

**PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN
UNA EMPRESA DE CEREALES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

**ELIANA IVETH ALARCÓN RONDÓN
LAURA CATALINA NEITA PINTO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D. C.
2017**

**PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN
UNA EMPRESA DE CEREALES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

**ELIANA IVETH ALARCÓN RONDÓN
LAURA CATALINA NEITA PINTO**

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Químico

**Director
LIZETH PORRAS
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D. C.
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

ING. FERNANDO MORENO TORRES

ING. DIANA MARCELA CUESTA PARRA

ING. JUAN CAMILO CELY GARZÓN

Bogotá, 13 de Marzo del 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro:

Dr. JAIME POSADA DIAZ.

Vice-rector de Desarrollo y Recursos Humanos:

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCA-PEÑA.

Vice-rectora Académica y de Posgrados:

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS.

Secretario General:

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCIA-PEÑA.

Decano Facultad de Ingeniería:

Dr. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI.

Director Programa de Ingeniería Química:

Dr. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIERREZ.

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.

*Primeramente, a Dios quien ha iluminado
siempre mi camino e hizo posible este sueño,
a mi Mamá por darme la oportunidad de estudiar,
por su paciencia
y por estar ahí apoyándome incondicionalmente,
a mi papá y a mi hermano por su apoyo y ánimo
en todo momento
y toda mi familia que en sus oraciones tuvo
presente este proceso.
A mi novio por ser ese brazo que me dio la fuerza
e impulso para seguir en los momentos de
decaimiento,
a mi gatica quien me acompañó en las largas
noches de estudio,
y a mi compañera quien posibilitó que este
proyecto fuera posible.*

ELIANA IVETH ALARCON RONDON

AGRADEZCO DE CORAZON A DIOS POR QUE SIEMPRE ILUMINO MI CAMINO PARA CONTINUAR CON ESTE PROCESO, AGRADEZCO A MIS PADRES PORQUE SIEMPRE ME LLENARON DE PALABRAS POSITIVAS PARA ANIMARME Y NO RENDIRME, GRACIAS A MI HERMANO ALEJO QUE CON SUS PALABRAS Y ENSEÑANZAS ME MOSTRO QUE LO MEJOR ERA SEGUIR CON LA CARA EN ALTO, CON MUCHA FE Y PACIENCIA, A MI SOBRINO JUAN FELIPE PORQUE CON SOLO VERLO SONREIR ME IMPULSABA A CULMINAR CON ESTE GRAN LOGRO, GRACIAS A MI NOVIO JHONATAN QUE ME ACOMPAÑO PASO A PASO LLENANDOME DE FUERZA Y FIRMEZA AL DAR MI PASO HACIA LO MAS ALTO, AL INGENIERO FERNANDO MORENO QUE NOS ANIMO MUCHO CUANDO CREIMOS QUE AUN NO SE LOGRARIA, AL LOS INGENIEROS ORLANDO CUCUNUBA Y LAURA ALARCON QUE NOS DIERON SU APOYO EN LA PARTE EXPERIMENTAL DEL PROYECTO, A LA DIRECTORA DEL PROYECTO LIZETH PORRAS POR SU COLABORACION, POR ULTIMO A MI COMPAÑERA GRACIAS PORQUE A PESAR DE TODO CAMINAMOS JUNTAS EN ESTE PROCESO Y FINALMENTE LO LOGRAMOS.

LAURA CATALINA NEITA PINTO

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a la ingeniera **LAURA ALARCON HERNANDEZ**, Representante técnico y coordinador de la empresa, quien en representación de LIPESA COLOMBIA S.A nos dio la oportunidad de llevar a cabo nuestro proyecto de grado, además de su paciencia, apoyo y ser una gran guía en este proceso.

A la ingeniera **LIZETH PORRAS**, directora del proyecto por su apoyo y sugerencias en este proceso de dar cumplimiento a los objetivos planteados.

Al ingeniero **JOSE ORLANDO CUCUNUBA PULGARIN**, que nos brindó asesoría compartiendo sus conocimientos y experiencia en tratamiento de aguas, gracias por su tiempo y sugerencias en este proceso.

Y un agradecimiento especial al ingeniero **EDGAR FERNANDO MORENO TORRES**, asesor de nuestro trabajo de grado, quien con sus consejos y recomendaciones nos animó en la elaboración de este proyecto haciéndonos sentir cada vez más cerca de nuestra meta.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
OBJETIVOS	22
1. MARCO TEÓRICO	23
1.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	23
1.2 PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	23
1.2.1 Color de un agua residual	23
1.2.2 Sabor y olor	23
1.2.3 Turbidez de un agua residual	23
1.2.4 pH	23
1.2.5 Conductividad de un agua residual	24
1.2.6 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de un agua residual	24
1.2.7 Demanda química de oxígeno (DQO) de un agua residual	24
1.2.8 Grasas y aceites	24
1.2.9 Sólidos	24
1.2.9.1 Los sólidos sedimentables	24
1.2.9.2 Los sólidos en suspensión	24
1.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	25
1.3.1 Tipos de tratamientos	25
1.3.1.1 Tratamientos preliminares	25
1.3.1.2 Tratamientos primarios	27
1.3.1.3 Tratamientos secundarios	31
1.3.1.4 Tratamientos terciarios	32
2. DIAGNÓSTICO	35
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	39
2.1.1 Pretratamiento	39
2.1.2 Proceso biológico	40
3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	45
3.1 MATRIZ DE DECISIÓN	46
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	50
4.1 TEST DE JARRAS	51
4.1.1 Equipo de jarras	51
4.2 EVALUACIÓN DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE	52
4.2.1 Coagulantes	52
4.2.2 Floculantes	52

4.2.3 Descripción del procedimiento	53
4.3 METODOLOGÍA	53
4.4 EVALUACIÓN EXPERIMENTAL – TEST DE JARRAS	54
4.4.1 Resultados y análisis de test de jarras	54
4.5 MÉTODOS UTILIZADOS EN LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS	66
5. DETERMINACIÓN DE COSTOS	68
5.1 AHORRO EN CASO DE TOMAR LA PROPUESTA	70
6. CONCLUSIONES	72
7. RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	77

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características del afluente	39
Tabla 2. Caracterización del efluente (Análisis realizado en laboratorio en Doctor Calderón)	44
Tabla 3. Comparación de parámetros de agua caracterizada con la resolución 1207 de 2014	49
Tabla 4. Resultados de prueba de coagulantes sulfato de aluminio, policloruro de aluminio y cloruro férrico	55
Tabla 5. Resultados de variación de policloruro de aluminio	56
Tabla 6. Resultados de variación de cloruro férrico	58
Tabla 7. Resultados de variación de floculante polímero 1538	59
Tabla 8. Resultados variación de floculante polímero 1521	60
Tabla 9. Costos de producto según dosificación	68
Tabla 10. Número de personas en la empresa	70
Tabla 11. Consumo mensual de agua en descarga de sanitarios	70

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tamizado aguas residuales	26
Figura 2. Proceso de filtración por membrana Tetra Pack	26
Figura 3. Coagulación floculación del agua	29
Figura 4. Trampa de grasas	30
Figura 5. Filtro de carbón activado granular	33
Figura 6. Principio de la ósmosis inversa	34
Figura 7. Diagrama de producción de cereales	36
Figura 8. Diagrama de producción de barras de cereal	38
Figura 9. Medición de parámetros en laboratorio de la PTAR	40
Figura 10. Diagrama de proceso de la PTAR	42
Figura 11. Diagrama de proceso de la PTAR	43
Figura 12. Alternativas de reúso	45
Figura 13. Equipo de jarras de cuatro vasos de precipitado. Tratamiento de Aguas y Servicios Afines	51
Figura 14. Diagrama Metodología Test de Jarra	54
Figura 15. Prueba de coagulantes sulfato de aluminio, policloruro de aluminio y cloruro férrico	54
Figura 16. Variación de dosificación de policloruro de aluminio	55
Figura 17. Variación de dosificación de cloruro férrico	58
Figura 18. Variación de dosificación de floculante polímero 1538	58
Figura 19. Variación de dosificación de floculante polímero 1521	59
Figura 20. Resultado de jarras con coagulante cloruro férrico (Lipesa AC011) y floculante (Lipesa 1521)	62
Figura 21. Resultado de jarras dosificación de floculante	64
Figura 22. Diagrama de proceso alternativa seleccionada	67

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Matriz de decisión, selección de alternativa	47
Cuadro 2. Productos a evaluar	52
Cuadro 3. Resultados de laboratorio ensayo de jarras Floculante 1538	57
Cuadro 4. Resultados de laboratorio ensayo de jarras	61
Cuadro 5. Evaluación de dosificación de floculante L1521	63
Cuadro 6. Evaluación de filtros	65

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Vista satelital planta de producción	78
Anexo B. Resultado pruebas de jarras	79
Anexo C. Resultados de laboratorio	81
Anexo D. Cotizaciones de productos químicos e infraestructura	86
Anexo E. Hojas de seguridad productos químicos	90
Anexo F. Valores metro cúbico empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá	101
Anexo G. Descripción técnica de equipos y accesorios	102

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
µm	Micrómetro
µS	Micro Siemens
\$	Pesos
AGVs	Ácidos Grasos Volátiles
C	Concentración
cm	Centímetro
DBO	Demanda Biológica De Oxígeno
DBO5	Demanda Biológica De Oxígeno 5 días
DQO	Demanda Química De Oxígeno
EAAB	Empresa Agua y Alcantarillado Bogotá
g	Gramo
h	Hora
in	Pulgada
kg	Kilogramos
Lipesa AC005	Policloruro de aluminio (PAC)
Lipesa AC007	Sulfato de aluminio
Lipesa AC011	Cloruro Férrico
Lipesa 1521M	Polímero Floculante aniónico alto
Lipesa 1538	Polímero Floculante aniónico bajo
Lipesa 1564	Polímero Floculante catiónico
L	litro
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro Cubico
mg	Miligramo
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milímetro
No.	Numero
NMP	Número más probable
NTU	Unidades Nephelometricas de Turbiedad
pH	Potencial de Hidrogeno
PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
Rpm	Revoluciones por Minuto
s	Segundo
SST	Solidos Suspendidos Totales
T	Temperatura
USEPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos.

