

PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL  
GENERADA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE C.I SIGRA S.A.

ANA GABRIELA ALZATE GOMEZ  
JONATHAN EDUARDO SOTAQUIRÁ URIBE

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2018

PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL  
GENERADA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE C.I SIGRA S.A.

ANA GABRIELA ALZATE GOMEZ  
JONATHAN EDUARDO SOTAQUIRÁ URIBE

Proyecto integral de grado para optar al título de:  
INGENIERO QUÍMICO

Director  
Duvian Alberto Vera Romero  
Ingeniero Químico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2018

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Elizabeth Torres Gamez  
Orientador

---

Ing. Martha Lucia Malagón  
Jurado 1

---

Ing. Jaime Eduardo Arturo Calvache  
Jurado 2

**Bogotá, D.C. noviembre 2018**

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector de Claustro

**Dr. JAIME POSADA DÍAZ**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Posgrados

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS**

Decano General Facultad de Ingenierías

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director de Programa de Ingeniería Química

**Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, doy gracias a mi madre Gloria Alzate, porque sin ella nada de esto hubiera sido posible, por brindarme su amor y apoyo, por sus consejos y especialmente por su esfuerzo y dedicación cada día para ayudarme a cumplir mis sueños y metas. Eres mi ejemplo a seguir, te amo.

A mi hermana Laura Lizarazo, quien siempre me acompaño en este trayecto, por darme su apoyo cuando ha sido necesario y ayudarme a culminar con éxito mi formación profesional.

A Daniel Trebilcock, por su amor y compañía desde el inicio de esta etapa de mi vida, por siempre confiar y creer en mí, porque más que mi novio, mi confidente y mi mejor amigo eres ese apoyo incondicional, que sin importar la situación está ahí para mí. Gracias por impulsarme siempre a seguir adelante, te amo.

Por ultimo a toda mi familia y amigos que estuvieron presentes durante esta etapa.

**Ana Gabriela Alzate**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi familia, mis padres por darme un apoyo incondicional en cada problema que se presentó en mi carrera universitaria, madre gracias por todos los consejos que me has dado, gracias por cada voz de aliento que siempre me has dado, no imagino un mundo sin ti, padre te agradezco enormemente por hacerme saber que siempre puedo contar contigo, a Luisa Fernanda Rodríguez mi hermosa novia que siempre me motivo a seguir adelante sin importar todos los obstáculos que se presentaban en el camino. A mis hermanas por soportarme tanto. Este proyecto se lo dedico a ustedes los amo con el alma.

**Jonathan Eduardo Sotaquirá**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa C.I SIGRA S.A por brindarnos la oportunidad de realizar nuestro trabajo de grado, brindar la información, datos y conceptos requeridos para el desarrollo del mismo y por su aporte económico.

Al Ingeniero Duvian Alberto Vera por su acompañamiento y aprendizaje en el transcurso del proyecto de grado.

Al Inspector de seguridad SHE Brayan Gomez por su tiempo y colaboración a lo largo del desarrollo del proyecto.

A la Ingeniera Diana Cuesta por su ayuda y asesoría en el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Oscar González por su colaboración y su ayuda en la culminación del proyecto.

A la ingeniera Elizabeth Torres quien fue nuestra asesora, por su tiempo y su apoyo en el desarrollo y culminación del trabajo de grado.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	24
1. GENERALIDADES	25
1.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	25
1.2 REFINACIÓN DE ACEITE DE PALMA VIRGEN	25
1.3 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	26
1.3.1 Características físicas	26
1.3.2 Características químicas	26
1.3.3 Características biológicas	27
1.4 TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	27
1.4.1 Tratamiento preliminar	28
1.4.2 Tratamiento primario	28
1.4.3 Tratamiento secundario	28
1.4.4 Tratamiento terciario	29
2. METODOLOGÍA	33
2.1 DIAGNOSTICO DEL USO ACTUAL DEL AGUA EN C.I SIGRA S.A	33
2.1.1 Descripción de la empresa	33
2.1.2 Procesos de producción	34
2.1.2.1 Proceso de refinación para el aceite virgen	34
2.1.3 Descripción del consumo de agua dentro de la planta	36
2.1.3.1 Balance Hídrico	36
2.1.3.2 Consumos mensuales por operaciones	37
2.1.4 Posibles alternativas de aprovechamiento	43
2.1.5 Planta de tratamiento de agua residual	44
2.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	51
2.2.1 Consideraciones iniciales	51
2.2.1.1 Norma legal vigente.	51
2.2.2 Parametros a tener en cuenta que no cumplen la normatividad vigente	53
2.2.3 Alternativas de tratamiento	54
2.2.3.1 Tratamientos para coliformes	54
2.2.3.2 Tratamientos para eliminar fenoles	57
2.2.3.3 Tratamientos para eliminar dureza	58
2.2.4 Selección de la alternativas de tratamiento	59
2.2.4.1 Desinfección	59
2.2.4.2 Oxidación	60

2.2.4.3 Reducción de dureza	60
2.2.5 Selección de la alternativa de tratamiento para el reúso de los vertimientos de la ptar de c.i sigra s.a	60
2.2.5.1 Criterios de la matriz de selección	60
2.2.5.2 Evaluación de los criterios	61
2.2.5.3 Matriz de selección	64
2.2.6 Desarrollo experimental	66
2.2.6.1 Pruebas iniciales	66
2.2.6.2 Evaluación del agente desinfectante	67
2.2.6.3 Proceso de desinfección	68
2.2.6.4 Proceso de oxidación	71
2.2.6.5 Proceso de reducción de dureza	74
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	76
3.1 DESINFECCIÓN	76
3.2 OXIDACIÓN	78
3.3 DUREZA	78
3.4 ANALISIS DE RESULTADOS	80
3.4.1 Desinfección	80
3.4.2 Oxidación	81
3.4.3 Precipitación	83
3.5 DETERMINAR LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO	85
3.5.1 Diagramas de la alternativa de tratamiento	85
3.5.2 Proceso de desinfección	88
3.5.2.1 Dosificación del Hipoclorito de Sodio al 13%	89
3.5.2.2 Monitor de cloro residual en línea	90
3.5.2.3 Válvula Electroneumática	91
3.5.2.4 Bomba de aspas	91
3.5.3 Proceso de oxidación	92
3.5.3.1 Dimensionamiento del tanque de igualación	92
3.5.3.2 Dimensionamiento del agitador y cálculo de la potencia	93
3.5.3.3 Ubicación del tanque de igualación en la planta	94
3.5.3.4 Dosificación con el peróxido de hidrógeno	95
3.5.3.5 Dosificación con permanganato de potasio	96
3.5.3.6 Válvula de bola	97
3.5.4 Proceso de reducción de la dureza	97
3.5.4.1 Dosificación de PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002	97
3.5.5 Diagrama de tuberías	98
4. ANALIZAR LA VIABILIDAD FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	99
4.1 COSTO DEL CONSUMO ACTUAL DEL AGUA	99
4.2. EGRESOS	100

4.2.1 Costos de inversión	100
4.2.2 Costos de operación	102
4.2.3 Costos totales	105
4.3 COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE	106
4.3.1 Tasa interna de oportunidad	107
4.3.2 Costo anual uniforme equivalente sin proyecto	107
4.3.3 Costo anual uniforme equivalente proyecto 1	107
4.3.4 Costo anual uniforme equivalente proyecto 2	108
5. CONCLUSIONES	110
6. RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXOS	118

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Procesos de membrana	31
<b>Tabla 2.</b> Dosis de cloro para desinfección de aguas residuales	31
<b>Tabla 3.</b> Corrientes de agua en C.I SIGRA S.A	37
<b>Tabla 4.</b> Caudales de salida de la PTAR	42
<b>Tabla 5.</b> Valores según la Resolución 0631 de 2015	50
<b>Tabla 6.</b> Comparación de valores obtenidos para Torres de enfriamiento y calderas según Resolución 1207 de 2014 <sup>61</sup>	51
<b>Tabla 7.</b> Comparación de valores obtenidos para equipos sanitarios según Resolución 1207 de 2014	52
<b>Tabla 8.</b> Comparación de valores obtenidos para Redes contra Incendios según Resolución 1207 de 2014 <sup>61</sup>	52
<b>Tabla 9.</b> Comparación parámetros medidos contra valores máximos permitidos para reúso industrial	53
<b>Tabla 10.</b> Alternativas de solución para los parámetros	54
<b>Tabla 11.</b> Parámetros del agua sin tratamiento	66
<b>Tabla 12.</b> Lecturas cloro libre con hipoclorito de sodio al 13%	76
<b>Tabla 13.</b> Lectura de cloro libre con PROCIDE 1228 al 45%	76
<b>Tabla 14.</b> Cantidades de agentes oxidantes utilizados en cada muestra.	78
<b>Tabla 15.</b> Dureza de las muestras de agua con diferentes concentraciones de PROCIDE 1228 al 45%	80
<b>Tabla 16.</b> Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento seleccionado para desinfección.	80
<b>Tabla 17.</b> Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con PROCIDE 1228 al 45%	81
<b>Tabla 18.</b> Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con Peróxido de Hidrógeno	82
<b>Tabla 19.</b> Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con Permanganato de Potasio	83
<b>Tabla 20.</b> Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con PROCIDE 1228 al 45%	84

<b>Tabla 21.</b> Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con Permanganato de potasio	84
<b>Tabla 22.</b> Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002	85
<b>Tabla 23.</b> Costo actual del agua del acueducto al año	99
<b>Tabla 24.</b> Costo del monitor de cloro residual en línea	100
<b>Tabla 25.</b> Costo del tanque de igualación	100
<b>Tabla 26.</b> Costo del dosificador de sólidos	101
<b>Tabla 27.</b> Costo de la bomba de aspas	101
<b>Tabla 28.</b> Costo de la válvula electroneumática	102
<b>Tabla 29.</b> Costo de la válvula de bola	102
<b>Tabla 30.</b> Costo de tubería	102
<b>Tabla 31.</b> Costos de reactivos anual proyecto 1	103
<b>Tabla 32.</b> Costos de reactivos anual proyecto 2	103
<b>Tabla 33.</b> Costos de reactivos anual proyecto 2	104
<b>Tabla 34.</b> Costo de energía anual proyecto 1	104
<b>Tabla 35.</b> Costo de energía anual proyecto 2	105
<b>Tabla 36.</b> Costo del agua potable para calderas	105
<b>Tabla 37.</b> Costos totales proyecto 1	105
<b>Tabla 38.</b> Costos totales proyecto 2	106
<b>Tabla 39.</b> Descripción de anualidades proyecto 1	108
<b>Tabla 40.</b> Descripción de anualidades alternativa 2	109

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Descripción de los equipos de la PTAR	46
<b>Cuadro 2.</b> Ventajas y desventajas de la bromación	54
<b>Cuadro 3.</b> Ventajas y desventajas de la cloración	55
<b>Cuadro 4.</b> Ventajas y desventajas de la desinfección con luz ultravioleta	55
<b>Cuadro 5.</b> Ventajas y desventajas de la ósmosis inversa	56
<b>Cuadro 6.</b> Ventajas y desventajas de la ozonización	56
<b>Cuadro 7.</b> Ventajas y desventajas de la yodación	57
<b>Cuadro 8.</b> Ventajas y desventajas de la oxidación	57
<b>Cuadro 9.</b> Ventajas y desventajas del filtro de carbón activado	58
<b>Cuadro 10.</b> Ventajas y desventajas de las resinas de Intercambio Iónico	58
<b>Cuadro 11.</b> Ventajas y desventajas de la precipitación	59
<b>Cuadro 12.</b> Criterios de la matriz de selección	60
<b>Cuadro 13.</b> Evaluación de los criterios de la matriz de selección para la desinfección	62
<b>Cuadro 14.</b> Evaluación de los criterios de la matriz de selección para la Oxidación	63
<b>Cuadro 15.</b> Evaluación de los criterios de la matriz de selección para la reducción de la dureza	63
<b>Cuadro 16.</b> Matriz de selección para desinfección	64
<b>Cuadro 17.</b> Matriz de selección para oxidación	65
<b>Cuadro 18.</b> Matriz de selección para reducción de dureza	65
<b>Cuadro 19.</b> Descripción de los equipos	67

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Etapas de los tratamientos de aguas residuales	28
<b>Figura 2.</b> Ubicación planta C.I SIGRA S.A en Bogotá	34
<b>Figura 3.</b> Proceso de refinación del aceite virgen	35
<b>Figura 4.</b> Balance del recurso hídrico en C.I SIGRA S.A	37
<b>Figura 5.</b> Operación PTAR-SIGRA	45
<b>Figura 6.</b> Metodología del proceso de desinfección con PROCIDE 1228 al 45%	69
<b>Figura 7.</b> Metodología del proceso de desinfección con Hipoclorito de Sodio al 13%	71
<b>Figura 8.</b> Metodología del proceso de Oxidación con PROCIDE 1228 al 45%	72
<b>Figura 9.</b> Metodología del proceso de Oxidación con Peróxido de Hidrógeno al 30%	73
<b>Figura 10.</b> Metodología del proceso de Oxidación con Permanganato de Potasio al 99,9%	74
<b>Figura 11.</b> Metodología del proceso de remoción de dureza	75
<b>Figura 12.</b> Diagrama de la alternativa de aprovechamiento con peróxido de hidrógeno	86
<b>Figura 13.</b> Diagrama de la alternativa de aprovechamiento con permanganato de potasio	87
<b>Figura 14.</b> Diseño del tanque de igualación T-103	94
<b>Figura 15.</b> Plano de ubicación del tanque de igualación en la planta	95
<b>Figura 16.</b> Diagrama de tuberías	98

## LISTA DE IMAGENES

	<b>pág.</b>
<b>Imagen 1.</b> Hipoclorito de sodio al 13% y dióxido de cloro (PROCIDE 1228)	68
<b>Imagen 2.</b> Agua tratada con Hipoclorito de Sodio al 13%-análisis de dureza	79
<b>Imagen 3.</b> Tanque de oxidación	88
<b>Imagen 4.</b> Bomba dosificadora	89
<b>Imagen 5.</b> Monitor de cloro residual en línea	90
<b>Imagen 6.</b> Válvula electroneumática de regulación para agua V-102	91
<b>Imagen 7.</b> Bomba de aspas P-102 y P-104	92
<b>Imagen 8.</b> Dosificador de sólidos	96
<b>Imagen 9.</b> Válvula de bola V-103	97

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Ficha de seguridad del PROCOA PI 4070	119
<b>Anexo B.</b> Ficha de seguridad del PROFLOC 4146	123
<b>Anexo C.</b> Ficha técnica de la bacteria DEGRADEM 1302	127
<b>Anexo D.</b> Resolución 1207 de 2014	129
<b>Anexo E.</b> Resultados iniciales de BTEX, Coliformes, Molibdeno y Vanadio	132
<b>Anexo F.</b> Cromatograma de BTEX	133
<b>Anexo G.</b> Resultados iniciales de Fenoles	134
<b>Anexo H.</b> Ficha de seguridad del PROCIDE 1228	134
<b>Anexo I.</b> Curva de demanda de Cloro	144
<b>Anexo J.</b> Ficha técnica del PROCIDE 1228	145
<b>Anexo K.</b> Ficha de seguridad del Negro de Eriocromo	147
<b>Anexo L.</b> Ficha técnica del PROSOX 2002	152
<b>Anexo M.</b> Ficha técnica del PROSPERSE 2104	154
<b>Anexo N.</b> Resultados finales de coliformes con hipoclorito de sodio al y PROSIDE 1228	155
<b>Anexo O.</b> Resultados finales de fenoles con PROSIDE 1228	158
<b>Anexo P.</b> Resultados finales de fenoles con Peróxido de Hidrógeno	161
<b>Anexo Q.</b> Resultados finales de fenoles con Permanganato de Potasio	162
<b>Anexo R.</b> Flujo de caja	162

## LISTA DE ABREVIATURAS

**BTEX:** Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno.

**°C:** Grado Celsius

**Cl<sub>2</sub>:** Cloruros

**CP:** Cloro fenoles

**DAF:** Flotación por aire disuelto

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda Bioquímica de Oxígeno

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno

**HAP:** Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

**L:** Litro

**m:** Metro

**m<sup>3</sup>:** Metro cúbico

**m<sup>3</sup>/h:** Metro cúbico por hora

**NaCl:** Cloruro de Sodio

**NaClO:** Hipoclorito de sodio

**O<sub>2</sub>:** Oxígeno

**pH:** Potencial de Hidrógeno

**ppm:** Partes por millón

**PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

**RBD:** Refinado, Blanqueado y Desodorizado

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:** Sulfatos

**SSED:** Sólidos Sedimentables

**SST:** Sólidos Suspendidos Totales

**THM:** Trihalometanos

**UV:** Ultravioleta

## GLOSARIO

**ÁCIDOS GRASOS LIBRES:** son aquellos ácidos grasos que no están unidos a una molécula de glicerol, por lo cual genera acidez en un aceite, generalmente se encuentran en los aceites crudos.

**AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES:** se originan de los desechos de procesos industriales. Dependiendo de su naturaleza pueden tener componentes parecidos a los de las aguas residuales domésticas y aparte contener elementos tóxicos como mercurio, níquel entre otros, motivo por el cual esta agua debe ser tratada antes de ser vertida al alcantarillado.

**CLORUROS:** determinación del ion cloruro presente en el agua, el cual genera sales muy solubles en el agua.

**COAGULACIÓN:** proceso de tratamiento de aguas que permite neutralizar la carga de los coloides presentes en el agua y formar un precipitado.

**COLIFORMES:** son los microorganismos que pertenecen a los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. Al ser un grupo de bacterias muy numeroso, se utilizan como indicadores de contaminación.

**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO:** indicador del potencial contaminante de un efluente, en el que la contaminación se debe a la utilización del oxígeno disuelto por parte de los microorganismos que descomponen la materia orgánica presente en el efluente. Se mide como el peso (en mg) de oxígeno consumido en un litro de muestra del efluente almacenado en la oscuridad a 20°C durante cinco días<sup>1</sup>.

**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO:** determina el oxígeno consumido, generalmente al permanganato, dicromato o cerio en medio ácido, por la presencia de sustancias químicas orgánicas en el cuerpo de agua que son susceptibles a ser oxidadas.

**DUREZA:** parámetro que mide la concentración de compuestos minerales presentes en una determinada cantidad de agua, como sales de calcio y de magnesio.

**EFLUENTE:** descargas residuales con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que sale de la PTAR hacia el alcantarillado.

---

<sup>1</sup> Diccionarios Oxford-complutense, (2000), *Ciencias de la tierra*, Editorial Complutense. p 218.

**FENOLES:** son compuestos orgánicos aromáticos que tienen como grupo funcional uno o más hidroxilos.

**FLOCULACIÓN:** proceso de tratamiento de aguas que consiste en la aglomeración de coloides en el agua para poder retirarlas por medio de un agente floculante.

**GRASAS Y ACEITES:** sustancias de origen vegetal o animal, forman compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual. Los aceites no se disuelven en el agua, no son biodegradables, forman partículas impermeables que impiden el paso del oxígeno, pueden ser sólidos (grasas) o líquidos (aceites).

**pH:** medida de acidez o de alcalinidad de una sustancia, los números a partir de 0 hasta el 6 indican soluciones ácidas, 7 indica soluciones neutras y del 8 al 14 indican soluciones básicas.

**RESIDUOS LÍQUIDOS:** combinación de agua y residuos procedentes de residencias, instituciones públicas y establecimientos industriales, agropecuarios y comerciales, a los que pueden agregarse de forma eventual determinados volúmenes de aguas subterráneas, superficiales y pluviales<sup>2</sup>.

**SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES:** material particulado que se mantiene en suspensión en la corriente de agua, estos son la cantidad de residuos que son retenidos en un filtro y posteriormente secados.

**TRIGLICÉRIDO:** se refiere a tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol.

**TUMBAR:** planta auxiliar de tratamiento de aguas residuales de C.I SIGRA S.A.

**VERTIMIENTO:** descarga líquida proveniente de la PTAR al alcantarillado.

---

<sup>2</sup> Ecu Red, *Residuales Líquidos*, <Obtenido de [https://www.ecured.cu/Residuales\\_L%C3%ADquidos](https://www.ecured.cu/Residuales_L%C3%ADquidos)> Consultado el 4 de febrero de 2018.

## RESUMEN

### **TÍTULO** PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE C.I SIGRA S.A.

Este proyecto está enfocado en el desarrollo de una alternativa para el aprovechamiento del agua residual tratada de la PTAR del C.I SIGRA S.A. Por ello se realizan una serie de actividades, iniciando con la recopilación de información en cuanto a los procesos de refinería de la planta y todas las operaciones unitarias empleadas en la PTAR de la empresa. Con el fin de realizar el diagnóstico del agua consumida en cada uno de los procesos de la planta y caracterizar el agua del efluente, para aprovechar al máximo los aproximados 1860 m<sup>3</sup> de agua al mes en la planta.

De acuerdo a la matriz de selección se plantearon dos alternativas de tratamiento para los vertimientos, que consistieron en realizar una desinfección, oxidación y reducción de dureza al agua. Con diferencia en los reactivos utilizados para la oxidación en la cual el proyecto dos con permanganato de potasio según los análisis de resultados reduce los fenoles con una concentración de 0,01 g/L de agua residual

Para finalizar, se realiza un análisis financiero mediante el indicador del CAUE en el cual se evidencia una diferencia positiva en el proyecto 2 para la empresa de \$52'476.573.

**Palabras clave:** Agua residual, coliformes, dureza, fenoles, PTAR, reúso, tratamiento de aguas, vertimiento.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, para garantizar un desarrollo sostenible es necesario un desempeño adecuado por parte de la empresa teniendo en cuenta que en los últimos años la calidad ambiental es un tema de gran importancia, por lo que las empresas deben establecer una política ambiental de acuerdo a las actividades que realizan.

C.I SIGRA S.A se encuentra comprometida con el buen uso del recurso hídrico cumpliendo a cabalidad la normatividad vigente (resolución 0631 de 2015) que expone los límites máximos permisibles de los parámetros fisicoquímicos de vertimientos de aguas.<sup>3</sup> Actualmente la empresa cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales a la que llega toda el agua proveniente del desarrollo y producción de margarinas y aceites vegetales.<sup>4</sup> C.I SIGRA S.A desperdicia aproximadamente 3,1 m<sup>3</sup>/h efluentes de la PTAR.<sup>5</sup>

Por esta razón la empresa desea investigar la posibilidad de reutilizar el recurso hídrico investigando los diferentes tipos de tratamientos necesarios para cumplir con la resolución 1207 de 2014 que establece los valores máximos permitidos para la reutilización de agua residual industrial.

---

<sup>3</sup> C.I SIGRA S.A. Disponible en <https://sigra.com>

<sup>4</sup> *Ibíd.*,

<sup>5</sup> C.I SIGRA S.A

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una alternativa de aprovechamiento de las aguas residuales generadas en C.I SIGRA S.A.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Diagnosticar el uso actual del agua en C.I SIGRA S.A.
2. Seleccionar una alternativa de aprovechamiento para re uso de acuerdo al diagnóstico.
3. Determinar las especificaciones técnicas de la alternativa de aprovechamiento.
4. Analizar la viabilidad financiera de la alternativa seleccionada.

## 1. GENERALIDADES

Los procesos de refinación de aceite de palma implementados en C.I SIGRA S.A a partir de aceites oleaginosos como el de palma y soja, generan aguas residuales industriales con una gran cantidad de grasas y cloruros, por ello es indispensable contar con una planta de tratamiento de aguas residuales para que el efluente sea amigable con el ambiente. Posteriormente se explicará que son las aguas residuales y la función de una refinación.

### 1.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las aguas residuales son aquellas que provienen de cualquier actividad industrial, en la que debido a su utilización en cualquier tipo de transformación se ha perdido la calidad de la misma.<sup>6</sup> Por consiguiente, no pueden ser vertidas sin un tratamiento previo el cual es conforme a los contaminantes del agua.<sup>7</sup>

### 1.2 REFINACIÓN DE ACEITE DE PALMA VIRGEN

El aceite es una mezcla de varios triglicéridos con ácidos grasos de diferente número de carbonos, contiene ácidos grasos saturados no recomendables para el consumo humano debido a que no presentan dobles enlaces en su cadena hidrocarbonada y ácidos grasos insaturados que son esenciales.<sup>8</sup>

El aceite de palma es un aceite semisólido que se obtiene del fruto de la palma por extracción mecánica (prensas hidráulicas), contiene entre el 40 y 48% ácido palmítico exclusivo para la industria de panadería y pastelería, por ello es la principal fuente de materia prima en C.I SIGRA S.A.<sup>9</sup> Este es necesario someterlo a un proceso de RBD (refinado, blanqueado y desodorizado) debido a que el aceite de palma crudo tiene hasta 5% de ácidos grasos libres, además de un alto contenido de antioxidantes naturales como lo son los carotenos ( $\beta$ -caroteno 62% y  $\alpha$ -caroteno 38%) y la vitamina E donde los tocotrienoles componen más del 80% del total de dicha vitamina.<sup>10</sup> Estos antioxidantes son los que le dan el color rojizo, impurezas y contaminantes que deben ser retirados en la refinación.<sup>11</sup>

---

<sup>6</sup> Synertech. Disponible en <https://www.nyfdecolombia.com>.

<sup>7</sup> Synertech. Disponible en <https://www.nyfdecolombia.com>.

<sup>8</sup> G. Mary. Aceites y grasas: Funciones y propiedades de las grasas y los aceites hidrogenados y su relación con los no hidrogenados. En: Revista Palmas. Vol., 12. No. 4 (1991); p. 61.

<sup>9</sup> Plantaciones unipalma de los llanos S.A, "UNIPALMA S.A". Disponible en <http://www.unipalma.com>.

<sup>10</sup> RINCON, Sandra Milena, MARTINEZ, Daniel Mauricio. Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. En: Revista Palmas. Vol., 30. No. 2 (2009); p. 14.

<sup>11</sup> *Ibíd.*, p.15

### 1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, así como los contaminantes presentes en esta es fundamental para determinar el tipo de tratamiento que va a ser utilizado para la descontaminación de la misma. A continuación, se describen los parámetros que se deben tener en cuenta en las aguas residuales.

**1.3.1 Características físicas.** Se refiere a la cantidad de sustancias disueltas como lo son los minerales principalmente.<sup>12</sup>

**Sólidos Totales:** Es la característica física más importante y estos sólidos se pueden clasificar en disueltos, coloidales y suspendidos.<sup>13</sup>

**Temperatura:** Es un parámetro muy importante cuando hablamos de aguas residuales por su gran influencia sobre el desarrollo de la fauna y la flora acuáticas, así como sobre la transferencia de gases, las reacciones bioquímicas y las velocidades de reacción.<sup>14</sup>

**Color:** Este parámetro es causado por la presencia de sólidos suspendidos, bacterias y oxígeno disuelto en el agua.<sup>15</sup>

**Olor:** Se debe normalmente a la liberación de gases debido a la descomposición de la materia orgánica, pero también influyen todas las impurezas disueltas, los fenoles, el cloro, el sulfuro de hidrógeno entre otras sustancias presentes en el agua.<sup>16</sup>

**1.3.2 Características químicas.** Se refiere a la cantidad de contaminantes químicos están presentes en el agua.

**Compuestos Orgánicos:** Estos contaminantes son biodegradables y pueden ser detectados con parámetros como DQO, DBO y contenido total de carbono.<sup>17</sup> Algunos ejemplos son los aceites, las proteínas, las grasas animales y los carbohidratos.<sup>18</sup>

---

<sup>12</sup> RAMOS, Raudel. SEPÚLVEDA, Rubén. VILLALOBOS, Francisco. El agua en el medio ambiente, muestreo y análisis. Mexicali, Baja California, UABC: Plaza y Valdés, 2002. p. 84.

<sup>13</sup> *Ibíd.*, p.84.

<sup>14</sup> *Ibíd.*, p.74

<sup>15</sup> *Ibíd.*, p.76

<sup>16</sup> *Ibíd.*, p.73

<sup>17</sup> *Ibíd.*, p.106

<sup>18</sup> METCALF-EDDY. Tratamiento y depuración de aguas residuales. Barcelona, España: Labor, S.A., 1977. P. 252.

Compuestos inorgánicos: Todos los sólidos de origen mineral como sales y lodos. Entre estos se encuentran los compuestos de carbono, compuestos nitrogenados, compuestos de azufre, cloruros, y fluoruros.<sup>19</sup>

**1.3.3 Características biológicas.** Se refiere a la gran cantidad de microorganismos que se encuentran en el agua. Algunos de los microorganismos que se pueden hallar son:

Bacterias: Desempeñan un amplio papel en los procesos de descomposición de la materia orgánica.<sup>20</sup>

Hongos: Organismos eucariotas y multicelulares, fundamentales en la descomposición de la materia orgánica ya que su alimentación se basa en esta.<sup>21</sup>

Virus: Parásitos intracelulares con un alto potencial para producir enfermedades.<sup>22</sup>

## 1.4 TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El tratamiento de aguas residuales es una parte fundamental de la gestión ambiental en cualquier industria.<sup>23</sup> Este tiene como objetivo disminuir el nivel de contaminación teniendo en cuenta que los efluentes se dirigen, en la mayoría de los casos, hacia cuerpos de agua y puede generar impactos ambientales negativos.<sup>24</sup>

La selección de los procesos de tratamientos de aguas residuales depende de un número de factores entre los que está incluida la caracterización del agua y la calidad de la misma. De igual manera hay que tener en cuenta el tipo de industria, los procesos y los tipos de contaminantes presentes en el agua. A continuación, se encuentra la figura 1 en la que se observan los diferentes tratamientos con ejemplos.

---

<sup>19</sup> *Ibíd.*, p.266

<sup>20</sup> ÁLVAREZ S. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. En: Revista Ecosistemas. Vol., 14. No. 2 (2005); p. 18.

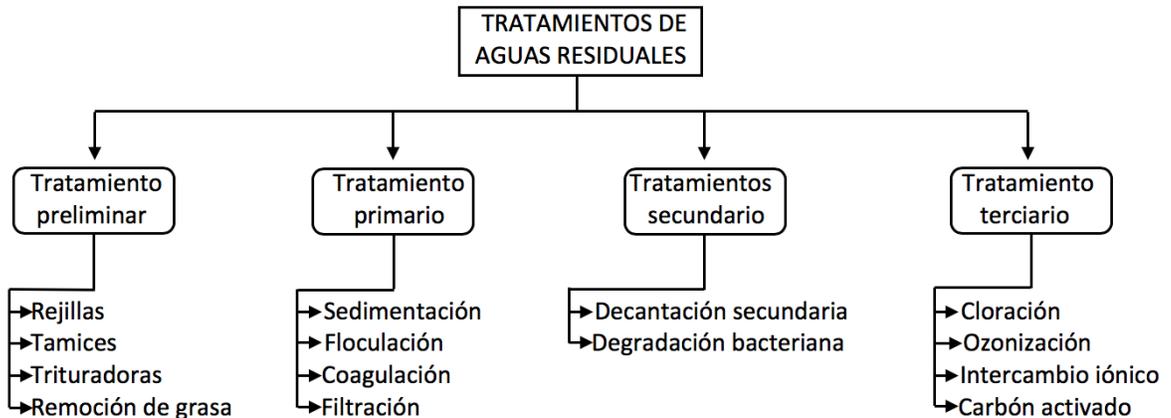
<sup>21</sup> *Ibíd.*, p.19

<sup>22</sup> RAMOS, op. cit, p.140

<sup>23</sup> Synertech. Disponible en <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/aguas-residuales-industriales>

<sup>24</sup> Synertech. Disponible en <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/aguas-residuales-industriales>

**Figura 1.** Etapas de los tratamientos de aguas residuales



**Fuente:** RAMALHO, Rubens Sette; BELTRAN, Domingo Jiménez y DE LORA, Federico. Tratamiento de aguas residuales. Edición en español. Barcelona, España: Editorial Reverté, 1990

Para el tratamiento del efluente de una refinación se diseña una PTAR para reducir factores como aceites, DBO<sub>5</sub>, fenoles, amoníaco e incluso sulfuros. Para ello se puede dividir en cuatro etapas que se van a describir a continuación.

**1.4.1 Tratamiento preliminar.** Implica la remoción de grandes partículas presentes en el agua que en caso de no ser eliminados podrían causar un daño en los equipos de los tratamientos posteriores. Para esto son utilizadas rejas, tamices y hasta trituradoras.<sup>25</sup>

**1.4.2 Tratamiento primario.** En este tratamiento se realiza la remoción de sólidos como los sólidos en suspensión, los sólidos sedimentables y los coloidales presentes en el agua.<sup>26</sup> Para esto suelen utilizarse procesos como flotación, floculación, filtración y coagulación.<sup>27</sup> De este tratamiento el agua sale con gran cantidad de materia orgánica y una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) alta, por lo que se procede a un tratamiento secundario.

**1.4.3 Tratamiento secundario.** Se utiliza principalmente para reducir la cantidad de materia orgánica, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Cuando se tiene materia orgánica suspendida o disuelta por la acción de los microorganismos puede ser aerobia es decir en presencia de oxígeno o anaerobia en ausencia de oxígeno.<sup>28</sup>

<sup>25</sup> RAMALHO, Rubens Sette; BELTRAN, Domingo Jiménez y DE LORA, Federico. Tratamiento de aguas residuales. Edición en español. Barcelona, España: Editorial Reverté, 1990; p. 91

<sup>26</sup> *Ibíd.*, p.91

<sup>27</sup> *Ibíd.*, p.146

<sup>28</sup> *Ibíd.*, p.253

**1.4.4 Tratamiento terciario.** “Es considerado el tratamiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales, consiste en un proceso fisicoquímico que utiliza la precipitación, la filtración y la cloración para reducir drásticamente los agentes contaminantes”.<sup>29</sup> Este tratamiento se suele aplicar cuando el recurso se está desperdiciando y se le quiere dar un uso adicional en la industria. Los procesos que más se aplican son:

- Intercambio iónico: Es una operación que se realiza por medio de una resina la cual es capaz de retener los iones disueltos en el agua sobre su superficie con el fin de eliminar los minerales contenidos para reemplazarlos o intercambiarlos por iones deseados.<sup>30</sup>

Estas resinas tienen una ventaja y es que puede recuperar su capacidad de intercambio original, mediante el tratamiento con una solución regenerante.<sup>31</sup>

Las resinas de intercambio iónico suelen tener diversos usos y estos depende de la aplicación que se requiera. Existen 2 tipos básicos de resinas que son las de intercambio de cationes y las de intercambio de aniones.<sup>32</sup> Estos tipos de resinas también pueden dividirse en subgrupos de la siguiente manera: Las aniónicas se dividen en resinas aniónicas de bases fuertes y débiles y las catiónicas en resinas catiónicas de ácidos fuertes y débiles.<sup>33</sup>

- Adsorción con carbón activado: Filtros con un gran poder de adsorción debido a su gran porosidad que se estima que tiene una superficie interna muy grande (entre 500-1500 m<sup>2</sup>/g) lo que hace que tenga una adsorción ideal.<sup>34</sup> Estos filtros tienen dos variaciones, carbón activado en polvo (PAC) y carbón activado granular (GAC), siendo este último el más utilizado para eliminar compuestos orgánicos presentes en el agua.<sup>35</sup>

El carbón puede ser catalogado de acuerdo al tamaño de los poros en su

---

<sup>29</sup> CAMACHO, Angie. Tratamiento terciario de aguas residuales. Prezi.com. 2014. Obtenido de <<https://prezi.com/m/sphk7mrprm3y/tratamiento-terciario-de-aguas-residuales/>>. Consultado el 7 de febrero del 2018.

<sup>30</sup> RIGOLA LAPEÑA, Miguel. Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. Barcelona, España: Marcombo S.A 1990; p. 73

<sup>31</sup> HERRERA CALDERON, Miguel; PALOMINO DOWNHAM, Guillermo. Resinas de intercambio iónico: Desarrollo tecnológico aplicado para la eliminación de olor del metanol puro. Monterrey, México. Vol., 27. No. 1 (enero-junio 2012); p. 25

<sup>32</sup> *Ibíd.*, p.26

<sup>33</sup> RIGOLA LAPEÑA, *op. cit.*, p.75.

<sup>34</sup> LENNTECH. Adsorción/ carbón activado. Disponible en: (<https://www.lenntech.es/adsorcion.htm>)

<sup>35</sup> *Ibíd.*,

estructura.

Estos poros se clasifican de acuerdo a su tamaño en:

- Microporos: son aquellos que tienen un tamaño promedio menor a 2 nanómetros.<sup>36</sup>
- Meso poros: Los que tienen un diámetro de 2-50 nanómetros.<sup>37</sup>
- Macro poros: Los que tienen un diámetro mayor a 50 nanómetros.<sup>38</sup>
- Ósmosis inversa: Este tratamiento consiste en utilizar una membrana semipermeable la cual eliminará las impurezas (solute) del agua (solvente). Este tratamiento es capaz de retirar hasta un 99% de los sólidos disueltos totales pasando el solvente de una solución menos concentrada a una más concentrada a través de la membrana anteriormente mencionada.<sup>39</sup>

La osmosis inversa, la micro filtración y la ultrafiltración son básicamente procesos idénticos, la diferencia es el tamaño de partículas a separar y el tipo de membrana a utilizar.<sup>40</sup> A continuación, se presenta la tabla 1 en la que se puede apreciar la diferencia entre rangos de tamaño, patógenos y compuestos eliminados de algunos procesos de membrana en el tratamiento terciario de aguas residuales.

---

<sup>36</sup> Tratamiento de agua por carbón activado. Blog Spot. Obtenido de <<http://agua-purificacion.blogspot.com.co/2009/12/tratamiento-de-agua-por-carbon-activado.html>>. Consultado el 7 de febrero del 2018.

<sup>37</sup> Tratamiento de agua por carbón activado. Blog Spot. Disponible en <<http://agua-purificacion.blogspot.com.co/2009/12/tratamiento-de-agua-por-carbon-activado.html>>. Consultado el 7 de febrero del 2018.

<sup>38</sup> Tratamiento de agua por carbón activado. Blog Spot. Disponible en <<http://agua-purificacion.blogspot.com.co/2009/12/tratamiento-de-agua-por-carbon-activado.html>>. Consultado el 7 de febrero del 2018.

<sup>39</sup> MUÑOS MORENO, Cristina. Proceso de obtención de un nuevo edulcorante natural a base de Stevia Rebaudiana Bertoni. Cádiz, España, 2015.

<sup>40</sup> HERNANDEZ, A. TEJERINA. F. Procesos de transporte y separación en membranas. Volumen 4. Murcia, España. 1990.