V

Volumen

GLOSARIO

ACIDIFICACIÓN: disminución de pH en una solución.

AGUA RESIDUAL TRATADA: efluente del sistema de tratamiento de las aguas residuales, después de ser sometidas a remoción de contaminantes, a través de métodos biológicos o fisicoquímicos.

El aspecto de un agua residual es una descripción física que se le da al agua a simple vista, por ejemplo, si es turbia, el color que tiene y si tiene presencia de partículas sólidas y flotantes.

Las características físicas más importantes de un agua residual son Color, turbidez, olor, sabor, sólidos totales.

COAGULANTE: sustancias (sales metálicas) presentes en la materia orgánica, que reaccionan para favorecer la atracción entre partículas en suspensión dentro del agua.

COLOIDES: son impurezas insolubles con carga superficial negativa que impide la cercanía entre las partículas. Cuerpo disuelto en donde las sustancias se dispersan en dos o más fases formadas generalmente una líquida y una sólida.

COLOR DE UN AGUA RESIDUAL: está dentro de las características físicas que muestra la presencia de sustancias disueltas y suspendidas refiriéndonos al color aparente. Puede ser determinado cualitativamente teniendo en cuenta olor y color, se elimina este parámetro cuando se somete a centrifugación o filtración obteniendo así un color real.

CONDUCTIVIDAD DE UN AGUA RESIDUAL: este parámetro depende de la presencia de iones y de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Una muestra de agua que contenga valores altos de sales, bases y ácidos presentan coeficientes de conductividad altos.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO): determina la cantidad de oxígeno que los microorganismos consumen en la degeneración de materia orgánica. El DBO5 es medido a los cinco días de tomada la muestra.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO): es el oxígeno requerido para degradar materia orgánica en el agua, a temperatura y tiempo determinados, junto con un agente oxidante fuerte.

DESGERMINACIÓN: proceso utilizado para descascarar el maíz o separar el germen de maíz del grano.

FLOCULANTE: sustancia que permite juntar sólidos en suspensión, originando su precipitación.

GRITS: semillas de maíz luego de ser desgerminada y sin cáscara.

HIDRÓLISIS: rompimiento de moléculas por acción del agua.

MATERIA ORGÁNICA DE UN AGUA RESIDUAL: son principalmente proteínas, grasas, aceites, hidrocarburos, tensoactivos, entre otras estructuras que se presentan como sólidos sedimentables o sólidos suspendidos o disueltos, son degradados por acción de microorganismos o no biodegradables.

MATERIALES FLOTABLES DE UN AGUA RESIDUAL: lo componen partículas de grasas y aceites que se dispersan sobre la superficie. Su apariencia es desagradable ya que altera parámetros como turbidez y color porque reduce el paso de luz hacia la fase acuosa.

ORGANISMOS PATÓGENOS: este tipo de organismos que se encuentran en aguas residuales proceden de desechos humanos portadores de ciertas enfermedades. Las clases de organismos presentes en las aguas residuales son bacterias, virus, protozoos y helmintos.

OLOR DEL AGUA RESIDUAL: esta característica física es causa de rechazo ya que es sinónimo de contaminación, estos olores son a causa de gases que se liberan durante la descomposición de la materia orgánica.

MEZCLADOR INSTANTÁNEO: mecanismo utilizado para dispersar uniformemente los productos químicos agregados a cualquier mezcla.

SEDIMENTACIÓN SIMPLE: separación de los sólidos suspendidos bajo acción de la gravedad.

SÓLIDOS DISUELTOS: materia soluble en forma coloidal, molecular o ionizada, presente en un medio acuoso.

SÓLIDOS SEDIMENTABLES: materia suspendida o disuelta que se acumula cuando se deja en reposo el agua.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS: materia suspendida retenida por un filtro que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.

TRATAMIENTO FÍSICOQUÍMICO: conjunto de operaciones y procesos que se realizan para descomponer la estabilidad de las partículas coloidales, modificando las características físicas, químicas y biológicas del agua a tratar, para acondicionarla al reúso.

TURBIEDAD DE UN AGUA RESIDUAL: característica física que refleja la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión. Este parámetro es considerado como medida de la calidad del agua, cuanto más turbiedad presente menor será su calidad.

VERTIMIENTO: descarga de agua ya sea de origen industrial, minero, aguas negras, a un canal, un suelo o subsuelo.

RESUMEN

TÍTULO PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN UNA EMPRESA DE CEREALES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

La propuesta se desarrolla en una empresa productora de cereales identificada con código de actividad económica N° 0115, ubicada en la zona industrial de Montevideo en la ciudad de Bogotá, desde el año 1970 está dedicada a fabricar y distribuir productos como cereales de diferentes tipos y barras de cereal. En sus procesos el uso de agua potable es bastante considerable, llegando a consumir en promedio 864 m³ mensuales únicamente dentro de la planta de producción, donde el 100% de esta proviene de la EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá).

Una vez el agua es usada en los procesos de producción en planta y en limpieza de máquinas al momento de realizar cambio de producto, llega a la PTAR (planta de tratamiento de agua residual), donde recibe un tratamiento biológico en un reactor anaerobio.

Teniendo en cuenta que la empresa desarrolla otras actividades en las que se puede reusar el agua, este proyecto se enfoca en darle un mejor uso y reutilización al efluente de la PTAR, mediante la “PROPUESTA PARA LA REUTILIZACION DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN UNA EMPRESA DE CEREALES EN LA CIUDAD DE BOGOTA”.

Se inicia con el diagnóstico, en el cual se identifican los procesos con los que opera la planta y los parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de remover los diferentes cuerpos presentes en el agua, determinando que parámetros cumplen y cuáles no. Simultáneamente se realiza un estudio de las diferentes alternativas en las que se puede reusar el agua residual tratada y mediante una matriz de decisión se seleccionan las alternativas más viables para la empresa en cuanto a costos, tiempo de implementación y porcentajes de remoción. Durante el desarrollo de la propuesta se realizan pruebas de jarras por cuatro semanas observando remoción de los contaminantes, hallando así, la mejor dosificación de coagulantes y floculantes usados conjuntamente. Seguido a esto se evalúan dos tipos de filtros simultáneamente. Y se procede a hacer una estimación de costos del tratamiento, y se determina la relación de la propuesta dada.

INTRODUCCIÓN

El agua es un compuesto indispensable para la vida. Actualmente anuncia un agotamiento excesivo, por lo que se hace esencial darle un buen uso y en cada uno está el hacer conciencia y pensar que algún día el líquido vital llegara a hacer falta. Por tal razón debe ser este el punto de partida para solucionar la insuficiencia de agua en el planeta.

Para la empresa es muy importante este proyecto ya que, dentro de su obligación, está comprometida con el medio ambiente, por lo que se hace conveniente aprovechar las aguas residuales tratadas en la empresa, reutilizándolas como una fuente alternativa del desperdicio, minimizando los problemas de escasez, y asimismo afianzando el saneamiento ambiental y aprovechamiento de los recursos para beneficio de la empresa y en general para la sociedad. Es por eso que en este trabajo se propone una mejora en el sistema eficiente de tratamiento de aguas residuales, con el fin de darles un reusó, disminuyendo el consumo de agua potable.

Con esto solo sería necesario utilizar el agua directamente del acueducto en las operaciones de producción de la planta como tal y para las actividades externas se aprovecharía el agua que en este momento está siendo enviada directamente a la alcantarilla, previniendo desperdicios, fomentando la conservación de dicho recurso, y de la misma manera, evitando que la organización pueda verse involucrada, a futuro, en procesos de racionamiento o hasta sanciones por parte de las entidades reguladoras.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer una alternativa de reúso de las aguas residuales tratadas en la planta de tratamiento en una empresa de cereales de Bogotá

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar el estado actual del agua tratada proveniente de la PTAR.
2. Seleccionar la alternativa adecuada para el reúso de aguas residuales tratadas.
3. Desarrollar la propuesta para el reúso de aguas residuales tratadas.
4. Determinar los costos del tratamiento según la propuesta.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

“El agua es uno de los recursos empleados en la mayoría de los procesos de manufactura, después de estos procesos se da la generación aguas residuales, estas aguas residuales son las producidas por el sector industrial, donde el agua se emplea para procesos de producción y transformación, como también las aguas de drenaje. Estas aguas residuales industriales son de gran impacto, debido a que la mayoría de estas tienen una alta carga contaminante, por los agentes tóxicos derivados de la fabricación de los productos.”¹

1.2 PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

1.2.1 Color de un agua residual. El color² es una característica física que indica generalmente la presencia en el agua de sustancias disueltas y/o coloidales y/o suspendidas (color aparente). Cuando se elimina la turbiedad del agua por centrifugación o filtración se obtiene el color real. Da en general un aspecto desagradable al agua residual.

1.2.2 Sabor y olor. Son características físicas que se deben generalmente a la presencia de sustancias inorgánicas y/u orgánicas en suspensión o disolución, que poseen olor o sabor en sí mismas o de sustancias que pueden generar emisiones de gases, y/o a organismos microscópicos. Es causa de rechazo y de sospecha de contaminación.²

1.2.3 Turbidez de un agua residual. La turbidez³ es una característica física que indica la presencia en el agua de sustancias en suspensión y/o material coloidal, estos materiales dispersan o absorben la luz impidiendo su transmisión.

1.2.4 pH. Este término hace relación a la concentración de iones de hidrógeno presentes en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de la disolución y se define como el logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno: $\text{pH} = \log [\text{H}^+]$ Donde $[\text{H}^+]$ es la concentración de iones de hidrógeno en moles por litro. El pH de una disolución puede medirse mediante una valoración, que consiste en la neutralización del ácido (o base) con una cantidad determinada de base (o ácido) de concentración conocida, en presencia de un indicador (un compuesto cuyo color varía con el pH). También se puede determinar midiendo el potencial eléctrico que se origina en ciertos electrodos especiales sumergidos.⁴

¹ UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente, 2012 Disponible en: <http://datateca.unad.edu.co/>. Consultado en: 3 de Noviembre de 2016.

² GLOSARIO DE TÉRMINOS AMBIENTALES. Disponible en: <https://www.crq.gov.co>. Consultado en: 3 de noviembre de 2016.

³ *Ibíd.*,

⁴ *Ibíd.*,

1.2.5 Conductividad de un agua residual. “Es la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y de la temperatura. Las aguas residuales con sales, bases y ácidos pueden tener coeficientes de conductividad más altos que las aguas residuales con compuestos orgánicos que no se disocian, que es casi nulo.”⁵

1.2.6 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de un agua residual. Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica, de los compuestos orgánicos degradables existentes en el líquido residual. Fijando ciertas condiciones de tiempo y temperatura, por ejemplo en 5 días y a 20 ° C.

1.2.7 Demanda química de oxígeno (DQO) de un agua residual. Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química de la materia orgánica. Generalmente es mayor que el valor de la DBO5, porque suele ser mayor el número de compuestos que se oxidan por vía química que biológica, ante la presencia de un oxidante fuerte como los dicromatos.

1.2.8 Grasas y aceites. “Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual. Es expresada en miligramos de grasa por litro de solución.”⁶

1.2.9 Sólidos. Podemos dividirlos en sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos disueltos, siendo los sólidos totales la suma de todos ellos. Estos sólidos, además de poder suponer la presencia de sustancias extrañas, aumentan la turbidez del agua y disminuyen la calidad de la misma.

1.2.9.1 Los sólidos sedimentables. “Son sólidos de mayor densidad que el agua, se encuentran dispersos debido a fuerzas de arrastre o turbulencias. Cuando estas fuerzas y velocidades cesan y el agua alcanza un estado de reposo, precipitan en el fondo. Suelen eliminarse fácilmente por cualquier método de filtración.”⁷

1.2.9.2 Los sólidos en suspensión. “Se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua. Este tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de

⁵ Ibíd.,

⁶ Ibíd.,

⁷ Ibíd.,

estas partículas consiguiendo que se agrupen en flocs de mayor tamaño para así poder separarlos.”⁸

1.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Se puede definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

“En la medida en que se vaya presentando acumulación y estancamiento del agua residual pueden generarse gases de mal olor debido a la descomposición orgánica que ésta posee; además es importante anotar que en el agua residual hay existencia de numerosos microorganismos patógenos y causantes de enfermedades que pueden estar en ciertos residuos industriales.”⁹

1.3.1 Tipos de tratamientos. Aquellos métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos se conocen como operaciones unitarias, mientras que aquellos métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza con base en procesos químicos o biológicos se conocen como procesos unitarios.

“Al referirse a operaciones y procesos unitarios es porque se agrupan entre sí para constituir los tratamientos primario, secundario y terciario.”¹⁰

1.3.1.1 Tratamientos preliminares. Aunque no reflejan un proceso en sí, sirven para aumentar la efectividad de los tratamientos primarios, secundarios y terciarios. “Las aguas residuales que fluyen desde los alcantarillados a las PTAR, son muy variables en su flujo y contienen gran cantidad de objetos, en muchos casos voluminosos y abrasivos, que por ningún motivo deben llegar a las diferentes unidades donde se realizan los tratamientos y deben ser removidos. Para esto son utilizado los tamices, las rejillas, los microfiltros, etc.”¹¹

➤ **Tamizado.** “Los tamices autolimpiantes están contruidos con mallas dispuestas en una inclinación particular que deja atravesar el agua y obliga a deslizarse a la materia sólida retenida hasta caer fuera de la malla por sí sola. La gran ventaja de este equipo es que es barato, no tiene partes móviles y el mantenimiento es mínimo, pero necesita un desnivel importante entre el punto de alimentación del agua y el de salida.”¹² Ver **Figura 1**.

⁸ *Ibíd.*,

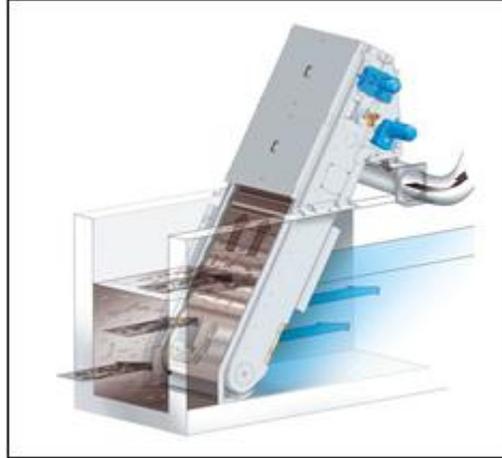
⁹ UNIVERSIDAD EIA. Mecánica de fluidos. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/interesantes/tratamientosresiduales.html>. Consultado en: 10 de Noviembre de 2016.

¹⁰ *Ibíd.*,

¹¹ *Ibíd.*,

¹² *Ibíd.*,

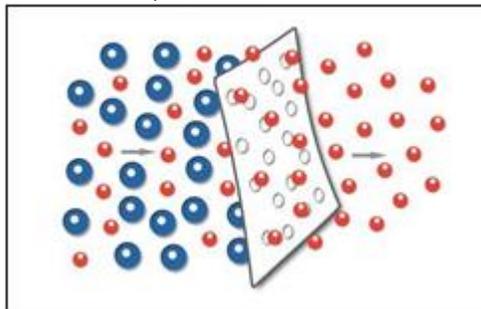
Figura 1. Tamizado aguas residuales.



Fuente: <http://www.directindustry.com/> el día 10 de noviembre de 2016.

- **Microfiltración.** Los microfiltros trabajan a baja carga, con muy poco desnivel, y están basados en una pantalla giratoria de acero o material plástico a través de la cual circula el agua. Las partículas sólidas quedan retenidas en la superficie interior del microfiltro que dispone de un sistema de lavado continuo para mantener las mallas limpias. “Se han utilizado eficazmente para separar algas de aguas superficiales y como tratamiento terciario en la depuración de aguas residuales. Según la aplicación se selecciona el tamaño de malla indicado. Con mallas de acero que pueden tener orificios del orden de 30 micras y con mallas de poliéster se consiguen buenos rendimientos con tamaños de hasta 6 micras.”¹³ Ver **Figura 2.**

Figura 2. Proceso de filtración por membrana, Tetra Pack.



Fuente: <http://www.tetrapak.com/> el día 10 de noviembre de 2016.

¹³ *Ibid.*,

1.3.1.2 Tratamientos primarios. El principal objetivo es el de remover aquellos contaminantes que pueden sedimentar, como por ejemplo los sólidos sedimentables y algunos suspendidos o aquellos que pueden flotar como las grasas.

“El tratamiento primario presenta diferentes alternativas según la configuración general y el tipo de tratamiento que se haya adoptado. Se puede hablar de una sedimentación primaria como último tratamiento o precediendo un tratamiento biológico, de una coagulación cuando se opta por tratamientos de tipo físico-químico.”¹⁴

- **Clarificación.** “Es el proceso mediante el cual se trata de retirar la mayor parte de coloides presentes en el agua con diversas concentraciones y tamaños, dependiendo de las sustancias y equipos para el tratamiento, la remoción de esos coloides puede llegar a variar completamente.”¹⁵
- **Coagulación.** Es la tendencia de las partículas a adherirse unas a las otras, disminuyendo la estabilidad, neutralizando y permitiendo la agrupación para formar moléculas más grandes. Incitada por iones con carga opuesta a la de las partículas coloidales.

✓ **Tipos de coagulación.**

- **Coagulación por adsorción.** El agua presenta una alta concentración de partículas en estado coloidal. Se presenta la adsorción de las especies hidrolíticas por el coloide, provocando la neutralización de la carga.
- **Coagulación por barrido.** “Se producen las interacciones entre coloide e hidróxido precipitado. En este proceso el agua es clara y el porcentaje de partículas coloidales es pequeño, estas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado de hidróxido de aluminio.”¹⁶

✓ **Etapas de la coagulación.**

La coagulación se divide en las siguientes etapas:

- Hidrólisis de coagulantes y desestabilización de partículas en suspensión.
- Formación de compuestos poliméricos.
- Adsorción de cadenas poliméricas por coloides
- Adsorción mutua de coloides.

¹⁴ *Ibíd.*,

¹⁵ ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Colombia. Bogotá D.C. Ed. McGraw – Hill. Tercera edición.