**Tabla 1.** Procesos de membrana

Proceso	Fuerza impulsora	Rango de tamaño	Patógenos y compuestos eliminados
Micro filtración (MF)	Gradiente de presión	1-0.1 m	Turbidez, bacterias, algas, protozoos
Ultrafiltración (UF)	Gradiente de presión	0.1 m-1.0 nm	Virus, polisacáridos, asbestos
Biorreactores de membrana (MBR)			
Nano filtración (NF)	Gradiente de presión	< 1.0 nm	Dureza, color, iones metálicos, urea, ácidos orgánicos.
Electrodiálisis Reversible (EDR)	Gradiente de potencial eléctrico		
Ósmosis Inversa (OI)	Gradiente de presión	< 100 Dalton	iones salinos

**Fuente:** Jaime Lora García, José Miguel Arnal Arnal, María Fernanda López Pérez, Mari Carmen León Hidalgo. **DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR PROCESOS DE MEMBRANA. CASO DE UNA INDUSTRIA PETROQUÍMICA.** P 100.

- Cloración: Es el tratamiento más común para la desinfección tanto de aguas potables como residuales.<sup>41</sup> Se basa en la adición de cloro o alguno de sus derivados, siendo el más común el hipoclorito de sodio (NaClO), para matar los microorganismos presentes en el agua mediante mecanismos de oxidación.<sup>42</sup> La tabla 2 presenta la dosis de cloro para desinfección de aguas residuales.

**Tabla 2.** Dosis de cloro para desinfección de aguas residuales

Tratamiento	Dosis de cloro para diseño, mg/L
Precloración	20 a 25
Agua residual no tratada, dependiendo de la edad	6 a 15, fresca 12 a 30, séptica
Efluente primario	8 a 20
Efluente del filtro percolador	3 a 15
Efluente de lodos activados	2 a 8
Efluente de filtros de arena	1 a 6

**Fuente:** Jairo Alberto Romero Rojas. **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.** Teoría y principios de diseño. p.1150

<sup>41</sup> RAMALHO, op. cit, p.636

<sup>42</sup> *Ibíd.*, p.636

#### Punto de aplicación

El cloro debe poderse aplicar en dos etapas en caso de ser necesario: antes del tanque de sedimentación secundaria y después de éste.<sup>43</sup>

#### Tiempo de contacto

El periodo de contacto en la cámara de cloración no será menor de 30 minutos con base en el caudal medio diario, después de una mezcla rápida sustancial debe proveerse un tiempo de contacto mínimo de 15 minutos en el caudal máximo horario o la razón máxima de bombeo.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Bogotá, Colombia: Escuela colombiana de ingeniería, 2008. p 1150.

<sup>44</sup> *Ibíd.*, p.1150

## 2. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en tres partes, la primera parte es teórica y de investigación donde se estudió el proceso de producción de la empresa y la operación de la PTAR, en donde se realizó el diagnóstico del recurso hídrico, la segunda parte consta de una experimentación a nivel laboratorio de los tratamientos terciarios para cumplir con la resolución 1207 de 2014 de reuso industrial de aguas para calderas. Para finalizar se estudió la viabilidad financiera del proyecto seleccionado.

### 2.1 DIAGNOSTICO DEL USO ACTUAL DEL AGUA EN C.I SIGRA S.A

C.I SIGRA S.A cuenta con varias líneas de producción que se atienden las 24 horas del día y requieren en promedio 289 m<sup>3</sup> del recurso hídrico mensual para su operación y que al finalizar el proceso resultan aproximadamente 1760 m<sup>3</sup> de agua residual que no solo provienen del proceso sino de las distintas operaciones dentro de la planta, razón por la cual la empresa cuenta con una planta de tratamiento de agua residual a la cual llegan grandes cantidades de agua proveniente tanto de los procesos de la planta como de la limpieza de las instalaciones y equipos.<sup>45</sup> A continuación, se realiza una descripción de la empresa, del proceso de producción y la caracterización del agua proveniente de la PTAR.

**2.1.1 Descripción de la empresa.** C.I SIGRA S.A se fundó en el año 1957, es una empresa dedicada al desarrollo, producción y comercialización de margarinas para panadería y pastelería que incluye una gran variedad de productos los cuales incluyen cremas vegetales, desmoldante, esencias, fondant, productos grasos, entre otros.<sup>46</sup> Para la producción de dichos productos el recurso hídrico es fundamental por lo que en la planta cuentan con un tanque de almacenamiento de agua de 100 m<sup>3</sup> el cual sirve para un día de producción cuando el acueducto retira el agua sin previo aviso.

En C.I SIGRA S.A todos sus productos cuentan con sellos internacionales de reconocimiento a la calidad y excelencia, como lo son KASHER y VKB PARVE estas certificaciones indican que no contienen grasa animal ni son productos a base de lácteos. Actualmente cumplen a cabalidad la norma iso-9001 del 2015 en la que se destacan con la categoría PREAD (elite) que es un ejemplo de desarrollo sostenible para todas las microempresas en la ciudad de Bogotá.

C.I SIGRA S.A está ubicada en la Carrera 46 No. 13-95 en la localidad de Puente Aranda en la ciudad de Bogotá. En la figura 2 se observa su ubicación.

---

<sup>45</sup> C.I SIGRA S.A, op. cit,

<sup>46</sup> *Ibíd.*,

**Figura 2.** Ubicación planta C.I SIGRA S.A en Bogotá



**Fuente:** C.I SIGRA S.A, disponible en <https://sigra.com/historia/>

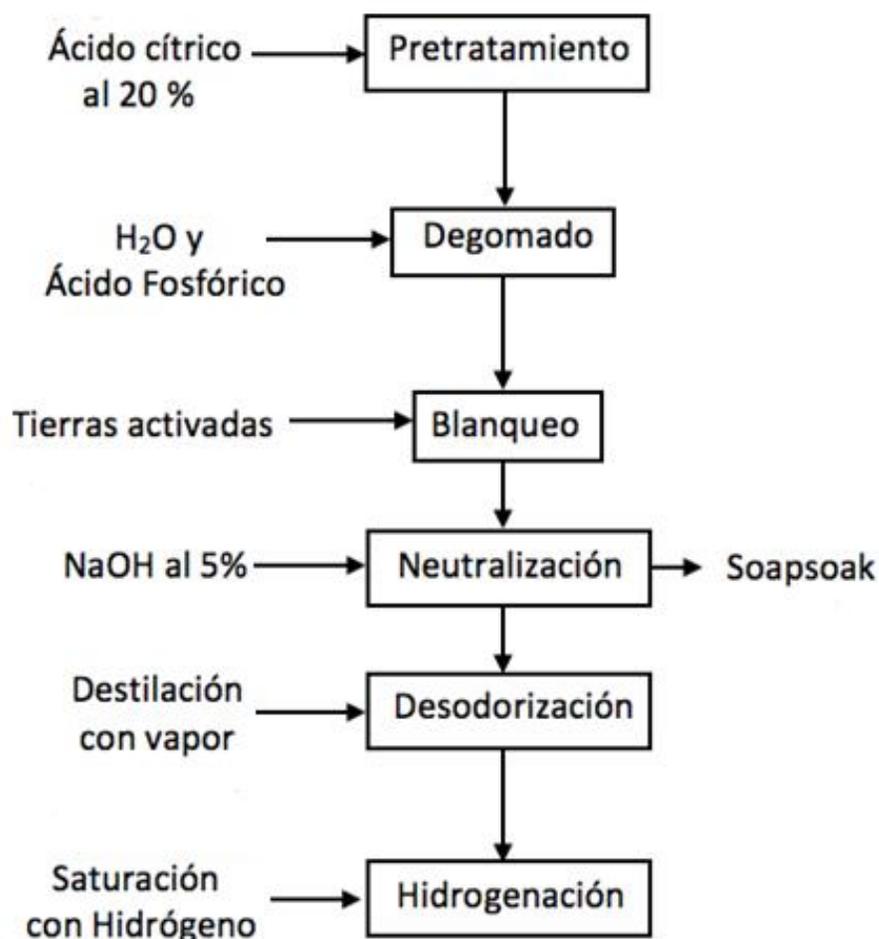
**2.1.2 Procesos de producción.** En C.I SIGRA S.A. un 70% de sus productos están hechos a partir del aceite de palma virgen y un 30% con el aceite de soya. Por estas razones la empresa tiene la necesidad de almacenar entre 2000 y 2300 toneladas de aceite de palma, 600 toneladas de aceite de soya y palmiste virgen y 100 toneladas de aceite de canola.<sup>47</sup>

**2.1.2.1 Proceso de refinación para el aceite virgen.** A continuación, en la figura 3, se puede observar el diagrama de proceso de la refinación de aceite virgen.

---

<sup>47</sup> C.I SIGRA S.A

**Figura 3.** Proceso de refinación del aceite virgen



**Fuente:** Elaboración propia, datos suministrados por C.I SIGRA S.A.

Lo primero que se le debe hacer al aceite es un pre-tratamiento en el que se adiciona ácido cítrico al 20% con el fin de empezar a retirar todos los fosfolípidos presentes con una temperatura de 6°C, luego es necesario pasar al proceso de degomado mediante agua y ácido fosfórico se retiran todas las gomas y mucílagos contenidos en el aceite de palma con ayuda de la agitación.<sup>48</sup>

Mediante la utilización de tierras activadas se hace el blanqueo que consiste en retirar todos los beta-carotenos que son los causantes de darle el color rojizo al aceite, también se eliminan los prooxidantes (clorofilas) las trazas de fósforo y partículas metálicas de hierro y de cobre.<sup>49</sup> Es indispensable para obtener la

<sup>48</sup> C.I SIGRA S.A

<sup>49</sup> *Ibíd.*,

máxima estabilidad oxidativa del aceite que es un factor que determina la vida útil del mismo. La neutralización es la siguiente operación unitaria en la que mediante la utilización de hidróxido de sodio mayor o igual a 5% (soda caustica) se retiran todos los ácidos grasos libres y se obtiene un sub-producto llamado soapstock que es vendido a la industria de los surfactantes.<sup>50</sup>

Es necesario someter el aceite a la desodorización que permite retirar todos los malos olores, colores y sabores contenidos, debido a la eliminación de ácidos grasos libres, aldehídos y cetonas que no fueron retirados en la neutralización y el blanqueo mediante el arrastre de vapor que es ejecutado con una temperatura aproximada de 260°C y una presión al vacío de 3 milibares con la utilización de un catalizador de níquel-cadmio.<sup>51</sup> Por último, se hidrogena el aceite con el fin de eliminar todas las grasas trans perjudiciales para la salud como las margarinas y las últimas trazas de ácidos grasos libres.<sup>52</sup> Todas estas operaciones unitarias son necesarias para cumplir con las especificaciones de un aceite RBD.<sup>53</sup>

**2.1.3 Descripción del consumo de agua dentro de la planta.** En la industria de la refinación, el recurso hídrico es fundamental en múltiples áreas siendo la más importante la producción, razón por la cual se deben explicar los valores para tener una idea de la cantidad de agua que se utiliza durante todo el proceso.

**2.1.3.1 Balance Hídrico.** El balance hídrico es fundamental para tener claro los mayores consumos de agua en la empresa, por esto se realiza un diagrama que pueda facilitar y evidenciar las distintas operaciones en las que se tienen mayores consumos de agua, con el fin de hallar el reuso de agua más conveniente para C.I SIGRA S.A.

Con base en la información suministrada por C.I SIGRA S.A. se realiza un diagrama en el que se tienen en cuenta todas las operaciones en las que hay consumo de agua. A partir de esto se plantea un balance hídrico por operaciones partiendo de la figura 4.

---

<sup>50</sup> C.I SIGRA S.A

<sup>51</sup> *Ibíd.*,

<sup>52</sup> *Ibíd.*,

<sup>53</sup> *Ibíd.*,



**Tabla 3.** (Continuación)

Corriente	Nombre	Caudal (m <sup>3</sup> /mes)
8	Producto (O <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> )	30000 O <sub>2</sub> y 18000 H <sub>2</sub>
9	Entrada Planta Producción	289
10	Producto	14
11	Entrada PTAR	1760
12	Entrada Vapor Planta de Hidrógeno	1881
13	Perdidas Calderas	99
14	Entrada Torres de Enfriamiento	770
15	Recirculación Torres de Enfriamiento	770
16	Entrada Aguas Negras	62,1
17	Salida PTAR	1860
18	Salida Aguas Negras	62,1

**Fuente:** Elaboración propia. Basado en C.I SIGRA S.A

#### DETERMINACIÓN DE CORRIENTES

- Planta de producción de hidrógeno: Con información suministrada por la empresa, se sabe que, a dicha planta, entra un total del 5,26% del agua consumida mensualmente en toda la empresa. Se debe tener en cuenta que en dicho proceso el agua no se consume. Teniendo esto en cuenta, la cantidad de agua que entra a la planta de producción de hidrógeno se muestra a continuación:

$$\text{Total } \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 5500 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,0526 = 289 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

- Calderas: La empresa cuenta con dos calderas acuotubulares, pero actualmente solo se utiliza la más grande con potencia de 1000 HP la cual genera el vapor requerido en la planta de producción de hidrógeno (corriente 12).

El consumo total promedio de agua al mes son 5500 m<sup>3</sup> de agua y en procesos de calentamiento se gasta un 36% de esa agua<sup>55</sup> así que la cantidad de agua que entra a la caldera se muestra en el siguiente cálculo:

$$\text{Total } \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 5500 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,36 = 1980 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

<sup>55</sup> C.I SIGRA S.A

- Tanque A2: Este tanque tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup>, pero solo se utilizan 80 m<sup>3</sup> los cuales se utilizan para la recirculación de agua de las torres de enfriamiento.
- Zona administrativa: La zona administrativa de la empresa está constituida únicamente por la parte de baños. En los tres baños que hay en la empresa encontramos un total de siete sanitarios y siete orinales. Cada sanitario gasta un promedio de 6 L de agua por descarga mientras los orinales gastan un promedio de 3 L.
- Acueducto a PTAR: Debido a que en la operación de la PTAR los tratamientos primarios como la coagulación y la floculación necesitan del recurso proveniente del acueducto. Conforme a la información suministrada por la empresa se realizan los siguientes cálculos:

Coagulante: Se utilizan 40 L con 100 L de agua del acueducto.

Floculante: Se utilizan 200 g con 60 L de agua del acueducto.

Actualmente se consumen 120 L de coagulante y 25000 g de floculante a la semana. Con estos valores se puede saber la cantidad de agua utilizada a la semana y por ende la utilizada al día.

$$\text{Coagulante} = \frac{120 \text{ L coagulante}}{168 \text{ horas}} = 0,714 \text{ L de coagulante por cada } 3,1 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

$$\text{Floculante} = \frac{25000 \text{ g floculante}}{168 \text{ horas}} = 149 \text{ g de floculante por cada } 3,1 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

La cantidad de agua promedio a la salida de la PTAR es de 1860 m<sup>3</sup> al mes. Así que la cantidad utilizada tanto de coagulante como de floculante es:

$$\text{Coagulante} = \frac{0,714 \text{ L coagulante}}{3,1 \text{ m}^3} * 1860 \text{ m}^3 = 428,4 \text{ L de coagulante.}$$

$$\text{Floculante} = \frac{149 \text{ g floculante}}{3,1 \text{ m}^3} * 1860 \text{ m}^3 = 89.400 \text{ g de floculante.}$$

El agua proveniente del acueducto utilizada en los procesos de coagulación y floculación es:

$$\text{Coagulante} = \frac{202 \text{ L H}_2\text{O}}{120 \text{ L}} * 428,4 \text{ L} = 720 \text{ L H}_2\text{O al mes.}$$

$$\text{Floculante} = \frac{13982 \text{ L H}_2\text{O}}{25000 \text{ g}} * 89.400 \text{ g} = 50000 \text{ L H}_2\text{O al mes.}$$

Todos los valores están en m<sup>3</sup>, así que se utiliza una conversión básica como se muestra a continuación:

$$\text{Coagulante} = \frac{720 \text{ L H}_2\text{O}}{1 \text{ mes}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,72 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O al mes.}$$

$$\text{Floculante} = \frac{50000 \text{ L H}_2\text{O}}{1 \text{ mes}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 50 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O al mes.}$$

Siendo un promedio de 50,72 m<sup>3</sup> de agua proveniente del acueducto a la PTAR al mes.

- Entrada de aguas lluvias: En la PTAR hay varias operaciones cuyos tanques se encuentran a la intemperie por lo que esta agua llega a estos tanques y es esta una de las razones por las que entra menor cantidad de agua a la PTAR que la que sale.

Para hallar la cantidad de agua de esta corriente, se toma el total de vertimientos en m<sup>3</sup> mensuales, se le restan el valor total de agua que sale por la corriente 11 y el total de agua que entra de la corriente 6, dejando así el promedio de aguas lluvia que entran a la PTAR en un mes.

$$\text{Aguas lluvia} = \text{Corriente 17} - \text{Corriente 11} - \text{Corriente 6}$$

$$\text{Aguas lluvia} = 1860 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} - 1760 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} - 50,72 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$\text{Aguas lluvia} = 49,28 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

- Producto (O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>): Una de las salidas de la planta de producción de Hidrógeno es el producto. De esta corriente salen tanto Hidrógeno como Oxígeno gaseosos cada uno en una proporción diferente.
- Entrada a la planta de producción: A la planta de producción entra el agua proveniente de la producción de hidrógeno, como se mencionó, el agua en dicha planta no se consume, así que ingresan 289 m<sup>3</sup>/mes a la planta de producción.
- Producto: La cantidad de agua que queda en el producto, es un aproximado de 4 a 5% del total del agua que ingresa a la planta de producción. Obteniendo el valor de la siguiente forma:

$$\text{Total} \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 289 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,05 = 14 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

- Entrada a la PTAR: Como se puede observar en la figura 2, a la PTAR de la empresa entra agua proveniente de varios procesos, así como agua potable y aguas lluvia. Pero esta corriente es únicamente la 11, la cual proviene del proceso, limpieza y torres de enfriamiento y cuyo valor es de 1760 m<sup>3</sup>/mes. Este valor se obtuvo de la siguiente manera con información proporcionada por SIGRA del agua que llega a la PTAR del proceso productivo.

$$\text{Total } \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 5500 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,32 = 1760 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Los 5500 m<sup>3</sup> que se observan en el cálculo, es el valor promedio del agua total gastada en SIGRA durante un mes, de esta agua, se sabe que el 32% llega a la PTAR así que la cantidad de agua en la corriente 11.

- Entrada de vapor a la planta de Hidrógeno: Como se observa en la figura 2, de las calderas salen 2 corrientes. La primera, y de la que vamos a hablar en este momento, es la corriente que va hacia la planta de Producción de hidrógeno. Esta corriente lleva el 95 % del vapor producido en las calderas hacia dicha planta.

$$\text{Vapor } \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 1980 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,95 = 1881 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

- Pérdidas en calderas: Según información suministrada por la empresa, el 5% restante de la salida de la caldera es de pérdidas por radiación, fugas o desperdicio de la caldera.

$$\text{Perdidas } \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 1980 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,05 = 99 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

- Entrada a las torres de enfriamiento: El cálculo de esta corriente se realiza igual que el del consumo de las calderas. Con base en la información suministrada por la empresa, el consumo total de agua mensual es de 5500 m<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta que el porcentaje de agua en procesos de evaporación es igual al 14% del valor mencionado anteriormente, la cantidad de agua utilizada en este proceso es la siguiente:

$$\text{Valor } \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 5500 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,14 = 770 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

- Recirculación a las torres de enfriamiento: La cantidad que sale de las torres de enfriamiento es igual a la que entra, ya que en este proceso el agua no se consume.

- Entrada de aguas negras: A esta corriente llega el agua proveniente de los sanitarios. La cantidad de agua que se tiene a la entrada de esta corriente se calcula con respecto al personal en un día.

Personal: 115 personas/día  
 Sanitario: 6L/Descarga

Para el presente cálculo se supone 3 descargas por persona, es decir 18 L/Persona.

Total, litros/descarga al día= 115 personas/día \* 18L/persona = 2070 L/día

Como el balance hídrico está presentado mensualmente con un total de 30 días, se realiza la conversión.

$$\text{Total } \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 2070 \frac{\text{L}}{\text{día}} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 62.1 \text{ m}^3/\text{mes}$$

- Salida PTAR: Se hace un promedio de los caudales de salida de la PTAR de los últimos 6 meses que se observan en la tabla 4.

**Tabla 4.** Caudales de salida de la PTAR

Mes	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
1	2,50
2	2,30
3	2,50
4	3,30
5	4,10
6	3,80
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,08</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Como los caudales están en m<sup>3</sup>/hora, se pasa el valor a m<sup>3</sup>/mes de la siguiente manera:

$$\text{Caudal Mes} = 3,1 \frac{\text{m}^3}{\text{Hora}} * \frac{24 \text{ Horas}}{1 \text{ Día}} * \frac{25 \text{ Días}}{1 \text{ Mes}} = 1860 \text{ m}^3 \text{ al mes}$$

- Salida de aguas negras: La cantidad de agua que sale en esta corriente es igual a la que entra, así que como se observa en la tabla 3, las corrientes 16 y 18 son iguales.

$$\text{Total } \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 2070 \frac{\text{L}}{\text{día}} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 62.1 \text{ m}^3/\text{mes}$$

**2.1.4 Posibles alternativas de aprovechamiento.** Se van a plantear las alternativas para aprovechar en su totalidad las aguas residuales que se generan en la PTAR de la empresa.

Según el balance hídrico realizado, se observa que el proceso donde más agua se utiliza es en el calentamiento, por lo que es la opción principal para el reuso del recurso. Adicional se plantean otras tres alternativas en dado caso que no se pueda utilizar en calderas, y se tienen estas opciones debido a que en cada una de ellas la cantidad de agua utilizada no alcanza a cubrir la cantidad que sale de la PTAR mensualmente. A continuación, se explica la cantidad de agua necesaria en cada proceso:

- Calderas: En las calderas se gastan aproximadamente 1980 m<sup>3</sup> de agua al mes, así que se utilizaría toda el agua proveniente de la PTAR.<sup>56</sup>
- Torres de enfriamiento: La segunda opción son las torres de enfriamiento, que como se puede ver en el balance hídrico, en estas se recircula el agua proveniente del tanque A2, y la cantidad aproximada de agua utilizada en este proceso es de 770 m<sup>3</sup> al mes. Como no supera el 50% del efluente de la PTAR, se tienen en cuenta los equipos sanitarios y las redes contra incendios para utilizar mayor cantidad de agua.<sup>57</sup>
- Equipos sanitarios: Este es un proceso en el que se utiliza agua proveniente del acueducto. No es flujo de agua representativo y por este motivo es que sería ideal, si se utiliza en este proceso, utilizarla también para torres de enfriamiento. En equipos sanitarios la cantidad de agua que se utiliza es de aproximadamente 62,1 m<sup>3</sup> al mes.<sup>58</sup>
- Redes contra incendios: Esta es la última alternativa debido a que este es un tanque en el que se almacenan 60 m<sup>3</sup> de agua, pero el agua queda estancada por un largo periodo de tiempo de aproximadamente 6 a 8 meses, así que no se puede tener en cuenta al momento de sumar la cantidad de agua mensual que se utiliza en este punto.

---

<sup>56</sup> C.I SIGRA S.A

<sup>57</sup> *Ibíd.*,

<sup>58</sup> *Ibíd.*,

**2.1.5 Planta de tratamiento de agua residual.** La planta de tratamiento de agua residual consta de las siguientes operaciones unitarias: un pretratamiento el cual incluye trampas de grasas, el tratamiento primario donde se encuentran la homogenización, floculación y neutralización, tratamiento secundario que son el flotador y el DAF 2 y por último el tratamiento terciario el cual incluye el tanque biológico.<sup>59</sup>

La PTAR recibe aproximadamente 71 m<sup>3</sup> de agua al día y de ella, como efluente sale un aproximado de 75 m<sup>3</sup>.<sup>60</sup> En el primer proceso se encuentran las dos trampas de grasas las cuales retiran las grasas flotantes del agua y los sólidos. El agua pasa al DAF 1 donde la bacteria DEGRADEM 1302 (Ver anexo C) facilita las tareas de limpieza, el control de olores y la reducción del DBO y DQO. Luego se realiza el tratamiento químico lo que implica los procesos de homogenización, neutralización y floculación los cuales duran aproximadamente 15 minutos cada uno.<sup>61</sup> Luego el agua pasa al DAF 2 donde por medio de sistemas de aireación recogen los lodos. Para finalizar pasa al TANQUE BIOLÓGICO seguido por los CLARIFICADORES donde se descompone la materia prima y se precipitan los últimos lodos restantes en el agua.

A continuación, en la figura 5 se encuentra el diagrama de operación de la PTAR de C.I SIGRA S.A.

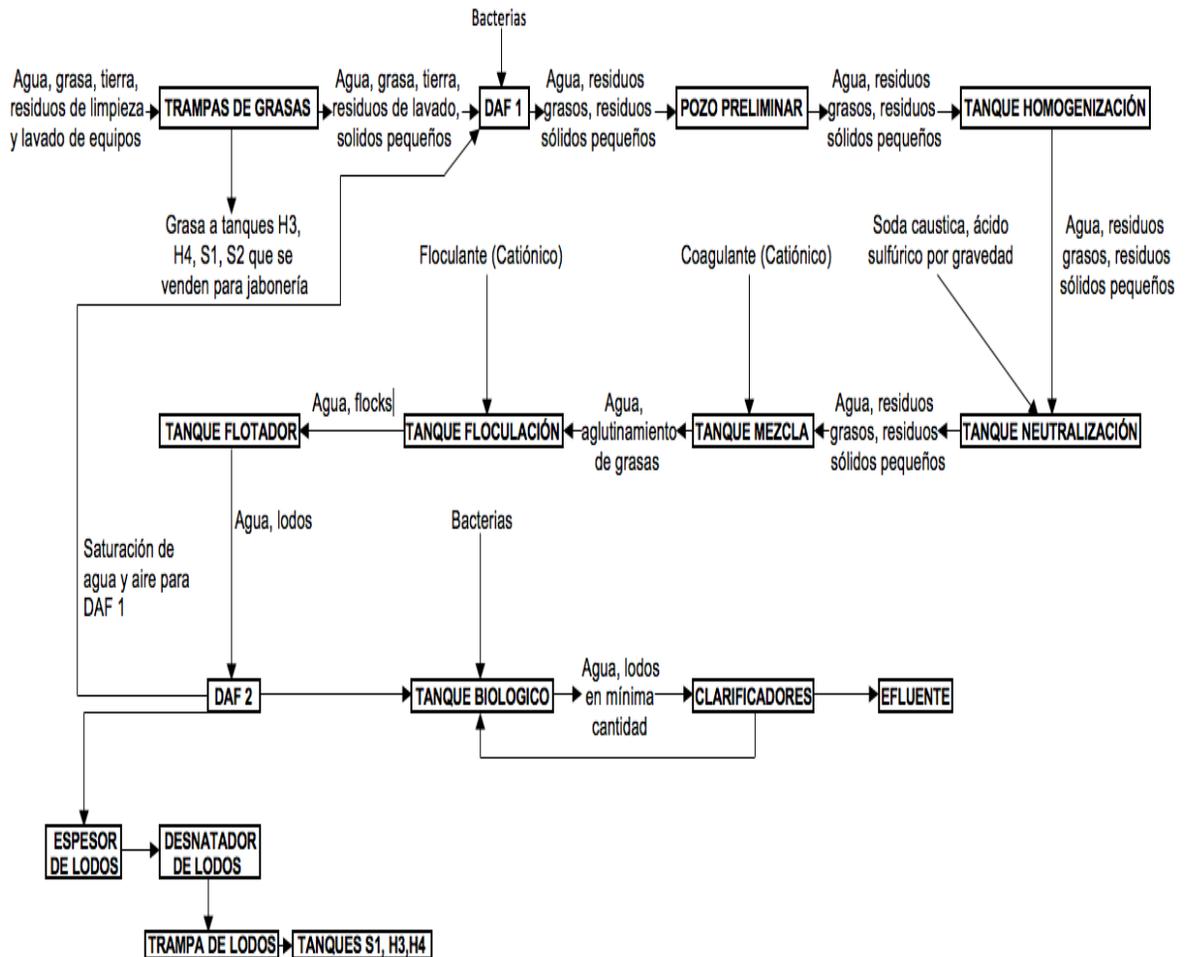
---

<sup>59</sup> C.I SIGRA S.A

<sup>60</sup> *Ibíd.*,

<sup>61</sup> *Ibíd.*,

**Figura 5. Operación PTAR-SIGRA<sup>62</sup>**



**Fuente:** C.I SIGRA S.A.

Las operaciones unitarias del proceso de la PTAR se describen en el cuadro 1, así como las dimensiones de los equipos.

<sup>62</sup> C.I SIGRA S.A

**Cuadro 1. Descripción de los equipos de la PTAR<sup>63</sup>**

Nombre del equipo	Descripción	Imagen
<p align="center"><b>TRAMPAS DE GRASA</b></p>	<p>Es un sistema mecánico que gracias a su diseño y compartimientos se logra separar el agua de las grasas o partículas sólidas. Son consideradas un pretratamiento para las aguas residuales. Cantidad: 2</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Largo: 1,18 m Ancho: 1,2 m Capacidad: 2,58 m<sup>3</sup></p>	
<p align="center"><b>DAF</b></p>	<p>Los sistemas de flotación por aire disuelto son muy efectivos para la ascensión hacia la superficie de las grasas y aceites, facilitando su separación del agua y en este caso con un sistema de barredoras para recolectar la grasa en la superficie.</p> <p>En procesos de coagulación es posible que se requiera menos coagulante, pues la flotación no exige un flock pesado. En muchos casos se obtienen lodos más espesos que los producidos en unidades de sedimentación por gravedad (trampa de lodos). Cantidad: 2</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Largo: 6,37 m Ancho: 1,2 m Capacidad: 13,91 m<sup>3</sup></p>	

<sup>63</sup> *Ibíd.*,

**Cuadro 1. (Continuación)**

<b>Nombre del equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<p align="center"><b>TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN</b></p>	<p>Este tratamiento primario estabiliza los valores del pH, minimiza y controla las variaciones de caudal, para este caso tener un flujo de caudal controlado para los tratamientos posteriores. Cantidad: 1</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Alto: 7,59 m Diámetro: 3,81 m Capacidad: 86,53 m<sup>3</sup></p>	
<p align="center"><b>TANQUE DE NEUTRALIZACIÓN</b></p>	<p>La neutralización es necesaria para ajustar el PH del agua residual mediante la adición de soda caustica NaOH, con el fin de precipitar todos los metales no deseados formándose en su mayoría hidróxidos, además de esto se tiene que alcanzar un pH entre 6.5 – 8.5 para una actividad biológica óptima. Cantidad: 1</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Alto: 2,27 m Diámetro: 2,02 m Capacidad: 7,27 m<sup>3</sup></p>	
<p align="center"><b>TANQUE DE COAGULACIÓN</b></p>	<p>Es un tratamiento en el que se desestabilizan las partículas coloidales, con ayuda de productos químicos (coagulantes) que neutralizan la carga eléctrica del coloide. En C.I SIGRA S.A se debe hacer un test de jarras para determinar la dosificación exacta del coagulante PROCOA PI4070 (Ver anexo A) en un tiempo de una hora. Cantidad: 1</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Alto: 1,91 m Diámetro: 1,6 m Capacidad: 3,84 m<sup>3</sup></p>	

**Cuadro 1. (Continuación)**

<b>Nombre del equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<p><b>TANQUE DE FLOCULACIÓN</b></p>	<p>La importancia de la floculación es agrupar las partículas coloidales desestabilizadas anteriormente, formando los llamados “flóculos” que son de gran tamaño por ello se sedimentan por gravedad. Generalmente se utilizan productos de naturaleza polimérica como floculantes para la formación de puentes de unión entre los flóculos.</p> <p>Para este caso la dosificación del floculante PROFLOC 4146 (Ver anexo B) es de 200g por cada 100 litros de agua residual que debe permanecer con agitación.</p> <p>Cantidad: 1</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Alto: 1,7 m Diámetro: 1,42 m Capacidad: 2,69 m<sup>3</sup></p>	
<p><b>TANQUE FLOTADOR</b></p>	<p>En este tanque se realiza la flotación de lodos por medio de aire comprimido que se supe constantemente al tanque como O<sub>2</sub>.</p> <p>Cantidad: 1</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Alto: 1,15 m Diámetro: 2,56 m Capacidad: 5,92 m<sup>3</sup></p>	
<p><b>TANQUE BIOLÓGICO</b></p>	<p>La actividad biológica se aprovecha para remover principalmente sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas del agua residual mediante su conversión en gases que escapan a la atmósfera y en biomasa extraíble mediante sedimentación, en la PTAR se utiliza los microorganismos llamados DEGRADEM 1302 (Ver anexo C) con el fin de promover la remoción del DQO, DBO, reducción de lodos y control de olores en el tanque biológico y en las trampas de grasa.</p> <p>Cantidad: 1</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Alto: 11 m Diámetro: 3,82 m Capacidad: 1126,07 m<sup>3</sup></p>	

**Cuadro 1. (Continuación)**

<b>Nombre del equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<b>CLARIFICADORES</b>	<p>Los clarificadores que se encuentran en la PTAR permiten la separación sólido/líquido por medio de la sedimentación, por ello se facilita la eliminación de los sólidos en suspensión, por sistemas de rebose se garantizan la funcionalidad de los mismos. Cantidad: 2</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Volumen Útil 60 m<sup>3</sup> Capacidad: 60 m<sup>3</sup></p>	
<b>TANQUE DE OXIDACIÓN</b>	<p>En este tanque se ejecutan los procesos de oxidación de la materia orgánica y metales disueltos.</p> <p>Este tanque, donde se realizará la desinfección, no estaba en uso en la planta por lo que se le realizó un mantenimiento por parte de C.I SIGRA S.A en el que se tuvo en cuenta la limpieza y una verificación de las condiciones de estructura que tiene el tanque. Cantidad: 1</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Alto: 1,26 m Diámetro: 1,5 m Capacidad: 2,22 m<sup>3</sup></p>	

Informe análisis de laboratorio.

Actualmente C.I SIGRA S.A le realiza el debido tratamiento al agua utilizada durante todo el proceso de producción en la PTAR. Este tratamiento debe realizarse para posteriormente poder verterla al alcantarillado así que deben tener en cuenta la Resolución 0631 de 2015 la cual establece los parámetros fisicoquímicos y los valores máximos permisibles en los vertimientos a los sistemas de alcantarillado público. Estos análisis se envían al laboratorio Conoser LTDA una vez al año, para verificar que el agua cumpla con dichos parámetros de vertimiento.

A continuación, se presenta la tabla 5 con los valores obtenidos de la salida de la PTAR en el mes de octubre del 2017 y los valores de la norma mencionada.

**Tabla 5.** Valores según la Resolución 0631 de 2015

Parámetro	Unidad	Concentración SIGRA 2017-2	Resolución 0631 de 2015
<b>Aceites y Grasas</b>	mg/L	9,3	40
<b>Acidez Total</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	12	Análisis y Reporte
<b>Alcalinidad Total</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	89	Análisis y Reporte
<b>Cadmio</b>	mg/L-Cd	<0,005	0,05
<b>Cloruros</b>	mg/L CN	94	500,00
<b>Cobre</b>	mg/L-Cu	<0,015	1
<b>Color</b>	UPC	22	Análisis y Reporte
<b>Compuestos sv fenoli</b>	mg/L	<0,007	Análisis y Reporte
<b>Cromo total</b>	mg/L-Cr	<0,05	0,5
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L-O <sub>2</sub>	217	300
<b>DQO</b>	mg/L-O <sub>2</sub>	447	550
<b>Dureza cálcica</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	16	Análisis y Reporte
<b>Dureza total</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	63	Análisis y Reporte
<b>Fosforo</b>	mg/L-P	2	Análisis y Reporte
<b>O-fosfatos</b>	mg/L-PO <sub>4</sub>	0,04	Análisis y Reporte
<b>Hidrocarburos</b>	mg/L-Hc	<0,9	-
<b>Mercurio</b>	mg/L-Hg	<0,0006	0,01
<b>Níquel</b>	mg/L-Ni	0,011	0,50
<b>Nitratos</b>	mg/L-NO <sub>3</sub>	0,2	Análisis y Reporte
<b>Nitritos</b>	mg/L-NO <sub>2</sub>	<0,007	Análisis y Reporte
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg/L	9,5	Análisis y Reporte
<b>Nitrógeno total</b>	mg/L-NKT	20,4	Análisis y Reporte
<b>Plomo</b>	mg/L-Pb	< 0,05	0,20
<b>SAAM</b>	mg/L	0,96	Análisis y Reporte
<b>SST</b>	mg/L	23	300
<b>Sulfatos</b>	mg/L-SO <sub>4</sub>	<10	250
<b>Zinc</b>	mg/L-Zn	0,05	3

**Fuente:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co>

Como se observa en la tabla 5 todos los parámetros cumplen de acuerdo a la resolución 0631 de 2015, así que C.I SIGRA S.A desea realizarle un tratamiento terciario al efluente de la PTAR para poder reutilizarlo en alguna de las operaciones de la planta.

Para hallar la normatividad vigente que se ajustará a los deseos de la empresa, se realizó una revisión bibliográfica en la cual se encontró la resolución 1207 de 2014, la cual tiene por objetivo establecer las disposiciones relacionadas con el agua residual tratada.

## 2.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO

El presente capítulo describe los posibles tratamientos terciarios evaluados para ajustar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua que no cumplen con respecto a la resolución 1207 del 2014.

De acuerdo al balance hídrico, numeral 2.3, y a las posibles alternativas de aprovechamiento, numeral 2.4, se plantea una matriz de selección mediante criterios cualitativos para elegir la mejor alternativa de tratamiento.

**2.2.1 Consideraciones iniciales.** Con el fin de eliminar la materia orgánica (coliformes termotolerantes), los fenoles y la dureza, se realiza una investigación de los valores establecidos para el agua de uso industrial, esto se logra revisando la normatividad vigente en Colombia.

**2.2.1.1 Norma legal vigente.** A partir de una revisión a la resolución establecida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible acerca de la calidad del agua para su reúso industrial, se encuentra la resolución 1207 del 2014 la cual se explica con mayor precisión a continuación.

- Resolución 1207 de 2014, artículo 7.