¹⁶ CEPIS. Programa de protección de la salud ambiental. Evaluación de plantas de tratamiento de agua. Tomo I. Perú. 1984.

➤ **Floculación.** La floculación es el proceso por medio del que se aglomeran las sustancias coloidales formando los flocs de tamaño mayor para favorecer su sedimentación y posterior filtrado.

✓ **Tipos de floculación.**

▪ **Floculación Pericinéctica.** “Se presenta un movimiento natural de las moléculas de agua y está inducida por la energía térmica.”¹⁷ Las partículas pequeñas (<1um) son sometidas a este tipo de floculación, a través del movimiento browniano.

▪ **Floculación ortocinéctica.** “Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microfloculos.”¹⁸

✓ **Clasificación de los floculantes.**

• **Floculantes minerales.** Sílice activada

• **Floculantes Orgánicos Naturales.** Los ácidos manuránicos y Los ácidos glucónicos.

▪ **Floculantes Orgánicos de síntesis.**

• **Polímero no iónico (Sin carga eléctrica).** Oxido de polietileno.

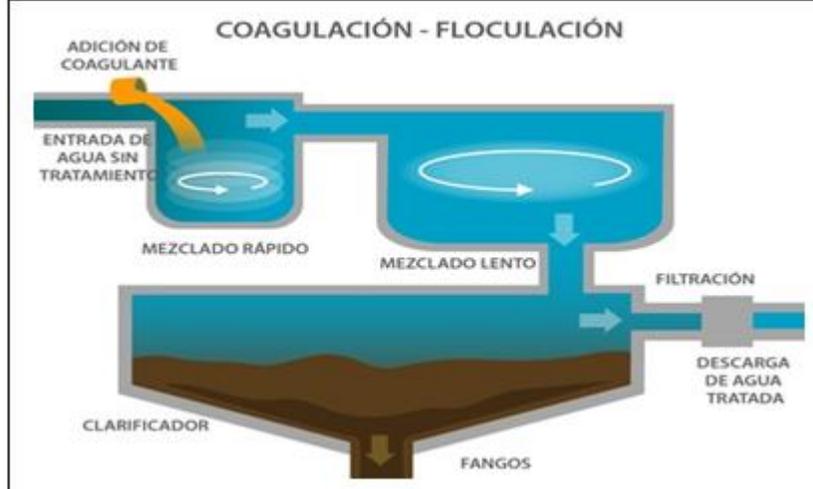
• **Polímero catiónico (Carga positiva).** Imina de polietileno.

• **Polímero aniónico (Carga eléctrica negativa).** Sulfato de poliestireno, Acido poli acrílico, Poliacrilamida hidrolizada. (Ver **Figura 3**).

¹⁷ CASTILLO, Juberzay & GÓMEZ, Glicería. Procesos de tratamientos de aguas coagulación y floculación. 2011.

¹⁸ ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Tratamiento de agua de coagulación y floculación. 2000.

Figura 3. Coagulación y floculación del agua.



ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS. El agua potable segura es esencial. Disponible en: <https://www.koshland-science-useum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation>. Consultado en: 22 de Abril de 2016.

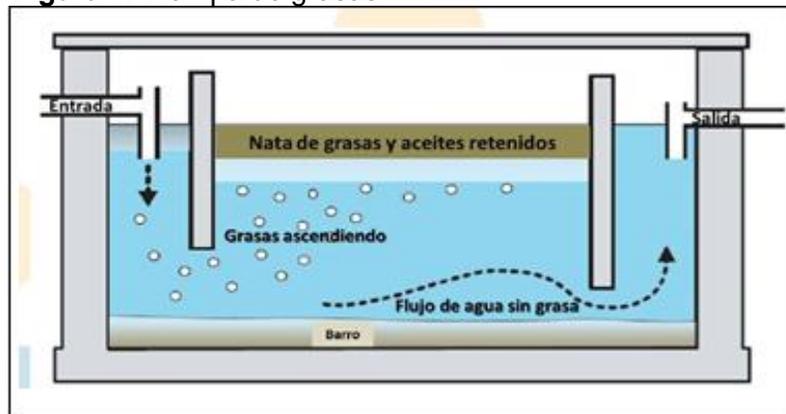
- **Filtración.** La filtración es una técnica, proceso tecnológico u operación unitaria de separación, por la cual se hace pasar una mezcla de sólidos y fluidos, gas o líquido, a través de un medio poroso o medio filtrante que puede formar parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene de la mayor parte del o de los componentes sólidos de la mezcla.
- ✓ **Clasificación de filtros.**
 - **Filtros lentos de arena.** Los filtros lentos de arena se utilizan para el tratamiento de las aguas ligeramente turbias y generalmente no poseen coagulación ni sedimentación previa. Estos filtros están constituidos de un estanque con una capa de arena de 0,60 a 1,00 m. de espesor, soportada por una capa de grava de 0,30 a 0,40 m. de altura, cuya granulometría creciente hacia el fondo varía desde arena gruesa hasta $\frac{3}{4}$ " o más de tamaño. Bajo la capa de grava existe un sistema de drenaje colector del agua filtrada. "Completan el filtro, un sistema de control de entrada y salida del agua que permite mantener constante la carga de agua sobre la arena y regular el gasto de salida y un sistema que indica la pérdida de carga del filtro. La tasa de filtración de estos filtros es de 1,3 a 6,5 l/m²/min."¹⁹
 - **Filtros rápidos de arena.** "La velocidad de filtración es muy superior a la de filtración lenta varia 5 a 7 – 8 m³/ hora. No tienen la misma eficiencia que el lento, sobre todo desde el punto de vista Bacteriológico. Se necesita mayor cuidado

¹⁹ GLOSARIO DE TÉRMINOS AMBIENTALES. Op., Cit.,

en la desinfección, el agua que se trata en un filtro rápido debe estar previamente coagulada, floculada y sedimentada.”²⁰

- **Filtros de carbón activado.** Funcionan mediante la activación del carbón por absorción, lo que permite la remoción de materia orgánica, fenoles, pesticidas, cloro, y otras impurezas del agua. Tanto el carbón activado como la mayoría de los contaminantes orgánicos presentes en el agua, son no polares por lo que quedan adheridos a la superficie del carbón lo que permite un mejor color, olor y sabor del agua.
- **Trampa de grasas.** “Una trampa o interceptor de grasa se diseña para separar físicamente la grasa y los sólidos de las aguas residuales. Las aguas residuales entran en una trampa o interceptor, el agua se va más despacio y las partículas de la grasa, que son menos densas que el agua, se unen y flotan dentro el tanque. Las partículas sólidas más pesadas decantan. El orificio de la trampa o interceptor se localiza cerca del centro del tanque para evitar que la grasa y los sólidos pasen a través del tanque.”²¹ Ver **Figura 4**.

Figura 4. Trampa de grasas.



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Diseño de plantas.
Disponible en: <http://datateca.unad.edu.co/>. Consultado en: 10 de
Noviembre de 2016.

- **Sedimentación.** La sedimentación de sólidos en líquidos está gobernada por la ley de Stokes, que indica que las partículas sedimentan más fácilmente cuando mayor es su diámetro, su peso específico comparado con el del líquido, y cuando menor es la viscosidad del líquido. “En el caso del tratamiento de las aguas residuales, este proceso se realiza para retirar la materia sólida fina, orgánica o no, de las aguas residuales, aquí el agua pasa por un dispositivo donde se depositan los materiales para su posterior eliminación, El proceso de

²⁰ Ibid.,

²¹ Ibid.,

sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO5 y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.”²²

“Mediante este proceso se eliminan materiales en suspensión empleando un tiempo de retención adecuado.”²³

- **Flotación.** Proceso primario para aguas de baja turbiedad. Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, es la flotación, es un método de tratamiento en el que predominan los fenómenos físicos, que se emplea para la separación de partículas de una fase líquida. La separación se consigue introduciendo finas burbujas de gas, normalmente aire, en la fase líquida. “El agua residual, supersaturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto. En él, la ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retirados. La flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos en suspensión.”²⁴

1.3.1.3 Tratamientos secundarios. El objetivo de este tratamiento es remover la demanda biológica de oxígeno (DBO) soluble que escapa a un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos sedimentables.

La ventaja es que en ese proceso el fenómeno se realiza con más velocidad para facilitar la descomposición de los contaminantes orgánicos en períodos cortos de tiempo. Un tratamiento secundario remueve aproximadamente 85% de la DBO y los sólidos en suspensión, aunque no remueve cantidades significativas de nitrógeno, fósforo, metales pesados, demanda química de oxígeno (DQO) y bacterias patógenas.

“Para llevar a efecto el proceso anterior se usan varios mecanismos tales como: lodos activados, biodisco, lagunaje, filtro biológico.”²⁵

- **Reactor biológico.** Reservorio donde se lleva a cabo un proceso que se presenta en una cavidad biológicamente activa donde se forma una mezcla uniforme del agua y los microorganismos a través de agitación, allí la materia orgánica se degrada a través de microorganismos anaerobios (bacterias) allí presentes.
- **Digestión.** Se presenta un metabolismo que da paso a la descomposición de material orgánico usando bacterias que catabolizan a través de un reactor

²² DELGADILLO, Oscar & CAMACHO, Alan. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. 2010.

²³ COGOLLO, J & RHENALS, A. Optimización del proceso de clarificación en la planta de tratamiento de aguas de una embotelladora de bebidas. 2003.

²⁴ GLOSARIO DE TÉRMINOS AMBIENTALES. Op., Cit.,

²⁵ Ibid.,

cerrado en ausencia de oxígeno, produciendo en ocasiones una fuente de energía puede ser Metano o Dióxido de Carbono.