Este artículo determina los criterios de calidad que deberá cumplir el agua residual tratada para su reúso industrial.<sup>64</sup> Para ello se tienen en cuenta varias características físicas, químicas y biológicas (Ver anexo D).

En las tablas 6, 7 y 8 se presentan los valores obtenidos de la salida de la PTAR en el mes de noviembre del 2017 y los valores de la norma mencionada para cada parámetro que no cumple.

**Tabla 6.** Comparación de valores obtenidos para Torres de enfriamiento y calderas según Resolución 1207 de 2014<sup>61</sup>

TORRES ENFRIAMIENTO Y CALDERAS				
VARIABLE	UNIDAD	VLMP	VALOR SIGRA 2017	¿CUMPLE?
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
<b>Coliformes Termo tolerantes</b>	NMP/100 mL	1.000	2'000.000 o 10'800.000	<b>NO</b>

<sup>64</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co>

**Tabla 6.** (Continuación)

VARIABLE	UNIDAD	VLMP	VALOR SIGRA 2017	¿CUMPLE?
<b>QUÍMICOS</b>				
Benceno, Tolueno; Etilbenceno y Xileno (BTEX)	mg/L	0,001	< 0,10	NO
Fenoles	mg/L	0,002	1,21	NO
<b>Metales</b>				
Molibdono	mg Mo/L	0,07	< 0,2	NO
Vanadio	mg V/L	0,1	< 0,3	NO

**Fuente:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co>

**Tabla 7.** Comparación de valores obtenidos para equipos sanitarios según Resolución 1207 de 2014 <sup>65</sup>

EQUIPOS SANITARIOS				
VARIABLE	UNIDAD	VLMP	VALOR SIGRA 2017	¿CUMPLE?
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100 mL	10.000	2'000.000 o 10'800.000	NO

**Fuente:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co>

**Tabla 8.** Comparación de valores obtenidos para Redes contra Incendios según Resolución 1207 de 2014 <sup>61</sup>

SISTEMAS DE REDES CONTRA INCENDIOS				
VARIABLE	UNIDAD	VLMP	VALOR SIGRA 2017	¿CUMPLE?
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100 mL	10	2'000.000 o 10'800.000	NO

**Fuente:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co>

<sup>65</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co>

Como se evidencia en la tabla 6, los valores que no cumplen con la norma ambiental para reúso en calderas y torres de enfriamiento son coliformes, BTEX, fenoles, molibdeno y vanadio, mientras en las tablas 7 y 8, de equipos sanitarios y redes contra incendios respectivamente, el único parámetro que incumple la norma son los coliformes.

### 2.2.2 Parámetros a tener en cuenta que no cumplen la normatividad vigente.

Los parámetros que no cumplen la normatividad y con respecto a los posibles reúsos de calderas y torres de enfriamiento, equipos sanitarios y redes contra incendios son los presentados en tabla 9.

**Tabla 9.** Comparación parámetros medidos contra valores máximos permitidos para reúso industrial

Parámetro	Valor actual de la planta	Resolución 1207 de 2014
BTEX	< 0,10	0,001
Coliformes termotolerantes	10'800.000	1.000
Fenoles	1,21	0,002
Molibdeno	< 0,2	0,07
Vanadio	< 0,3	0,1

**Fuente:** Elaboración propia

Según los análisis realizados por el laboratorio Conoser LTDA el BTEX tiene un valor <0,10 mg/L (Ver anexo E), este valor no cumple con la especificación de la resolución, pero al no ser un valor exacto se analiza el cromatograma (Ver anexo F) en el cual se observa y concluye que el valor tiende a cero.

El valor de Coliformes elevado (Ver anexo E) se debe principalmente al DAF 1 y al tanque biológico donde se adicionan los microorganismos.

Los fenoles (Ver anexo G) se generan debido a los productos químicos que se utilizan para la limpieza de la planta y lavado de equipos.

Los valores de Molibdeno y Vanadio (Ver anexo E) son < 0,2 y < 0,3 mg/L respectivamente según los resultados de análisis de Conoser LTDA. Como la norma es tan estricta estos valores están por fuera del alcance del límite de detección de los equipos con los que se realizan los análisis.

**2.2.3 Alternativas de tratamiento.** Como se explica anteriormente, de acuerdo al diagnóstico de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, es necesario realizar una búsqueda bibliográfica para plantear posibles alternativas de tratamiento con el fin de cumplir con la norma.

En la tabla 10 se presentan los parámetros a tratar y la alternativa de solución para cada uno.

**Tabla 10.** Alternativas de solución para los parámetros

Parámetro	Tipo de contaminación	Tratamiento
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	BIOLOGICA	Bromación
		Cloración
		Luz UV
		Ósmosis Inversa
		Ozonización
FENOLES	QUÍMICA	Yodación
		Oxidación
DUREZA	FISICO-QUÍMICA	Filtro de carbón activado
		Resinas de intercambio iónico
		Precipitación

**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.3.1 Tratamientos para coliformes.** A continuación se presentan los posibles tratamientos a utilizar para reducir los coliformes totales presentes en el agua.

- Bromación

Un método de desinfección parecido al cloro. El cuadro 2 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 2.** Ventajas y desventajas de la bromación

VENTAJAS <sup>66</sup>	DESVENTAJAS <sup>66</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El bromo es un compuesto que se disuelve muy bien en el agua. (35 g por litro de agua)</li> <li>• Competidor del cloro en desinfección.</li> <li>• Menor producción de corrosión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe mucha información sobre los efectos bactericidas del bromo en agua.</li> <li>• Más costoso que el cloro.</li> <li>• Su fuerza oxidante es intermedia entre el cloro y el yodo.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>66</sup> WEBER, WALTER J. Control de la calidad del agua: procesos fisicoquímicos. Michigan, Estados Unidos: Universidad de Michigan, 1979. p. 460-461.

- Cloración

Este tratamiento se basa en la adición de cloro o alguno de sus compuestos derivados al agua para realizar una desinfección. El cuadro 3 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 3.** Ventajas y desventajas de la cloración

VENTAJAS <sup>67</sup>	DESVENTAJAS <sup>67</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cloro y sus derivados son fáciles de conseguir e implementar.</li> <li>• Tratamiento económico y eficaz.</li> <li>• Variedad de usos.</li> <li>• Elimina microorganismos.</li> <li>• Elimina olores en el agua durante la desinfección.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mantener un pH ácido.</li> <li>• Requiere control constante de la dosificación.</li> <li>• Algunas especies parásitas muestran resistencia a dosis bajas de cloro.</li> <li>• Algunos compuestos del cloro, al oxidar algunos materiales orgánicos, generan trihalometanos.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

- Luz UV

La desinfección con luz ultravioleta de aguas residuales es un proceso que neutraliza microorganismos como bacterias, virus y esporas. Al ser un proceso que solo añade luz, no tiene impacto químico sobre el agua. El cuadro 4 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 4.** Ventajas y desventajas de la desinfección con luz ultravioleta

VENTAJAS <sup>68</sup>	DESVENTAJAS <sup>68</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amigable con el medio ambiente.</li> <li>• No produce residuos tóxicos.</li> <li>• Los niveles de energía para la desinfección son muy bajos.</li> <li>• Método simple de implementar.</li> <li>• Bajas probabilidades de producir productos químicos nocivos en las aguas residuales.</li> <li>• Los tiempos de contacto requeridos son muy cortos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por la radiación puede alterar ciertos compuestos químicos.</li> <li>• La contaminación en ciertos tubos debe tratarse regularmente.</li> <li>• Los costos compiten con el cloro, aunque son un poco más elevados.</li> <li>• Los costos elevados son por el consumo de energía y el reemplazo anual de la lámpara UV.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>67</sup> U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1986. DESIGN MANUAL: Municipal Wastewater Disinfection. Office of Research and development. Cincinnati, Ohio. p 15.

<sup>68</sup> *Ibíd.*, p.18

- Ósmosis Inversa

Proceso en el que se relacionan la presión osmótica con la temperatura y concentración de un soluto. Se utiliza para separar moléculas y partículas del agua forzando al agua a través de una membrana y se realiza aplicando una presión superior a la osmótica, por lo que se emplean presiones entre 20 y 100 bar. El cuadro 5 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 5.** Ventajas y desventajas de la ósmosis inversa

<b>VENTAJAS<sup>69</sup></b>	<b>DESVENTAJAS<sup>69</sup></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amigable con el medio ambiente.</li> <li>• Consumen una cantidad mínima de energía.</li> <li>• Espacio de implementación reducido.</li> <li>• Elimina los minerales disueltos y metales, lo que evita corrosión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere grandes cantidades de agua.</li> <li>• Tiempo de tratamiento largo.</li> <li>• Utiliza en promedio 10 Litros de agua para purificar 1 Litro.</li> <li>• Membranas costosas.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

- Ozonización

En este proceso se utiliza el ozono como agente oxidante para la desinfección tanto de agua potable como de aguas residuales. El cuadro 6 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 6.** Ventajas y desventajas de la ozonización

<b>VENTAJAS<sup>70</sup></b>	<b>DESVENTAJAS<sup>70</sup></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elimina bacterias y virus que el cloro no destruye.</li> <li>• Se necesita menos cantidad de ozono que de cloro para tratar el agua.</li> <li>• No aumenta los contenidos de sales inorgánicas.</li> <li>• Elimina olores y sabores del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene vida activa en el agua de aproximadamente 25 minutos.</li> <li>• No se puede transportar, se debe producir in situ.</li> <li>• Los equipos pueden corroerse debido al proceso (producción de ácido nítrico)</li> <li>• Maquinaria y mantenimiento costosos.</li> <li>• En pequeñas cantidades puede no ser lo suficientemente fuerte y no evita que los gérmenes crezcan.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>69</sup> HERNANDEZ, A; TEJERINA, F; ARRIBAS, J. I; MARTINEZ, L y MARTINEZ, F. Micro filtración, Ultrafiltración y Osmosis inversa. Volumen 4. Universidad de Murcia, España: Secretariado de publicaciones, 1990.

<sup>70</sup> U.S. Environmental Protection Agency (EPA), op. cit, p.18

- Yodación

El yodo es un desinfectante eficaz contra las bacterias, los virus y otros microorganismos presentes en el agua. La mejor forma de desinfectar es utilizando la mitad de la dosis indicada y aumentar el tiempo de reacción al doble. El cuadro 7 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 7.** Ventajas y desventajas de la yodación

VENTAJAS <sup>71</sup>	DESVENTAJAS <sup>71</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desinfección más rápida que el cloro.</li> <li>• Permanece activo en un rango de pH amplio.</li> <li>• 0,5 mg son suficientes para destruir microorganismos en 10 minutos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la temperatura del agua es muy baja (entre 0 y 5°C), la actividad del yodo será más lenta.</li> <li>• Si el agua es turbia la concentración se duplicará o aumenta el tiempo de contacto.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.3.2 Tratamientos para eliminar fenoles.** A continuación se presentan las posibles alternativas de tratamiento para realizar la oxidación necesaria en el agua.

- Oxidación

Son procesos que tienen como objetivo eliminar compuestos solubles no biodegradables de las aguas residuales. El cuadro 8 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 8.** Ventajas y desventajas de la oxidación

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos son bajos en comparación con otros métodos.</li> <li>• Bajo consumo de energía y costo de operación.</li> <li>• Mantenimiento sencillo.</li> <li>• Remoción de impurezas alta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de materia en suspensión.</li> <li>• Reactivos pueden corroer las superficies dependiendo de su material y resistencia del mismo.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>71</sup> ROJAS, Maritza; RUZ, Ximena; GONZALEZ, Rodrigo. Yodación de agua potable en zonas rurales con fines de desinfección. Chile.

- Filtro de carbón activado

La purificación de agua con estos filtros se realiza a medida que el agua fluye a través de estos, pues los químicos que contiene el agua, se adhieren a la superficie. El cuadro 9 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 9.** Ventajas y desventajas del filtro de carbón activado

<b>VENTAJAS<sup>72</sup></b>	<b>DESVENTAJAS<sup>72</sup></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlan los olores, sabores y colores en el agua residual mejor que otros materiales.</li> <li>• Efectiva retención de metales pesados y fosfatos.</li> <li>• Fácil de utilizar.</li> <li>• Su uso es frecuente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mantenimiento frecuentemente. Por ende, costos altos.</li> <li>• No destruye los contaminantes y eventualmente se requiere de otra tecnología que lo haga.</li> <li>• Generan residuos que deben ser dispuestos en vertederos controlados.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.3.3 Tratamientos para eliminar dureza.** A continuación se presentas los posibles tratamientos para la reducción de la dureza del agua.

- Resinas de Intercambio Iónico

Es un proceso en el cual los iones mantenidos por fuerzas electrostáticas a grupos funcionales cargados situados en la superficie del sólido, son cambiados por iones de carga similar de una disolución en la cual el sólido está inmerso. El cuadro 10 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 10.** Ventajas y desventajas de las resinas de Intercambio Iónico

<b>VENTAJAS<sup>73</sup></b>	<b>DESVENTAJAS<sup>73</sup></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienen alta capacidad de tratamiento, resultando compactas y económicas.</li> <li>• Son muy estables químicamente.</li> <li>• Larga duración y fácil regeneración.</li> <li>• Son equipos versátiles siempre que se trabaje con relativas bajas concentraciones de sales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actúan selectivamente, pueden preferir un ión sobre otro.</li> <li>• La estructura porosa interna no debe ser grande debido a que se necesita movimiento libre de los iones cambiables.</li> <li>• Se necesita una resina fuertemente básica con el fin de intercambiar todos los grupos ácidos presentes en el agua.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>72</sup> LENNTECH. Adsorción/ Carbón Activado. Disponible en: (<https://www.lenntech.es/adsorcion.htm>)

<sup>73</sup> WEBER, op. cit, p.274 a 295

- Precipitación

La precipitación química es un proceso utilizado para disminuir la dureza del agua utilizando diferentes reactivos como dispersantes poliméricos, quelatos y polifosfatos. El cuadro 11 presenta las ventajas y desventajas de este tratamiento.

**Cuadro 11.** Ventajas y desventajas de la precipitación

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización más completa de los reactivos frente al exceso empleado en la regeneración de las resinas.</li> <li>• Método económico y efectivo para reducción de dureza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requieren conocimientos de las reacciones que ocurren en el procedimiento.</li> <li>• Si se realiza un tratamiento previo, este puede reaccionar con los reactivos utilizados en la precipitación.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.4 Selección de la alternativas de tratamiento.** Estudiando los parámetros necesarios, se analizan los diferentes tratamientos teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno. Se observa que tratamientos para la desinfección como osmosis inversa y luz UV son métodos que requieren mucho tiempo para desinfección y la yodación es un método efectivo pero el agua debe tener unas características específicas, sino la cantidad de reactivo a utilizar es alta.

Se presentan métodos como los filtros de carbón activado, la ozonización y la cloración que son métodos que, por sus ventajas, presentan buenas probabilidades para realizar el tratamiento. La precipitación y resinas de intercambio iónico, son métodos utilizados para disminuir los niveles de dureza en el agua el cual es un proceso fundamental para poder reutilizar el agua en las calderas.

Por estas razones se llega a la conclusión que las alternativas de tratamiento que mejor pueden funcionar son las siguientes:

**2.2.4.1 Desinfección.** Para la desinfección se presentan tres diferentes alternativas, entre los que incluye la cloración, la ozonización y la bromación. Se seleccionan estos métodos debido a su efectividad ya que por su acción oxidante reducen los coliformes.

**2.2.4.2 Oxidación.** Los procesos que se presentan para este tratamiento son la oxidación por cloración y los filtros de carbón activado granular. Ambos tratamientos tienen como fin reducir los fenoles, el primero puede dividirse en tres ya que uno utiliza un producto derivado del cloro llamado PROCIDE 1228 (Ver anexo H) a base de dióxido de cloro para oxidar los fenoles, el segundo utiliza peróxido de hidrógeno al 30% y el último permanganato de potasio al 99,9%. El segundo tratamiento consiste en una superficie que, al momento del agua pasar a través de esta, absorbe ciertas sustancias, en este caso los fenoles.

**2.2.4.3 Reducción de dureza.** El último inconveniente que presenta el agua es la dureza. Para este tratamiento se tienen en cuenta dos métodos diferentes que son la precipitación y las resinas de intercambio iónico. El primero elimina la dureza del agua, agregando un ablandador o suavizante para eliminar los sulfatos, cloruros, nitratos y silicatos y el segundo es un proceso en el cual se intercambian los iones de la solución por iones situados en una superficie para así mismo eliminar cloruros, sulfatos y nitratos entre otros.

**2.2.5 Selección de la alternativa de tratamiento para el reúso de los vertimientos de la PTAR de C.I SIGRA S.A.** De acuerdo a la información anterior se hace una selección por medio de una herramienta de una matriz cualitativa, la matriz de Pugh.<sup>74</sup>

**2.2.5.1 Criterios de la matriz de selección.** Una matriz de selección es una herramienta que permite valorar y elegir entre varias opciones, mediante diferentes criterios. Los parámetros que se van a tener en cuenta para escoger el conjunto de tratamientos adecuados son los presentados en el cuadro 12:

**Cuadro 12.** Criterios de la matriz de selección

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	PORCENTAJE
Factibilidad	Se refiere a la infraestructura ya que se busca que la alternativa se adecua a los procesos existentes.	1, -1 y 0	25

<sup>74</sup> CERVONE, H. Frank. Applied digital library Project management. Using Pugh matrix analysis in complex decision-making situations. Volume 25. Indiana, USA: Emerald Group Publishing Limited, 2009. P. 229

**Cuadro 12.** (Continuación)

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN	PORCENTAJE
Costos	Los costos que se evalúan serán los generados por implementación ( inversión inicial) ya que se busca que no sean mayores a los costos actuales de acueducto y alcantarillado	1, -1 y 0	20
Agentes químicos necesarios	Cantidad de agentes químicos necesarios para el tratamiento.	1, -1 y 0	15
Mantenimiento	Necesidad de mantenimiento de los equipos al implementar la alternativa.	1, -1 y 0	10
Personal	Personal necesario para majear la PTAR al implementar la alternativa.	1, -1 y 0	10
Modificación estructural	Se refiere a la necesidad de modificar la infraestructura, o aumentar/disminuir el espacio donde se encuentra la PTAR para poder implementar la alternativa.	1, -1 y 0	10
Tiempo de implementación	Tiempo necesario que requiere la empresa para la implementación de la alternativa.	1, -1 y 0	10

**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.5.2 Evaluación de los criterios.** Para la matriz de selección se evaluaron los siete criterios anteriormente mencionados para cada parámetro planteado en el numeral 3.4, como se muestra en los cuadros 13, 14 y 15 a continuación.

**Cuadro 13.** Evaluación de los criterios de la matriz de selección para la desinfección

<b>Criterio</b>	<b>Cloración</b>	<b>Bromación</b>	<b>Ozonización</b>
<b>Factibilidad</b>	Para llevar a cabo esta alternativa de desinfección no se requiere implementar un nuevo sistema debido a que la empresa cuenta con el tanque necesario para realizar la desinfección.	Al ser un reactivo que actúa similar al cloro, tampoco se requiere implementar un nuevo sistema para llevarlo a cabo.	Para esta alternativa si se requiere una modificación en el proceso la cual es la adición de un tanque para realizar la ozonización junto con bombas neumáticas.
<b>Costos</b>	El cloro, así como sus derivados son fáciles de conseguir y en general son económicos, adicionalmente ya se mencionó que no requiere compra de equipos.	La bromación es un método de desinfección parecido al cloro con la diferencia que es más costoso. Pero igual que el cloro, no requiere comprar equipos adicionales.	El ozono es un producto costoso y tiene una vida útil corta, adicional a esto, requiere mantenimiento el cual es costoso y se requiere comprar un tanque y unas bombas para implementarlo.
<b>Agentes químicos necesarios</b>	Se requiere PROCIDE 1228 (a base de dióxido de cloro) o hipoclorito de sodio.	Se requiere bromo o alguno de sus derivados.	Se requiere ozono.
<b>Mantenimiento</b>	El mantenimiento se necesita en las bombas de dosificación y en los tanques en los que hay presencia de cloro por el impacto que este pueda tener sobre estos y sobre las tuberías.	Para esta alternativa se requiere mantenimiento periódico de los tanques y en las bombas de dosificación.	Se requiere mantenimiento del tanque, de las tuberías y de las bombas neumáticas.
<b>Personal</b>	Se requiere de un operario en la PTAR para verificar el cloro residual en el agua antes de entrar al tanque de mezcla y después de salir del mismo.	Igual que en el cloro, se requiere de un operario para verificar dosificación del bromo al agua al entrar al tanque y verificar su valor al salir del mismo.	En la planta de tratamiento de aguas se requiere un operario para verificar la dosificación de ozono en el tanque.
<b>Modificación estructural</b>	No es necesario modificar la infraestructura de la PTAR.	No es necesario modificar la infraestructura de la PTAR.	Si es necesario modificar la infraestructura de la PTAR debido a que toca implementar el tanque para realizar ozonización con una bomba neumática.
<b>Tiempo de implementación</b>	Tardarían aproximadamente de 1 a 2 meses en implementarla.	Tardarían aproximadamente de 1 a 2 meses en implementarla.	Tardaría aproximadamente de 4 a 6 meses en ser implementada debido a las cotizaciones necesarias en la modificación de la PTAR.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 14.** Evaluación de los criterios de la matriz de selección para la Oxidación

CRITERIO	CLORACIÓN	FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO
Factibilidad	Para llevar a cabo esta alternativa de oxidación se requiere implementar un nuevo sistema debido a que la empresa cuenta con el tanque necesario para realizarla.	Para esta alternativa si se requiere una modificación en el proceso la cual es la adición de filtros de carbón activado en el proceso de la PTAR.
Costos	Se van a utilizar Peróxido de hidrógeno, Permanganato de potasio o PROCIDE 1228. Los dos últimos son los más costosos.	Se requiere la compra de los filtros de carbón activado.
Agentes químicos necesarios	Se requiere Peróxido de hidrógeno, PROCIDE 1228 o Permanganato de potasio.	No se requieren agentes químicos.
Mantenimiento	Igual que en la etapa de desinfección se requiere mantenimiento en las bombas de dosificación y en los tanques y tuberías en los que hay presencia de cloro.	En los filtros de carbón activado, además del mantenimiento se necesita una limpieza constante.
Personal	Se requiere un operario para verificar la dosificación de reactivo que se le agregara al tanque y para revisar el cloro residual al salir del mismo.	Se requiere de un operario para realizar limpieza y mantenimiento de los filtros de carbón activado.
Modificación estructural	Se requiere modificación de la infraestructura de la PTAR agregando un tanque.	Se requiere modificación para adicionar los filtros de carbón activado al proceso de la PTAR.
Tiempo de implementación	Tardarían aproximadamente de 1 a 2 meses en implementarla.	Por la adquisición de los filtros y la modificación de la PTAR, la alternativa requiere de un tiempo para ser implementada.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 15.** Evaluación de los criterios de la matriz de selección para la reducción de la dureza

CRITERIO	PRECIPITACIÓN	REESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO
Factibilidad	Para esta alternativa no se requiere modificación del proceso.	Si se requiere modificación, la cual es la adición de las resinas de intercambio iónico en la PTAR.
Costos	Se requiere la compra de los reactivos.	Se requiere la modificación de la PTAR, la compra de las resinas de intercambio iónico y el mantenimiento de las mismas.

**Cuadro 15.** (Continuación)

CRITERIO	PRECIPITACIÓN	RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO
Agentes químicos necesarios	Se requieren PROSOX 2002 (meta bisulfito de sodio) con PROSPERSE 2104 (Fosfanato) para reducir la dureza.	No se requieren agentes químicos.
Mantenimiento	El mantenimiento se le realiza a las bombas dosificadoras y a los tanques para verificar que no haya daños.	Se le realiza mantenimiento, así como limpieza constante a las resinas para evitar su desgaste o averío.
Personal	Se requiere un operario para realizar el mantenimiento de las bombas dosificadoras de los reactivos utilizados.	Se requiere de un operario que realice la limpieza de las resinas y su mantenimiento cuando sea necesario.
Modificación estructural	No se requiere modificación de la estructura de la PTAR.	Es necesaria una modificación para adiconas las resinas al proceso de la PTAR.

**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.5.3 Matriz de selección.** De acuerdo a las descripciones de los cuadros 13,14 y 15, se realiza la respectiva calificación teniendo en cuenta que esta tiene una calificación de 1, -1 y 0 siendo 1 el mejor, -1 el peor y 0 igual.<sup>75</sup>

**Cuadro 16.** Matriz de selección para desinfección

CRITERIO	DESINFECCION		
	Cloración	Bromación	Ozonización
Factibilidad	1	1	-1
Costos	1	0	-1
Agentes químicos necesarios	-1	-1	-1
Mantenimiento	1	1	-1
Personal	1	1	1
Modificación estructural	1	1	-1
Tiempo de implementación	1	1	-1
TOTAL	0,7	0,5	-0,8

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro 16 la alternativa que mayor puntaje obtuvo fue la cloración puesto que su puntuación en los criterios de mayor importancia como lo son la factibilidad y los costos necesarios son positivos con respecto a las otras dos

<sup>75</sup> *Ibíd.*, p.230

alternativas. La bromación tiene un puntaje aceptable pero su falencia en el segundo y tercer criterio más importante que son los costos y los agentes químicos necesarios, la hace ser la segunda opción. Con respecto a la alternativa número tres, es decir la ozonización, tiene un puntaje bajo debido a que su implementación sería demorada por modificaciones estructurales en la planta, por consiguiente, el requerimiento de más operarios en la planta. Por todo lo mencionado anteriormente se selecciona la cloración para realizar el tratamiento de desinfección de las aguas de la PTAR de C.I SIGRA S.A.

**Cuadro 17.** Matriz de selección para oxidación

CRITERIO	OXIDACIÓN	
	Cloración	Filtros C.A
Factibilidad	1	1
Costos	1	-1
Agentes químicos necesarios	-1	1
Mantenimiento	1	-1
Personal	1	1
Modificación estructural	1	-1
Tiempo de implementación	1	-1
TOTAL	0,7	0

**Fuente:** Elaboración propia.

En el cuadro 17 se observa la cloración fue la alternativa con mayor puntaje debido a su calificación positiva en la mayoría de los criterios.

**Cuadro 18.** Matriz de selección para reducción de dureza

CRITERIO	REDUCCION DUREZA	
	Precipitación	Resinas I.I
Factibilidad	1	-1
Costos	1	-1
Agentes químicos necesarios	-1	1
Mantenimiento	1	-1
Personal	1	1
Modificación estructural	0	-1
Tiempo de implementación	0	-1
TOTAL	0,5	-0,5

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro 18, la alternativa para reducción de dureza evidentemente fue la precipitación ya que tuvo una puntuación positiva en los criterios de mayor importancia. También tuvo calificaciones positivas en el tiempo de implementación por lo que actualmente en la empresa ya está implementado, la única modificación es la cantidad de reactivos que se debe utilizar.

Por lo mencionado anteriormente se selecciona la cloración para la desinfección y la oxidación y la precipitación para el tratamiento de dureza del agua de la PTAR de C.I SIGRA S.A.

**2.2.6 Desarrollo experimental.** En este numeral se describe el desarrollo experimental que se lleva a cabo para establecer la mejor alternativa. Para iniciar el proceso se realizan pruebas preliminares las cuales se describen en el numeral 3.6.1 para definir la dosificación de cloro, peróxido de hidrógeno y de los reactivos necesarios para reducir la dureza. Terminadas estas pruebas se realizan las pruebas experimentales las cuales se envían al laboratorio para evaluar la remoción de los tres contaminantes presentes en el agua para su reuso en calderas y torres de enfriamiento. Las condiciones de la muestra de agua inicial se encuentran en la tabla 11.

**Tabla 11.** Parámetros del agua sin tratamiento

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Coliformes	>1.600	NMP/100 ML
Fenoles	0,291	mg/L
Dureza	63	mg/L CaCO <sub>3</sub>

**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.6.1 Pruebas iniciales.** Para verificar las condiciones más favorables para la remoción de los contaminantes presentes en el agua, se lleva a cabo una cloración para la desinfección como se observa en las tablas 12 y 13, una la oxidación como se ve en la tabla 14, y una precipitación según la tabla 15 para reducir la dureza del agua en el capítulo 4.

Para desarrollar dichas experimentaciones se utilizaron los equipos de laboratorio presentados en el cuadro 19.

**Cuadro 19.** Descripción de los equipos<sup>76</sup>

NOMBRE DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
MEDIDOR DE CLORO LIBRE	Marca HANNA referencia HI701. Equipo utilizado para medir el cloro libre en las muestras de agua.	
pH METRO	Marca SI ANALYTICS referencia pH Lab 850. Equipo utilizado para medir el pH en las muestras de agua.	
BALANZA ANALÍTICA	Equipo utilizado para pesar los químicos utilizados.	

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.2.6.2 Evaluación del agente desinfectante

Los reactivos utilizados para realizar la desinfección son el hipoclorito de sodio al 13% (1) y PROCIDE 1228 (2) como se mencionó anteriormente y se muestra en la imagen 1. Se realizó de esta manera para ver cuál de los dos reactivos era el que mejor actuaba.

<sup>76</sup> C.I SIGRA S.A, op. cit,

**Imagen 1.** Hipoclorito de sodio al 13% y dióxido de cloro (PROCIDE 1228)



(1)

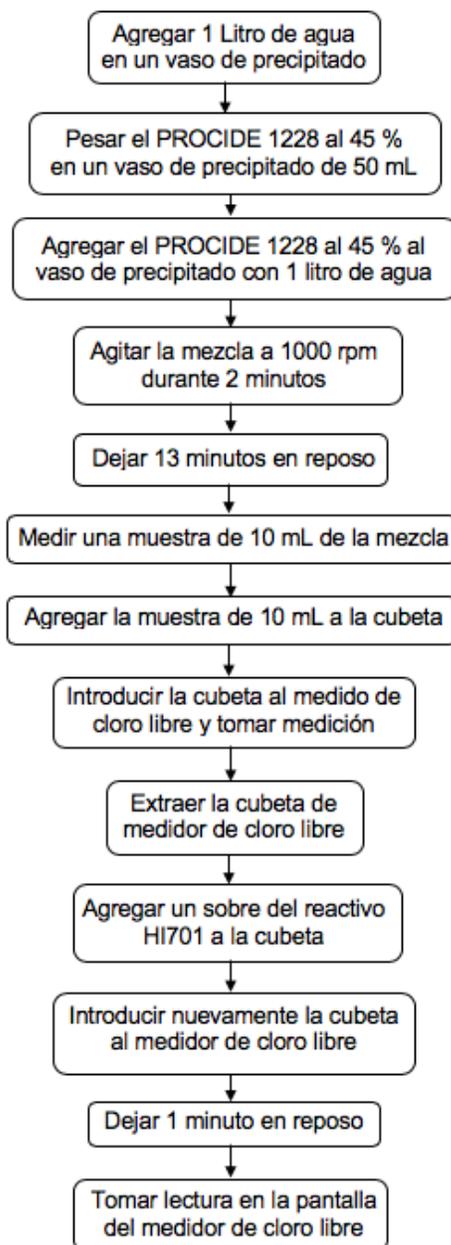
(2)

**Fuente:** Elaboración propia

Para iniciar con la experimentación, el agua fue tomada de los clarificadores en un recipiente de 20 Litros el cual fue previamente esterilizado con vapor de agua para realizar las diferentes pruebas en el laboratorio.

**2.2.6.3 Proceso de desinfección.** Para la desinfección se sigue la metodología mostrada en la figura 6.

**Figura 6.** Metodología del proceso de desinfección con PROCIDE 1228 al 45%



**Fuente:** Elaboración propia.

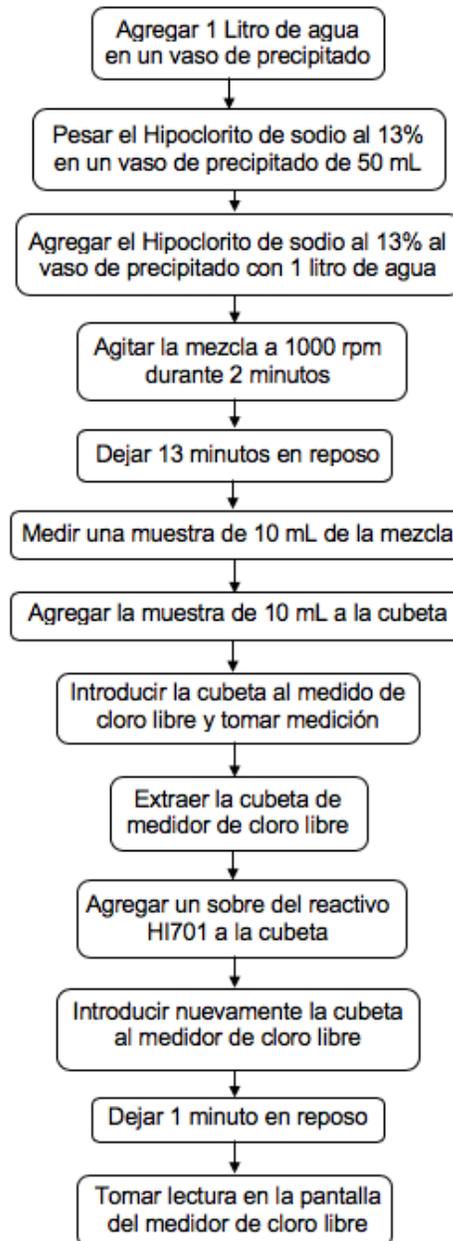
Se inicia con una cantidad constante de agua a tratar, en este caso un litro. Seguido a esto se pesa el PROCIDE 1228 al 45% para posteriormente agregarlo al agua. Se agita durante dos minutos a 1000 RPM y posteriormente se deja en reposo por diez minutos más, pasado el tiempo se miden 10 mL de agua en una cubeta y se introduce en el medidor de cloro libre, se realiza la medición del blanco y se extrae la cubeta del medidor para agregarle un sobre del reactivo HI701-0, se agita durante

veinte segundos y se vuelve a introducir la cubeta en el medidor de cloro libre, se deja reposar un minuto y finalmente se toma la medición de cloro libre el cual debe estar entre 0,2 y 2 ppm.

Como se mencionó anteriormente el agua residual de la PTAR de C.I SIGRA S.A. presenta valores elevados de coliformes, por lo que se desea llegar al valor permitido por la resolución 1207 de 2014. Por ello fue necesario consultar en la bibliografía la curva de demanda de cloro en la que se exponen valores de dosificación contra cloro residual (Ver anexo I). Teniendo como método de control el cloro libre para la reducción de coliformes.

Para poder tener una comparación de método de desinfección también se realizaron pruebas con Hipoclorito de Sodio al 13 %. La metodología utilizada se presenta en la figura 7 y se observa que se realiza igual que con el PROCIDE 1228 al 45%.

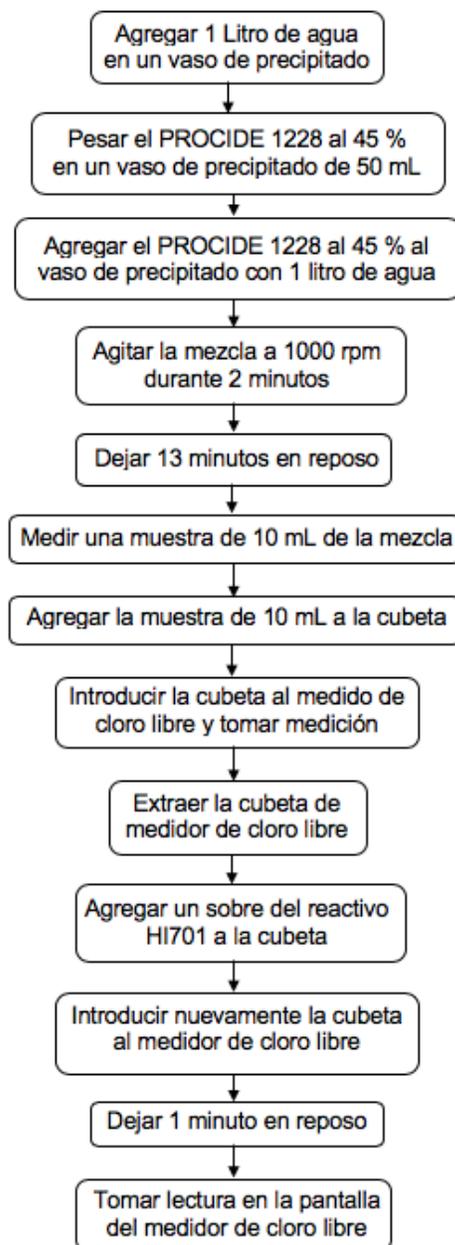
**Figura 7.** Metodología del proceso de desinfección con Hipoclorito de Sodio al 13%



**Fuente:** Elaboración propia.

**2.2.6.4 Proceso de oxidación.** Para la oxidación se sigue la metodología que se muestra en la figura 8.

**Figura 8.** Metodología del proceso de Oxidación con PROCIDE 1228 al 45%



**Fuente:** Elaboración propia.

Según la ficha técnica del PROCIDE 1228 al 45% (Ver anexo J), este es un agente para control microbiológico con base en un componente de Dióxido de Cloro, químicamente estabilizado para dar mayor efectividad a efecto bactericida. Destruye los microorganismos por la interrupción del transporte de nutrientes a través de su membrana celular. De los biocidas oxidantes es el más selectivo,

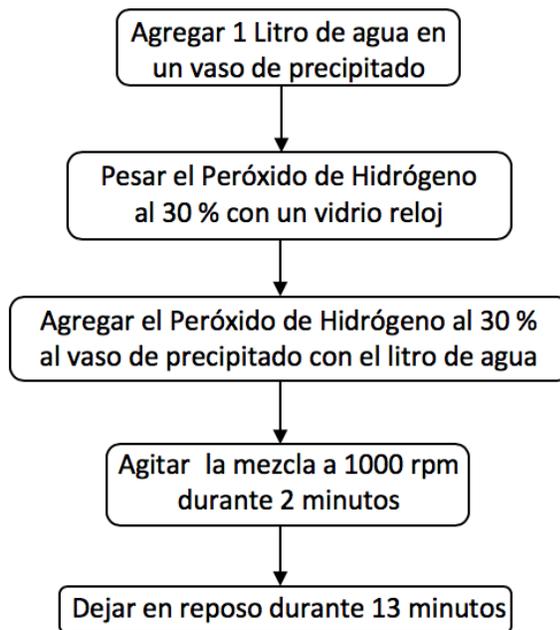
puesto que presenta una excelente acción sobre algas proliferan en presencia de la luz solar destruye los precursores THM y fenoles.