- **Filtro biológico.** Está formado por un reactor, en el cual se ha situado un material de relleno sobre el cual crece una película de microorganismos aeróbicos con aspecto de limos.

“El agua residual se descarga en la parte superior mediante un distribuidor rotativo cuando se trata de un tanque circular. A medida que el líquido desciende a través del relleno entra en contacto con la corriente de aire ascendente y los microorganismos. La materia orgánica se descompone lo mismo que con los lodos activados, dando más material y CO₂.”²⁶

1.3.1.4 Tratamientos terciarios. Tiene el objetivo de remover contaminantes específicos, usualmente tóxicos o compuestos no biodegradables o aún la remoción complementaria de contaminantes no suficientemente removidos en el tratamiento secundario.

“Como medio de filtración se puede emplear arena, grava antracita o una combinación de ellas. El pulido de efluentes de tratamiento biológico se suele hacer con capas de granulometría creciente, duales o multimedia, filtrando en arena fina trabajando en superficie. Los filtros de arena fina son preferibles cuando hay que filtrar flóculos formados químicamente y aunque su ciclo sea más corto pueden limpiarse con menos agua.”²⁷

- **Adsorción.** Por su tamaño, las partículas coloidales tienen una relación área/masa extremadamente grande, por ello son excelentes materiales adsorbentes.

En la superficie de las partículas existen fuerzas de Van der Waals e incluso enlaces interatómicos que el estar insatisfechos pueden atraer y retener átomos, iones o moléculas de sustancias extrañas. “A esta adherencia de sustancias ajenas en la superficie de una partícula se le llama adsorción. Las sustancias adsorbidas se mantienen firmemente unidas en capas que suelen tener no más de una o dos moléculas (o iones) de espesor. Aunque la adsorción es un fenómeno general de los sólidos, resulta especialmente eficiente en dispersiones coloidales, debido a la enorme cantidad de área superficie.”²⁸

- ✓ **Adsorción por carbón activado.** En este proceso el agua es impulsada a través de una columna que contiene el sólido, en este caso es el carbón activado. Por

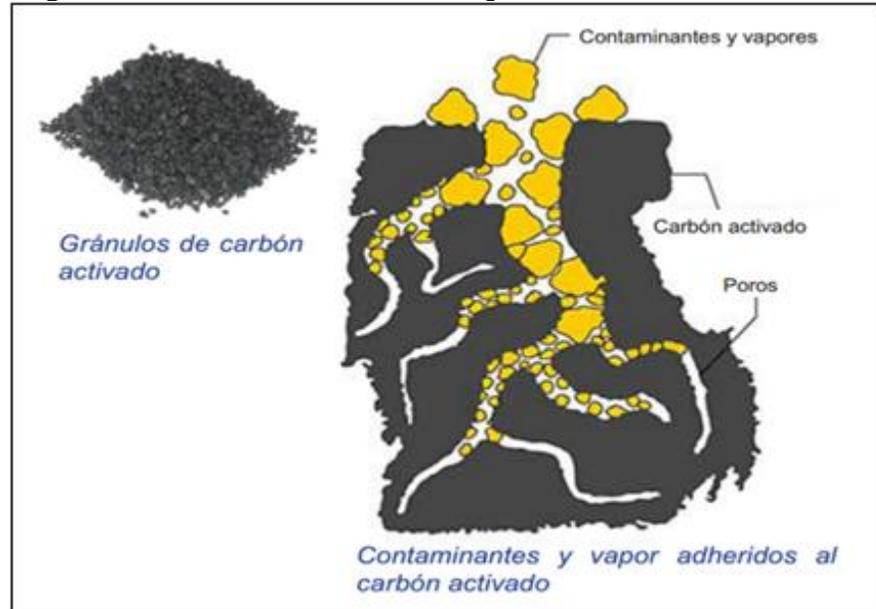
²⁶ Ibid.,

²⁷ Ibid.,

²⁸ FULL QUIMÍCA. Propiedades de los coloides. Disponible en: <http://www.fullquimica.com/2012/10/propiedades-de-los-coloides.html>. Consultado en: 30 de Octubre de 2016.

el paso constante del agua se acumulan las moléculas a la superficie del carbón activado. Ver **Figura 5**.

Figura 5. Filtro de carbón activado granular.

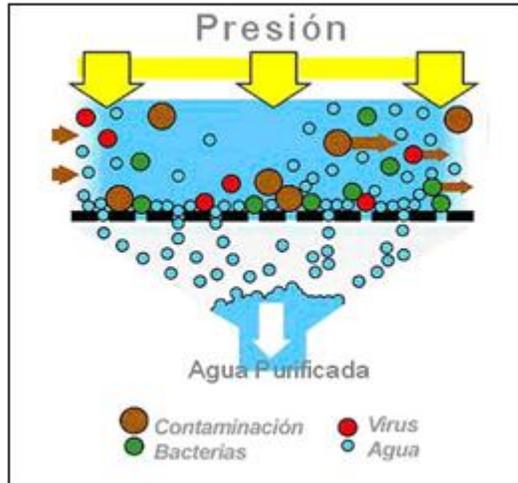


HIDROFILTEC S.A.C. Tecnología en filtración de agua. Disponible en: <http://www.hidrofiltec.com>. Consultado en: 10 de Noviembre de 2016.

- ✓ **Osmosis inversa.** Desde 1972 la osmosis inversa funciona a través de una membrana permeable porosa que permite el paso de una solución de mayor concentración a otra de menor (por eso se llama ósmosis inversa), utilizando una presión superior a la presión osmótica se logra que en la membrana queden retenidos los sólidos y solo pasa el agua. Estas membranas tienen la ventaja de hacer limpieza continua mientras trabajan para evitar la acumulación de contaminantes, sin embargo, los sólidos en suspensión bastante finos deben ser eliminados antes de ser sometidos a osmosis inversa, ya que no se pueden observar a simple vista, pero ensucian dichas membranas; las cuales están compuestas de varios recubrimientos enrollados en espiral por donde circula constantemente un volumen muy pequeño de agua por el interior de la membrana.

Retiran del 95 al 99 % de sólidos disueltos totales y el 99 % de bacterias presentes en agua acercándose a la potabilización. Es posible llegar a eliminar partículas hasta de 0,0001mm, por eso es considerada la técnica de filtración más avanzada para el saneamiento del agua, sin embargo, su mayor desventaja es el costo de operación. Ver **Figura 6**.

Figura 6. Principio de la ósmosis inversa.



PUREPRO. Ósmosis. Disponible en: <http://www.purepro-ecuador.com/osmosis.html>. Consultado en: 28 de Septiembre de 2016.

➤ **Ultrafiltración.** Es un tratamiento similar al de ósmosis inversa.

“Es un sistema que trabaja a altas velocidades y baja presión, es un medio poroso de menos de 0,01 micras. Los sistemas de ultrafiltración son capaces de remover por encima del 90% de los contaminantes.”²⁹

El agua anteriormente filtrada entra en el medio a presión y en la membrana quedan capturadas las sustancias no deseadas en el agua.

²⁹ METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. España. Ed. McGraw – Hill. Tercera edición.

2. DIAGNÓSTICO

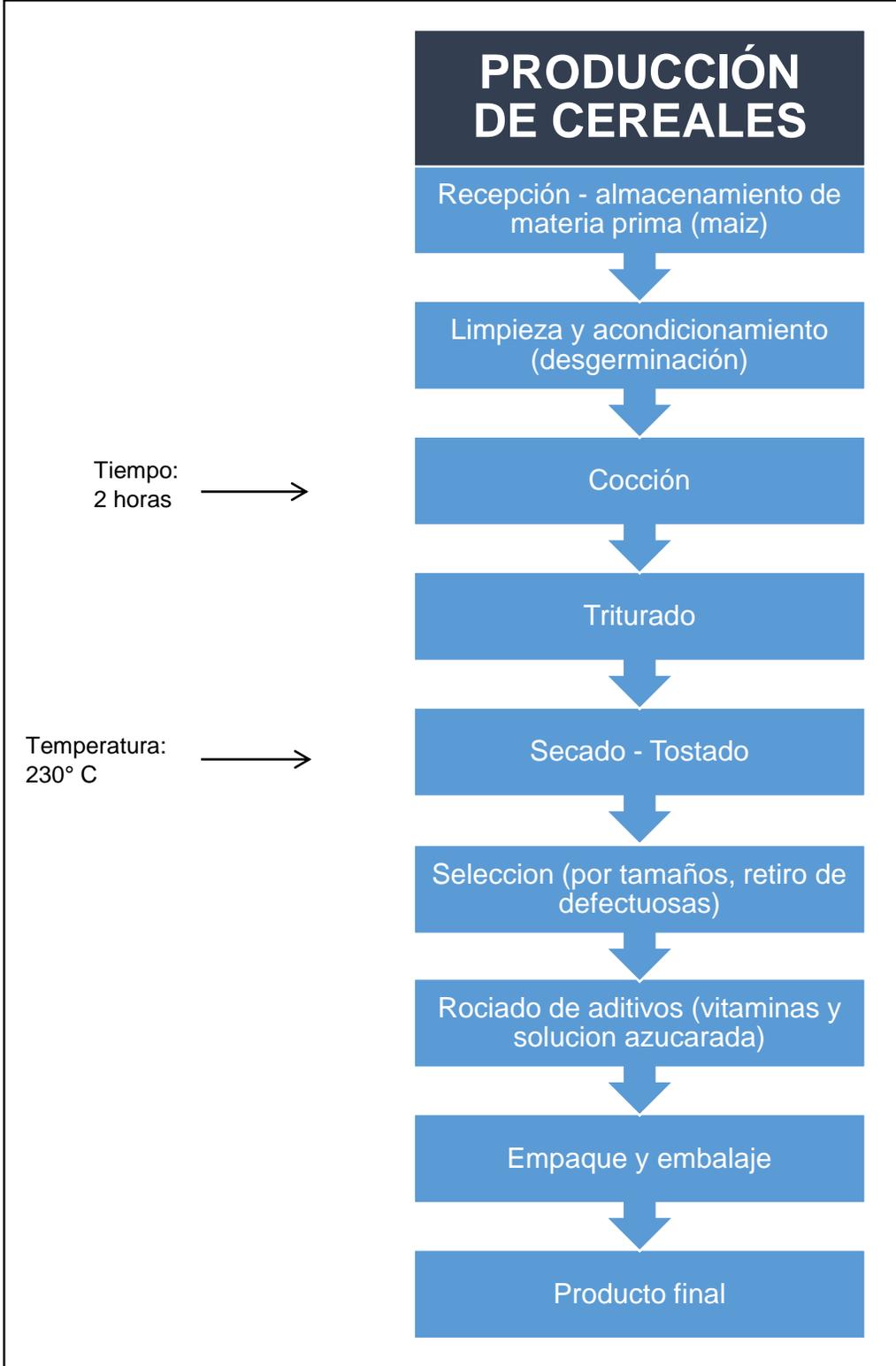
En Estados Unidos, en el año de 1906 la empresa dio a conocer su primera producción de cereales, gracias al trabajo de sus primeros 44 empleados. En 1914 comenzaron a comercializarse en otros países.

En el periodo de 1959 se abre la primera planta en Colombia, localizada en Medellín junto con una empresa que contaba con los requerimientos de una empresa de alimentos y una cadena de distribución. La producción era creciente y vieron conveniente independizarse de dicha compañía, abriendo las puertas en Bogotá en sus propias oficinas, fábrica y bodega. La maquinaria y equipos instalados fueron importada y fue así como iniciaron la producción en la capital del país. En este momento la compañía de cereales está ubicada en la zona industrial de Montevideo en la ciudad de Bogotá. Está dedicada a la producción principalmente de cereales con alto valor nutricional, y avanzando hacia nuevas categorías.

Dentro de sus actividades diarias se encuentra la obtención de los productos en donde el agua se contamina con cargas orgánicas (Demanda química de oxígeno DQO: 16.000 mg O₂/L) y otros sólidos disueltos y en suspensión. Sumado a esto la planta cuenta con un cuarto de lavado en donde se generan asimismo aguas residuales al igual que en la limpieza de los equipos.

Su actividad principal es la producción de cereales, la cual empieza con la recolección y almacenamiento de la materia prima en este caso el maíz, luego la limpieza y acondicionamiento del mismo para convertirlo en el grits por desgerminación (sémolas de maíz), estos se someten a cocción en grandes calderas durante más de 2 horas. Pasado este tiempo son triturados en un tornillo, y luego secados en una zona especial; después de estar ya secos nuevamente son triturados para darle forma a la hojuela y así ser tostadas. A través de una máquina clasificadora se seleccionan por tamaños y se apartan los defectuosos. Se toman las hojuelas adecuadas para ser rociadas con solución azucarada (230°C) y vitaminas, por chorros en un tambor giratorio, para así terminar el producto. Allí se transportan a la zona de empaquetamiento automático (45 bolsas por minuto) y embalaje manual en las cajas, obteniendo el producto final para ser transportado y distribuido. La **Figura 7** presenta el diagrama para la producción de cereales.

Figura 7. Diagrama de producción de cereales.



Si bien, actualmente la empresa cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual, la planta no posee un sistema de tratamiento para el aprovechamiento mismo del agua residual tratada. Hasta octubre del año pasado se trataban 650 m³ de agua en promedio mensual, con el aumento de la producción en los últimos 6 meses se ha visto incrementado el caudal a 864 m³, lo que representa 29 m³ de residuos líquidos diariamente vertidos al sistema de alcantarillado.

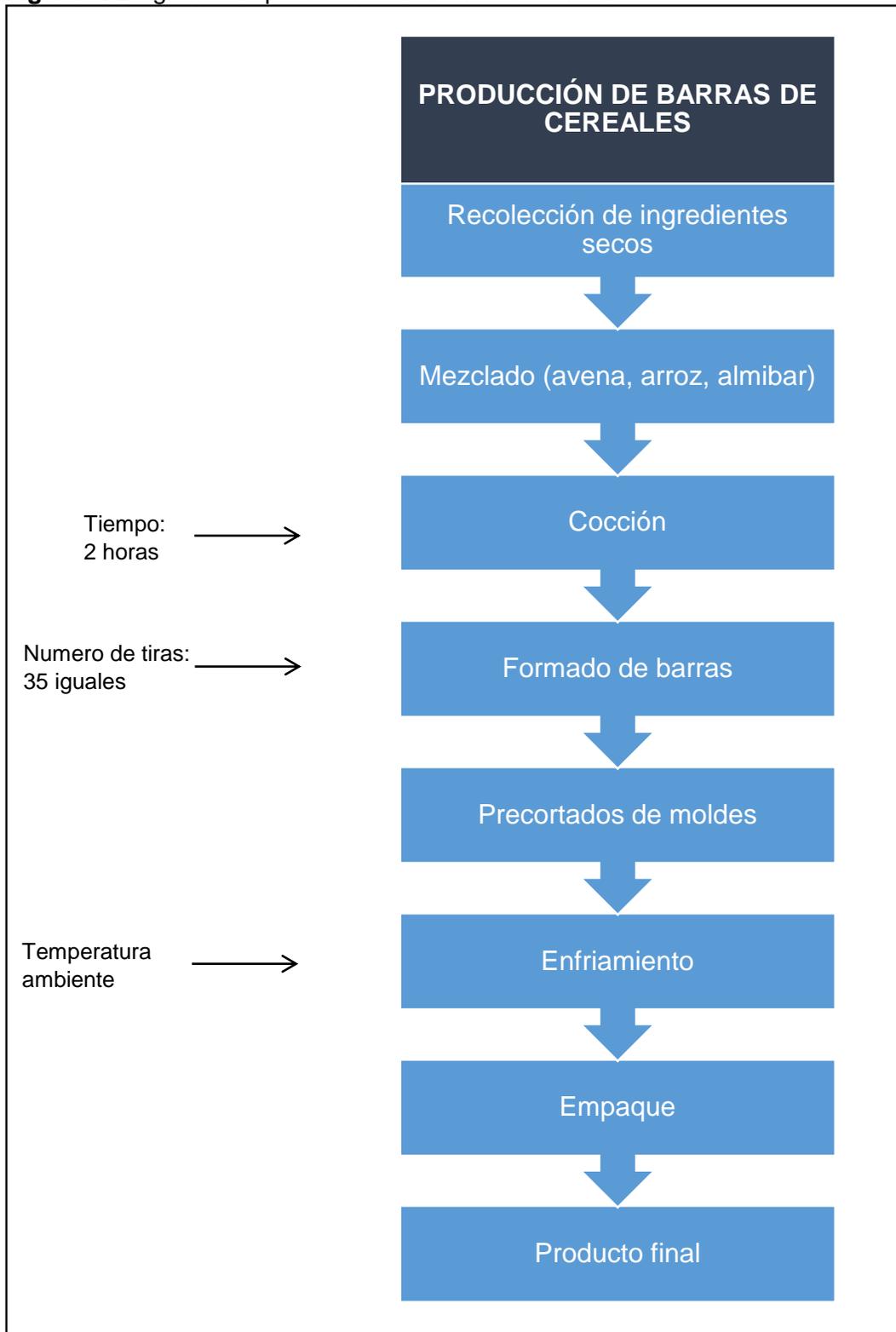
Durante un tiempo se registró un escape de agua en uno de los equipos, lo que evidencia un aumento de agua potable de aproximadamente 300m³ mensuales. A partir de julio del presente año se realiza la reparación del equipo, lo que permite que el caudal vuelva a su normalidad (864m³).

Con este incremento notable en el consumo de agua de vertimiento en la empresa, debe tenerse en cuenta que la normatividad no solo exige bajar concentraciones sino también propone un ahorro en la cantidad de agua que se está generando, debido a la escasez que se ve reflejada en los últimos años en el país.

Para evitar el consumo excesivo de agua habría que disminuir el caudal de agua utilizada en los diferentes procesos, obtener equipos con mayor tecnología y menos consumo de agua y energía, o disminuir la frecuencia del lavado. Sin embargo, todas estas opciones afectarían el proceso de producción.

En esta empresa también se fabrican barras de cereales, para los cuales los ingredientes se mezclan, avena, arroz y almíbar, en una amasadora para ser vertidos en un contenedor que pasa el contenido y lo esparce en una barra deslizadora. Un rodillo comprime la mezcla en cierto grosor y en un separador se dividen 35 tiras iguales, una guillotina corta las barras en trozos del mismo tamaño; estas se alinean en fila para que un rodillo les aplique una capa final de caramelo y por último una máquina embolsa individualmente las barras. La **Figura 8** presenta el diagrama de producción de las barras de cereal.

Figura 8. Diagrama de producción de barras de cereal.