Teniendo en cuenta lo anterior, se observa que el procedimiento utilizado para la Oxidación es el mismo que para los coliformes ya que el PROCIDE 1228 al 45% funciona para la reducción de ambos parámetros.

Con fines experimentales y de comparación también se realizaron pruebas de oxidación con peróxido de hidrógeno, ya que este es el método más utilizado para remoción de fenoles y es un método muy económico y con permanganato de potasio al 99,9% por lo que este no forma clorofenoles(CP).

En la figura 9 se encuentra la metodología del peróxido de hidrógeno y en la figura 10 la del permanganato de potasio.

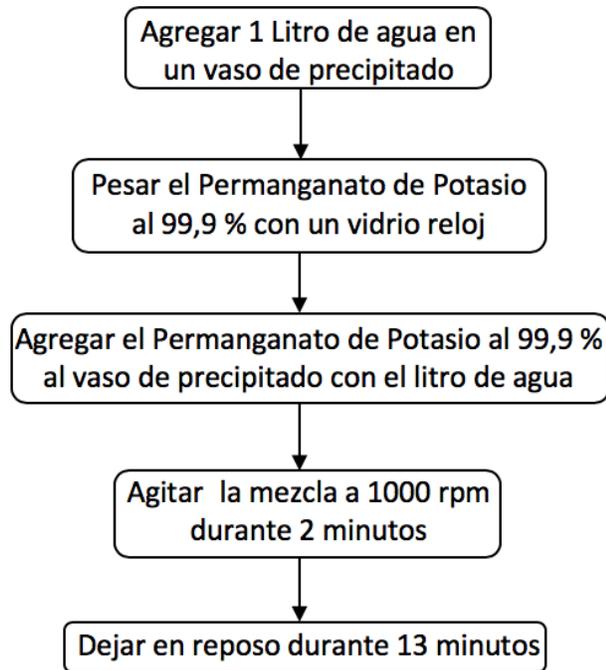
**Figura 9.** Metodología del proceso de Oxidación con Peróxido de Hidrógeno al 30%



**Fuente:** Elaboración propia.

El proceso realizado con peróxido de hidrógeno al 30% es corto y sencillo: se toma un litro de agua tratada con Hipoclorito de Sodio al 13% en un vaso de precipitado. Seguido a esto, se mide el Peróxido de Hidrógeno y posteriormente es agregado al agua. Se agita durante dos minutos para que este se disuelva en el agua y finalmente se deja en reposo durante trece minutos.

**Figura 10.** Metodología del proceso de Oxidación con Permanganato de Potasio al 99,9%

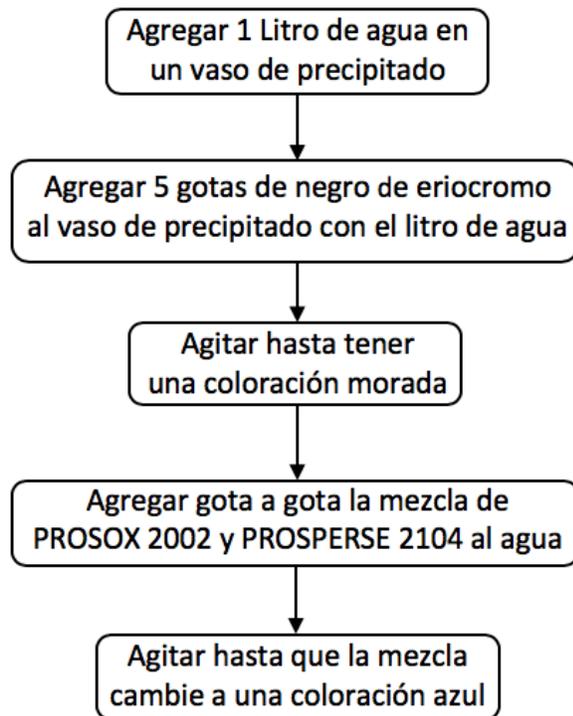


**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 10, el proceso a seguir con el Permanganato de Potasio al 99,9%, es igual que con el Peróxido de Hidrógeno al 30%, con la diferencia de las cantidades de reactivo que se van a utilizar.

**2.2.6.5 Proceso de reducción de dureza.** Para realizar la dureza se utilizó la precipitación como se observa en la metodología de la figura 11.

**Figura 11.** Metodología del proceso de remoción de dureza



**Fuente:** Elaboración propia.

Esta se lleva a cabo agregando de dos a cinco gotas de negro de eriocromo (Ver anexo K) a 1000 mL de agua y dependiendo del color que tome el agua, está o no dura.

Si el agua se torna morada significa que está dura y que hay que tratarla, pero si se torna azul significa que puede utilizarse en calderas.

Si está dura se le agrega una solución de PROSOX 2002 (Ver anexo L) y PROSPERSE 2104 (Ver anexo M) en pequeñas cantidades para saber cuánto se necesita de dicha solución para eliminar la dureza.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se evidencio en el capítulo 3, se le deben realizar tres tratamientos al agua para poder ser reutilizado en los procesos de calentamiento. Para lograr seleccionar la mejor alternativa de aprovechamiento se realizaron pruebas experimentales, cuyos resultados y análisis de los mismo se mostrarán en el presente capítulo.

#### 3.1 DESINFECCIÓN

A continuación, se presentan las tablas 12 y 13 en las cuales se observan los resultados de las pruebas experimentales con hipoclorito de sodio al 13% y con PROCIDE 1228 al 45%.

**Tabla 12.** Lecturas cloro libre con hipoclorito de sodio al 13%

Cantidad hipoclorito de sodio al 13%	Cloro libre ppm	pH
112,7 mg	0,07	6,741
137mg	0,24	6,872
300mg	1,38	6,978
326,7mg	2,30	6,989
411,3mg	> 2,50	7,059

**Fuente:** Elaboración propia.

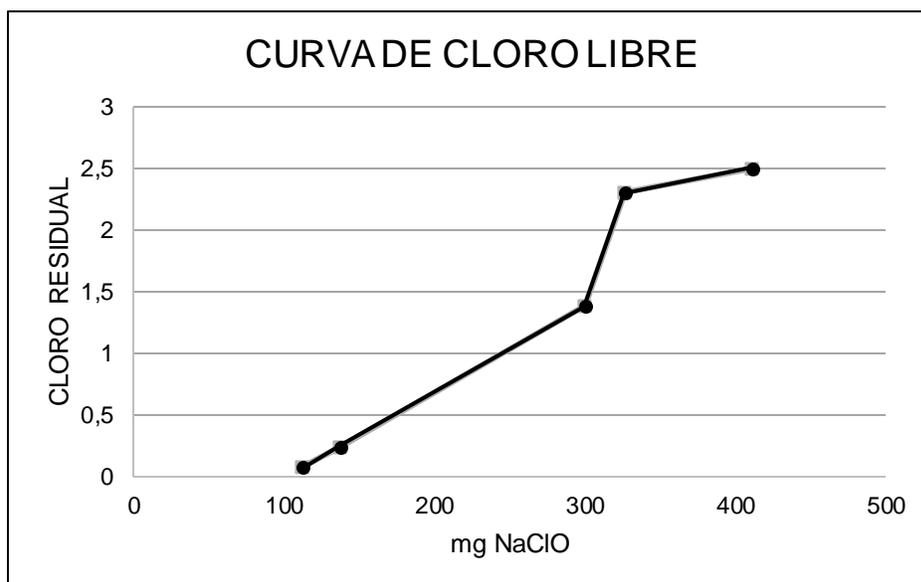
**Tabla 13.** Lectura de cloro libre con PROCIDE 1228 al 45%

cantidad PROCIDE 1228 al 45%	cloro libre ppm	pH
1861,6 mg	0,13	6,971
2411,8mg	0,56	6,987
3960,1mg	1,77	6,968
4510,2mg	2,20	6,536
5150mg	> 2,50	6,501

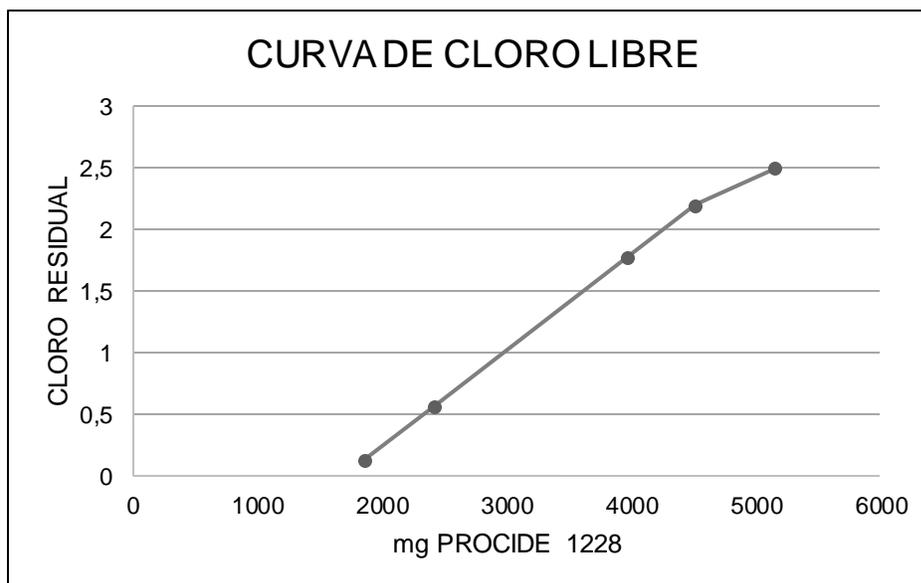
**Fuente:** Elaboración propia.

Con respecto a las tablas 12 y 13 se puede realizar una gráfica del break point del cloro con la respectiva cantidad de desinfectante agregado para saber cuál es el punto adecuado. La gráfica 1 se realizó con respecto a la tabla 12 y la gráfica 2 con respecto a la tabla 13.

**Gráfica 1.** Curva de cloro libre con Hipoclorito de Sodio al 13%



**Gráfica 2.** Curva de cloro libre con PROCIDE 1228 al 45%



Al comparar la gráfica 1 frente a la gráfica 2 se observa que en 2,5 de cloro residual en la gráfica 1 se utilizaron aproximadamente 400 mg de hipoclorito de sodio al 13% y para el caso de la gráfica 2, para el mismo valor de cloro residual, se observa que se acerca a los 5200 así que la relación en cuanto a cantidades de reactivos es de más de 12 veces para lograr el mismo valor de cloro residual libre.

En la gráfica 1 se observa que la cantidad adecuada de Hipoclorito de Sodio al 13% es de 300 mg. Mientras que la gráfica 2 muestra que la cantidad adecuada del PROCIDE 1228 al 45% es 3960 mg.

Si se comparan las 2 gráficas, se podría llegar a la conclusión que el hipoclorito de sodio al 13% es el reactivo que se debe utilizar debido a que se requiere menor cantidad.

### 3.2 OXIDACIÓN

A continuación, se encuentra la tabla 14, en la que se muestran los valores agregados de cada reactivo en cada muestra.

**Tabla 14.** Cantidades de agentes oxidantes utilizados en cada muestra.

	<b>Peróxido de hidrógeno</b>	<b>Permanganato de potasio</b>
Muestra 1	0,00 g	0,00 g
Muestra 2	3,74 g	0,00 g
Muestra 3	4,49 g	0,00 g
Muestra 4	0,00 g	0,01 g
Muestra 5	0,00 g	0,005 g

**Fuente:** Elaboración propia.

Se puede evidenciar que la cantidad agregada de peróxido de hidrógeno tanto en la muestra 2 como en la muestra 3, es mucho mayor a la cantidad de permanganato de Potasio utilizada en las muestras 4 y 5.

Se podría llegar a la conclusión de cual reactivo utilizar, ya que más de 400 veces la cantidad del primer reactivo que del segundo.

### 3.3 DUREZA

Para la reducción de dureza se realizaron tres pruebas, la primera con el agua sin tratar, la segunda con el agua ya tratada con Hipoclorito de Sodio al 13% y la tercera con el agua tratada con PROCIDE 1228 al 45% las cuales se explican a continuación.

Dureza al Blanco.

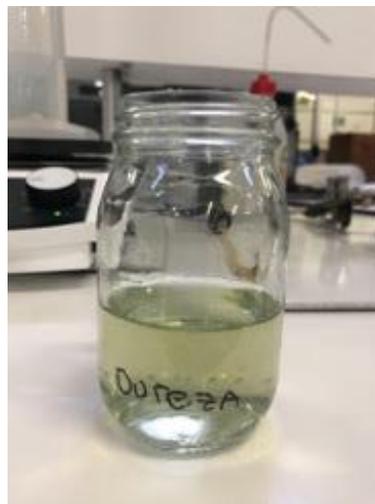
El primer ensayo de dureza se le realizó al agua sin tratamiento, a la que se agregaron dos gotas de negro de eriocromo. El agua tomo un color morado, dando a entender que debía ser tratada por dureza. Al tener que tratarla, se le debe agregar la solución de PROSOX 2002 y PROSPERSE 2104. Para esto, se trabaja con una pipeta y se van agregando pequeñas cantidades hasta que el color se torne azul

oscuro. En la tabla 15, se puede observar que el agua sin tratar tiene una dureza de 36 ppm.

Dureza al agua con Hipoclorito de Sodio al 13%.

Al realizarle la prueba de dureza al agua previamente tratada con Hipoclorito de Sodio al 13% para su desinfección, se observa que este reacciona con los aditivos utilizados para dicha prueba. Así que al agregarle el Negro de eriocromo, en vez de tornarse azul o morado, se tornó amarillo como se ve en la imagen 2.

**Imagen 2.** Agua tratada con Hipoclorito de Sodio al 13%-análisis de dureza



**Fuente:** Elaboración propia.

Por esta razón al agua tratada con hipoclorito de sodio al 13% no se le pudo realizar la prueba de dureza con dicho método.

Dureza al agua con PROCIDE 1228 al 45% (Dióxido de Cloro)

Las pruebas de dureza se le realizaron al agua con diferentes cantidades de PROCIDE 1228 al 45% para encontrar la concentración adecuada.

Con la concentración de 4510,2 ppm, se observó que al agregar el negro de eriocromo, el agua se tornó de una coloración morada pálida, dando a entender que la dureza se había reducido. Se realizaron los análisis y como se puede ver en la tabla 15, el valor de la dureza bajó a un poco más de la mitad.

**Tabla 15.** Dureza de las muestras de agua con diferentes concentraciones de PROCIDE 1228 al 45%

Muestra	Cantidad de PROCIDE al 45% utilizado	Dureza (ppm)
1	0	36
2	2411,8 mg	25
3	4510,2 mg	14

**Fuente:** Elaboración propia.

Para reducir aún más la dureza, y lograr llegar a 0 se realiza un tratamiento utilizando una solución de PROSOX 2002 y PROSPERSE 2104.

Para este tratamiento se realiza la prueba explicada en la dureza del agua sin tratar para hallar el valor de PROSOX 2002 Y PROSPERSE 2104 para agregar. Hallando el valor, se le agrega la cantidad al agua y se realizan pruebas de dureza adicionales para verificar cuanto se redujo.

### 3.4 ANALISIS DE RESULTADOS

**3.4.1 Desinfección.** Se analizaron cuatro muestras en el laboratorio TECNIMICRO Laboratorio de análisis S.A.S. del agua tratada con hipoclorito de sodio al 13% y con PROCIDE 1228 al 45%, estas muestras se recogieron en unas bolsas plásticas de 300 mL, para determinar si el tratamiento cumple con la resolución 1207 del 2014 y evaluar si sería apta para calderas en la empresa.

En la tabla 16 se visualiza uno de los parámetros para el reúso del recurso en calderas y torres de enfriamiento que no cumplía con la resolución, antes y después del proceso con hipoclorito de sodio al 13% y con PROCIDE 1228 al 45% (Ver anexo N).

**Tabla 16.** Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento seleccionado para desinfección.

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ANTES DEL PROCESO	CANTIDAD AGREGADA DE REACTIVO	VALOR PROCESO CON TRATAMIENTO	CLORO LIBRE	¿CUMPLE ?
COLIFORMES TERMOTOLERANTES MUESTRA 1	NMP/100 mL	1312535	0	1312535	0	NO CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES MUESTRA 2	NMP/100 mL	1312535	300 mg HIPOCLORITO DE SODIO AL 13%	< 1,8	1,38 PPM	CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES MUESTRA 3	NMP/100 mL	1312535	2411,8 mg PROCIDE 1228 al 45%	2	0,56 PPM	CUMPLE

**Tabla 16.** (Continuación)

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ANTES DEL PROCESO	CANTIDAD AGREGADA DE REACTIVO	VALOR PROCESO CON TRATAMIENTO	CLORO LIBRE	¿CUMPLE?
COLIFORMES TERMOTOLERANTES MUESTRA 4	NMP/100 mL	1312535	4510,2 PPM PROCIDE 1228	< 1,8	2,20 PPM	CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la resolución 1207 del 2014 el valor máximo de coliformes es de 1000 NMP/100 mL.

Análisis de datos obtenido por el proceso de desinfección con Hipoclorito de sodio al 13% y PROCIDE 1228 al 45%:

En la tabla 16, se muestran los valores de los coliformes en el agua de la PTAR antes y después de ser tratados con diferentes concentraciones de reactivos. La muestra 1 es el agua sin ser tratada, la muestra 2 es el agua con hipoclorito de sodio al 13% y las muestras 3 y 4 son de agua tratada con PROCIDE 1228 al 45% con la única diferencia que se modificó la concentración de este para ver la diferencia en remoción de coliformes.

Como ya se mencionó y se puede observar en la tabla 16, la desinfección se realizó con dos reactivos diferentes con el fin de comparar diferentes aspectos. Pero por el momento se observa que los dos reactivos reducen los coliformes.

**3.4.2 Oxidación.** Para la oxidación del agua residual se realizó tratamiento con tres reactivos diferentes. El primero es el PROCIDE 1228 al 45%, del que se enviaron tres muestras de agua al laboratorio Emical una sin tratar y las otras dos con diferentes cantidades de reactivo, el segundo es el peróxido de hidrógeno y el tercero es el permanganato de potasio de los cuales se enviaron cuatro muestras, dos con cada reactivo junto con una muestra sin tratamiento enviando así cinco muestras en total al laboratorio Biopolab.

En las tablas 17, 18 y 19, se observan los resultados de las pruebas de fenoles con PROCIDE 1228 al 45% (Ver anexo O), peróxido de hidrógeno (Ver anexo P) y permanganato de potasio (Ver anexo Q) respectivamente.

**Tabla 17.** Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con PROCIDE 1228 al 45%

Parámetro	Unidades	Valor antes del proceso	Cantidad agregada de reactivo	Valor proceso con tratamiento	¿Cumple?
FENOLES MUESTRA 1	mg/L	0,221	0	0,221	NO CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 17.** (Continuación)

Parámetro	Unidades	Valor antes del proceso	Cantidad agregada de reactivo	Valor proceso con tratamiento	¿Cumple?
FENOLES MUESTRA 2	mg/L	0,221	2411,8 PPM PROCIDE 1228	0,179	NO CUMPLE
FENOLES MUESTRA 3	mg/L	0,221	4510,2 PPM PROCIDE 1228	0,291	NO CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la resolución 1207 del 2014 el valor máximo de fenoles es de 0,002 mg/L.

Análisis de datos obtenido por el proceso de oxidación con PROCIDE 1228 al 45%:

En la tabla 17, se muestran los valores de los fenoles presentes en el agua de la PTAR antes y después de ser tratados con diferentes concentraciones de reactivo. La muestra 1 es el agua sin ser tratada, las muestras 2 y 3 son de agua tratada con PROCIDE 1228 al 45% con la única diferencia que se modificó la concentración de este para ver la diferencia en remoción de fenoles. Ninguno de estos valores cumple con la resolución, así que se debe realizar un tratamiento adicional.

**Tabla 18.** Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con Peróxido de Hidrógeno

Parámetro	Unidades	Valor antes del proceso	Cantidad agregada de reactivo	Valor proceso con tratamiento	¿Cumple?
FENOLES MUESTRA 1	mg/L	0,291	0	0,291	NO CUMPLE
FENOLES MUESTRA 2	mg/L	0,291	3740 mg PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	< 0,086	CUMPLE
FENOLES MUESTRA 3	mg/L	0,291	4490 mg PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	< 0,086	CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la resolución 1207 del 2014 el valor máximo de fenoles es de 0,002 mg/L.

Análisis de datos obtenido por el proceso de oxidación con Peróxido de Hidrógeno:

La tabla 18, muestra los resultados de los fenoles presentes en el agua antes y después de ser tratada con peróxido de hidrógeno. Al igual que con el PROCIDE al 45% la muestra 1 es el agua sin tratamiento mientras la 2 y la 3 son muestras tratadas con diferentes cantidades de reactivo, en este caso peróxido de hidrógeno

y se observa que ambos valores de reactivo agregado funcionan con la reducción de fenoles.

**Tabla 19.** Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con Permanganato de Potasio

Parámetro	Unidades	Valor antes del proceso	Cantidad agregada de reactivo	Valor proceso con tratamiento	¿Cumple?
FENOLES MUESTRA 1	mg/L	0,291	0	0,291	NO CUMPLE
FENOLES MUESTRA 4	mg/L	0,291	10 mg PERMANGANATO DE POTASIO	< 0,086	CUMPLE
FENOLES MUESTRA 5	mg/L	0,291	5 mg PERMANGANATO DE POTASIO	0,116	NO CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la resolución 1207 del 2014 el valor máximo de fenoles es de 0,002 mg/L.

Análisis de datos obtenido por el proceso de oxidación con Permanganato de Potasio:

En la tabla 19, se observan los resultados del agua tratada con Permanganato de potasio en las que se puede ver que con la menor cantidad de reactivo utilizada no disminuye los fenoles a la cantidad deseada, pero con la mayor cantidad de reactivo utilizado los fenoles disminuyeron.

Como se observó anteriormente, y en base a las tres tablas, se puede decir que los reactivos utilizados que funcionan son el peróxido de hidrógeno y el permanganato de potasio así que esta es una de las razones por las que el PROCIDE 1228 al 45% ya no se tendría en cuenta más adelante en el análisis financiero de la propuesta.

**3.4.3 Precipitación.** Para la dureza se realizaron tres muestras, igual que en las experimentaciones anteriores, se realizó la muestra 1 que es la muestra sin tratamiento, la muestra 2 y la 3, que se trataron con diferentes concentraciones de PROCIDE 1228 al 45% para comparar su efectividad. En la tabla 20 se observan los valores antes y después del tratamiento.

**Tabla 20.** Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con PROCIDE 1228 al 45%

Parámetro	Unidades	Valor antes del proceso	Cantidad agregada de reactivo	Valor proceso con tratamiento	¿Cumple?
DUREZA MUESTRA 1	mg/L CaCO <sub>3</sub>	36 ppm	0	36 ppm	NO CUMPLE
DUREZA MUESTRA 2	mg/L CaCO <sub>3</sub>	36 ppm	2411,8 mg PROCIDE 1228 al 45%	25 ppm	NO CUMPLE
DUREZA MUESTRA 3	mg/L CaCO <sub>3</sub>	36 ppm	4510,2 mg PROCIDE 1228 al 45%	14 ppm	NO CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia.

El valor de dureza debe ser cero para poder utilizarla en calderas.

Con estos resultados, se concluye que el agua aun no es apta para las calderas así que es necesario un tratamiento adicional.

Se realizaron las mismas pruebas con el agua tratada con Peróxido de Hidrógeno, pero las pruebas mostraron que no disminuía la dureza así que se realizaron con las muestras tratadas con Permanganato de potasio las cuales, mostraron una reducción, pero muy baja, como se muestra en la tabla 21.

**Tabla 21.** Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con Permanganato de potasio

Parámetro	Unidades	Valor antes del proceso	Cantidad agregada de reactivo	Valor proceso con tratamiento	¿Cumple?
DUREZA MUESTRA 1	mg/L CaCO <sub>3</sub>	36 ppm	0	36 ppm	NO CUMPLE
DUREZA MUESTRA 2	mg/L CaCO <sub>3</sub>	36 ppm	5 mg Permanganato de potasio	29 ppm	NO CUMPLE
DUREZA MUESTRA 3	mg/L CaCO <sub>3</sub>	36 ppm	10 mg Permanganato de Potasio	24 ppm	NO CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia.

Igual que con el PROCIDE 1228 al 45%, el permanganato no redujo en su totalidad los valores de dureza, así que como se mencionó en el numeral 3.6.5, el agua debe ser tratada con una mezcla de reactivos que disminuyen la dureza, los cuales son POSPERSE 2104 y PROSOX 2002. Al agregar estos reactivos la dureza disminuye como se observa en la tabla 22.

**Tabla 22.** Parámetros de vertimientos antes y después del tratamiento con PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002

Parámetro	Unidades	Valor antes del proceso	Cantidad agregada de reactivo	Valor proceso con tratamiento	¿Cumple?
DUREZA MUESTRA 1	mg/L CaCO <sub>3</sub>	36 ppm	0	36 ppm	NO CUMPLE
DUREZA MUESTRA 2	mg/L CaCO <sub>3</sub>	36 ppm	0,1 mL PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002	0	CUMPLE

**Fuente:** Elaboración propia.

Al realizar dicho tratamiento, la dureza disminuyo en su totalidad con una cantidad de 0,1 mL de PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002 a 20 mL de agua.

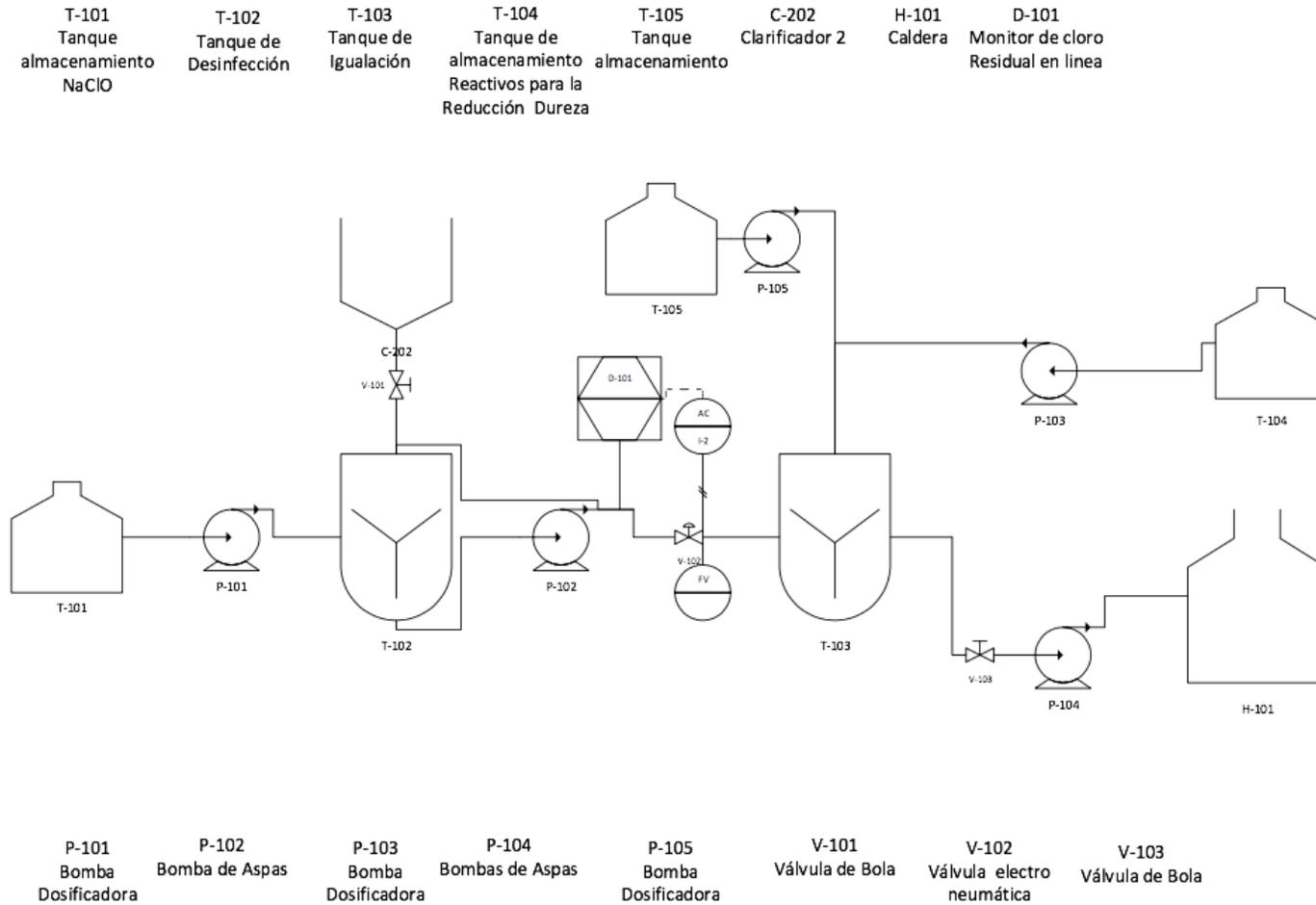
### 3.5 Determinar las especificaciones técnicas de la alternativa de tratamiento.

Como se evidenció en los anteriores capítulos se deben realizar tres tratamientos terciarios con el fin de reutilizar el agua en las calderas, el primero a realizar es la desinfección, el segundo la oxidación y el tercero y último es un tratamiento de reducción de dureza.

Actualmente en la planta de aguas residuales de SIGRA, se tienen diversos procesos primarios y secundarios como se observa en el cuadro 1. Adicional a los procesos existentes, se quieren agregar tres adicionales para poder reutilizar el recurso en las calderas.

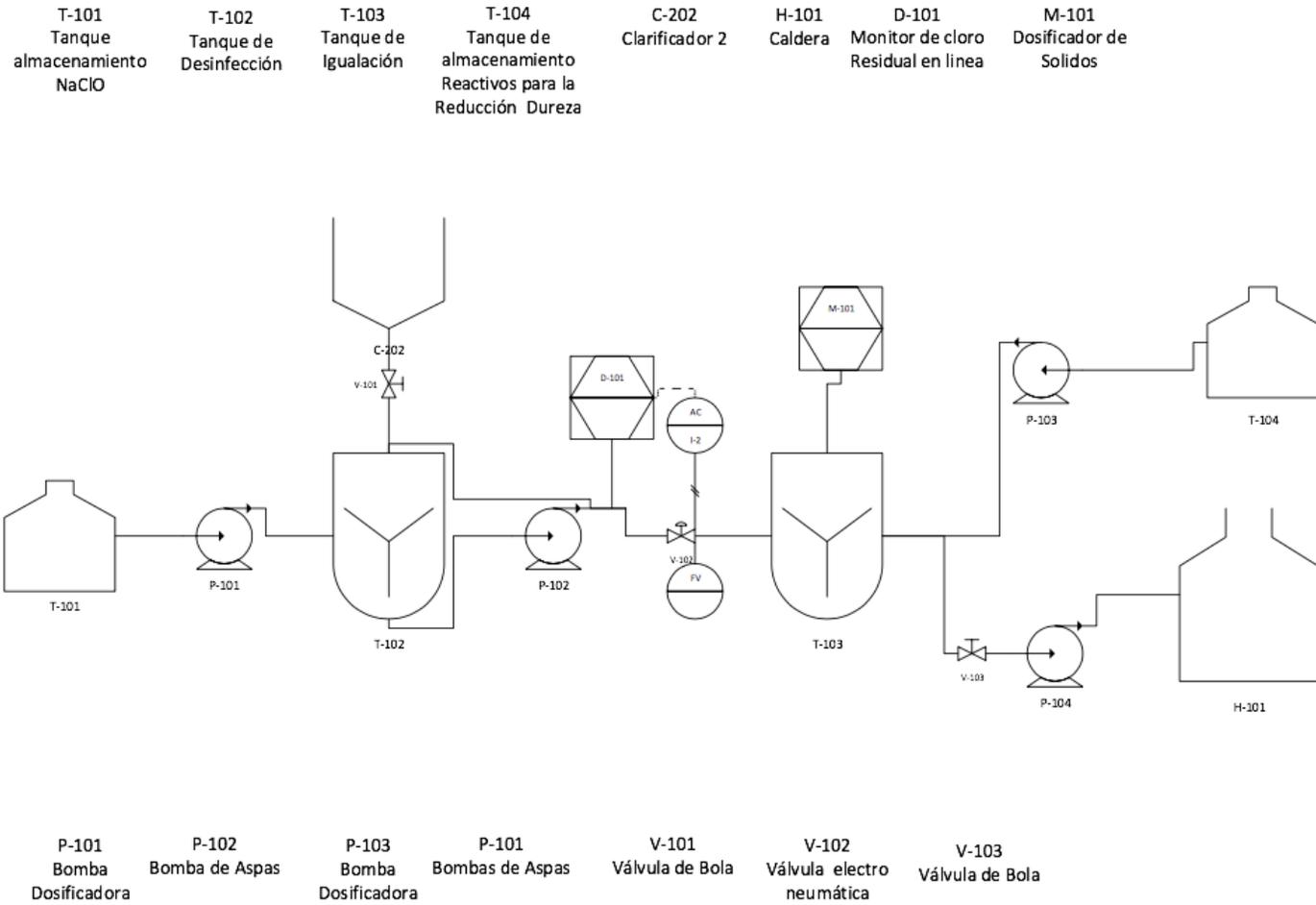
**3.5.1 Diagramas de la alternativa de tratamiento.** A continuación, se encuentran los diagramas de las alternativas de aprovechamiento, cada uno con sus respectivos equipos. En la figura 12 se observa el diagrama con proyecto 1 y en la figura 13, el diagrama con proyecto 2.

**Figura 12.** Diagrama de la alternativa de aprovechamiento con peróxido de hidrógeno<sup>77</sup>



<sup>77</sup> Realizado con Microsoft Visio. Versión 2016.

**Figura 13.** Diagrama de la alternativa de aprovechamiento con permanganato de potasio <sup>78</sup>



<sup>78</sup> Realizado con Microsoft Visio. Versión 2016.

En los siguientes literales se describen las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos, la manipulación de los mismos, el dimensionamiento y la ubicación de cada propuesta dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales.

**3.5.2 Proceso de desinfección.** Se propone realizar este primer tratamiento terciario después de la clarificación, con el agua almacenada en el clarificador número dos puesto que es el proceso final en el tratamiento de aguas residuales actual de SIGRA, además la experimentación se realiza con las muestras en este clarificador.

Como se puede apreciar en el cuadro 1, C.I SIGRA S.A cuenta con la disponibilidad de un tanque de oxidación con una capacidad de 2,2 m<sup>3</sup> con un agitador de tipo pala plana que se observa en la imagen 3.

**Imagen 3.** Tanque de oxidación



**Fuente:** C.I SIGRA S.A

Por consiguiente, se estima agitación durante 30 minutos con la bomba dosificadora tipo LMI MILTON ROY (imagen 4) que se encuentra disponible en SIGRA con capacidad de 42 GPH (galones por hora).

**Imagen 4.** Bomba dosificadora



**Fuente:** LMI PUMPS. Disponible en <http://www.lmipumps.com/>, Fecha de Consulta 29/10/2018

**3.5.2.1 Dosificación del Hipoclorito de Sodio al 13%.** En seguida, se presenta los cálculos requeridos para encontrar la correcta manipulación de la bomba dosificadora LMI MILTON ROY en los 30 minutos de contacto del agua residual con el hipoclorito de sodio al 13% dentro del tanque de oxidación con su respectivo agitador, con base a la información encontrada en los capítulos anteriores.

$$\frac{1,3 \text{ L de NaClO}}{1 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}} \times 2,2 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O} = 2,86 \text{ L de NaClO}$$

Se realiza la conversión por lo que la bomba dosificadora tiene sus unidades en GPH.

$$\frac{0,264172 \text{ Gal}}{1 \text{ L H}_2\text{O}} \times 2,86 \text{ L H}_2\text{O} = 0,76 \text{ Gal de NaClO}$$

En treinta minutos la bomba dosificadora es capaz de suministrar al tanque de oxidación 21 galones manipulando la perilla en el rango del 100%, para este caso el operario debe ubicar la perilla en el 4%.

**3.5.2.2 Monitor de cloro residual en línea.** Como se evidencio en toda la experimentación el agua que llega a la PTAR no necesariamente siempre va a tener las mismas características fisicoquímicas y microbiológicas debido a las distintas variables no controladas, por ejemplo, los procesos que se tengan en la planta, el lavado de equipos semanal o mensual, el clima de la ciudad, las paradas de mantenimiento tanto de la planta como de la PTAR entre otras. Todas estas variables no controladas se logran mitigar con la implementación de un monitor de cloro residual en línea que se muestra en la imagen 5.

Permite realizar lecturas de cloro libre en la tubería que se desee, con los tiempos que se requiera lo que permite tener la certeza de que se realiza una desinfección completa, debido a que en los capítulos anteriores se tienen distintos análisis a diferentes valores de cloro libre en el agua. Teniendo como punto de referencia mínimo 0,56ppm de cloro libre en el agua puesto que no vale la pena desperdiciar reactivos.

**Imagen 5.** Monitor de cloro residual en línea



**Fuente:** HF scientific. Disponible en <http://www.hfscientific.com>, Fecha de Consulta 10/10/2018

Este dispositivo de control marca HF scientific debe estar ubicado en la tubería de salida del tanque de oxidación y realizar lecturas de cloro libre cada treinta minutos con el fin de garantizar una buena desinfección.

**3.5.2.3 Válvula Electroneumática.** Este instrumento permite tener un lazo de control con el monitor de cloro residual en línea ilustrado anteriormente, debido a que tiene funciones de un controlador lógico programable. Es decir, cuando el dispositivo realice lecturas de cloro libre a la salida del tanque de desinfección y sean positivas la válvula se mantiene abierta. El monitor de cloro residual en línea envía una señal eléctrica a la válvula electroneumática mostrada a continuación en la imagen 6. Cuando no exista cloro residual en el agua cierra la válvula para recircular el agua al tanque de desinfección.

**Imagen 6.** Válvula electroneumática de regulación para agua V-102



**Fuente:** BERMAD Disponible en <https://www.bermad.com/es/>,  
Fecha de Consulta 29/10/2018

Esta válvula electroneumática ofrece un solenoide seco conveniente para el agua con agentes corrosivos, modelo FP 400E-3M distribuida por la empresa BERMAD de Estados Unidos-Texas.