Hoy en día la empresa se encuentra comprometida con el medio ambiente, por lo cual manejan diferentes alternativas de uso de los recursos, por ejemplo, sus empaques son en cartón reciclado, los desperdicios son utilizados para fabricar comida para animales, intentan reducir el mayor porcentaje de energía consumida, y por lo que en el año de 2014 implemento su propia planta de tratamiento de aguas para cumplir con las normas exigidas por las autoridades competentes.

Durante la fabricación de estos artículos se emplea agua tanto en el proceso de producción, como en la limpieza de maquinaria cuando se va a cambiar de producto. El residuo liquido trae consigo contaminantes de tipo orgánico (DQO: 16000 mg/L) y otros sólidos disueltos y en suspensión.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La empresa cuenta con una planta de tratamiento de agua residual, donde el agua llega por gravedad a un pozo primario de 0,70m de ancho * 1,58m de largo * 2,40m de profundidad total y 1,20m de borde libre, para dar paso al pretratamiento.

Características del agua que ingresa a la PTAR, información suministrada por parte de la empresa (manual de operaciones). Ver **Tabla 1**.

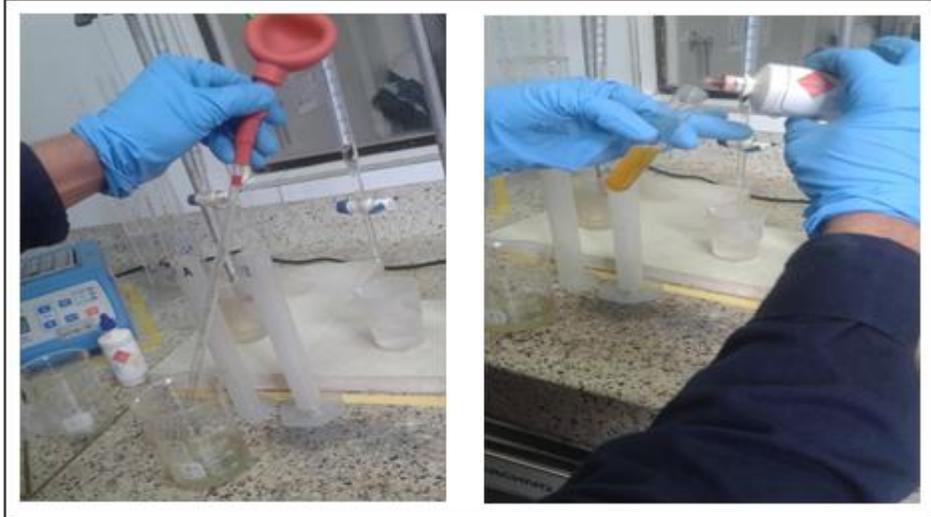
Tabla 1. Características del afluente.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
1. Caudal medio	m ³ /h	5,0
2. Tiempo de Operación	Horas	24
3. Demanda química de O ₂	mg/L	13000
4. Demanda biológica de O ₂	mg/L	9200
5. Sólidos suspendidos totales	mg/L	500
6. pH		2,5 - 4,3
7. Temperatura	°C	20
8. Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	< 20
9. AGVs (Ácidos grasos volátiles)	mg/L	>250

2.1.1 Pretratamiento. Inicialmente el agua es conducida por gravedad desde la planta de producción a la caja primaria de la PTAR, en promedio diariamente llegan 29 m³ de agua residual, allí por medio de bombas el agua es conducida automáticamente a un tamiz con el objetivo de remover partículas mayores a 0,5 mm. Esto ocurre gracias a sensores que emiten una señal cuando el agua llega a cierto nivel dentro del pozo y se activan las bombas.

Los operarios de la PTAR cumplen un papel importante dentro de todo este proceso, cada hora miden pH y temperatura, y alcalinidad, AGVs y DQO cada cuatro horas. Ver **Figura 9**.

Figura 9. Medición de parámetros en laboratorio de la PTAR.



Esta parte del proceso consta de un tamiz estático, una canaleta, una rejilla dos desarenadores, una trampa de grasas, un tanque de contingencia y las unidades de bombeo respectivas. El agua es bombeada hacia el tamiz donde quedan atrapados los sólidos gruesos como arena y otras impurezas, por granulometría. Para mayor cuidado y efectividad del tamiz lo operarios realizan limpieza dos veces al día de este y el cambio de lona (donde quedan atrapados los sólidos más gruesos).

Llega a una reja de desbaste que también retiene sólidos, pasando continuamente por una canaleta, tiene un medidor de flujo que mide el volumen y el caudal con el que ingresa el agua al proceso. Luego el agua llega a un tanque desarenador que remueve las arenas del efluente, y luego pasa por una trampa de grasas, dándole paso al tratamiento biológico.

Adicionalmente, en esta parte del proceso la planta cuenta con un tanque de contingencia, en caso de posibles vertimientos con carga orgánica alta (DQO: 18000 mgO₂/L), para lo cual se ha habilitado un tanque en concreto, anexo al tanque de equalización, donde el agua se almacena para después ser conducida por choque al tanque equalizador y allí ser homogenizada paulatinamente, de manera que no se vea afectado el sistema.

2.1.2 Proceso biológico. Estas aguas pretratadas después de ser tamizadas regresan al pozo primario donde por medio de bombas son llevadas a un tanque de equalización, que tiene como función disminuir los caudales y homogenizar el agua que será ingresada al reactor biológico.

Aquí empieza la primera fase del tratamiento biológico las cuales son hidrólisis que es la ruptura de moléculas grandes a macromoléculas, y acidificación donde se transforma la materia orgánica a ácidos orgánicos. Allí ocurre la homogenización

del agua con los microorganismos a través de agitación, por medio de una mezcla hidráulica que provoca una recirculación por una bomba centrífuga.

En esta parte del proceso se busca remover la materia orgánica presente en el agua; el efluente ingresa por el fondo del reactor biológico, el flujo es ascendente y atraviesa el manto de lodos garantizando así el contacto con los microorganismos donde se degrada a través de la acción de los microorganismos anaerobios, antes pasando por un tanque de ecualización, formando así el tratamiento biológico. El tanque reactor cuenta con un sistema de recirculación que siempre se encuentra activo para evitar la muerte de los microorganismos.

Es necesario acondicionar el efluente con el pH requerido, previo al ingreso del agua al reactor se encuentra ubicado un sensor de pH encargado de revisar este parámetro del agua que debe mantenerse en un valor entre 6,8 y 7,2, si no es así se debe corregir por medio de la inyección automática de solución de Hidróxido de Sodio, a través de una bomba dosificadora, con el fin de mantener buenas condiciones dentro del reactor para el crecimiento de las colonias de bacterias.

Después ocurre la separación del biogás, del agua y de los gránulos de lodo, el agua pasa a un decantador del tipo flujo cruzado, encargado de separar los sólidos.

El agua ingresa a unos canales de salida, y los lodos, por su peso, caen al fondo del decantador para ingresar de nuevo a la zona de manto de lodos por medio de un sistema de bombeo.

Una separación óptima entre la fase líquida y sólida en el decantador, evitará la salida de sólidos en el efluente. Lo que representaría una buena eficiencia del sistema. En caso de ocurrencia de pérdidas viene a representar un valor en DQO y de la misma manera presenta fugas de microorganismos y representaría una baja eficiencia del sistema.

Por último, el agua de las canaletas pasa a una caja de salida que alimenta posteriormente un decantador secundario que es un sistema de pulimento, encargado de eliminar un porcentaje de los sólidos suspendidos totales (SST) al que se puede llamar tratamiento terciario. De la caja de salida del reactor además se succiona agua por medio de bombas encargadas de recircular el efluente tratado, en los casos de no haber vertimiento, o en el inicio del arranque para mantener una velocidad siempre igual en el manto de lodos del reactor.

Durante todo el proceso para llevar un control del buen funcionamiento de la planta los operarios realizan mediciones de los parámetros (pH, temperatura, alcalinidad, DQO, AGVs) que se manejan en los diferentes puntos, donde la temperatura dentro del reactor no puede ser $< 20^{\circ}\text{C}$ y la temperatura de los vertimientos debe ser menor de 40°C . El DQO $< 16000 \text{ mg/L O}_2$ dentro del reactor y en vertimiento $< 600 \text{ mg/L O}_2$. Ver **Figuras 10 y 11**.

Figura 10. Diagrama de proceso de la PTAR.