**3.5.2.4 Bomba de aspas.** Las bombas de aspas rotatorias mostradas en la imagen 7, cubren una amplia gama de prestaciones como facilitar el bombeo del agua residual mediante el principio de una centrifuga, tienen un funcionamiento ecológico, en seco y solo requieren lubricación con aceite para su mantenimiento.

**Imagen 7.** Bomba de aspas P-102 y P-104



**Fuente:** SISTEM-VAC Disponible en <https://www.quiminet.com>,  
Fecha de Consulta 29/10/2018

Estas bombas fabricadas por SISTEM-VAC permiten el bombeo del agua por la tubería (diámetro de 3”) del tanque de desinfección hacia el tanque de oxidación y del tanque de oxidación hacia la caldera, por ello están especificadas en la figura 12 y 13.

**3.5.3 Proceso de oxidación.** Con el fin de reducir los fenoles presentes en el agua residual es necesario realizar una oxidación para cumplir a cabalidad la resolución 1207 del 2014. Por ello como se evidencia anteriormente se realiza experimentación con tres reactivos distintos. Por lo cual según los resultados de los mismos son favorables solo los análisis con permanganato de potasio y peróxido de hidrógeno.

A continuación, se realiza el dimensionamiento del tanque de igualación en el cual se lleva a cabo la oxidación.

**3.5.3.1 Dimensionamiento del tanque de igualación.** Los tanques de igualación son los encargados de estabilizar el pH del agua residual, además controlan la variación del caudal para lograr mantenerlo constante y el control de dosificación de reactivos es eficiente. Debido al espacio disponible en la planta, al requerimiento del caudal de agua y al tiempo de contacto necesario, se tienen las siguientes dimensiones:

Diámetro del tanque= 1,95 m  
Flujo de entrada al tanque= 3 m<sup>3</sup>/h  
Volumen del tanque= 6 m<sup>3</sup>

Teniendo en cuenta estos datos se encuentra la altura que necesita el tanque como se evidencia en la siguiente ecuación:

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$h = \frac{V}{\pi * r^2} = \frac{6 \text{ m}^3}{\pi * \left(\frac{1,95 \text{ m}}{2}\right)^2}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

**3.5.3.2 Dimensionamiento del agitador y cálculo de la potencia.** Para calcular las medidas adecuadas del agitador se tiene en cuenta el dimensionamiento del tanque de igualación mencionado anteriormente en el numeral 3.5.3.1. Los criterios de diseño mostrados más adelante son tomados de la literatura<sup>79</sup>.

$$\frac{1,95 \text{ m}}{d} = 3 \quad Y \quad \frac{h}{d} = 1$$

Se tiene  $d=0,65\text{m}$  y  $h=0,65\text{m}$ . La velocidad de rotación propuesta es de 100 rpm es decir 1,7 rps así que la potencia requerida se calcula de la siguiente manera:

$$P = K\rho N^3 d^5$$

En donde  $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$  y  $K$  (Constante de agitación equivalente) = 6,30. Reemplazando en la ecuación anterior queda de la siguiente forma:

$$P = (6,30) * \left(1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * (1,7 \text{ rps})^3 * (0,65 \text{ m})^5 = 3591 \text{ W}$$

Con base en lo anterior se procede a calcular la longitud de la paleta del impulsor y diámetro del disco central de la siguiente manera.

- Longitud de la paleta del impulsor

$$r = \frac{d}{4}$$

$$r = \frac{0,65}{4} = 0,1625 \text{ m}$$

---

<sup>79</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuípurificación: Diseño de sistemas de purificación de aguas. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995, p 52-56.

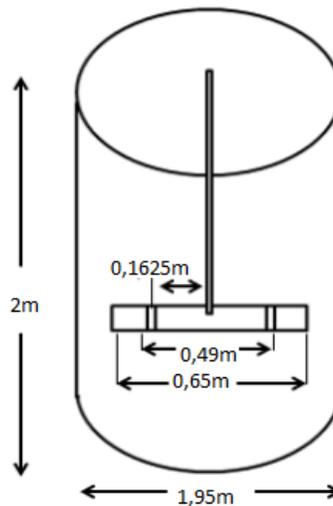
- Diámetro de disco central

$$s = \frac{D}{4}$$

$$s = \frac{1,95}{4} = 0,4875 \text{ m}$$

Utilizando como base las dimensiones mencionadas anteriormente, se hace posible diseñar el tanque de igualación y su agitador correspondiente, representado en la figura 14.

**Figura 14.** Diseño del tanque de igualación T-103<sup>80</sup>

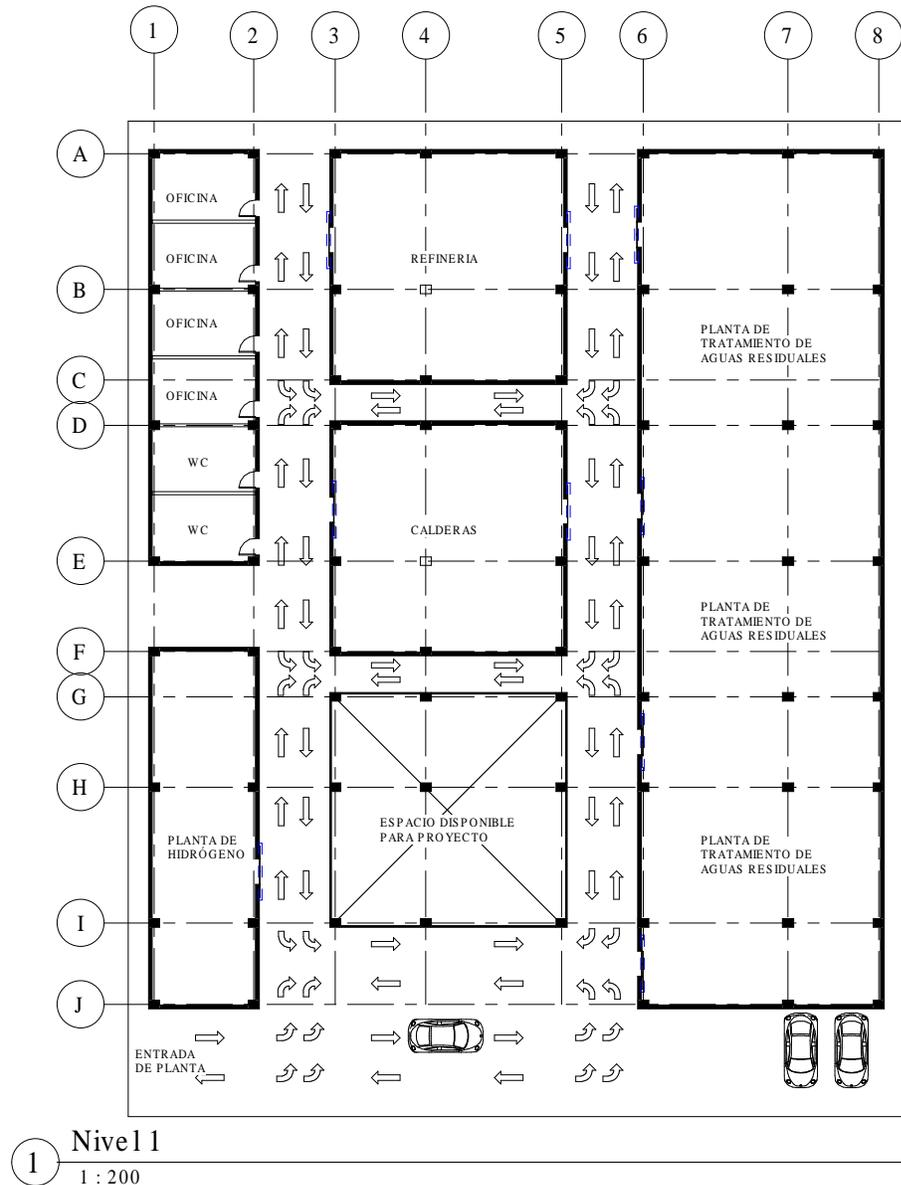


**Fuente:** Elaboración propia.

**3.5.3.3 Ubicación del tanque de igualación en la planta.** Debido a que en la PTAR de C.I SIGRA S.A no se cuenta con espacio disponible para la construcción de un tanque de igualación. Se debe ubicar este tanque enfrente de la planta de tratamiento de aguas residuales donde se encuentran las dos calderas como se muestra en el plano de la figura 15.

<sup>80</sup> Realizado con Lucid chart. Versión online. <https://www.lucidchart.com>

**Figura 15.** Plano de ubicación del tanque de igualación en la planta<sup>81</sup>



**Fuente:** Elaboración propia. Basado en C.I SIGRA S.A

**3.5.3.4 Dosificación con el peróxido de hidrógeno.** De acuerdo con lo anterior se procede a encontrar la dosificación del peróxido de hidrógeno como agente oxidante en el volumen del tanque de igualación de 6 m<sup>3</sup> con la misma referencia de la bomba tipo LMI MILTON ROY con la información anterior referente a la experimentación.

<sup>81</sup> Realizado con Revit Architecture de Autodesk. Versión 2019.

$$\frac{3,2 \text{ L de H}_2\text{O}_2}{1 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}} \times 6 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O} = 19,2 \text{ L de H}_2\text{O}_2$$

Se realiza la conversión por lo que la bomba dosificadora tiene sus unidades en GPH

$$\frac{0,264172 \text{ Gal}}{1 \text{ L}} \times 19,2 \text{ L} = 5,072 \text{ Gal de H}_2\text{O}_2$$

En 1 hora la bomba dosificadora es capaz de suministrar al tanque de igualación 42 galones manipulando la perilla en el rango del 100%, para este caso el operario debe ubicar la perilla en el 8% para que se cumpla con las especificaciones anteriores.

**3.5.3.5 Dosificación con permanganato de potasio.** Para este caso es necesario que la empresa adquiriera un dosificador para sólidos y granulados debido a que el permanganato de potasio es un reactivo sólido que está en forma granular y la exactitud es importante con el fin de no desperdiciar materia prima.

La empresa LAMBDA Laboratory Instruments dentro de su comercialización cuenta con un dosificador para sólidos de 200 mL el cual se puede apreciar en la imagen 8. Este permite adicionar la cantidad exacta del reactivo al tanque puesto que el permanganato de potasio es costoso y diluirlo alteraría la concentración.

**Imagen 8.** Dosificador de sólidos



**Fuente:** LAMBDA Disponible en <https://www.lambda-instruments.com/>,  
Fecha de Consulta 13/10/2018

$$\frac{12,5 \text{ g de KMnO}_4}{1 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}} \times 6 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O} = 75 \text{ g de KMnO}_4$$

Lo cual es ideal para este equipo porque tiene un valor mínimo de dosificación de 50 mg/min y un máximo de 50 g/min del sólido o granulado que se requiera.

**3.5.3.6 Válvula de bola.** Este instrumento mecánico permite iniciar, detener o regular la circulación de fluidos, para este caso se ubica a la salida del tanque de igualación en donde se llevan a cabo los procesos de oxidación y reducción de dureza con el fin de no permitir el paso del agua residual a la caldera sin antes verificar que el agua cumpla con las especificaciones fisicoquímicas. En la imagen 9 se puede observar dicha válvula.

**Imagen 9.** Válvula de bola V-103



**Fuente:** GRIVAL Disponible en <https://www.grival.com/>,  
Fecha de Consulta 29/10/2018

Esta válvula de bola tiene un diametro de tres pulgadas y su material es PVC.

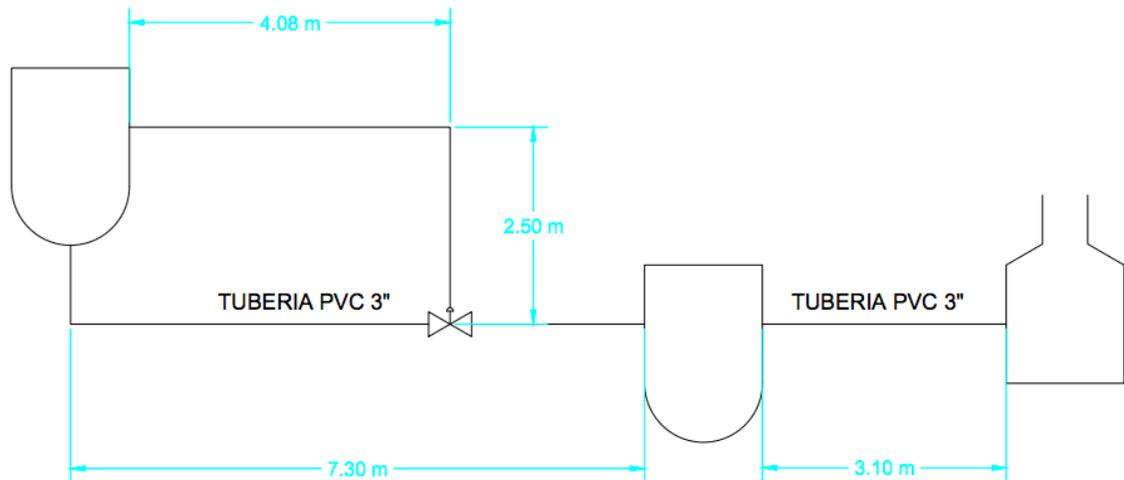
**3.5.4 Proceso de reducción de la dureza.** Es el último tratamiento terciario de la propuesta de aprovechamiento para reusó industrial en las calderas puesto es indispensable tener una dureza de 0 en el agua que se utiliza en procesos de calentamiento.

**3.5.4.1 Dosificación de PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002.** Partiendo de la información del anterior capítulo se obtiene lo siguiente.

$$\frac{5 \text{ L de Prosperse 2104 y Prosox 2002}}{1 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}} \times 6 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}$$
$$= 30 \text{ L de Prosperse 2104 y Prosox 2002}$$

**3.5.5 Diagrama de tuberías.** A continuación, en la figura 16, se presenta el diagrama de tuberías diseñado de acuerdo a las propiedades corrosivas de los reactivos a utilizar, medidas y diámetro con respecto a las necesidades de caudal, espacio disponible en la planta de C.I SIGRA S.A. y el criterio de recirculación de agua en caso dado que no se cumpla con el residual de cloro libre en la tubería a la salida del tanque de desinfección

**Figura 16.** Diagrama de tuberías<sup>82</sup>



En este capítulo se muestran a detalle todas las características, materiales, equipos y dosificaciones de cada alternativa propuesta desde la parte de ingeniería, ambas propuestas son viables puesto a que cumplen con la necesidad que requiere el tratamiento del agua, pero la alternativa 2, tiene la ventaja que reduce los trihalometanos que pueden formarse por el uso del hipoclorito de sodio al 13% en la desinfección.

<sup>82</sup> Realizado con AutoCAD software. Versión 2016.

#### 4. ANALIZAR LA VIABILIDAD FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En este capítulo se desarrolla un análisis de costos, en el cual se tendrán en cuenta los egresos como lo son los costos de inversión y costos de operación de las propuestas para tener claro el valor de implementación del proyecto. Se tienen en cuenta los costos de consumo de agua actual en C.I SIGRA S.A comparado con el m<sup>3</sup> de agua tratada. Se realizarán los costos para los dos proyectos propuestos siendo el proyecto 1, Hipoclorito de sodio al 13% para la desinfección, peróxido de hidrógeno para la oxidación y precipitación para la dureza y el proyecto 2, Hipoclorito de sodio al 13% para la desinfección, permanganato de potasio para la oxidación y precipitación para la dureza. Se puede observar que en lo único que cambian los proyectos es en el método de oxidación para la eliminación de fenoles.

##### 4.1 COSTO DEL CONSUMO ACTUAL DEL AGUA

Se calculan los costos actuales de aguas consumidos en la planta. En la tabla 23 se puede observar que actualmente la empresa está pagando una cantidad de más de 172 millones y medio de pesos por acueducto y alcantarillado en los procesos de calentamiento.<sup>83</sup> Valor que disminuiría al implementar el proyecto seleccionado.

**Tabla 23.** Costo actual del agua del acueducto al año

Aspecto	Porcentaje	Cantidad de agua al mes (m3)	Costo de agua mensual	Costo de agua anual
Porcentaje de Agua en procesos de calentamiento	36	1980	\$ 14'386.680	\$ 172'640.160
Otros procesos. Agua que si llega a la PTAR	32	1760	\$ 12'788.160	\$ 153'457.920
Porcentaje de Agua en procesos de evaporación	14	770	\$ 5'594.820	\$ 67'137.840
Porcentaje del consumo de agua en proceso	18	990	\$ 7'193.340	\$ 86'320.080
TOTAL	100	5500	\$ 39'963.000	\$ 479'556.000

**Fuente:** Elaboración propia. Basado en C.I SIGRA S.A

De acuerdo a la cantidad de agua necesaria para las calderas y el valor proveniente de la PTAR, el 94% es el valor que se ahorrarían, mientras el 6% restante, sería agua proveniente del acueducto.

<sup>83</sup> C.I SIGRA S.A

## 4.2 EGRESOS

**4.2.1 Costos de inversión.** Para determinar los costos de inversión de la propuesta se debe tener en cuenta que C.I SIGRA S.A cuenta con el tanque de oxidación y dos bombas de dosificación en el inventario de equipos. Por esto el costo de inversión se reduce a la implementación de un tanque de igualación para los 2 proyectos propuestos y un dosificador para sólidos únicamente si se elige utilizar el proyecto 2 de permanganato de potasio.

- **Costo monitor de cloro residual en línea**

A continuación, en la tabla 24 se presenta el costo del monitor para tomar la medición de cloro residual a la salida del tanque de oxidación donde se realizará la desinfección. El instrumento está disponible en la página oficial de Cole Palmer scientific experts.

**Tabla 24.** Costo del monitor de cloro residual en línea

Equipo	Cantidad	Costo total
MONITOR DE CLORO RESIDUAL EN LINEA	1	\$ 14'124.990
	TOTAL	\$ 14'124.990

**Fuente:** Elaboración propia

- **Costos del tanque de igualación**

Con lo mencionado en el dimensionamiento del tanque de igualación en el numeral 3.5.3.1, se recomienda utilizar poliéster, puesto que es el más recomendado por las propiedades corrosivas de los reactivos con los que se realiza la operación. El costo del tanque y el agitador se encuentra en la tabla 25.

**Tabla 25.** Costo del tanque de igualación

Equipo	Cantidad	Costo total
TANQUE DE IGUALACIÓN	1	\$ 14'763.148
	TOTAL	\$ 14'763.148

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar que el valor del tanque de igualación es de 14'763.148 pesos, pero de ese valor se debe tener en cuenta que el 30 % del tanque se debe a condiciones adicionales como construcción y mano de obra, así que el tanque tiene un costo de 10'334,148 pesos mientras la mano de obra y construcción

un valor de 4'429,000 pesos. Como ya se mencionó este tanque se utilizaría para los 2 proyectos a comparar.

- **Costos del dosificador para sólidos**

El dosificador para sólidos solo se tendría en cuenta, en dado caso que se seleccione el proyecto 2, es decir el de permanganato de potasio. Este equipo, como ya se mencionó está disponible en la página oficial de una empresa ubicada en república checa donde se realizó una cotización y el valor se encuentra en la tabla 26.

**Tabla 26.** Costo del dosificador de sólidos

Equipo	Cantidad	Costo total
DOCIFICADOR PARA SÓLIDOS	1	\$ 6'455.799
	TOTAL	\$ 6'455.799

**Fuente:** Elaboración propia

- **Costos de la bomba de aspas**

Son dos bombas de aspas necesarias en la tubería de PVC con un diámetro de tres pulgadas, son necesarias en las dos alternativas puesto que el agua debe ser bombeada del tanque de desinfección al tanque de igualación y de este a la caldera. Su cotización se realiza del sitio web oficial de la empresa SISTEM-VAC y se encuentra en la tabla 27.

**Tabla 27.** Costo de la bomba de aspas

Equipo	Cantidad	Costo total
BOMBA DE ASPAS	2	\$ 285.599
	TOTAL	\$ 571.198

**Fuente:** Elaboración propia

- **Costos de la válvula electroneumática**

Este instrumento es necesario en los dos proyectos, puesto que permite un lazo de control en el proceso de desinfección, la cotización del instrumento fue facilitada por la empresa BERMAD ubicada en Texas en los Estados Unidos y su costo se encuentra en la tabla 28.

**Tabla 28.** Costo de la válvula electroneumática

Equipo	Cantidad	Costo total
VALVULA ELECTRONEUMÁTICA	1	\$ 655.900
	TOTAL	\$ 655.900

**Fuente:** Elaboración propia

- **Costos de la válvula de bola**

Este instrumento implementado como una medida de seguridad al finalizar la tubería del tanque de igualación con el fin de verificar los parámetros fisicoquímicos del agua antes de llegar a la caldera. Su cotización se realiza en la empresa colombiana GRIVAL y su costo se puede observar en la tabla 29.

**Tabla 29.** Costo de la válvula de bola

Equipo	Cantidad	Costo total
VALVULA DE BOLA	1	\$ 67.600
	TOTAL	\$ 67.600

**Fuente:** Elaboración propia

- **Costos de tubería**

Con base al literal 3.5.5 donde se encuentra el plano y diseño de tuberías, se tiene en cuenta las medidas necesarias para la cotización en PVC con un diámetro de tres pulgadas en la empresa colombiana PAVCO, donde cada tramo de tubería tiene una medida de seis metros y su costo se encuentra en la tabla 30 a continuación:

**Tabla 30.** Costo de tubería

Equipo	Cantidad	Costo total
TUBERIA EN PVC	3	\$ 64.260
	TOTAL	\$ 192.780

**Fuente:** Elaboración propia.

**4.2.2 Costos de operación.** Dentro de los costos de operación se deben tener en cuenta, los reactivos necesarios y la energía eléctrica.

- **Costos de reactivos**

En el desarrollo del proyecto se determinan las cantidades de dosificación de reactivos necesarios para cumplir con la normatividad vigente. Como se hicieron pruebas con 2 reactivos diferentes para la oxidación, se realizaron las tablas 31, 32 y 33 en las que están los costos de los reactivos de cada proyecto.

La tabla 31 contiene los valores del proyecto 1 que utiliza peróxido de hidrógeno y las tablas 32 y 33 contienen la información de los costos de los reactivos utilizados en el proyecto 2 que utiliza permanganato de potasio. Se realizan 2 tablas en el proyecto 2 debido a que uno de los reactivos a utilizar es sólido y se presenta en kilogramos (Kg), mientras los otros son líquidos y se presentan en litros (L).

Los precios de los reactivos son brindados por la empresa.

El PROSPERSE 2104 y el PROSOX 2002 están diluidos 4 kg y 1,6 kg respectivamente en 25 Litros.

**Tabla 31.** Costos de reactivos anual proyecto 1

Reactivo	Costo litro	Dosis litro por m3 de agua	Dosis diaria (l)	Dosis anual (l)	Costo anual
HIPOCLORITO DE SODIO AL 13%	\$2.850	1,3	96,72	26114,4	\$ 74'426.040
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 30 %	\$4.227	1,875	139,5	37665	\$ 159'209.955
PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002	\$1.655	5	372	100440	\$ 166'228.200
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 399'864.195</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 32.** Costos de reactivos anual proyecto 2

Reactivo	Costo litro	Dosis litro por m3 de agua	Dosis diaria (l)	Dosis anual (l)	Costo anual
HIPOCLORITO DE SODIO AL 13%	\$2.850	1,3	96,72	26114,4	\$ 74'426.040
PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002	\$1.655	5	372	100440	\$ 166'228.200
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 240'654.240</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 33.** Costos de reactivos anual proyecto 2

Reactivo	Costo kg	Dosis kg por m3 de agua	Dosis diaria (kg)	Dosis anual (kg)	Costo anual
PERMANGANATO DE POTASIO	\$73.687	0,0125	0,93	251,1	\$ 18'502.806
TOTAL					\$ 18'502.806

**Fuente:** Elaboración propia.

El costo total de los reactivos utilizados anualmente en el proyecto 1 es de \$ 399'864.195 COP mientras el costo total de los reactivos del proyecto 2 es de \$ 259'157,046 COP.

Se debe tener en cuenta que actualmente en C.I SIGRA S.A se utilizan los reactivos PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002 para eliminar dureza ya que en las calderas se utiliza agua proveniente del acueducto la cual contiene altos niveles de dureza. Siendo estos uno reactivos que ya se utilizan, en los costos totales de las propuestas no se tendrán en cuenta.

Así que el valor del proyecto 1 disminuye a \$ 233'635.995 y el del proyecto 2 a \$ 92'928.846.

- **Costos de servicio energía eléctrica**

En las tablas 34 y 35 se muestran los costos de energía de ambos proyectos, sabiendo que C.I SIGRA S.A se encuentra en un sector industrial y tiene una tarifa que corresponde a \$320 kW/h (información suministrada por la empresa).

**Tabla 34.** Costo de energía anual proyecto 1

Equipo	Unidades	Consumo kw/h por bomba	Consumo anual kw/h por ambas bombas	Costo (\$/kw/h)	Costo anual
BOMBA DOSIFICADORA	2	0,14	1814,4	\$320	\$580.608
BOMBA DE ASPAS	2	0,33	4276,8	\$320	\$ 1'368.576
VÁLVULA ELECTRO-NEUMÁTICA	1	0,09	583,2	\$320	\$186.624
TOTAL					\$ 2'135.808

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 35.** Costo de energía anual proyecto 2

Equipo	Unidades	Consumo kw/h por bomba	Consumo anual kw/h por ambas bombas	Costo (\$/kw/h)	Costo anual
BOMBA DOSIFICADORA	1	0,14	907,2	\$320	\$290.304
DOSIFICADOR PARA SÓLIDOS	1	0,7	4536	\$320	\$ 1'451.520
BOMBA DE ASPAS	2	0,33	4276,8	\$320	\$ 1'368.576
VÁLVULA ELECTRO-NEUMÁTICA	1	0,09	583,2	\$320	\$186.624
TOTAL					\$ 3'297.024

**Fuente:** Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que los valores anuales están asumiendo que las bombas trabajan 24 horas al día con un aproximado de 22-23 días al mes.

Los costos de energía en el proyecto 2 son mayores debido a que se requiere un dosificador de sólidos.

- **Costo de agua potable**

En la tabla 36 se encuentra el costo de agua potable que se utiliza en las calderas la cual equivale al 6% de su capacidad anual.

**Tabla 36.** Costo del agua potable para calderas

Parámetro	Costo mensual	Costo anual
AGUA POTABLE	\$871.920	\$10.463.040
TOTAL		\$10.463.040

**Fuente:** Elaboración propia.

**4.2.3 Costos totales.** A continuación, se encuentran las tablas 37 y 38 en las que se muestran los totales de cada uno de los proyectos incluyendo los costos de inversión, reactivos, energía y agua potable.

**Tabla 37.** Costos totales proyecto 1

Parámetro	Costo \$
COSTO DE INVERSIÓN	\$ 30'366.616
COSTO DE REACTIVOS	\$ 233'635.995
COSTO DE ENERGÍA	\$ 2'135.808

**Tabla 37.** (Continuación)

Parámetro	Costo \$
COSTO AGUA POTABLE	\$ 10'463.040
TOTAL	\$ 276'601.459

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 38.** Costos totales proyecto 2

Parámetro	Costo \$
COSTO DE INVERSIÓN	\$ 36.822.815
COSTO DE REACTIVOS	\$ 92.928.846
COSTO DE ENERGÍA	\$ 3.297.024
COSTO AGUA POTABLE	\$ 10.463.040
TOTAL	\$ 143.511.725

**Fuente:** Elaboración propia.

Los costos totales incluyen la inversión inicial que se debe hacer, teniendo en cuenta que la cotización del tanque, la compra y la instalación del mismo solo se realiza una vez y después no se cambiará. Lo mismo ocurre con el dosificador de sólidos si se elige el proyecto 2.

En el primer mes, se debe tener en cuenta el costo de inversión, dando un total de \$ 30'366.616 para el proyecto 1 y \$ 36.822.815 para el proyecto 2, pero a partir del segundo mes, sin contar compra e instalación, se generará un costo de aproximadamente \$ 246'234.843 para el proyecto 1 y \$ 106'688.910 para el proyecto 2.

### **4.3 COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE**

El índice de costo anual uniforme equivalente, CAUE, se utiliza debido a que consiste en reducir todos los egresos a una serie pagos, lo cual permite evidenciar la viabilidad del estado actual de la planta sin proyecto, con el proyecto 1 y con el proyecto 2.

La ventaja de este índice es que no exige que se tengan que tomar tiempos iguales como en el caso del VPN, sino que únicamente se comparan los costos que en forma equivalente se hayan causado durante un año.<sup>84</sup>

---

<sup>84</sup> BACCA CURREA, Guillermo. Ingeniería Económica. Costo Anual Uniforme Equivalente. Bogotá, Colombia: Fondo Educativo Panamericano, 6ª ed, 2000, p 217-218.

**4.3.1 Tasa interna de oportunidad.** Para el siguiente análisis se debe hallar una tasa interna de oportunidad debido a los costos de inversión de la siguiente forma.

$$TIO = ((1 + DTF) * (1 + 10\%)) - 1$$

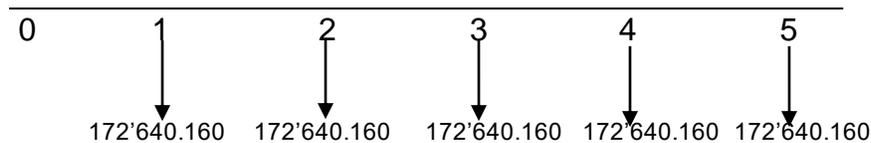
La tasa de depósito a término fijo (DTF) es un tipo de interés que se calcula a partir del promedio ponderado semanal por monto de las tasas promedio de captación diarias de los certificados de depósito a término 90 días.<sup>85</sup>

DTF= 4,51%

$$TIO = ((1 + 4,51\%) * (1 + 10\%)) - 1 = 14,961\%$$

A continuación, se plantean tres análisis del CAUE, el primero sin proyecto y el segundo y el tercero de los dos proyectos propuestos, a un periodo de 5 años para cada una.

**4.3.2 Costo anual uniforme equivalente sin proyecto.** Para este caso no se tiene ninguna inversión inicial, los datos de egresos anuales son tomados de la tabla 23 con el aspecto de agua utilizada en procesos de calentamiento.



Usando el signo negativo (-) para egresos

$$CAUE = \$ - 172'640.160$$

**4.3.3 Costo anual uniforme equivalente proyecto 1.** Se aplica la tasa interna de oportunidad al valor presente de los costos de inversión ilustrados en la tabla 37.

$$P = R \left( \frac{[(1 + TIO)^n - 1]}{[(TIO)(1 + TIO)^n]} \right)$$

Reemplazando

$$30'366.616 = R \left( \frac{[(1 + TIO)^5 - 1]}{[(TIO)(1 + TIO)^5]} \right)$$

$$R = 9'050.470$$

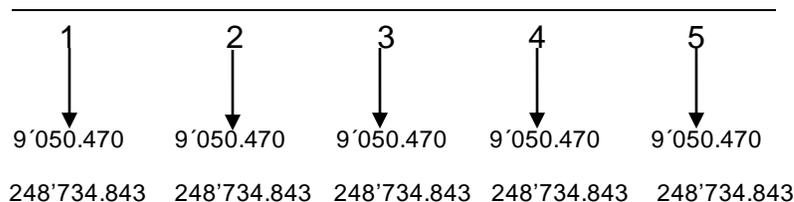
<sup>85</sup> Disponible en <<https://dolar.wilkinsonpc.com.co/dft.html>>. Consultado el 19 de septiembre del 2018.

Los costos de reactivos, energía mantenimiento y agua potable anuales para el proyecto 1 se encuentran consignado en la tabla 39 a continuación y el anexo R. La cantidad de agua potable necesaria es aproximadamente del 6% de la capacidad de las calderas.

**Tabla 39.** Descripción de anualidades proyecto 1

Aspecto anual	Costo anual
REACTIVOS	\$ 233'635.995
ENERGÍA	\$ 2'135.808
MANTENIMIENTO	\$ 2'500.000
AGUA POTABLE	\$ 10'463.040
TOTAL	\$ 248'734.843

**Fuente:** Elaboración propia.



$$CAUE = -248'734.843 - 9'050.470 = -257'785.313$$

Se compara el CAUE sin proyecto con el resultado del proyecto 1, lo que afirma que este proyecto no es viable puesto que el valor es mayor al indicador financiero sin proyecto. Lo cual indica que traerá un sobrecosto económico de \$85'145.153 de pesos a C.I SIGRA S.A.

**4.3.4 Costo anual uniforme equivalente proyecto 2.** Con base a los datos de costos totales de la tabla 38 se procede a realizar nuevamente los cálculos de las anualidades por 5 años.

$$P = R \left( \frac{[(1 + TIO)^n - 1]}{[(TIO)(1 + TIO)^n]} \right)$$

Reemplazando

$$36'822.815 = R \left( \frac{[(1 + TIO)^5 - 1]}{[(TIO)(1 + TIO)^5]} \right)$$

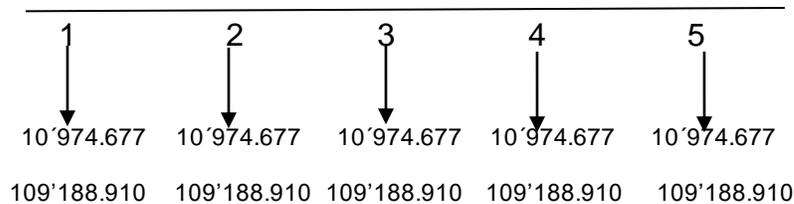
$$R= 10'974.677$$

Los costos de reactivos, energía mantenimiento y agua potable anuales para el proyecto 2 se encuentran consignado en la en la tabla 40 a continuación y el anexo R. Como se mencionó en el numeral 5.2.2, la cantidad de agua potable necesaria es aproximadamente del 6% de la capacidad de las calderas.

**Tabla 40.** Descripción de anualidades alternativa 2

Aspecto anual	Costo anual
REACTIVOS	\$ 92'928.846
ENERGÍA	\$ 3'297.024
MANTENIMIENTO	\$ 2'500.000
AGUA POTABLE	\$ 10'463.040
TOTAL	\$ 109'188.910

**Fuente:** Elaboración propia.



$$CAUE= -109'188.910 - 10'974.677 = -120'163.587$$

El resultado del CAUE de la alternativa 2, comparado con el actual muestra la viabilidad financiera del proyecto puesto que al comparar los valores se tiene una diferencia positiva de \$52'476.573 de pesos. Es decir, C.I SIGRA S.A tiene la posibilidad de implementar un proyecto de gran provecho para la empresa.

## 5. CONCLUSIONES

- Para el objetivo general del presente trabajo de grado, se propone una alternativa de aprovechamiento para las aguas residuales generadas en la PTAR de C.I SIGRA S.A, por ello se realiza la caracterización del agua mediante análisis de los parámetros químicos, fisicoquímicos y microbiológicos. Estos se encuentran especificados con la resolución 1207 de 2014 para reúso industrial de agua. Según el balance hídrico realizado se observa que los consumos mensuales de la planta son de 5500 m<sup>3</sup> agua en el que se determinó que con respecto al efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales con los posibles reúsos industriales se aprovecha en su totalidad los 1860m<sup>3</sup> de agua para procesos de calentamiento.
- Se evaluaron distintos tratamientos terciarios con sus respectivas ventajas y desventajas. Tomando como referencia la matriz de Pugh para concluir que las operaciones de desinfección, oxidación y precipitación permiten cumplir con los parámetros establecidos en la resolución. Mediante el Hipoclorito de sodio al 13%, peróxido de hidrógeno al 30% y la solución de PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002 para la alternativa 1 y nuevamente Hipoclorito de sodio al 13%, permanganato de potasio al 99,9% y solución de PROSPERSE 2104 y PROSOX 2002 que mediante análisis de laboratorios se comprueba la eficacia de las dos alternativas cumpliendo con los parámetros establecidos en la resolución 1207 de 2014 para calderas.
- De acuerdo a los dos proyectos propuestos es necesario un medidor de cloro residual en línea en el proceso de desinfección puesto permite garantizar que el valor de los coliformes totales cumple con el parámetro microbiológico de la resolución, para tener un lazo de control con la válvula electroneumática especificada en el diseño de tuberías, teniendo en cuenta las bombas de aspas que permiten el bombeo del agua residual hacia el tanque de oxidación con su respectivo agitador diseñado conforme a la disponibilidad de espacio. Adicional para el primer proyecto son necesarias dos bombas dosificadoras de líquidos, para la desinfección y oxidación. Con especificaciones de 2,86 L de Hipoclorito de sodio al 13% para el volumen de 2,2m<sup>3</sup> del tanque y 19,2 L de peróxido de hidrógeno en volumen de 6 m<sup>3</sup> del tanque de igualación. Nuevamente para el segundo proyecto se requiere las mismas especificaciones técnicas de la desinfección, pero es necesario un dosificador de sólidos puesto que el permanganato de potasio es de tipo granular. Con una dosificación de 75g de permanganato de potasio por cada 6m<sup>3</sup> de agua.
- De acuerdo al análisis realizado del CAUE sin proyecto comparado con el CAUE del proyecto 1 se evidencia un sobre costo económico de \$85´145.153 por esto no se debe implementar. En la comparación con el proyecto 2 se tiene un CAUE

de \$ 120'163.587 lo que indica que es viable dado que de acuerdo a los resultados se tiene un ahorro anual de \$52'476.573 a un horizonte de 5 años. Por ello C.I SIGRA S.A recupera el valor de inversión inicial en un periodo aproximado de 8 meses.

## 6. RECOMENDACIONES

- Debido a que C.I SIGRA S.A cuenta con la planta de tratamiento auxiliar se recomienda realizar la desinfección en el tanque de oxidación como esta en la propuesta y luego llevar el agua hacia la planta de tratamiento auxiliar para hacer uso de la clarificación, microfiltración y ultrafiltración.
- Se recomienda utilizar la resina de intercambio iónico tipo catiónica que se tiene actualmente de a la entrada de calderas para el agua reutilizada en este proyecto puesto que favorece la disminución de la dureza del agua.
- Los autores recomiendan aprovechar el paro mensual de la planta para realizar una lectura de las tablas entregadas a la empresa para que según los resultados de la lectura de coliformes, se determine con precisión la cantidad necesaria de hipoclorito de sodio al 13% con la finalidad de disminuir costos.

## BIBLIOGRAFÍA

ANALQUIM LTDA, Informe análisis fenoles de agua residual, Colombia, Bogotá D.C, 2018 9 3

ÁLVAREZ, S. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. En: Revista Ecosistemas. Vol., 14. No. 2 (2005); p. 18.

AGUIRRE PASCUAL, G; MONFORTE DE MONLEON, L; TÓS BOIX, S. El permanganato potásico y sus aplicaciones en el tratamiento de aguas. Valencia, España. 1997.

BACCA CURREA, Guillermo. Ingeniería Económica. Costo Anual Uniforme Equivalente. Bogotá, Colombia: Fondo Educativo Panamericano, 6ª ed, 2000. ISBN 958-9489-32-X

CAMACHO, Angie. Tratamiento terciario de aguas residuales. Prezi.com. 2014. Obtenido de <<https://prezi.com/m/sphk7mrprm3y/tratamiento-terciario-de-aguas-residuales/>>. Consultado el 7 de febrero del 2018.

CERVONE, H. Frank. Applied digital library Project management. Using Pugh matrix analysis in complex decision-making situations. Volume 25. Indiana, USA: Emerald Group Publishing Limited, 2009.

C.I SIGRA S.A.

CONOSER LTDA, Informe análisis de caracterización de agua residual, Colombia, Bogotá D.C, 2017 30 10

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. Bogotá, 2016. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías.

G. Mary. Aceites y grasas: Funciones y propiedades de las grasas y los aceites hidrogenados y su relación con los no hidrogenados. En: Revista Palmas. Vol., 12. No. 4 (1991)

HERNANDEZ, A. TEJERINA. F. Procesos de transporte y separación en membranas. Volumen 4. Murcia, España. 1990.

HERNANDEZ, A; TEJERINA, F; ARRIBAS, J. I; MARTINEZ, L y MARTINEZ, F. Micro filtración, Ultrafiltración y Osmosis inversa. Volumen 4. Universidad de Murcia, España: Secretariado de publicaciones, 1990. ISBN 84-7684-945-1.

HERRERA CALDERON, Miguel; PALOMINO DOWNHAM, Guillermo. Resinas de intercambio iónico: Desarrollo tecnológico aplicado para la eliminación de olor del metanol puro. Monterrey, México. Vol., 27. No. 1 (enero-junio 2012)

IDEAM. Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales, {en línea}. {19 de mayo de 2018} Disponible en: (<http://www.ideam.gov.co>)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización, Bogotá: ICONTEC, 2008. (NTC 1486)

LABORATORIO EMICAL SAS, Informe análisis fenoles de agua residual, Colombia, Bogotá D.C, 2018 24 5

LENNTECH. Adsorción/ carbón activado. {En línea}. {8 de mayo de 2018}. Disponible en: (<https://www.lenntech.es/adsorcion.htm>)

MATEUS TRASLAVIÑA, María Paula; POVEDA GARCÍA, Ivonne Andrea. Desarrollo de una alternativa para el aprovechamiento del agua residual tratada de la PTAR del FRIGORÍFICO BLE LTDA. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías.

MEDIALDEA, Juan Miguel, ARNÁIZ, Carmen Y DÍAZ Emilio. Permanganato Potásico (KmNO<sub>4</sub>) en el Tratamiento de Aguas Residuales. Tecnología del agua. Sevilla, España: 2005.

METCALF-EDDY. Tratamiento y depuración de aguas residuales. Barcelona, España: Labor, S.A., 1977.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co>

MUÑOS MORENO, Cristina. Proceso de obtención de un nuevo edulcorante natural a base de Stevia Rebaudiana Bertoni. Cádiz, España, 2015.

OSORIO ROBLES, Francisco; TORRES ROJO, Juan Carlos y SÁNCHEZ BAS, Mercedes. Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes: Aplicaciones de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales. Albasanz, 28037 Madrid, España: Edición Díaz de Santos, 2010. ISBN 978-84-7978-903-9

PLANTACIONES UNIPALMA DE LOS LLANOS S.A, "UNIPALMA S.A". Disponible en <http://www.unipalma.com>.

RAMALHO, Rubens Sette; BELTRAN, Domingo Jiménez y DE LORA, Federico. Tratamiento de aguas residuales. Edición en español. Barcelona, España: Editorial Reverté, 1990. ISBN 84-291-7975-5.

RAMOS, Raudel. SEPÚLVEDA, Rubén. VILLALOBOS, Francisco. El agua en el medio ambiente, muestreo y análisis. Mexicali, Baja California, UABC: Plaza y Valdés, 2002.

RAMOS GIRALDO, Paula Jimena; GARCÍA NAVARRO, Mauricio; HOYOS SUÁREZ, Juan Felipe; OLIVEROS TASCÓN, Carlos Eugenio; SANZ URIBE, Juan Rodrigo. Aplicación de una Metodología Estructurada para el diseño de un sistema de cosecha selectiva de café. Scientia Et Technica. Vol., 20. No. 1 (marzo 2015)

RIGOLA LAPEÑA, Miguel. Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. Barcelona, España: Marcombo S.A 1990

RINCON, Sandra Milena, MARTINEZ, Daniel Mauricio. Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. En: Revista Palmas. Vol., 30. No. 2 (2009)

RODRIGUEZ MIRANDA, Juan Pablo; GARCIA UBAQUE, Cesar Augusto; PARDO PINZON, Janneth. Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales: Bogotá, Colombia: Universidad Distrital. 2015.

ROJAS, Maritza; RUZ, Ximena; GONZALEZ, Rodrigo. Yodación de agua potable en zonas rurales con fines de desinfección. Chile.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuípurificación: Diseño de sistemas de purificación de aguas. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Bogotá, Colombia: Escuela colombiana de ingeniería, 2008.

SALAZAR SERNA, Marina; PEÑUELA, Gustavo. Effect of pre-oxidation with chlorine dioxide on the formation of trihalomethanes and haloacetic acids in a drinking water system. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. 2016.

SYNERTECH. Disponible en <https://www.nyfdecolombia.com>.

TECNIMICRO: Laboratorio de análisis S.A.S, Informe microbiológico del agua residual, Colombia, Bogotá D.C, 2018 28 5

URGENTIA. Sanidad Ambiental. Hipoclorito Sódico vs Peróxido de Hidrógeno. {En línea}. {9 de mayo de 2018}. Disponible en: (<http://www.plagasalicante.es/wp-content/uploads/2015/05/HIPOCLORITO-SODICO-vs-PER%C3%93XIDO-DE-HIDR%C3%93GENO.pdf>)

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1986. DESIGN MANUAL: Municipal Wastewater Disinfection. Office of Research and development. Cincinnati, Ohio.

WEBER, WALTER J. Control de la calidad del agua: Procesos fisicoquímicos. Michigan, Estados Unidos: Universidad de Michigan, 1979.

YAZDANBAKHS, Ahmad Reza; DARAEI, Hasti; DAVOODABADI, Masomeh. (2015) Degradation of phenol with using of Fenton-like Processes from water. *Iranian Journal of Health, Safety & Environment*, 2(3), 325-29.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### FICHA DE SEGURIDAD DEL PROCOA PI 4070



#### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

#### PROCOA PI 4070

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑÍA

<b>Descripción Comercial</b>	Coagulante catiónico líquido.
<b>Fabricante</b>	PROTECNICA INGENIERÍA S.A. Carrera 34 No. 13-150 Arroyohondo Yumbo - Valle del Cauca Colombia Teléfono: (57) 2 6902828. Fax: (57) 2 6655350 <a href="http://www.protecnicaing.com">www.protecnicaing.com</a>

#### 2. COMPOSICIÓN, INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

Descripción	Número CAS	Cantidad
POLICLORURO DE ALUMINIO	1327-41-9	N.D.
POLIMERO CATIONICO	N.D.	N.D.

#### Identificación de Peligros

#### Clasificación según la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios)

<b>Salud</b>	2 Moderado
<b>Inflamabilidad</b>	0 Insignificante
<b>Reactividad</b>	0 Insignificante
<b>Peligros especiales</b>	Corrosivo-Tóxico (por ingestión)

#### 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

#### Peligros para la salud humana

<b>Inhalación</b>	Los vapores, niebla y/o aerosoles pueden causar irritación al sistema respiratorio superior. Exposición prolongada puede provocar mareos y dolores de cabeza.
<b>Piel</b>	Puede causar irritación leve. Puede causar dermatitis. Potencial sensibilizador.
<b>Contacto con los ojos</b>	Puede causar moderada irritación para los ojos.
<b>Ingestión</b>	Puede causar irritación al sistema gastrointestinal, tráquea y garganta con leves dolores en el pecho y abdomen. Puede causar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, mareos, inconsciencia y daños al hígado y riñones.
<b>Peligros físicos y químicos</b>	No se han determinado.
<b>Peligros ambientales</b>	No se han determinado.

#### 4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

<b>Inhalación</b>	Lleve a un lugar con aire fresco. Suelte ropas, si hay problemas de respiración suministre oxígeno, aplique respiración artificial si es necesario y consulte de inmediato al médico.
<b>Piel</b>	Lave con abundante agua y solución de jabón neutro por 15 minutos. Retire y lave la ropa contaminada. Consulte al médico si hay irritación persistente.
<b>Contacto con los ojos</b>	Retire los lentes de contacto, mantenga los párpados abiertos, inmediatamente lave con abundante agua durante 15 minutos. Consulte al de inmediato al médico y/o al oftalmólogo.
<b>Ingestión</b>	No de nada a la víctima si está inconsciente o con convulsiones. <b>No</b> induzca el vómito. Llame inmediatamente atención médica. Si la víctima está consciente de a beber 3 a 4 vasos de agua fría lentamente para diluir el contenido del estomago.

#### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

<b>Medios de extinción</b>	Polvo químico seco, espuma mecánica o agua, dióxido de carbono.
<b>Medios de extinción inadecuados</b>	
<b>Peligros específicos</b>	La descomposición térmica produce óxidos elementales.
<b>Protección para bomberos</b>	Aparato de respiración autocontenida, vestimenta protectora total. Ropa especial con presión positiva de aire.

#### 6. MEDIDAS CONTRA ESCAPES ACCIDENTALES

<b>Precauciones personales</b>	Evite contacto con los ojos, piel e inhalación de vapores.
<b>Precauciones ambientales</b>	Al agua contaminada con este producto puede ser enviada para una planta de tratamiento de alcantarillados sanitarios, de acuerdo con la legislación local, a una planta de tratamiento de residuos a través de un permiso para disposición de residuos. El producto como tal puede ser incinerado o colocado en un soterró aprobado para productos químicos. Minimice la contaminación de drenajes, aguas superficiales y subterráneas.
<b>Métodos de limpieza</b>	Ventile el área. Retenga y absorba el producto derramado en el material absorbente disponible. Coloque en un recipiente apropiado para disposición de residuos. Transfiera a recipiente rotulado para su eliminación. Residuos pequeños pueden retirarse con agua. Los residuos húmedos en el piso son resbaladizos. Esparcir arena.
<b>Otras informaciones</b>	Alertar a la autoridad regulatoria sobre derrames o descargas sin control sobre cursos de agua.

#### 7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

<b>Manejo</b>	Use gafas de seguridad antialpicaduras, guantes de butilo o nitrilo, delantal y bata impermeables, botas de caucho. En lugares
---------------	--

	donde se desconoce la presencia de vapores usar respirador con filtro.
<b>Almacenamiento</b>	Los envases deben ser guardados cerrados estando o no en uso. Almacenar en local ventilado y frío, protegido de materiales oxidantes. Almacenar en recipiente original cerrado y a la sombra.
<b>Otras informaciones</b>	Por razones de calidad, evite temperaturas elevadas.
<b>Duración de conservación</b>	No determinado.

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

<b>Medidas de ingeniería</b>	Asegure ventilación adecuada mecánica si se forman vapores.
<b>Medidas higiénicas</b>	Debe observarse una buena higiene industrial
<b>Exposición ocupacional</b>	POLICLORURO DE ALUMINIO TLV 2 mg/m3 - TWA 2 mg/m3
<b>Equipos de protección personal</b>	Use elementos de protección personal certificados. Use guantes largos de neopreno y delantal resistente a productos químicos. Lávelos después de usar y sustitúyalos si es necesario. Use anteojos de seguridad visión amplia. Precauciones normales de protección, igual que para el manejo de cualquier sustancia química.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

<b>Estado físico</b>	Líquido viscoso
<b>Color</b>	Amarillento.
<b>Olor</b>	Leve
<b>pH</b>	2.5 a 3.5
<b>Punto de ebullición</b>	N.D.
<b>Punto de inflamación</b>	N.D.
<b>Inflamabilidad</b>	N.D.
<b>Temperatura de autoencendido</b>	N.D.
<b>Propiedades explosivas</b>	N.D.
<b>Propiedades oxidantes</b>	N.D.
<b>Densidad</b>	1.31 a 1,33 g/cm3 (20°C)
<b>Solubilidad en agua</b>	100%
<b>Solubilidad en otros ingredientes</b>	N.D.
<b>Viscosidad</b>	N.D.
<b>Compuestos orgánicos volátiles (VOC)</b>	N.D.

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

<b>Estabilidad</b>	Estable en condiciones normales.
<b>Condiciones a evitar</b>	Exposición al Calor.
<b>Materiales a evitar</b>	Agentes oxidantes fuertes.
<b>Reacciones peligrosas</b>	Ninguna.
<b>Productos peligrosos de descomposición</b>	Humos tóxicos. Oxidos elementales.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda	N.D.
Dosis letal media (LD50) oral	N.D.
Irritación de la piel	N.D.
Irritación ocular	N.D.
Mutagenicidad	N.D.

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Degradabilidad	N.D.
Concentración letal media (LC 50)	N.D.
Concentración efectiva media (EC 50)	N.D.
Concentración sin efectos observables (NOEC)	N.D.

## 13. CONSIDERACIONES SOBRE ELIMINACIÓN

Métodos de eliminación	La disposición de residuos debe hacerse de acuerdo con la legislación federal o local para la comprobación de las restricciones existentes.
------------------------	---

## 14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Clasificación de transporte	Toxico 6.1 - ONU 1760 – Guía de riesgo 27. DOT 154
-----------------------------	--

## 15. INFORMACIÓN REGULATORIA

Comunicación de peligros según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos	N.D.
--	------

## 16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Otra información del producto	Este producto debe ser almacenado/guardado, manipulado y usado de acuerdo a las buenas practicas de higiene industrial y en conformidad alas reglamentaciones legales. La información contenida en esta ficha esta basada en el estado actual de nuestro conocimiento.
-------------------------------	--

La información contenida aquí se basa en datos considerados exactos y se ofrece únicamente para información, consideración e investigación. Protecnica Ingeniería S.A. no extiende garantías, no hace representaciones y no asume ninguna responsabilidad en lo relativo a la exactitud, integridad o aptitud de estos datos para cualquier uso del comprador. Los datos de esta Hoja de Seguridad se relacionan únicamente con este producto, y no se relacionan con su uso con cualquier otro material o en cualquier proceso. Todos los productos químicos deben utilizarse únicamente por parte de, o bajo la dirección de, personal técnicamente calificado que esté al tanto de los peligros implicados y de la necesidad de cuidados razonables en el manejo. Las regulaciones sobre comunicación de peligros requieren que los empleados estén capacitados sobre cómo utilizar una Hoja de Seguridad como fuente de información sobre peligros.

## ANEXO B

### FICHA DE SEGURIDAD DEL PROFLOC 4146



#### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

#### PROFLOC 4146

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑÍA

<b>Descripción Comercial</b>	Deshidratador de Lodos
<b>Fabricante</b>	PROTECNICA INGENIERIA S.A. Carrera 34 No. 13-150 Arroyohondo Yumbo - Valle del Cauca Colombia Teléfono: (57) 2 6902828. Fax: (57) 2 6655350 <a href="http://www.protecnicaing.com">www.protecnicaing.com</a>

#### 2. COMPOSICIÓN, INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

Descripción	Número CAS	Cantidad
ACIDO ADIPICO	124-04-9	~4.5 %

#### Identificación de Peligros

#### Clasificación según la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios)

<b>Salud</b>	1 Leve
<b>Inflamabilidad</b>	1 Leve
<b>Reactividad</b>	0 Insignificante
<b>Peligros especiales</b>	N.D.

#### 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

#### Peligros para la salud humana

<b>Inhalación</b>	Los vapores, niebla y/o aerosoles pueden causar irritación al sistema respiratorio superior. Exposición prolongada puede provocar mareos y dolores de cabeza.
<b>Piel</b>	Puede causar irritación leve. Puede causar dermatitis. Potencial sensibilizador.
<b>Contacto con los ojos</b>	Puede causar moderada irritación para los ojos.
<b>Ingestión</b>	Puede causar irritación al sistema gastrointestinal, tráquea y garganta con leves dolores en el pecho y abdomen. Puede causar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, mareos, inconsciencia y daños al hígado y riñones.
<b>Peligros físicos y químicos</b>	Los derrames de este producto dejan el piso extremadamente resbaloso.
<b>Peligros ambientales</b>	No se han determinado.

#### 4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

<b>Inhalación</b>	Lleve a un lugar con aire fresco. Suelte ropas, si hay problemas de respiración suministre oxígeno, aplique respiración artificial si es necesario y consulte de inmediato al médico.
<b>Piel</b>	Lave con abundante agua y solución de jabón neutro por 15 minutos. Retire y lave la ropa contaminada. Consulte al médico si hay irritación persistente.
<b>Contacto con los ojos</b>	Retire los lentes de contacto, mantenga los párpados abiertos, inmediatamente lave con abundante agua durante 15 minutos. Consulte al de inmediato al médico y/o al oftalmólogo.
<b>Ingestión</b>	Este material no debería ser nocivo. En caso de presentarse síntomas no de nada a la víctima si está inconsciente o con convulsiones. <b>No</b> induzca el vómito. Llame inmediatamente atención médica. Si la víctima está consciente de a beber 3 a 4 vasos de agua fría lentamente para diluir el contenido del estómago.

#### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

<b>Medios de extinción</b>	Polvo químico seco, espuma mecánica o agua, dióxido de carbono.
<b>Medios de extinción inadecuados</b>	
<b>Peligros específicos</b>	La descomposición térmica produce óxidos elementales.
<b>Protección para bomberos</b>	Aparato de respiración autocontenida, vestimenta protectora total. Ropa especial con presión positiva de aire.

#### 6. MEDIDAS CONTRA ESCAPES ACCIDENTALES

<b>Precauciones personales</b>	Evite contacto con los ojos, piel e inhalación de vapores.
<b>Precauciones ambientales</b>	Al agua contaminada con este producto puede ser enviada para una planta de tratamiento de alcantarillados sanitarios, de acuerdo con la legislación local, a una planta de tratamiento de residuos a través de un permiso para disposición de residuos. El producto como tal puede ser incinerado o colocado en un soterró aprobado para productos químicos. Minimice la contaminación de drenajes, aguas superficiales y subterráneas.
<b>Métodos de limpieza</b>	Ventile el área. Retenga y absorba el producto derramado en el material absorbente disponible. Coloque en un recipiente apropiado para disposición de residuos. Transfiera a recipiente rotulado para su eliminación. Residuos pequeños pueden retirarse con agua. Los residuos húmedos en el piso son resbaladizos. Esparcir arena.
<b>Otras informaciones</b>	Alertar a la autoridad regulatoria sobre derrames o descargas sin control sobre cursos de agua.

#### 7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

<b>Manejo</b>	Use gafas de seguridad antisalpicaduras, guantes de butilo o nitrilo, delantal y bata impermeables, botas de caucho. En lugares donde se desconoce la presencia de vapores usar respirador con filtro.
<b>Almacenamiento</b>	Este material es higroscópico y no debe ser expuesto a humedad por motivos de calidad. Para prevenir la degradación del producto y la corrosión de los equipos, no lo almacene en contenedores de metal, aluminio o bronce. Los envases deben ser guardados cerrados estando o no en uso. Almacenar en local ventilado a temperatura ambiente.
<b>Otras informaciones</b>	Mantenga el área de almacenamiento o manipulación bien aseada y ordenada.
<b>Duración de conservación</b>	Por razones de calidad, evite temperaturas elevadas. No determinado.

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

<b>Medidas de ingeniería</b>	Asegure ventilación adecuada mecánica si se forman vapores.
<b>Medidas higiénicas</b>	Debe observarse una buena higiene industrial
<b>Exposición ocupacional</b>	No determinada.
<b>Equipos de protección personal</b>	Use elementos de protección personal certificados. Use guantes largos de neopreno y delantal resistente a productos químicos. Lávelos después de usar y sustitúyalos si es necesario. Use anteojos de seguridad visión amplia. Precauciones normales de protección, igual que para el manejo de cualquier sustancia química.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

<b>Estado físico</b>	Polvo cristalino
<b>Color</b>	Blanco
<b>Olor</b>	Inodoro
<b>pH</b>	3 a 5 (solución acuosa)
<b>Punto de ebullición</b>	N.D.
<b>Punto de inflamación</b>	N.D.
<b>Inflamabilidad</b>	N.D.
<b>Temperatura de autoencendido</b>	N.D.
<b>Propiedades explosivas</b>	N.D.
<b>Propiedades oxidantes</b>	N.D.
<b>Densidad</b>	0,75
<b>Solubilidad en agua</b>	Limitada por la viscosidad
<b>Solubilidad en otros ingredientes</b>	N.D.
<b>Viscosidad</b>	N.D.
<b>Compuestos orgánicos volátiles (VOC)</b>	N.D.

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

<b>Estabilidad</b>	Estable en condiciones normales.
<b>Condiciones a evitar</b>	N.D.
<b>Materiales a evitar</b>	Materiales alcalinos pueden degradar el polímero.

**Reacciones peligrosas**  
**Productos peligrosos de descomposición**

Ninguna.  
Amonio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, oxido de nitrógeno, oxido de sulfuro, clorato de hidrógeno.

#### 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

**Toxicidad aguda** N.D.  
**Dosis letal media (LD50) oral** Mayor a 11.000 mg/kg (rata)  
**Irritación de la piel** Mayor a 2.000 mg/kg (conejo)  
**Irritación ocular** Mínima  
**Mutagenicidad** N.D.

#### 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

**Degradabilidad** 28 días < 70%  
**Concentración letal media (LC 50)** 1 a 10 mg/l (Pez Cebra) Basado en un material similar estructuralmente..  
**Concentración efectiva media (EC 50)** 10 a 100 mg/l (Dafnia)  
**Concentración sin efectos observables (NOEC)** N.D.

#### 13. CONSIDERACIONES SOBRE ELIMINACIÓN

**Métodos de eliminación** La disposición de residuos debe hacerse de acuerdo con la legislación federal o local para la comprobación de las restricciones existentes.

#### 14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

**Clasificación de transporte** DOT: N.D.; IATA: N.D.; IMO: N.D.

#### 15. INFORMACIÓN REGULATORIA

**Comunicación de peligros según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos** Este producto no contiene algún componente regulado por la EPA.

#### 16. INFORMACIÓN ADICIONAL

**Otra información del producto** Este producto debe ser almacenado/guardado, manipulado y usado de acuerdo a las buenas practicas de higiene industrial y en conformidad alas reglamentaciones legales. La información contenida en esta ficha esta basada en el estado actual de nuestro conocimiento.

La información contenida aquí se basa en datos considerados exactos y se ofrece únicamente para información,

Ultima Revisión: Mayo de 2010

Página 4 de 4

consideración e investigación. Protecnica Ingeniería S.A. no extiende garantías, no hace representaciones y no asume ninguna responsabilidad en lo relativo a la exactitud, integridad o aptitud de estos datos para cualquier uso del comprador. Los datos de esta Hoja de Seguridad se relacionan únicamente con este producto, y no se relacionan con su uso con cualquier otro material o en cualquier proceso. Todos los productos químicos deben utilizarse únicamente por parte de, o bajo la dirección de, personal técnicamente calificado que esté al tanto de los peligros implicados y de la necesidad de cuidados razonables en el manejo. Las regulaciones sobre comunicación de peligros requieren que los empleados estén capacitados sobre cómo utilizar una Hoja de Seguridad como fuente de información sobre peligros.

## ANEXO C

### FICHA TÉCNICA DE LA BACTERIA DEGRADEM 1302

<h1 style="margin: 0;">DEGRADEM 1302</h1> <p style="margin: 0; font-size: small;">MB = Microorganismos Benéficos Ficha ATS = Análisis de Trabajo Seguro (No reemplaza MSDS)</p>	
 <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Control Total del Agua</p>	
Distribuidor Autorizado: AcuacontrolLtda	
INFORMACION GENERAL	
<b>Tipo de Producto:</b>	Inoculante ambiental en forma líquida.
<b>Nombre del producto:</b>	<b>DEGRADEM 1302</b>
<b>Fabricante:</b>	Biodyne, Inc. Sarasota, Florida – Estados Unidos.
<b>Composición:</b>	1 x 10 <sup>7</sup> microorganismos / ml aproximadamente. Environoc® 301 está compuesto por 29 cepas de bacterias vivas benéficas con diferentes capacidades de degradación: grasa animal y vegetal, aceites, almidones, proteínas y ácido sulfhídrico. El vehículo es un nutriente líquido a base de proteínas de origen vegetal, azúcares y elementos minerales.
<b>Indicaciones:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biotratamiento de aguas residuales: PTAR (plantas de tratamiento de Aguas residuales), pozos sépticos, trampas de grasa y cajas de paso.</li> <li>Biotratamiento de estanques y lagos con problemas de algas (eutrofización).</li> <li>Control de olores en instalaciones pecuarias.</li> </ul>
<b>Beneficios:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PTAR: promueve remoción de DBO y DQO, reducción de lodos y control de olores.</li> <li>Pozos sépticos: reducción de lodos, control de olores, promueve remoción de DBO y DQO y ayuda a mantener despejado las zonas filtrantes.</li> <li>Trampas de grasa: reducción de grasas (facilita las tareas de limpieza), control de olores y prevención de obstrucciones de drenajes.</li> <li>Estanques y lagos: controla algas de forma indirecta al competir por los nutrientes.</li> <li>Instalaciones pecuarias: ambiente mas saludable al degrada materia orgánica acumulada en superficies como pisos y paredes.</li> </ul>
<b>Presentaciones:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Envase plástico de 4 litros.</li> <li>Envase plástico de 20 litros.</li> </ul>
INSTRUCCIONES DE USO	
<b>Elementos de protección personal:</b>	Guantes.
<b>PTAR</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-top: 10px;">Página 2 de 3</div>	<p><b>Dosis de Choque:</b> Inicialmente se recomienda suministrar una dosis de choque durante 1-2 semanas. El cálculo de la dosis de choque depende de múltiples factores: tipo de industria, caudal, variaciones en la producción, eficiencia del sistema, carga orgánica (DBO y DQO), temperatura, tiempo de retención, uso de lodos activados, etc.</p> <p>Para recibir asesoría y calcular la dosis de choque favor contactar a un Distribuidor autorizado o al Área de Soporte Técnico de Acuacontrol Ltda.</p> <p><b>Dosis de Mantenimiento:</b> Normalmente la dosis de mantenimiento diaria es inferior a la dosis de choque.</p> <p><b>Lugar de Aplicación:</b> usualmente los microorganismos se inoculan en el tanque de aireación.</p>
<b>Pozos Sépticos</b>	<p><b>Dosis:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Viviendas: 1 galón cada 4 -6 meses.</li> <li>Fincas y casas de descanso: 1 galón durante las temporadas de alta ocupación.</li> <li>Hoteles, restaurantes, casinos, colegios, empresas, etc.: las dosis dependen de la ocupación, el número de baños, la cantidad de comidas preparadas, el diseño del sistema séptico, la existencia de cajas de paso y trampas de grasa. Usualmente se programan aplicaciones regulares (semanales o quincenales).</li> </ul> <p>Para mayor información sobre las dosis y frecuencias favor contactar al Distribuidor o al Área de Soporte Técnico de Acuacontrol Ltda.</p> <p><b>Forma de aplicación:</b> a través de los sanitarios y demás puntos conectados al sistema o directamente en el</p>

	<p>tanque.</p> <p><b>Importante:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el caso de viviendas, fincas y casas de descanso se recomienda aplicar la totalidad del galón en una sola dosis.</li> <li>• Si el pozo séptico es nuevo o se ha succionado recientemente se debe usar durante 2-3 semanas antes de la aplicación del producto para que los microorganismos encuentren materia orgánica que degradar y puedan colonizar el sistema.</li> <li>• El tratamiento con microorganismos se realiza de <b>forma preventiva</b> y pocas veces puede corregir problemas de fondo como diseños deficientes, acumulación de lodos, áreas filtrantes dañadas o taponamientos con materiales no biodegradables como plásticos.</li> </ul>
<b>Trampas de Grasa</b>	<p><b>Dosis:</b> Las dosis y frecuencias dependen de las características de la trampa (volumen y retención) y el tipo de residuos. En el caso de los restaurantes y casinos es importante tener en cuenta el número de comidas preparadas. Para calcular la dosis y frecuencia favor solicitar asesoría del Distribuidor o contactar al Departamento de Soporte Técnico de Acuacontrol Ltda.</p> <p><b>Forma de aplicación:</b> en el sifón del lavaplatos (dejando correr un poco de agua de la llave) o directamente en la trampa de grasa preferiblemente al finalizar las labores diarias.</p> <p><b>Importante:</b> Para que el tratamiento sea exitoso es indispensable instalar rejillas y mallas en todos los sifones de lavaplatos y puntos de drenaje. Igualmente se debe capacitar al personal para que realice una buena separación de materiales sólidos (descomidado de platos).</p>
<b>Lagos y estanques</b>	Se realizan aplicaciones semanales y alternadas de tratamiento químico y biológico. El protocolo de tratamiento debe ser elaborado por el Distribuidor o directamente por el área de Soporte Técnico de Acuacontrol Ltda., para lo cual se debe tener en cuenta el volumen de agua a tratar, el tipo de alga(s), la presencia de peces, la cantidad de lodos, la carga orgánica, etc.
<b>Instalaciones pecuarias</b>	Normalmente se recomienda preparar una dilución de 1 - 2 litros del producto en 10 - 20 litros de agua de la llave. Esparcir la dilución con la ayuda de una fumigadora en las camas, paredes, rendijas, canaletas y en general en todos los sitios donde se puedan acumular orines, desechos de alimentos, estiércol, etc. La frecuencia de aplicación puede variar de una a varias veces por semana y se debe establecer de acuerdo con los resultados obtenidos. Para mayor información favor contactar al Distribuidor o al Depto. de Soporte Técnico de Acuacontrol Ltda.
<b>Factores Abióticos:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno disuelto en sistemas aeróbicos: 1,5 – 3 PPM</li> <li>• Sistemas anaeróbicos: garantizar la presencia de nitrógeno.</li> <li>• Nitrógeno y Fósforo.</li> <li>• pH: 6,5 y 7,5.</li> <li>• Temperatura: 15 – 30 ° C Temperaturas mas altas o mas bajas pueden afectar la eficiencia de los microorganismos.</li> <li>• Tiempo de retención Mínimo en PTAR: 8 horas.</li> </ul>
<b>Forma de aplicación:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agitar el envase que contiene los microorganismos.</li> <li>2. Medir la dosis en un recipiente.</li> <li>3. Aplicar en los sitios recomendados por el técnico especializado y según el protocolo.</li> </ol> <p><b>Importante:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. El éxito del biotratamiento depende del suministro de los factores abióticos.</li> <li>b. El tratamiento con bacterias no soluciona problemas de fondo como diseños deficientes, tiempos de retención limitados, etc.</li> </ol>
<b>CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO</b>	
<b>Lugar</b>	Almacenar el producto en un lugar fresco (en la sombra) y alejado de los alimentos.
<b>Temperatura Estándar:</b>	12 - 16 semanas. Para asegurar una buena viabilidad de las bacterias (conteo) este producto no debe permanecer expuesto más de 12 - 16 semanas a temperatura ambiente.
<b>Refrigerado(2-6 ° C):</b>	6 meses.
<b>Observaciones:</b>	Normalmente el inoculo tiene un olor fuerte que se debe a la actividad de los microorganismos dentro del envase.
<b>MANIPULACION SEGURA</b>	
<b>Elementos de protección personal:</b>	Guantes.
<b>Contacto con la piel:</b>	Lave con agua y jabón antibacterial.
<b>Derrame accidental del producto:</b>	Lave con agua las superficies afectadas y aplique un desinfectante. Ejemplo: cloro, glutaraldehido, amonio cuaternario, etc.
<b>Medio Ambiente:</b>	<b>Los productos de Biodyne®</b> no son tóxicos, no son patógenos, no son cáusticos y no son corrosivos. No afectan a los humanos, animales, plantas o a la vida marina y son seguros de usar en cualquiera de las aplicaciones recomendadas.
<b>Niños:</b>	<b>Manténgase los productos fuera del alcance de los niños.</b>
<b>Disposición de envases vacíos:</b>	Disponga los envases vacíos para reciclaje. Nunca los emplee para almacenar alimentos.
<b>Disposición de producto vencido:</b>	Regrese el producto al distribuidor o dispóngalo mediante la aplicación como si aun no estuviera vencido. A pesar que los conteos tienden a disminuir con el paso del tiempo los productos vencidos aun pueden guardar capacidad para degradar compuestos orgánicos.

Última modificación: Febrero de 2015

**ANEXO D**  
**RESOLUCIÓN 1207 DE 2014**

TORRES ENFRIAMIENTO Y CALDERAS				
VARIABLE	UNIDAD	VLMP	VALOR SIGRA 2017	¿CUMPLE?
<b>FISICOQUIMICOS</b>				
pH	Unidades de pH	6.0 - 9.0	6,7-7,1	<b>SI</b>
<b>MICROBIOLOGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1.0*E(+3)	2.000.000 o 10.800.000	<b>NO</b>
Helmintos Parásitos Humanos	Huevos y Larvas/L	0,1	0	<b>SI</b>
<i>Salmonella sp</i>	NMP/100 mL	1,0	AUSENTE	<b>SI</b>
<b>QUIMICOS</b>				
Benceno, Tolueno; Etilbenceno y Xileno (BTEX)	mg/L	0,001	< 0,10	<b>NO</b>
Fenoles	mg/L	0,002	1,21	<b>NO</b>
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	0,01	0,002	<b>SI</b>
<b>IONES</b>				
Cianuro Libre	mg CN-/L	0,05	< 0,02	<b>SI</b>
Cloruros	mg Cl-/L	300,0	94	<b>SI</b>
Fluoruros	mg F-/L	1,0	0,08	<b>SI</b>
Sulfatos	mg SO4 2-/L	500,0	< 10	<b>SI</b>
<b>METALES</b>				
Aluminio	mg Al/L	5,0	2,2	<b>SI</b>
Berilio	mg Be/L	0,1	0,046	<b>SI</b>
Cadmio	mg Cd/L	0,01	< 0.005	<b>SI</b>
Cobalto	mg Co/L	0,05	< 0,05	<b>SI</b>
Cobre	mg Cu/L	1,0	< 0.015	<b>SI</b>
Cromo	mg Cr/L	0,1	< 0.05	<b>SI</b>
Plomo	mg Pb/L	5,0	< 0.05	<b>SI</b>
Hierro	mg Fe/L	5,0	1,85	<b>SI</b>
Litio	mg Li/L	2,5	< 0,04	<b>SI</b>
Manganeso	mg Mn/L	0,2	0,11	<b>SI</b>
Mercurio	mg Hg/L	0,001	< 0.0006	<b>SI</b>
Molibdeno	mg Mo/L	0,07	< 0,2	<b>NO</b>
Níquel	mg Ni/L	0,2	0,011	<b>SI</b>
Vanadio	mg V/L	0,1	< 0,3	<b>NO</b>
Zinc	mg Zn/L	3,0	0,05	<b>SI</b>
<b>METALOIDES</b>				
Arsénico	mg As/L	0,1	< 0,0025	<b>SI</b>
<b>NO METALES</b>				
Selenio	mg Se/L	0,01	< 0,0055	<b>SI</b>
<b>OTROS</b>				
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días (DBO5)	mg O2/L	-	217	<b>SI</b>

EQUIPOS SANITARIOS				
VARIABLE	UNIDAD	VLMP	VALOR SIGRA 2017	¿CUMPLE?
<b>FISICOQUIMICOS</b>				
pH	Unidades de pH	6.0 - 9.0	6,7-7,1	SI
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100 mL	1.0*E(+4)	2.000.000 o 10.800.000	NO
Helmintos Parásitos Humanos	Huevos y Larvas/L	1,0	0	SI
<i>Salmonella sp</i>	NMP/100 mL	1,0	AUSENTE	SI
<b>QUÍMICOS</b>				
Benceno, Tolueno; Etilbenceno y Xileno (BTEX)	mg/L	-	< 0,10	SI
Fenoles	mg/L	-	1,21	SI
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	-	0,002	SI
<b>IONES</b>				
Cianuro Libre	mg CN-/L	-	< 0,02	SI
Cloruros	mg Cl-/L	-	94	SI
Fluoruros	mg F-/L	-	0,08	SI
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> 2-/L	-	< 10	SI
<b>METALES</b>				
Aluminio	mg Al/L	-	2,2	SI
Berilio	mg Be/L	-	0,046	SI
Cadmio	mg Cd/L	-	< 0.005	SI
Cobalto	mg Co/L	-	< 0,05	SI
Cobre	mg Cu/L	-	< 0.015	SI
Cromo	mg Cr/L	-	< 0.05	SI
Plomo	mg Pb/L	-	< 0.05	SI
Hierro	mg Fe/L	-	1,85	SI
Litio	mg Li/L	-	< 0,04	SI
Manganeso	mg Mn/L	-	0,11	SI
Mercurio	mg Hg/L	-	< 0.0006	SI
Molibdeno	mb Mo/L	-	< 0,2	SI
Níquel	mg Ni/L	-	0,011	SI
Vanadio	mg V/L	-	< 0,3	SI
Zinc	mg Zn/L	-	0,05	SI
<b>METALOIDES</b>				
Arsénico	mg As/L	-	< 0,0025	SI
<b>NO METALES</b>				
Selenio	mg Se/L	-	< 0,0055	SI
<b>OTROS</b>				
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días (DBO5)	mg O <sub>2</sub> /L	-	217	SI

SISTEMAS DE REDES CONTRA INCENDIOS				
VARIABLE	UNIDAD	VLMP	VALOR SIGRA 2017	¿CUMPLE?
<b>FISICOQUIMICOS</b>				
pH	Unidades de pH	6.0 - 9.0	6,7-7,1	SI
<b>MICROBIOLOGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1.0*E(+1)	2.000.000 o 10.800.000	NO
Helmintos Parásitos Humanos	Huevos y Larvas/L	0,1	0	SI
<i>Salmonella sp</i>	NMP/100 mL	1,0	AUSENTE	SI
<b>QUIMICOS</b>				
Benceno, Tolueno; Etilbenceno y Xileno (BTEX)	mg/L	-	< 0,10	SI
Fenoles	mg/L	-	1,21	SI
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	-	0,002	SI
<b>IONES</b>				
Cianuro Libre	mg CN-/L	-	< 0,02	SI
Cloruros	mg Cl-/L	300,0	94	SI
Fluoruros	mg F-/L	-	0,08	SI
Sulfatos	mg SO4 2-/L	500,0	< 10	SI
<b>METALES</b>				
Aluminio	mg Al/L	-	2,2	SI
Berilio	mg Be/L	-	0,046	SI
Cadmio	mg Cd/L	-	< 0.005	SI
Cobalto	mg Co/L	-	< 0,05	SI
Cobre	mg Cu/L	-	< 0.015	SI
Cromo	mg Cr/L	-	< 0.05	SI
Plomo	mg Pb/L	-	< 0.05	SI
Hierro	mg Fe/L	-	1,85	SI
Litio	mg Li/L	-	< 0,04	SI
Manganeso	mg Mn/L	-	0,11	SI
Mercurio	mg Hg/L	-	< 0.0006	SI
Molibdeno	mb Mo/L	-	< 0,2	SI
Níquel	mg Ni/L	-	0,011	SI
Vanadio	mg V/L	-	< 0,3	SI
Zinc	mg Zn/L	-	0,05	SI
<b>METALOIDES</b>				
Arsénico	mg As/L	-	< 0,0025	SI
<b>NO METALES</b>				
Selenio	mg Se/L	-	< 0,0055	SI
<b>OTROS</b>				
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días (DBO5)	mg O2/L	-	217	SI

## ANEXO E

### RESULTADOS INICIALES DE BTEX, COLIFORMES, MOLIBDENO Y VANADIO



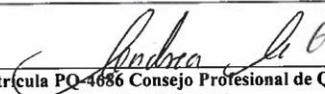
#### RESULTADOS DE LABORATORIO

Muestra No.:	53707 / 53708	Fecha de Recepción:	Enero 15 de 2018
Procedencia:	C.I. Sigra S.A.	Fecha de Toma:	Enero 15 de 2018
Dirección:	Carrera 46 No. 13 - 95	Sitio de Toma:	Caja de Inspección Externa
Tipo de Muestra:	Agua / Muestreo Puntual	Tomada por:	Puesta en Laboratorio

PARAMETRO	CONC.	PARAMETRO	CONC.
Aceites y Grasas	mg/L	E-Coli	NMP/100mL
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Enterococos Fecales	NMP/100mL
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Fenoles	mg/L
Aluminio	mg/L-Al*	Fluoruros	mg/L*
AOX	mg/L	Fosforo	mg/L-P
Antimonio	mg/L-Sb	o-Fosfatos	mg/L-PO <sub>4</sub>
Arsénico	mg/L-As*	Hidrocarburos Arom.	mg/L- HAP*
Bario	mg/L-Ba	Huevos de Helminto	H / L *
Berilio	mg/L-Be*	Hierro	mg/L-Fe
Boro	mg/L-B	Litio	mg/L-Li*
BTEX	mg/L*	Manganeso	mg/L-Mn*
Cadmio	mg/L-Cd	Mercurio	mg/L-Hg*
Cianuros	mg/L CN	Molibdeno	mg/L-Mo*
Cianuro Libre	mg/L*	Niquel	mg/L-Ni*
Cobalto	mg/L-Co*	Nitratos	mg/L-NO <sub>3</sub>
Cobre	mg/L-Cu	Nitritos	mg/L-NO <sub>2</sub>
Coliformes Fecales	NMP/100mL*	Nitrógeno Amoniacal	mg/L
Coliformes Totales	NMP/100mL*	Nitrógeno Total	mg/L-NKT
Color	UPC	Plata	mg/L-Ag
Coefficiente Absorción	436 nm (m <sup>-1</sup> )	Plomo	mg/L-Pb
Coefficiente Absorción	525 nm (m <sup>-1</sup> )	Selenio	mg/L-Se*
Coefficiente Absorción	620 nm (m <sup>-1</sup> )	SAAM	mg/L
Compuestos SV .Fenoli.	mg/L	Salmonella	Ausen/ Presen.*
Cromo Hexavalente	mg/L-Cr <sub>6</sub>	Sólidos Suspendidos T	mg/L
Cromo Total	mg/L-Cr	Sulfatos	mg/L- SO <sub>4</sub>
DBO <sub>5</sub>	mg/L-O <sub>2</sub>	Sulfuros	mg/L-S-
DQO	mg/L-O <sub>2</sub>	Titanio	mg/L-Ti
Dureza Cálctica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Vanadio	mg/L-V*
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Zinc	mg/L-Zn*

Fecha de Análisis Conoser Ltda.: 15 de Febrero 2018 a 22 de Febrero de 2018

**Observaciones:**

**Jefe de Laboratorio:**  **Fecha:** Marzo 7 de 2018.

**Q. Andrea Arce G. Matrícula PQ-4686 Consejo Profesional de Química**

**PBX: 2312699. Dir. Carrera 27B No. 70 - 10, Bogotá**

**Resultados validos únicamente con firma (JL) y sello seco.**

**Recibido a conformidad:**

Nota: La muestra ha sido preservada según lo establecido en el método estándar para análisis de aguas y aguas residuales.

Una vez expire el periodo de preservación, la muestra será desechada. resultados validos para la muestra analizada solamente

\*Realizado por convenio con laboratorio acreditado ante el IDEAM en este parámetro

SGC-AP-LRL-16

# ANEXO F

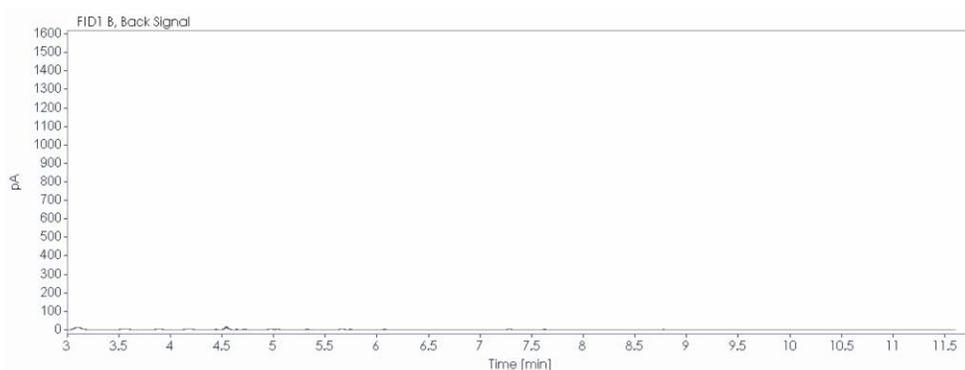
## CROMATOGRAMA DE BTEX

### REPORTE ÁREA DE CROMATOGRAFÍA



**CHEMICAL LABORATORY S.A.S**  
**LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL**  
**LABORATORIO**

<b>Data file:</b>	C:\CHEM32\3\DATA\BTEX_HS\2018_BTEX_HS\2018-02-23\2018-02-23 18-04-15 MI68576.D		
<b>Sample name:</b>	MI68576	<b>Description:</b>	
<b>Instrument:</b>	7820	<b>Operador:</b>	ANALISTA CROMATOGRAFÍA
<b>Injection date:</b>	23/Feb/2018	<b>Location:</b>	Vial 9 <b>Injection:</b> 1 of 1
<b>Analysis method:</b>	BTEX_AGUAS_HS_2018.M		



BTEX	Tiempo de Retención (min)	Área de Pico	Cantidad	Unidad
Benceno			0.00000	mg/L
Tolueno			0.00000	mg/L
Etilbenceno			0.00000	mg/L
m,p-Xileno			0.00000	mg/L
o-Xileno			0.00000	mg/L



# ANEXO H

## FICHA DE SEGURIDAD DEL PROCIDE 1228



**FICHA DE SEGURIDAD DEL MATERIAL**

**PROCIDE 1228**

**1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO**

<b>1.1. Identificación del producto</b>	Biocida oxidante
<b>1.2. Otros medios de identificación</b>	N.A
<b>1.3. Uso recomendado del producto químico y restricciones</b>	El PROCIDE 1228, agente de control microbiológico.
<b>1.4. Datos del proveedor</b>	PROTÉCNICA INGENIERÍA S.A Carrera 34 No. 13-150 Arroyohondo Yumbo, Valle del cauca, Colombia <b>Teléfono:</b> (572) 6902828 <a href="http://www.protecnicaing.com">www.protecnicaing.com</a>
<b>1.5. Número de teléfono para emergencias</b>	<b>Teléfono:</b> (572) 6902828 ext.(102-103) <b>Horario de atención:</b> Lunes a viernes (7.15 am-5 pm)

**2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS**

**2.1. Clasificación de las sustancias o mezclas**

**2.1.1. Físico**

Líquidos comburentes (Categoría 2), H272  
Sustancias y mezclas corrosivas para los metales (Categoría 1), H290

**2.1.2. Salud**

Peligro por aspiración (Categoría 2), H305  
Corrosión/ irritación cutánea (Categoría 1), H314  
Lesiones oculares graves/ irritación ocular (Categoría 2), H319  
Toxicidad sistémica específica de órganos diana tras una exposición única (Categoría 3), H335

**2.1.3. Medio ambiente**

Peligro a largo plazo (agudo) para el medio ambiente acuático (Agudo 1), 400

**2.1.3.1. Elementos de las etiquetas del SGA, incluidos los consejos de prudencia**

<b>Pictogramas</b>	
<b>Palabra de advertencia</b>	<b>PELIGRO</b>

**2.1.3.2. Indicación de peligro**

H272 Puede agravar un incendio; comburente  
H290 Puede ser corrosiva para los metales

**Fecha de elaboración:** Mayo de 2016  
**Última revisión:** Mayo de 2016

H305 Puede ser nocivo en caso de ingestión y de penetración en las vías respiratorias  
H314 Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares  
H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos

### 2.1.3.3. Consejos de prudencia

P201 Procurarse las instrucciones antes del uso  
P202 No manipular antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad  
P210 Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. No fumar  
P330 Enjuagar la boca  
P331 NO provocar el vómito  
P233 Mantener el recipiente herméticamente cerrado.  
P234 Conservar únicamente en el embalaje original  
P235 Mantener fresco  
P261 Evitar respirar polvos/ humos/ gases/ nieblas/ vapores/ aerosoles  
P262 Evitar contacto con los ojos, la piel, o la ropa  
P264 Lavarse las manos cuidadosamente después de la manipulación  
P270 No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto.  
P271 Utilizar sólo al aire libre o en un lugar bien ventilado  
P272 La ropa de trabajo contaminada no debe salir del lugar de trabajo  
P273 No dispersar en el medio ambiente  
P280 Usar equipo de protección para los ojos/la cara  
P284 [En caso ventilación insuficiente,] llevar equipo de protección respiratoria  
P312 Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico/... si la persona se encuentra mal  
P338 Quitar lentes de contacto, cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado  
P340 Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración  
P352 Enjuagar con abundante agua/...  
P260 No respirar polvos/humos/gases/nieblas/vapores/aerosoles  
P351 Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos  
P361 Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada  
P363 Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar.  
P391 Recoger los vertidos  
P410 Proteger de la luz solar  
P411 Almacenar a una temperatura que no exceda los 30°C  
P420 Almacenar separadamente  
P304+P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.  
P303+P361+P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL(o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua (o ducharse)  
P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.  
P33+P313 En caso de irritación cutánea o sarpullido: consultar a un médico  
P337+P313 Si la irritación ocupar persiste, consultar a un médico  
P362+P364 Quitar la ropa contaminada y lavar antes de volverla a usar  
P403+P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente herméticamente cerrado.  
P501 Eliminar el contenido / recipiente... conforme a la reglamentación local.

**Fecha de elaboración:** Mayo de 2016  
**Última revisión:** Mayo de 2016

Página **2** de **10**

#### 2.1.3.4. Otros peligros que no conducen a una clasificación

Ninguna reportada

### 3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE COMPONENTES

Nombre(s) Químico(s)	CAS	Clasificación	Concentración
Peróxido de cloro	10049-04-4	H272, H305, H314, H400	N.R.
Clorito de sodio	758-19-2	H305, H314, H400	N.R.

### 4. PRIMEROS AUXILIOS

#### 4.1. Descripción de los primeros auxilios

##### 4.1.1. Inhalación

Consulte de inmediato al médico en caso de inhalación. Lleve a un lugar con aire fresco. No utilizar reanimación boca a boca. Si presenta dificultad para respirar, suministre oxígeno con la ayuda de personal calificado y consulte de inmediato al médico.

##### 4.1.2. Vía cutánea

Lavar con abundante agua y jabón la zona afectada entre 15 minutos. Consulte al médico si persiste la irritación. Remueva la ropa contaminada de inmediato.

##### 4.1.3. Vía ocular

Enjuagar con abundante agua durante 10 a 15 minutos. Consulte al médico de inmediato. Evitar que la persona afectada se frote los ojos o los mantenga cerrados.

##### 4.1.4. Ingestión

Si la persona está consciente, dé a beber 3 a 4 vasos de agua. No induzca al vómito. Consulte al médico. Nunca debe administrarse nada por vía oral a una persona inconsciente. Procure atención médica inmediata.

#### 4.2. Síntomas/ efectos más importantes, agudos o retardados

Los síntomas y efectos más importantes conocidos se describen en la etiqueta (ver sección 2) y/o en la sección 11.

#### 4.3. Indicación de la necesidad de recibir atención inmediata, y en su caso, de tratamiento especial

Información no disponible

### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

#### 5.1. Medios de extinción apropiados

Agua a presión, niebla de agua, polvo químico seco, espuma, dióxido de carbono.

#### 5.2. Peligros específicos del producto químico

Combustible

Fecha de elaboración: Mayo de 2016

Última revisión: Mayo de 2016

Página 3 de 10

### 5.3. Medidas especiales que deben tomar los equipos de lucha contra incendios

Usar equipo de respiración autónomo y traje protector al combatir al fuego.

### 5.4. Otros datos

Si se generara un calentamiento extremo o de los envases, usar chorros de agua en forma de niebla para enfriarlas,

## 6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

### 6.1. Precauciones personales, equipo protector y procedimientos de emergencia

Evacuar la zona de peligro y mantenerse alejado. Evite el contacto con los ojos, inhalación de vapores y contacto con la piel. Usar equipos de protección personal, ya que se puede generar liberación de gases tóxicos por parte del producto.

### 6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

Transfiera a recipientes rotulados para su eliminación. Pequeños derrames pueden retirarse con abundante agua. No use aserrín o cal viva, ni materiales textiles. Resulta tóxico para los organismos acuáticos, por tal motivo se debe evitar descargar a fuentes hídricas. A bajas concentraciones puede ser degradado en plantas de tratamiento biológico; derrames pequeños pueden ser lavados con grandes cantidades de agua.

### 6.3. Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos

Diluir con abundante agua para minimizar posible generación de hidrógeno. Impedir nuevos escapes o derrames si se puede hacer sin que esto implique algún otro tipo de riesgo. Evite que los derrames lleguen a fuentes de agua, drenajes, aguas superficiales y subterráneas. Limpie a fondo los elementos contaminados y también el suelo. Para derrames de gran magnitud, debe usarse materiales absorbentes de carácter inerte (tierra, arena). Remueva con herramientas adecuadas (palas, azadones). Lave el área afectada con abundante agua.

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### 7.1. Precauciones que se deben tomar para garantizar una manipulación segura

Conservar el material alejado de toda llama o fuente de ignición, ya que es un producto desinfectante a base de cloro. No mezclar con ningún material clorado. NO FUMAR cerca al material. Tomar medidas para impedir la acumulación de descargas electrostáticas. Manipule en ambiente abierto o con buena ventilación, evite la contaminación. No almacene cerca de materiales incompatibles, no use elementos metálicos para su trasvasado.

### 7.2. Condiciones de almacenamiento seguro

Almacenar en los recipientes originales, herméticamente cerrados, y en lugares secos, bien ventilados y a la sombra. Por razones de calidad, evite temperaturas superiores a 26°C. Los contenedores que se abren, deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar las pérdidas. **El tiempo de conservación del producto se debe hacer por 2 años desde la fecha de fabricación.**

Fecha de elaboración: Mayo de 2016

Última revisión: Mayo de 2016

Página 4 de 10

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

### 8.1. Parámetros de control

Se recomienda especialmente una fuente de lavado ocular y duchas de emergencia. El lugar debe estar suficientemente ventilado.

### 8.2. Controles técnicos apropiados (controles de ingeniería)

Ventilación mecánica. Disponer de sistemas de ventilación u otros controles de ingeniería que mantengan las concentraciones de aire por debajo del límite umbral. Verifique que las estaciones de lavado de ojos y duchas de seguridad se encuentren cerca del lugar de trabajo. Si se presenta acumulación del material usar ventilación forzada.

### 8.3. Medidas de protección individual, como equipo de protección personal (EPP)

#### 8.3.1. Protección de los ojos/ la cara

Gafas de seguridad de lente claro anti salpicaduras, ajustadas al contorno del rostro. Visera protectora (mínimo 20 cm). Use equipo de protección para los ojos (probado y aprobado según la normativa gubernamental correspondiente- NIOSH (EEUU) o EN 166 (UE))

#### 8.3.2. Protección de la piel

Manipular el material por medio de guantes de nitrilo largo. Los guantes deben ser inspeccionados antes de su uso. Utilice la técnica correcta para retirarlos (retirar sin hacer contacto con la parte exterior) para evitar el contacto directo del producto con la piel. Deseche los guantes contaminados después de su uso en los recipientes asignados para su desecho. Los guantes deben cumplir con las especificaciones de la Directiva de la UE 89/686/CEE y la norma EN 734.

#### Sumersión

Material: caucho de nitrilo  
Espesor mínimo de capa: 0,11 mm  
Tiempo de perforación: 480 min

#### Salpicaduras

Material: caucho de nitrilo  
Espesor mínimo de capa: 0,11 mm  
Tiempo de perforación: 480 min

#### 8.3.3. Protección a las vías respiratorias

Si se presenta acumulación, se debe usar respirador aprobado de media cara o que cubra toda la cara con combinación multi-propósito (EEUU) o tipo ABEK (EN 14387) respiradores de cartucho de repuesto para controles de ingeniería. Se recomienda el uso de cartuchos 6001 utilizado cuando se entra en contacto con vapores orgánicos.

#### 8.3.4. Protección corporal

Utilizar indumentaria impermeable. El tipo de equipamiento de protección deber ser elegido según la concentración y la cantidad de sustancia peligrosa al lugar específico de trabajo.

### 8.4. Peligros térmicos

Información no disponible

Fecha de elaboración: Mayo de 2016  
Última revisión: Mayo de 2016

Página 5 de 10

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

9.1. Apariencia física (estado físico, color, etc.)	Líquido a 25°C, amarillo
9.2. Olor	Fuerte a cloro
9.3. Umbral olfativo	Información no disponible
9.4. pH	6.5±1.0 en solución acuosa al 1%
9.5. Punto de fusión/ punto de congelación	0°C
9.6. Punto inicial e intervalo de ebullición	Información no disponible
9.7. Punto de inflamación	Información no disponible
9.8. Inflamabilidad (sólidos, gas)	No aplicable
9.9. Límite superior/ inferior de inflamabilidad o explosividad	Información no disponible
9.10. Presión de vapor	Información no disponible
9.11. Densidad de vapor	Información no disponible
9.12. Densidad relativa	0.99-1,03 g/ml a 20°C
9.13. Solubilidad	Soluble en agua y en alcoholes alifáticos
9.14. Coeficiente de reparto: n- octanol/agua	Información no disponible
9.15. Temperatura de autoinflamación	305°C
9.16. Temperatura de descomposición	Información no disponible
9.17. Viscosidad	Información no disponible
9.18. Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	7 g/l equivalente al 3.85% p/p
9.19. Determinación de dióxido de cloro	Mínimo 1500 ppm

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

### 10.1. Reactividad

Estable.

### 10.2. Estabilidad química

Poderoso oxidante de estabilidad limitada

### 10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciona con agua produciendo cloruro de hidrógeno y ácido clorhídrico.

### 10.4. Condiciones que deben evitarse

Se descompone a temperaturas mayores a 45°C. Puede descomponerse con explosión por choque, fricción o fuertes sacudidas. Puede explotar por calentamiento intenso.

### 10.5. Materiales incompatibles

Reacciona violentamente con sustancia combustibles y reductores, también reaccionan en presencia de mercurio, fósforo, azufre, metano, carbono, etano, propano, etileno.

### 10.6. Productos de descomposición peligrosa

Vapores

Fecha de elaboración: Mayo de 2016

Última revisión: Mayo de 2016

Página 6 de 10

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

### 11.1. Información toxicológica

#### 11.1.1. Toxicidad aguda

Toxicidad moderada por ingestión, generando daños severos y alteraciones gástricas.

LD<sub>50</sub> (oral) mayor a 8.2 mg/l (ratas)

#### 11.1.2. Corrosión/ irritación cutánea

Información no disponible

#### 11.1.3. Lesiones oculares graves/ irritación ocular

Irritante y corrosivo

#### 11.1.4. Sensibilización respiratoria o cutánea

Información no disponible

#### 11.1.5. Mutagenicidad en las células germinales

No es mutagénico

#### 11.1.6. Carcinogenicidad

Información no disponible

#### 11.1.7. Toxicidad para la reproducción

Información no disponible

#### 11.1.8. Toxicidad sistémica específica de órganos diana (exposición única)

Información no disponible

#### 11.1.9. Toxicidad sistémica específica de órganos diana (exposiciones repetidas)

Información no disponible

### 11.2. Información sobre posibles vías de exposición

#### 11.2.1. Inhalación

Inhalar gases o vapores puede provocar irritación al sistema respiratorio

#### 11.2.2. Ingestión

Es corrosivo. Puede provocar serios daños a las membranas bucales e irritación gastrointestinal, con posibilidades de náuseas y vómito.

#### 11.2.3. Contacto con la piel

Es corrosivo. Puede provocar irritación y dermatitis

#### 11.2.4. Contacto con los ojos

Es corrosivo. Puede causar irritación severa

### 11.3. Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

Información no disponible

### 11.4. Efectos inmediatos y retardados, así como efectos crónicos producidos por una exposición a corto y largo plazo

Información no disponible

### 11.5. Otra información

Información no disponible

Fecha de elaboración: Mayo de 2016

Última revisión: Mayo de 2016

Página 7 de 10

## 12. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

### 12.1. Toxicidad

Tóxico para los organismos acuáticos. Los envases no deben almacenarse con productos para el consumo humano y animal.

### 12.2. Persistencia y degradabilidad

Información no disponible

### 12.3. Potencial de bioacumulación

Información no disponible

### 12.4. Movilidad en el suelo

Información no disponible

### 12.5. Otros efectos adversos

Contaminante de suelos y aguas

## 13. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS

Disponer de acuerdo con regulaciones locales

## 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

DOT	
Número UN	3098
Descripción	LÍQUIDO COMBURENTE, CORROSIVO, N.E.P.
Clase	5.1
Riesgo secundario	8
Etiqueta de transporte	II

Código IMDG	
Número UN	3098
Descripción	LÍQUIDO COMBURENTE, CORROSIVO, N.E.P.
Clase	5.1
Riesgo secundario	8
Etiqueta de transporte	II
Punto de inflamación	-
EmS(1);(2)	F-A; S-Q
Contaminante marino	SI

## 15. INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

- Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.

Fecha de elaboración: Mayo de 2016  
Última revisión: Mayo de 2016

Página 8 de 10

- Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
- Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga.
- Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de J\*,92986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.
- Los residuos Peligrosos están considerados en el Decreto 4741 del 2005.
- Para el manejo de equipos contaminados con PCB tomar en cuenta la Resolución 0222 del 2011.

#### 16. OTRAS INFORMACIONES

<b>NFPA 704</b>	
<b>Riesgo para la salud</b>	2
<b>Riesgo de inflamabilidad</b>	2
<b>Riesgo por reactividad</b>	3
<b>Peligro específico</b>	OX

#### Glosario:

- **ACGIH:** American Conference of Governmental Industrial Hygienists
- **IARC,** International Agency for Research on Cancer
- **Límite explosivo más bajo o límite inflamable más bajo de un vapor o gas (Lower Explosive Limit, o Lower Flammable Limit) LEL o LFL**
- **Límite explosivo superior o límite inflamable superior de un gas (Upper Explosive Limit o Upper Flammable Limit) UEL, UFL**
- **NFPA:** National Fire Protection Association
- **NIOSH:** National Institute for Occupational Safety and Health. U.S Public Health Service. U.S Department of Health and Human Services (DHHS)
- **OSHA :** Occupational Safety and Health Administration, U.S Department of Labor
- **TLV:** Valor límite umbral (Threshold Limit Value)

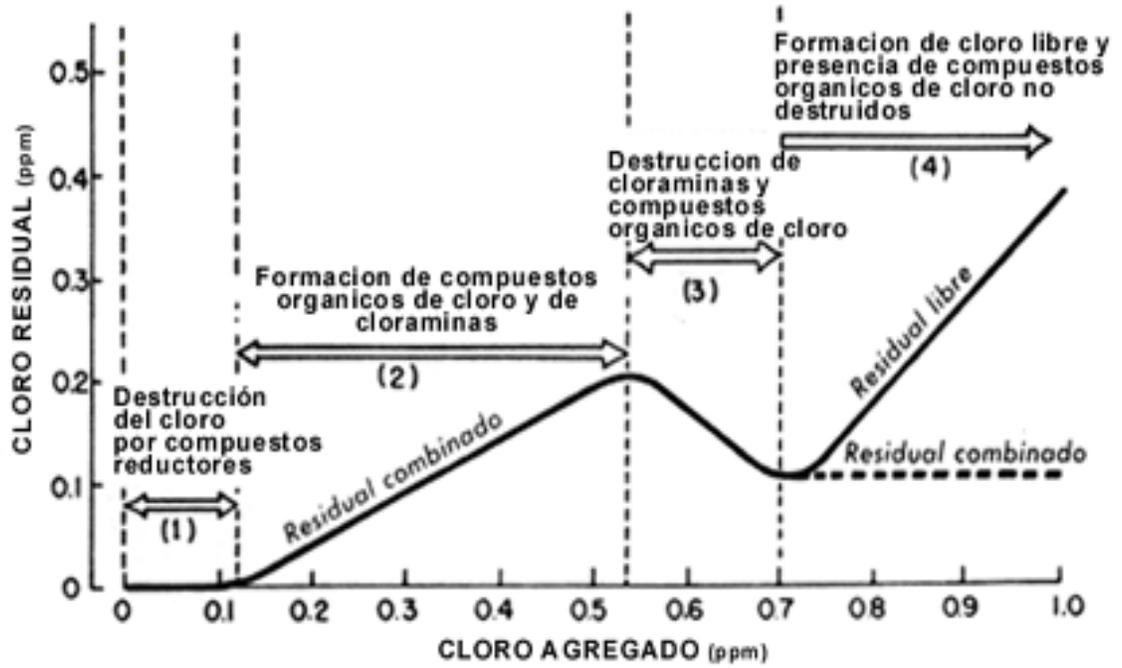
- La información contenida aquí se basa en datos considerados exactos y se ofrece únicamente para información, consideración e investigación. Protécnica Ingeniería S.A. no extiende garantías, no hace representaciones y no asume ninguna responsabilidad en lo relativo a la exactitud, integridad o aptitud de estos datos para cualquier uso del comprador. Los datos de esta Hoja de Seguridad se relacionan únicamente con este producto, y no se relacionan con su uso con cualquier otro material o en cualquier proceso. Todos los productos químicos deben utilizarse únicamente por parte de, o bajo la dirección de, personal técnicamente calificado que esté al tanto de los peligros implicados y de la necesidad de cuidados razonables en el manejo. Las regulaciones sobre comunicación de peligros requieren que los empleados estén capacitados sobre cómo utilizar una Hoja de Seguridad como fuente de información sobre peligros.

**Fecha de elaboración:** Mayo de 2016  
**Última revisión:** Mayo de 2016

Página **9** de **10**

- La identidad y/o concentración del producto se mantiene en reserva debido a que hacen parte del KNOW HOW de Protécnica Ingeniería S.A.

ANEXO I  
CURVA DE DEMANDA DE CLORO



# ANEXO J

## FICHA TÉCNICA DEL PROCIDE 1228



### FICHA TECNICA

### PROCIDE 1228 Biocida Oxidante

#### Descripción del Producto

El **PROCIDE 1228**, es un agente para control microbiológico con base en un componente de Dióxido de Cloro, químicamente estabilizado para dar mayor efectividad a efecto bactericida.  
Es un higienizante. Destruye los microorganismos por la interrupción del transporte de nutrientes a través de su membrana celular. De los biocidas Oxidantes es el más selectivo. Presenta una excelente acción sobre algas proliferan en presencia de la luz solar. Destruye los precursores THM y fenoles.

#### Especificaciones

Apariencia	Líquido amarillo.
Densidad (g/cm <sup>3</sup> a 25°C)	1.01 ± 0.002
pH ( al 1% a 20C)	6,5 +/- 1,0
Olor	Fuerte a Cloro

#### Aplicaciones y Guía de Uso.

##### VENTAJAS

- Excelente agente higienizante oxidante.
- Eficiente en un amplio rango de pH.
- Compatible con todos los agentes oxidantes y no oxidantes.
- Eficiente en presencia de contaminantes, destruye los precursores THM y los fenoles.
- Eficiente en el control de algas y bacterias reductoras de sulfato (SRB).

El **PROCIDE 1228** está también registrado para uso en condensadores evaporativos, pasteurizadores de cervecerías y sistemas de enfriamiento abiertos, donde se presentan problemas microbiológicos especiales debido a una contaminación externa y contaminaciones de los procesos, tales como grasas aceites y componentes orgánicos.

Es especialmente efectivo en el control de algas y bacterias e coli y coliformes totales, además de bacterias aeróbicas y anaeróbicas.

El **PROCIDE 1228** es estable bajo condiciones críticas del sistema o en presencia de contaminantes de hidrocarburos:

Como resultado de su estabilidad el **PROCIDE 1228** es particularmente eficientemente contra algas, hongos y bacterias reductoras sulfato (SRB), generalmente asociadas a corrosión microbiológica de acero al carbono y otras aleaciones.

Igualmente en sistemas de potabilización de agua es muy efectivo para la sanitación del agua y eliminar la e- coli y coliformes totales, su principal ventaja en sistemas de potabilización de agua es que no produce cloro fenoles como lo hacen otros halógenos como cloro e hipoclorito.

Por su especial propiedad de eliminar el **biofilm**, controla la acumulación de lodos, el **PROCIDE 1228** permite que las

Torres de enfriamiento y equipos de intercambio de calor operen con eficiencia máxima y reduce el potencial de corrosión bajo depósitos.

Las concentraciones y las frecuencias adecuadas del **PROCIDE 1228** para el tratamiento de higiene y sanitización, eliminación de fenoles o control microbiológico en torres enfriadoras, depende de diferentes parámetros, como limpieza del sistema y sus características operacionales.

Este producto debe ser aplicado de acuerdo con los parámetros de control establecidos por PROTECNICA para un determinado sistema.

Cuando el sistema está visiblemente contaminado, efectúe una limpieza orgánica usando **PROCIDE 1228** una tasa de 100-250 ppm, con base en el volumen del sistema. Repita este tratamiento según sea necesario hasta lograr el control. Cuando el control microbiano es adecuado, añadir 50-100 ppm, con base en el volumen del sistema, según necesario. Debe evaluarse la necesidad del producto a través de un control microbiológico apropiado y midiendo los residuales de Dióxido de cloro.

**Punto de Aplicación** - Adicione el **PROCIDE 1228** en un punto donde exista turbulencia, flujo, etc. Donde nos permitimos una buena mezcla con el agua a ser tratada. El producto puede ser alimentado intermitentemente o continuamente para mantener la dosis recomendada.

**Equipo de Alimentación**

EL **PROCIDE 1228** Debe adicionarse con bomba dosificadora preferiblemente, en un punto de máxima agitación. Debe evitarse en lo posible la manipulación sin protección respiratoria y exposición al ambiente. Su representante comercial le dara las indicaciones en el campo.

### Manipulación y Almacenamiento

El **PROCIDE 1228** puede ser tóxico e irritante al contacto con la piel, ojos y sistema respiratorio. Causa quemaduras y sensibilización en mucosas al ser inhalado o ingerido.

Almacénese el producto bien tapado y en un lugar seco, aireado y a la sombra, lejos de fuentes de calor y una llama viva. Use equipos de protección (guantes, anteojos de seguridad, mascara etc.), Evite respirar los vapores. En caso de contacto con la piel deberá lavarse con abundante agua. Si hay contacto con los ojos lávelos durante 15 minutos y consiga asistencia medica.

. Remítase a la Hoja de Seguridad (MSDS) para más detalles.

### PROTECNICA INGENIERIA S.A.

Cra 34 13-150 Arroyohondo  
Yumbo, Colombia  
Tels.: (57) 2 6902828 / 29 / 30  
Fax: (57) 2 6655350, 6651894  
www.protecnicaing.com

### Presentación

Empaque por 20, 60, 120 y 200 kilogramos netos.

Las recomendaciones y sugerencias de uso dadas se obtuvieron de datos que consideramos fiables, pero en cualquier caso el usuario debe verificarlas por sí mismo antes de su uso. Ninguna de estas infringe las leyes de propiedad intelectual presentes en patentes vigentes en el campo de aplicación.

Octubre 2015

## ANEXO K

### FICHA DE SEGURIDAD DEL NEGRO DE ERIOCROMO



#### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ERIOCROMO NEGRO T

hipotensión metahemoglobinemia con cefaleas arritmias espasmos cianosis  
No se descartan otras características peligrosas. Observar las precauciones habituales en el manejo de productos químicos.

#### 12. Información Ecológica

##### 12.1 Movilidad :

##### 12.2 Ecotoxicidad :

12.2.1 - Test EC50 (mg/l) :

12.2.2 - Medio receptor :

Riesgo para el medio acuático

Riesgo para el medio terrestre

12.2.3 - Observaciones :

##### 12.3 Degradabilidad :

12.3.1 - Test :

DBO5

12.3.2 - Clasificación sobre degradación biótica :

DBO5/DQO

Biodegradabilidad

12.3.3 - Degradación abiótica según pH :

12.3.4 - Observaciones :

##### 12.4 Acumulación :

12.4.1 - Test :

12.4.2 - Bioacumulación :

Riesgo

12.4.3 - Observaciones :

##### 12.5 Otros posibles efectos sobre el medio natural :

No permitir su incorporación al suelo ni a acuíferos.

#### 13. Consideraciones sobre la eliminación

##### 13.1 Sustancia o preparado:

En América no están establecidas pautas homogéneas para la eliminación de residuos químicos, los cuales tienen carácter de residuos especiales, quedando sujetos su tratamiento y eliminación a los reglamentos internos de cada país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos.

##### 13.2 Envases contaminados:

Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos, tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos.



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ERIOCROMO NEGRO T

Espuma. Polvo seco.

### 5.2 Medios de extinción que NO deben utilizarse:

### 5.3 Riesgos especiales:

Combustible. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos.

### 5.4 Equipos de protección:

## 6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

### 6.1 Precauciones individuales:

Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa.

### 6.2 Precauciones para la protección del medio ambiente:

Prevenir la contaminación del suelo, aguas y desagües.

### 6.3 Métodos de recogida/limpieza:

Recoger en seco y depositar en contenedores de residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normativas vigentes. Limpiar los restos con agua abundante.

## 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Manipulación:

Sin indicaciones particulares.

### 7.2 Almacenamiento:

Recipientes bien cerrados. Ambiente seco.

## 8. Controles de exposición/protección personal

### 8.1 Medidas técnicas de protección:

### 8.2 Control límite de exposición:

### 8.3 Protección respiratoria:

En caso de formarse polvo, usar equipo respiratorio adecuado.

### 8.4 Protección de las manos:

Usar guantes apropiados

### 8.6 Medidas de higiene particulares:

Quitarse las ropas contaminadas. Lavarse las manos antes de las pausas y



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ERIOCROMO NEGRO T

al finalizar el trabajo.

### 8.7 Controles de la exposición del medio ambiente:

Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente.

## 9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto: Sólido  
Color: negro-parduzco  
Granulometría  
Olor: Inodoro.  
pH: 3,7 (sol. 10 g/l)  
Punto de fusión/punto de congelación  
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición:  
Punto de inflamación:  
Inflamabilidad (sólido, gas):  
Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad:  
Presión de vapor:  
Densidad de vapor:  
Densidad relativa:  
Solubilidad: 80 g/l agua 20 °C 10 g/l alcohol  
Coeficiente de reparto n-octanol/agua:  
Temperatura de auto-inflamación:  
Temperatura de descomposición:  
Viscosidad:

## 10. Estabilidad y reactividad

**10.1 Condiciones que deben evitarse:**

**10.2 Materias que deben evitarse:**

**10.3 Productos de descomposición peligrosos:**

**10.4 Información complementaria:**

## 11. Información toxicológica

**11.1 Toxicidad aguda:**

**11.2 Efectos peligrosos para la salud:**

Los datos de que disponemos no son suficientes para una correcta valoración toxicológica. En base a las propiedades físico-químicas, las características peligrosas probables son: Por inhalación del polvo: irritaciones leves En contacto con la piel: irritaciones leves Por contacto ocular: irritaciones Por ingestión: irritaciones leves Efectos sistémicos:



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ERIOCROMO NEGRO T

hipotensión metahemoglobinemia con cefaleas arritmias espasmos cianosis  
No se descartan otras características peligrosas. Observar las precauciones habituales en el manejo de productos químicos.

### 12. Información Ecológica

#### 12.1 Movilidad :

#### 12.2 Ecotoxicidad :

12.2.1 - Test EC50 (mg/l) :

12.2.2 - Medio receptor :

Riesgo para el medio acuático

Riesgo para el medio terrestre

12.2.3 - Observaciones :

#### 12.3 Degradabilidad :

12.3.1 - Test :

DBO5

12.3.2 - Clasificación sobre degradación biótica :

DBO5/DQO

Biodegradabilidad

12.3.3 - Degradación abiótica según pH :

12.3.4 - Observaciones :

#### 12.4 Acumulación :

12.4.1 - Test :

12.4.2 - Bioacumulación :

Riesgo

12.4.3 - Observaciones :

#### 12.5 Otros posibles efectos sobre el medio natural :

No permitir su incorporación al suelo ni a acuíferos.

### 13. Consideraciones sobre la eliminación

#### 13.1 Sustancia o preparado:

En América no están establecidas pautas homogéneas para la eliminación de residuos químicos, los cuales tienen carácter de residuos especiales, quedando sujetos su tratamiento y eliminación a los reglamentos internos de cada país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos.

#### 13.2 Envases contaminados:

Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos, tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD  
ERIOCROMO NEGRO T

14. Información relativa al transporte

Terrestre (ADR):  
Marítimo (IMDG):  
Aéreo (ICAO-IATA):

15. Información Reglamentaria

-----

16. Otra información



Grados de NFPA: Salud: 1 Inflamabilidad: 1 Reactividad: 0

Renuncia:

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

CTR Scientific proporciona la información contenida aquí de buena fe, sin embargo, no hace ninguna representación en cuanto a su integridad o exactitud. Es intención que se utilice este documento sólo como una guía para el manejo del material con la precaución apropiada, por una persona adecuadamente capacitada en el uso de este producto. Los individuos que reciban la información deben ejercer su juicio independiente al determinar la conveniencia del producto para un uso particular. CTR SCIENTIFIC, NO GESTIONA O DA GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN CUALQUIER GARANTÍA DE COMERCIALIZACIÓN, O CONVENIENCIA PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR, CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN EXPUESTA EN EL PRESENTE DOCUMENTO O DEL PRODUCTO AL QUE SE REFIERE LA INFORMACIÓN. POR CONSIGUIENTE, CTR SCIENTIFIC, NO SERÁ RESPONSABLE DE DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA QUE SE TENGA EN ESTA INFORMACIÓN.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

# ANEXO L

## FICHA TÉCNICA DEL PROSOX 2002



### FICHA TÉCNICA

### PROSOX 2002 Secuestrante de Oxígeno

#### Descripción del Producto

El **PROSOX 2002** es un bisulfito de sodio refinado, químicamente estable, líquido, especialmente catalizado para remoción instantánea de oxígeno. El producto está diseñado para controlar la corrosión por oxígeno en sistemas de agua industrial. Está aprobado para uso en donde la FDA regula el tratamiento del agua de la caldera.

Aunque el calentador desaireador estuviera operando bien, es posible que permanezca oxígeno suficiente en el agua de alimentación para dañar el sistema de caldera. El oxígeno produce "pitting", que es particularmente grave debido a su naturaleza localizada. Los economizadores y precalentadores del agua de alimentación son particularmente sensibles a ataque por oxígeno. La adición de un catalizador en el **PROSOX 2002** hace que la reacción con oxígeno sea instantánea.

#### Especificaciones

Apariencia	Líquido amarillo claro
Densidad g/cm <sup>3</sup> (25°C)	1.26 ± 0.05
pH (solución acuosa al 5%)	3 – 5
Solubilidad (%)	100

#### Aplicaciones y Guía de Uso

##### APLICACIONES

**PROSOX 2002** es recomendado para:

- Controlar la corrosión por oxígeno en precaldera y caldera
- Facilitar el manejo y mezcla del producto.
- Emplearse en plantas reguladas por la FDA.

El **PROSOX 2002** también puede ser usado eficientemente para remover el cloro libre o combinado que se presenta en el agua de alimentación a sistemas de Osmosis Inversa o ultrafiltración donde esto genera un problema. En esta aplicación presenta los siguientes beneficios sobre el carbón activado:

- No produce crecimiento microbiológico.
- No añade material orgánico o residuos de carbono al agua de alimentación de la RO o UF.

El **PROSOX 2002** también puede ser usado como agente reductor en aguas industriales.

##### TRATAMIENTO Y DOSIFICACIÓN

**Punto de Alimentación** – debe ser alimentado al pie del desaireador o al tanque de almacenamiento. También puede ser alimentado a la línea de agua de alimentación. No dosificar el producto puro directamente al tambor de la caldera.

**Tasa de alimentación** – Dosificar el producto continuamente, en función del nivel de oxígeno presente en el agua objetivo, su control es basado en el análisis del residual del agua de la caldera.

La dosis para aplicaciones como agente eliminador de cloro es de 25 ppm para remover 1 ppm de cloro o cloramina.

**Dilución** – puede ser alimentado diluido en condensado, agua de reposición ablandada o agua de alimentación de buena calidad, con un mínimo de 7 partes de agua por parte de producto. Si fuera usado un tanque de preparación, éste debe ser de acero con revestimiento interno o de otro material resistente a la corrosión. El tanque de preparación debe ser cubierto para minimizar el contacto con el aire externo. No mezclar con otros productos químicos de tratamiento de calderas en un mismo tanque de preparación.

**Equipo** - Alimentar mediante una boquilla de acero inoxidable 316, directamente al tubo descendiente o sección de almacenaje del desaireador. Las piezas de las bombas expuestas al líquido deben ser hechas de acero inoxidable 316. Las válvulas pueden ser de acero 316, Carpenter 20, PVC ó revestidas internamente por Penton. Las líneas de alimentación química deben ser de acero inoxidable 316, fibra de vidrio, polipropileno, PVDC o revestidas internamente con epoxi.

### Manipulación y Almacenamiento

El **PROSOX 2002** no presenta riesgos en su manipulación. Se deben seguir las normas mínimas de seguridad personal aplicadas en cada industria en particular; se recomienda se utilicen elementos de protección para la piel y los ojos.

Almacénese en condiciones higiénicas, en empaque original y cerrado a temperaturas no superiores a 40°C. Homogenice antes de usar, luego de un almacenamiento prolongado.

El **PROSOX 2002** tiene una vida útil de un (1) año después de fabricado.

Remítase a la Hoja de Seguridad (MSDS) para más detalles.

### Presentación

Cuñete por 20 Kg, tambor por 200 kg netos.

Las recomendaciones y sugerencias de uso dadas se obtuvieron de datos que consideramos fiables, pero en cualquier caso el usuario debe verificarlas por sí mismo antes de su uso. Ninguna de estas infringe las leyes de propiedad intelectual presentes en patentes vigentes en el campo de aplicación.

### PROTECNICA INGENIERÍA S.A.

Cra 34 13-150 Arroyohondo  
Yumbo, Colombia

**Tels.:** (57) 2 6902828 / 29 / 30

**Fax:** (57) 2 6655350, 6651894

[www.protecnicaing.com](http://www.protecnicaing.com)

Septiembre 2011

## ANEXO M

### FICHA TÉCNICA DEL PROSPERSE 2104



PROTECNICA INGENIERIA S.A.  
Especialidades Químicas

#### FICHA TECNICA

#### PROSPERSE 2104 Tratamiento Interno

##### Descripción del Producto

El producto **PROSPERSE 2104** es asociación de quelatos, polifosfato y dispersante polimérico. Contiene quelatos, polímeros y co-polímeros para la dispersión de dureza, hierro y otros óxidos metálicos.

Presenta las siguientes características:

- Formulación polimérica de avanzada
- Tiempos de paradas y mantenimiento reducidos verticalmente.
- Optima limpieza en las superficies metálicas
- Producto líquido de fácil manejo y control simplificado para el operador
- Apropriado para aplicaciones FDA/USDA

##### Especificaciones

Apariencia	Líquido amarillo
Densidad g/cm <sup>3</sup> (25°C)	1.13 ± 0.05
pH (solución acuosa al 5%)	10.5 ± 0.5
Solubilidad (%)	100

##### Aplicaciones y Guía de Uso

Los exclusivos polímeros y co-polímeros carboxilados del **PROSPERSE 2104** son extremadamente efectivos contra hierro y dureza. Los grupos negativamente cargados de la cadena polimérica se absorben sobre las superficies de las partículas precipitadas.

Los polímeros distorsionan el crecimiento de los cristales de dureza y óxidos de hierro dispersándolos en partículas finamente divididas, suministrando así un efectivo control de depósitos. Los precipitados son entonces removidos a través de las purgas.

##### RECOMENDACIONES PARA EL TRATAMIENTO Y LA ALIMENTACIÓN

**Punto de Alimentación:** Cerca al sitio de descarga de la bomba del agua de alimentación a través de un ducto de inyección de acero inoxidable.

**Dosis de Alimentación:** La dosificación dependerá de la presión de operación, la rata de transferencia de calor, la calidad del agua de alimentación, los ciclos de concentración y el tipo de combustible quemado. El producto deberá ser alimentado continuamente.

**Dilución:** Conviene el uso de condensado de buena calidad o agua de alimentación desairada para preparar una solución del producto efectiva. El producto se puede adicionar puro o diluido en cualquier proporción. Si se diluye se debe dar una agitación moderada.

**Equipo:** Se recomienda acero inoxidable 316 o 304L para el montaje de inyección que va a la línea de alimentación. Todo el sistema de alimentación del químico deberá ser de acero inoxidable 316 o 304L. No se recomienda el uso de válvulas y uniones de cobre o sus aleaciones

##### Manipulación y Almacenamiento

El **PROSPERSE 2104** no presenta riesgos en su manipulación. Se deben seguir las normas mínimas de seguridad personal aplicadas en cada industria en particular; se recomienda se utilicen elementos de protección para la piel y los ojos.

Almacénese en condiciones higiénicas, en empaque original y cerrado a temperaturas no superiores a 40°C. Homogenice antes de usar, luego de un almacenamiento prolongado.

El **PROSPERSE 2104** tiene una vida útil de un (1) año después de fabricado. Remítase a la Hoja de Seguridad (MSDS) para más detalles.

##### Presentación

Empaque por 20 y 200 kilogramos netos.

Las recomendaciones y sugerencias de uso dadas se obtuvieron de datos que consideramos fiables, pero en cualquier caso el usuario debe verificarlas por sí mismo antes de su uso. Ninguna de estas infringe las leyes de propiedad intelectual presentes en patentes vigentes en el campo de aplicación.

#### PROTECNICA INGENIERIA S.A.

Cra 34 13-150 Arroyohondo  
Yumbo, Colombia  
Tels.: (57) 2 6902828 / 29 / 30  
Fax: (57) 2 6653350, 6651894  
www.protecnicaing.com

Mayo 2017

## ANEXO N

# RESULTADOS FINALES DE COLIFORMES CON HIPOCLORITO DE SODIO AL 13% Y PROSIDE 1228



### REPORTE DE ANÁLISIS/ANALYSIS REPORT

Muestra/Sample #: 64310

**Empresa / Company:** C.I. SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES, SIGRA S.A. **Telf. / Phone** 57 1 5190900 Ext  
**Sede / Headquarters:** Sede principal Carrera 46 # 13-56 Bogotá  
**Producto / Product:** AGUA MUESTRA 1  
**Muestra / Sample:** Agua muestra 1  
**Fecha de Recepción / Reception date:** 2018-05-23 **Temp. de Recepción / Temp. Reception:** 2,8°C  
**Cantidad / Amount:** 300ml  
**Contenedor / Container:** Bolsa plástica / Plastic bag  
**Enviada por / Send by:** Rafael Soto Mercado  
**Aspecto / Aspect:** Líquido translúcido, libre de partículas extrañas visibles / Translucent liquid, free of visible foreign particles.  
**Olor / Smell:** Inobjetable / Unobjectionable  
**Color / Color:** Incoloro/ Colorless

Análisis microbiológico/ Microbiological analysis	F.E.E	Resultado/ Result	Especificaciones(**)/ Specifications(**)	Método/ Method	Trazabilidad /Traceability
NMP Coliformes Fecales/100ml - Fecal Coliform MPN/100ml	2018-05-23 2018-05-25	1312535	200 UFC/100ml	Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed.2012, 9221 B	011729
NMP Coliformes Totales/100 ml - Total Coliform MPN/100ml	2018-05-23 2018-05-25	1312535	1000 UFC/100ml	Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed.2012, 9221 B	011729

(\*\*) Según Norma / According to Standard: Decreto 1594 de 1984

(\*) Métodos acreditados/Methods Accredited: ONAC, Certificado/Certificate: 10-LAB-053 Fecha/Date: 2014-09-05 ISO/IEC 17025:2005

(F.E.E) Fecha de Ejecución del Ensayo/ Analysis execution date

#### CONCLUSIÓN/CONCLUSION

La muestra recibida y analizada en el laboratorio, no cumple con las especificaciones microbiológicas establecidas. / The sample received and analyzed in the laboratory, does not meet the established microbiological specifications.

Laura Marcela Guerra  
Microbióloga  
Coordinadora Microbiología

Fecha de Impresión/printing date: lunes, 28 de mayo de 2018

Fecha / Date: 2018-05-28

Informe firmado digitalmente, Sin sello seco de TECNIMICRO la información no tiene validez/Digitally signed report, without dry seal of TECNIMICRO this information is not valid

Este informe no puede ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de Tecnimicro Laboratorio de Análisis S.A.S./ This report can't be reproduced in whole or in part without Tecnimicro Laboratorio de Análisis's authorization

FIN DE INFORME/ END OF REPORT

Tecnimicro Laboratorio de Análisis S.A.S.  
Carrera 10 No. 3 - 55  
Chía Cundinamarca | Colombia  
Tel: (0471) 5190900  
www.tecnimicro.net

Muestra/Sample: 64310

Una empresa del grupo  
 MERIEUX  
NutriSciences

## REPORTE DE ANÁLISIS/ANALYSIS REPORT

Muestra/Sample #: 64311

**Empresa / Company:** C.I. SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES, SIGRA S.A. Telf. / Phone 57 1 5190900 Ext  
**Sede / Headquarters:** Sede principal Carrera 46 # 13-56 Bogotá  
**Producto / Product:** AGUA MUESTRA 2  
**Muestra / Sample:** Agua muestra 2  
**Fecha de Recepción / Reception date:** 2018-05-23 **Temp. de Recepción / Temp. Reception:** 2,8°C  
**Cantidad / Amount:** 300ml  
**Contenedor / Container:** Bolsa plástica / Plastic bag  
**Enviada por /Send by:** Rafael Soto Mercado  
**Aspecto / Aspect:** Líquido translúcido, libre de partículas extrañas visibles / Translucent liquid, free of visible foreign particles.  
**Olor / Smell:** Inobjetable / Unobjectionable  
**Color / Color:** Incoloro/ Colorless

Análisis microbiológico/ Microbiological analysis	F.E.E	Resultado/ Result	Especificaciones(**)/ Specifications(**)	Método/ Method	Trazabilidad /Traceability
NMP Coliformes Fecales/100ml - Fecal Coliform MPN/100ml	2018-05-23 2018-05-25	<1.8	200 UFC/100ml	Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed.2012, 9221 B	011729
NMP Coliformes Totales/100 ml - Total Coliform MPN/100ml	2018-05-23 2018-05-25	<1.8	1000 UFC/100ml	Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed.2012, 9221 B	011729

(\*\*) Según Norma / According to Standard: Decreto 1594 de 1984

(\*) Métodos acreditados/Methods Accredited: ONAC, Certificado/Certificate: 10-LAB-053 Fecha/Date: 2014-09-05 ISO/IEC 17025:2005

(F.E.E) Fecha de Ejecución del Ensayo/ Analysis execution date

### CONCLUSIÓN/CONCLUSION

La muestra recibida y analizada en el laboratorio, cumple con las especificaciones microbiológicas establecidas/ The sample received and analyzed in the laboratory, meets the microbiological established specifications

## REPORTE DE ANÁLISIS/ANALYSIS REPORT

Muestra/Sample #: 64312

**Empresa / Company:** C.I. SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES, SIGRA S.A. Telf. / Phone 57 1 5190900 Ext  
**Sede / Headquarters:** Sede principal Carrera 46 # 13-56 Bogotá  
**Producto / Product:** AGUA MUESTRA 3  
**Muestra / Sample:** Agua muestra 3  
**Fecha de Recepción / Reception date:** 2018-05-23 **Temp. de Recepción / Temp. Reception:** 2,8°C  
**Cantidad / Amount:** 300ml  
**Contenedor / Container:** Bolsa plástica / Plastic bag  
**Enviada por /Send by:** Rafael Soto Mercado  
**Aspecto / Aspect:** Líquido translúcido, libre de partículas extrañas visibles / Translucent liquid, free of visible foreign particles.  
**Olor / Smell:** Inobjetable / Unobjectionable  
**Color / Color:** Incoloro/ Colorless

Análisis microbiológico/ Microbiological analysis	F.E.E	Resultado/ Result	Especificaciones(**)/ Specifications(**)	Método/ Method	Trazabilidad /Traceability
NMP Coliformes Fecales/100ml - Fecal Coliform MPN/100ml	2018-05-23 2018-05-25	2.0	200 UFC/100ml	Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed.2012, 9221 B	011729
NMP Coliformes Totales/100 ml - Total Coliform MPN/100ml	2018-05-23 2018-05-25	2.0	1000 UFC/100ml	Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed.2012, 9221 B	011729

(\*\*) Según Norma / According to Standard: Decreto 1594 de 1984

(\*) Métodos acreditados/Methods Accredited: ONAC, Certificado/Certificate: 10-LAB-053 Fecha/Date: 2014-09-05 ISO/IEC 17025:2005

(F.E.E) Fecha de Ejecución del Ensayo/ Analysis execution date

### CONCLUSIÓN/CONCLUSION

La muestra recibida y analizada en el laboratorio, cumple con las especificaciones microbiológicas establecidas/ The sample received and analyzed in the laboratory, meets the microbiological established specifications

## REPORTE DE ANÁLISIS/ANALYSIS REPORT

Muestra/Sample #: 64313

**Empresa / Company:** C.I. SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES, SIGRA S.A. Telf. / Phone 57 1 5190900 Ext  
**Sede / Headquarters:** Sede principal Carrera 46 # 13-56 Bogotá  
**Producto / Product:** AGUA MUESTRA 4  
**Muestra / Sample:** Agua muestra 4  
**Fecha de Recepción / Reception date:** 2018-05-23 **Temp. de Recepción / Temp. Reception:** 2,8°C  
**Cantidad / Amount:** 300ml  
**Contenedor / Container:** Bolsa plástica / Plastic bag  
**Enviada por /Send by:** Rafael Soto Mercado  
**Aspecto / Aspect:** Líquido translúcido, libre de partículas extrañas visibles / Translucent liquid, free of visible foreign particles.  
**Olor / Smell:** Inobjetable / Unobjectionable  
**Color / Color:** Incoloro/ Colorless

Análisis microbiológico/ Microbiological analysis	F.E.E	Resultado/ Result	Especificaciones(**)/ Specifications(**)	Método/ Method	Trazabilidad /Traceability
NMP Coliformes Fecales/100ml - Fecal Coliform MPN/100ml	2018-05-23 2018-05-25	<1.8	200 UFC/100ml	Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed.2012, 9221 B	011729
NMP Coliformes Totales/100 ml - Total Coliform MPN/100ml	2018-05-23 2018-05-25	<1.8	1000 UFC/100ml	Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed.2012, 9221 B	011729

(\*\*) Según Norma / According to Standard: Decreto 1594 de 1984

(\*) Métodos acreditados/Methods Accredited: ONAC, Certificado/Certificate: 10-LAB-053 Fecha/Date: 2014-09-05 ISO/IEC 17025:2005

(F.E.E) Fecha de Ejecución del Ensayo/ Analysis execution date

### CONCLUSIÓN/CONCLUSION

La muestra recibida y analizada en el laboratorio, cumple con las especificaciones microbiológicas establecidas/ The sample received and analyzed in the laboratory, meets the microbiological established specifications



Laura Marcela Guerra  
Microbióloga  
Coordinadora Microbiología

Fecha de Impresión/printing date: lunes, 28 de mayo de 2018

Fecha / Date: 2018-05-28

Informe firmado digitalmente, Sin sello seco de TECNIMICRO la información no tiene validez/Digitally signed report, without dry seal of TECNIMICRO this information is not valid

Este informe no puede ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de Tecnimicro Laboratorio de Análisis S.A.S/ This report can't be reproduced in whole or in part without Tecnimicro Laboratorio de Análisis's authorization

FIN DE INFORME/ END OF REPORT

Tecnimicro Laboratorio de Análisis S.A.S.  
Carrera 10 No. 3 - 55  
Chía Cundinamarca I Colombia  
Tel: (057) 1 5190900  
www.tecnimicro.net

Muestra/Sample: 64313

Una empresa del grupo  


## ANEXO O

### RESULTADOS FINALES DE FENOLES CON PROSIDE 1228



**LABORATORIO EMICAL SAS**  
**Bogota - Food, Pharmaceutical**  
Calle 94 B No. 56 – 45  
Bogotá D.C., Colombia  
T: +57 7 450 790/91

Informe de ensayo n. 1918/2018 Página 1/1

Fecha de Emisión: 06-06-2018

No. de Ensayo: FA / 1051 / 18  
Fecha Recogida: 24-05-2018  
Fecha Recepción: 24-05-2018  
  
Fecha Inicio Ensayos: 24-05-2018  
  
Fecha Fin Ensayos: 07-06-2018  
Código del Cliente: 0123

Cliente:  
Sigra  
Carrera  
46 No 13-56  
Bogotá  
D.C.  
111611

**Identificación de la Muestra:**

**2057 / 18**

Muestra : Agua/Muestra 1/Laboratorio central

Ensayo	Método	Resultado	Unidad	LD
(s) FENOLES	FOTOMETRICO	0,221	mg/L	

Lista de abreviaturas: UFC- Unidades formadoras de colonias; LQ – Límite de cuantificación ;  
LD – Límite de detección; V.L. – Valor Límite; V.R. – Valor Recomendado; VP - Valor  
Paramétrico; C - Conforme; A - Aceptable; NC - No Conforme; Unid. - Unidad. El ensayo  
señalado con (s) fue subcontratado y no es acreditado.  
El ensayo señalado con (a) fue subcontratado y es acreditado.

Análisis validados únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio EMICAL SAS no se hace responsable por su uso indebido o falsificación.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la aprobación escrita por el laboratorio.

El titular de la acreditación 13-LAB-016, otorgada por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia –  
- ONAC bajo la NTC ISO/IEC 17025:2005, es laboratorio EMICALS  
S.A.S, que ahora es parte del grupo ALS Global

Mod 301.01 Documento Procesado por Computador

FIN DEL INFORME

Laboratory Analyst  
Johana Carolina Gutierrez  
Madero

Technical Manager  
Elena María Pérez Medina



**LABORATORIO EMICAL SAS**

**Bogota - Food, Pharmaceutical**

Calle 94 B No. 56 – 45

Bogotá D.C., Colombia

T: +57 7 450 790/91

Informe de ensayo n. 1917/2018 Página 1/1

Fecha de Emisión: 06-06-2018

No. de Ensayo: FA / 1050 / 18  
Fecha Recogida: 24-05-2018  
Fecha Recepción: 24-05-2018  
Fecha Inicio Ensayos: 24-05-2018  
Fecha Fin Ensayos: 07-06-2018  
Código del Cliente: 0123

Cliente:  
Sigra  
Carrera 46 No 13-56  
Bogotá D.C.  
111611

**Identificación de la Muestra:**

**2056 / 18**

Muestra : Agua/Muestra 2/Laboratorio central  
Tipo Envase : PET  
Capacidad : 1000 ml

Ensayo	Método	Resultado	Unidad	LD
(s) FENOLES	Fotometrico	0.179	mg/L	

Lista de abreviaturas: UFC- Unidades formadoras de colonias; LQ – Límite de cuantificación ;  
LD – Límite de detección; V.L. – Valor Límite; V.R. – Valor Recomendado; VP - Valor Paramétrico;  
C - Conforme; A - Aceptable; NC - No Conforme; Unid. - Unidad.  
El ensayo señalado con (s) fue subcontratado y no es acreditado.  
El ensayo señalado con (a) fue subcontratado y es acreditado.

Análisis validados únicamente para la muestra analizada.  
Laboratorio EMICAL SAS no se hace responsable por su uso indebido o falsificación.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la aprobación escrita por el laboratorio.

El titular de la acreditación 13-LAB-016, otorgada por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia –  
- ONAC bajo la NTC ISO/IEC 17025:2005, es laboratorio EMICALS S.A.S.,  
que ahora es parte del grupo ALS Global

Mod 301.01 Documento Procesado por Computador

FIN DEL INFORME

Laboratory Analyst  
Johana Carolina Gutierrez  
Madero

Technical Manager  
Elena Maria Perez Medina



**LABORATORIO EMICAL SAS**

**Bogota - Food, Pharmaceutical**

Calle 94 B No. 56 – 45

Bogotá D.C., Colombia

T: +57 7 450 790/91

Informe de ensayo n. 1916/2018 Página 1/1

Fecha de Emisión: 06-06-2018

No. de Ensayo: FA / 1049 / 18  
 Fecha Recogida: 24-05-2018  
 Fecha Recepción: 27-05-2018  
 Fecha Inicio Ensayos: 24-05-2018  
 Fecha Fin Ensayos: 07-06-2018  
 Código del Cliente: 0123

Cliente:  
 Sigra  
 Carrera 46 No 13-56  
 Bogotá D.C.  
 111611

**Identificación de la Muestra:**

**2055 / 18**

Muestra : Agua/Muestra 3/Laboratorio central  
 Tipo Envase : PET

Ensayo	Método	Resultado	Unidad	LD
(s) FENOLES	Fotométrico	0.291	mg/L	

Lista de abreviaturas: UFC- Unidades formadoras de colonias; LQ – Límite de cuantificación ;  
 LD – Límite de detección; V.L. – Valor Límite; V.R. – Valor Recomendado; VP - Valor Paramétrico;  
 C - Conforme; A - Aceptable; NC - No Conforme; Unid. - Unidad.  
 El ensayo señalado con (s) fue subcontratado y no es acreditado.  
 El ensayo señalado con (a) fue subcontratado y es acreditado.

Análisis validados únicamente para la muestra analizada.  
 Laboratorio EMICAL SAS no se hace responsable por su uso indebido o falsificación.  
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la aprobación escrita por el laboratorio.

El titular de la acreditación 13-LAB-016, otorgada por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia –  
 - ONAC bajo la NTC ISO/IEC 17025:2005, es laboratorio EMICALS S.A.S,  
 que ahora es parte del grupo ALS Global

Mod 301.01 Documento Procesado por Computador

FIN DEL INFORME

Laboratory Analyst  
 Johana Carolina Gutierrez  
 Madero

Technical Manager  
 Elena María Perez Medina

# ANEXO P

## RESULTADOS FINALES DE FENOLES CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO



Código: F-48-02  
Versión: 2  
Fecha: 26/01/2016



### RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS N°:				26838			
<b>CLIENTE:</b>	C.I SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES SIGRA S.A						
<b>NIT:</b>	860006127	<b>COTIZACIÓN N°:</b>	18-927	<b>CANTIDAD:</b>	500 ML	<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	CLIENTE
<b>TELÉFONO:</b>	5190900 Ext: 209 316 361 69	<b>ODS:</b>	18-3304	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	9/08/2018	<b>T (° C) MUESTREO:</b>	20 °C
<b>CONTACTO:</b>	Brayan Gomez			<b>FECHA DE RECIBIDO:</b>	9/08/2018	<b>PRODUCTO:</b>	ARnD
<b>CARGO:</b>	N.E.			<b>TIPO DE EMPAQUE:</b>	VIDRIO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Carrera 46 #13-95 Puente Aranda			<b>PUNTO DE CAPTACIÓN/ Orden de servicio cliente:</b>	Muestra # 1		
<b>CIUDAD:</b>	Bogotá			<b>LUGAR DE RECOGIDA:</b>	Muestra# 1		
<b>ID. MUESTRA:</b>	18-8264	<b>ALMAC. CONTRAMUESTRA:</b>	Análisis FQ: 15 días	<b>Análisis MB:</b>	24 horas		

#### Fisicoquímica

FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	NO SE COMPARA CONTRA NINGUNA NORMA	CONFORMIDAD
13/08/2018	Fenoles Totales (A)	0,291	0,086	mg/L	Direct Photometric Method	SM 5530 B, D.	No Especifica	NO APLICA

(A) Parámetro acreditado para las matrices Aguas Residuales y Superficiales

Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Fisicoquímica de Biopolab.  
- Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.  
- Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida  
- La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

INFORME DE RESULTADOS N°:				26839			
<b>CLIENTE:</b>	C.I SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES SIGRA S.A						
<b>NIT:</b>	860006127	<b>COTIZACIÓN N°:</b>	18-927	<b>CANTIDAD:</b>	500 ML	<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	CLIENTE
<b>TELÉFONO:</b>	5190900 Ext: 209 316 361 69	<b>ODS:</b>	18-3304	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	9/08/2018	<b>T (° C) MUESTREO:</b>	20 °C
<b>CONTACTO:</b>	Brayan Gomez			<b>FECHA DE RECIBIDO:</b>	9/08/2018	<b>PRODUCTO:</b>	ARnD
<b>CARGO:</b>	N.E.			<b>TIPO DE EMPAQUE:</b>	VIDRIO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Carrera 46 #13-95 Puente Aranda			<b>PUNTO DE CAPTACIÓN/ Orden de servicio cliente:</b>	Muestra #2		
<b>CIUDAD:</b>	Bogotá			<b>LUGAR DE RECOGIDA:</b>	Muestra# 2		
<b>ID. MUESTRA:</b>	18-8265	<b>ALMAC. CONTRAMUESTRA:</b>	Análisis FQ: 15 días	<b>Análisis MB:</b>	24 horas		

#### Fisicoquímica

FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	NO SE COMPARA CONTRA NINGUNA NORMA	CONFORMIDAD
13/08/2018	Fenoles Totales (A)	<0,086	0,086	mg/L	Direct Photometric Method	SM 5530 B, D.	No Especifica	NO APLICA

(A) Parámetro acreditado para las matrices Aguas Residuales y Superficiales

Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Fisicoquímica de Biopolab.  
- Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.  
- Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida  
- La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

INFORME DE RESULTADOS N°:				26840			
<b>CLIENTE:</b>	C.I SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES SIGRA S.A						
<b>NIT:</b>	860006127	<b>COTIZACIÓN N°:</b>	18-927	<b>CANTIDAD:</b>	500 ML	<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b>	CLIENTE
<b>TELÉFONO:</b>	5190900 Ext: 209 316 361 69	<b>ODS:</b>	18-3304	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	9/08/2018	<b>T (° C) MUESTREO:</b>	20 °C
<b>CONTACTO:</b>	Brayan Gomez			<b>FECHA DE RECIBIDO:</b>	9/08/2018	<b>PRODUCTO:</b>	ARnD
<b>CARGO:</b>	N.E.			<b>TIPO DE EMPAQUE:</b>	VIDRIO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Carrera 46 #13-95 Puente Aranda			<b>PUNTO DE CAPTACIÓN/ Orden de servicio cliente:</b>	Muestra# 3		
<b>CIUDAD:</b>	Bogotá			<b>LUGAR DE RECOGIDA:</b>	Muestra# 3		
<b>ID. MUESTRA:</b>	18-8266	<b>ALMAC. CONTRAMUESTRA:</b>	Análisis FQ: 15 días	<b>Análisis MB:</b>	24 horas		

#### Fisicoquímica

FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	NO SE COMPARA CONTRA NINGUNA NORMA	CONFORMIDAD
13/08/2018	Fenoles Totales (A)	<0,086	0,086	mg/L	Direct Photometric Method	SM 5530 B, D.	No Especifica	NO APLICA

(A) Parámetro acreditado para las matrices Aguas Residuales y Superficiales

Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Fisicoquímica de Biopolab.  
- Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.  
- Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida  
- La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

Documento aprobado por:

Liliana Olmos Ravagli

Gerente Técnica

Ing. Química Registro Prof. 14541 Consejo. P de I.Q. de Col.

Fecha de expedición: 14/08/2018

## ANEXO Q

# RESULTADOS FINALES DE FENOLES CON PERMANGANATO DE POTASIO



Código: F-IR-02  
Versión: 2  
Fecha: 26/01/2016



### RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS N°: 26838								
<b>CLIENTE:</b> C.I SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES SIGRA S.A								
<b>NIT:</b> 860006127	<b>COTIZACIÓN N°:</b> 18-927	<b>CANTIDAD:</b> 500 ML	<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b> CLIENTE					
<b>TELÉFONO:</b> 5190900 Ext: 209 316 361 69 5 ODS:	18-3304	<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 9/08/2018	<b>T (° C) MUESTREO:</b> 20 °C					
<b>CONTACTO:</b> Brayan Gomez		<b>FECHA DE RECIBIDO:</b> 9/08/2018	<b>PRODUCTO:</b> ARnD					
<b>CARGO:</b> N.E.		<b>TIPO DE EMPAQUE:</b> VIDRIO	<b>PUNTO DE CAPTACIÓN/ Orden de servicio cliente:</b> Muestra # 1					
<b>DIRECCIÓN:</b> Carrera 46 #13-95 Puente Aranda		<b>LUGAR DE RECOGIDA:</b> Muestra# 1						
<b>CIUDAD:</b> Bogotá		<b>ALMAC. CONTRAMUESTRA:</b> Análisis FQ: 15 días	<b>Análisis MB: 24 horas</b>					
<b>ID. MUESTRA:</b> 18-8264		<i>Fisicoquímica</i>						
FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	NO SE COMPARA CONTRA NINGUNA NORMA	CONFORMIDAD
13/08/2018	Fenoles Totales (A)	0,291	0,086	mg/L	Direct Photometric Method	SM 5530 B, D.	No Especifica	NO APLICA

(A) Parámetro acreditado para las matrices Aguas Residuales y Superficiales

Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Fisicoquímica de Biopolab.  
Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.  
Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida  
La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

INFORME DE RESULTADOS N°: 26841								
<b>CLIENTE:</b> C.I SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES SIGRA S.A								
<b>NIT:</b> 860006127	<b>COTIZACIÓN N°:</b> 18-927	<b>CANTIDAD:</b> 500 ML	<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b> CLIENTE					
<b>TELÉFONO:</b> 5190900 Ext: 209 316 361 69 5 ODS:	18-3304	<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 9/08/2018	<b>T (° C) MUESTREO:</b> 20 °C					
<b>CONTACTO:</b> Brayan Gomez		<b>FECHA DE RECIBIDO:</b> 9/08/2018	<b>PRODUCTO:</b> ARnD					
<b>CARGO:</b> N.E.		<b>TIPO DE EMPAQUE:</b> VIDRIO	<b>PUNTO DE CAPTACIÓN/ Orden de servicio cliente:</b> Muestra# 4					
<b>DIRECCIÓN:</b> Carrera 46 #13-95 Puente Aranda		<b>LUGAR DE RECOGIDA:</b> Muestra# 4						
<b>CIUDAD:</b> Bogotá		<b>ALMAC. CONTRAMUESTRA:</b> Análisis FQ: 15 días	<b>Análisis MB: 24 horas</b>					
<b>ID. MUESTRA:</b> 18-8267		<i>Fisicoquímica</i>						
FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	NO SE COMPARA CONTRA NINGUNA NORMA	CONFORMIDAD
13/08/2018	Fenoles Totales (A)	<0,086	0,086	mg/L	Direct Photometric Method	SM 5530 B, D.	No Especifica	NO APLICA

(A) Parámetro acreditado para las matrices Aguas Residuales y Superficiales

Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Fisicoquímica de Biopolab.  
Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.  
Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida  
La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

INFORME DE RESULTADOS N°: 26842								
<b>CLIENTE:</b> C.I SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES SIGRA S.A								
<b>NIT:</b> 860006127	<b>COTIZACIÓN N°:</b> 18-927	<b>CANTIDAD:</b> 500 ML	<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b> CLIENTE					
<b>TELÉFONO:</b> 5190900 Ext: 209 316 361 69 5 ODS:	18-3304	<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 9/08/2018	<b>T (° C) MUESTREO:</b> 20 °C					
<b>CONTACTO:</b> Brayan Gomez		<b>FECHA DE RECIBIDO:</b> 9/08/2018	<b>PRODUCTO:</b> ARnD					
<b>CARGO:</b> N.E.		<b>TIPO DE EMPAQUE:</b> VIDRIO	<b>PUNTO DE CAPTACIÓN/ Orden de servicio cliente:</b> Muestra# 5					
<b>DIRECCIÓN:</b> Carrera 46 #13-95 Puente Aranda		<b>LUGAR DE RECOGIDA:</b> Muestra# 5						
<b>CIUDAD:</b> Bogotá		<b>ALMAC. CONTRAMUESTRA:</b> Análisis FQ: 15 días	<b>Análisis MB: 24 horas</b>					
<b>ID. MUESTRA:</b> 18-8268		<i>Fisicoquímica</i>						
FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	NO SE COMPARA CONTRA NINGUNA NORMA	CONFORMIDAD
13/08/2018	Fenoles Totales (A)	0,116	0,086	mg/L	Direct Photometric Method	SM 5530 B, D.	No Especifica	NO APLICA

(A) Parámetro acreditado para las matrices Aguas Residuales y Superficiales

Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Fisicoquímica de Biopolab.  
Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.  
Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida  
La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

Documento aprobado por:

Liliana Olmos Ravagli  
Gerente Técnica  
Ing. Química Registro Prof. 14541 Consejo. P de I.Q. de Col.

**ANEXO R**  
**FLUJO DE CAJA**

FLUJO DE CAJA													
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	
	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
<b>EGRESOS</b>													
Costo de Equipos	\$ 53.343.937												
Costo Reactivos		\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071	\$ 7.744.071
Costo Servicios Públicos		\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344	\$ 169.344
Mantenimiento bombas dosificadoras					\$ 250.000				\$ 250.000				\$ 250.000
Mantenimiento tanque igualación y agitador							\$ 2.000.000						\$ 2.000.000
Agua potable		\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920	\$ 871.920
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 53.343.937</b>	<b>\$ 8.785.335</b>	<b>\$ 8.785.335</b>	<b>\$ 8.785.335</b>	<b>\$ 9.035.335</b>	<b>\$ 8.785.335</b>	<b>\$ 10.785.335</b>	<b>\$ 8.785.335</b>	<b>\$ 9.035.335</b>	<b>\$ 8.785.335</b>	<b>\$ 8.785.335</b>	<b>\$ 8.785.335</b>	<b>\$ 11.035.335</b>
<b>FLUJOS NETOS</b>	<b>-\$ 53.343.937</b>	<b>-\$ 8.785.335</b>	<b>-\$ 8.785.335</b>	<b>-\$ 8.785.335</b>	<b>-\$ 9.035.335</b>	<b>-\$ 8.785.335</b>	<b>-\$ 10.785.335</b>	<b>-\$ 8.785.335</b>	<b>-\$ 9.035.335</b>	<b>-\$ 8.785.335</b>	<b>-\$ 8.785.335</b>	<b>-\$ 8.785.335</b>	<b>-\$ 11.035.335</b>
													-\$ 110.174.020