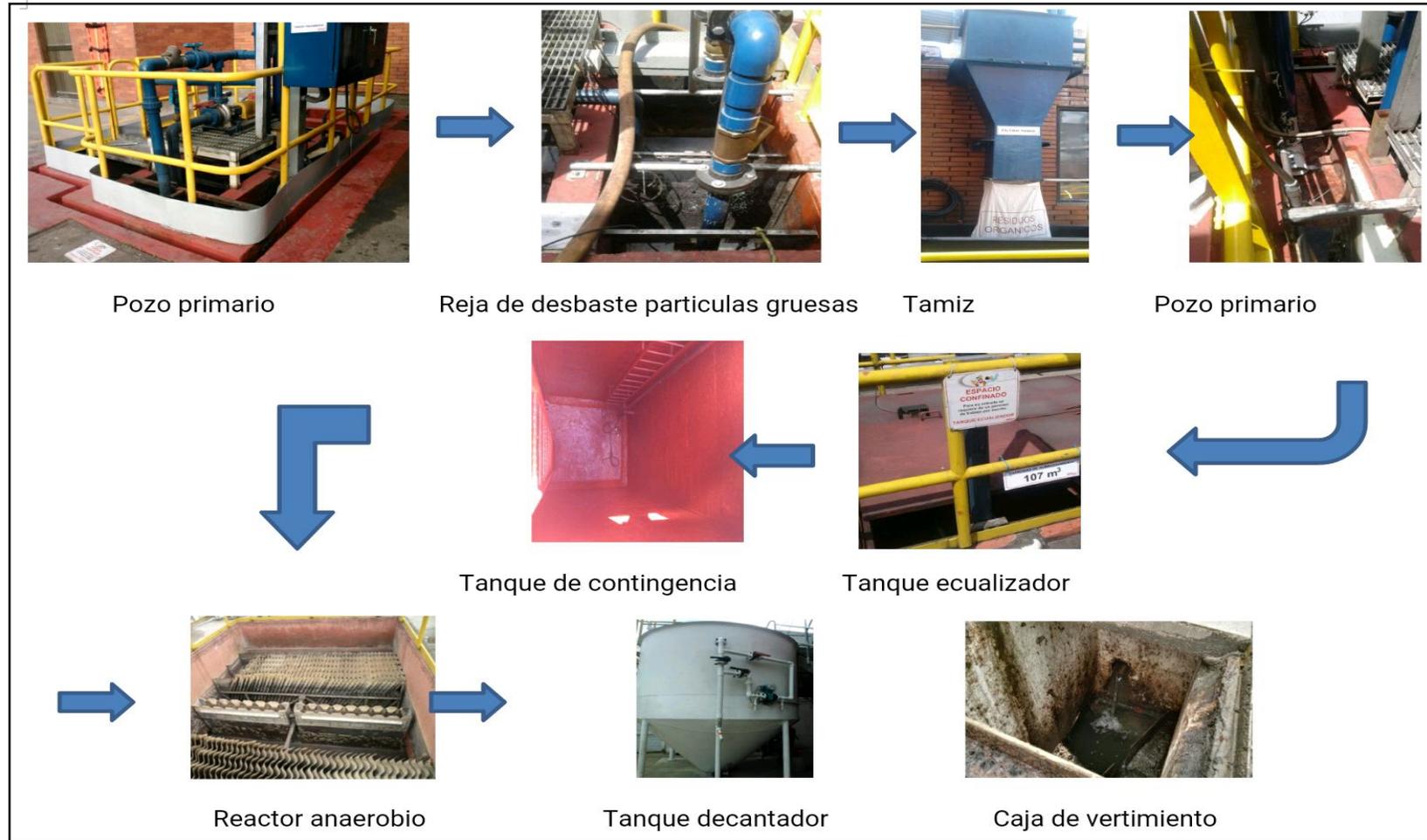
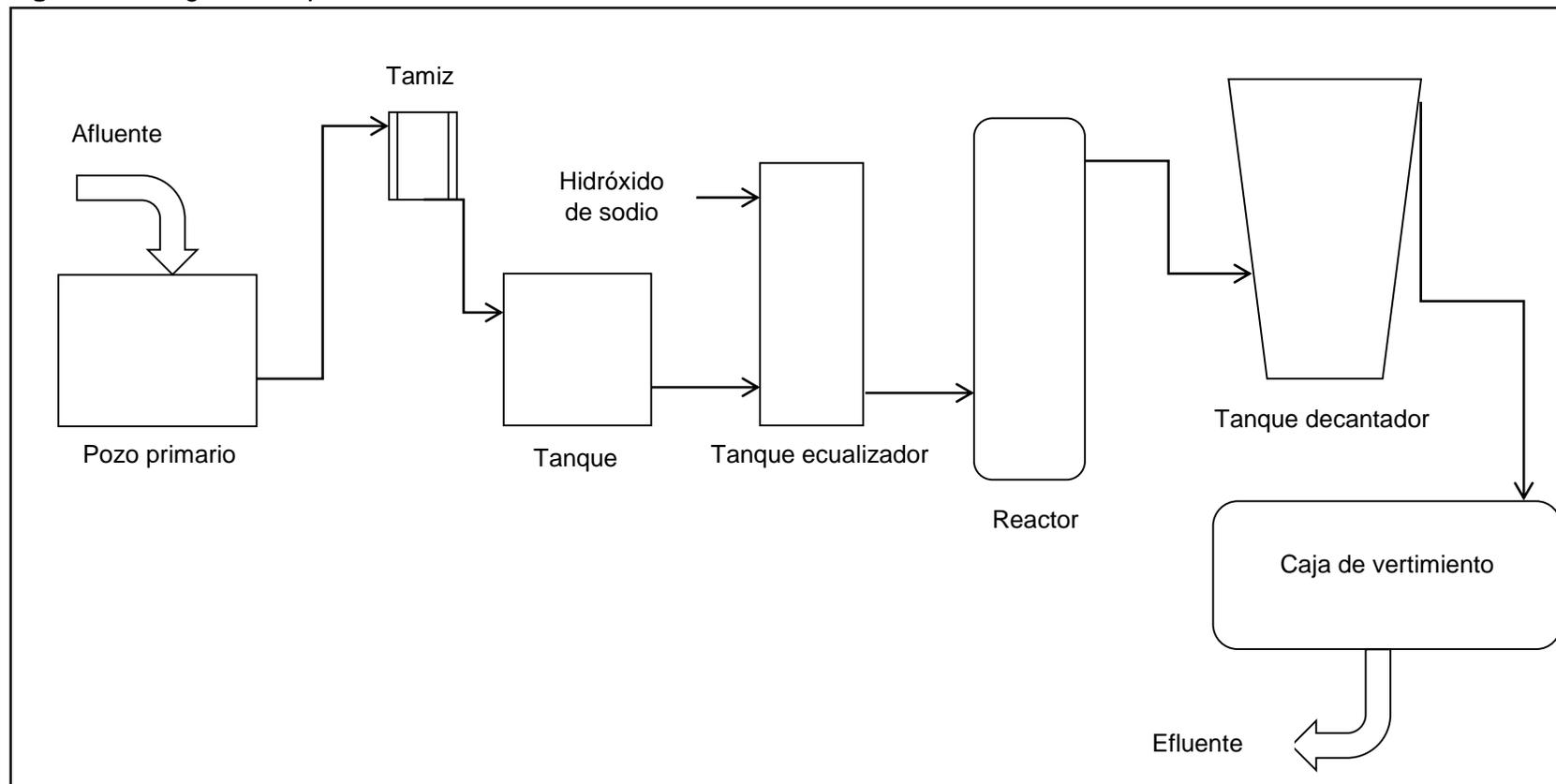


Figura 11. Diagrama de proceso de la PTAR.



Después de este tratamiento, el agua sale de la PTAR a ser vertida directamente al alcantarillado en donde se desecha una elevada cantidad de agua (29m³/día) con la siguiente caracterización presentada en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Caracterización del efluente (Análisis realizado en laboratorio Doctor Calderón).

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
1. DBO 5	mg/L O ₂	86,6
2. DQO	mg/L O ₂	151,2
3. pH		7,96
4. Conductividad	µs/cm	2,24
5. Cloro total	mgCl ₂ /L	< 0,10
6. Helmintos	Huevo/L	1
7. Enterococos	NMP/100mL	<1
8. Coliformes	NMP/MI	< 3
9. Salmonella	NMP/25mL	Ausencia
10. Protozoos	Quiste/L	< 1

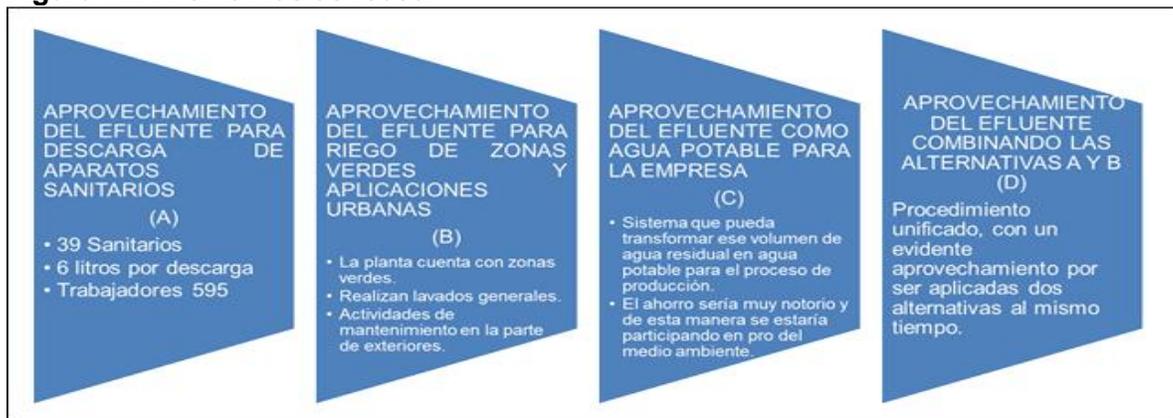
La caracterización del afluente se realizó tomando muestras del agua en la PTAR y fueron llevadas a un laboratorio externo llamado Doctor Calderón Laboratorios Ltda. Los resultados fueron conocidos después de ocho días hábiles según el protocolo que maneja el laboratorio.

3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Teniendo en cuenta que la empresa se dedica únicamente a la fabricación de cereales, la potabilización del agua también es tomada como alternativa de reúso en la planta de producción, y las otras alternativas seleccionadas son para reutilizar el agua que sale de la PTAR en exteriores. Dichas alternativas se tienen en cuenta según las necesidades y restricciones de la empresa, junto con las exigencias de la resolución 1207/14, la cual brinda una guía sobre el reúso de aguas tratadas.

Dentro de las alternativas escogidas se encuentra el reúso del agua para riego de zonas verdes, descarga de inodoros y aprovechamiento como agua potable. Para el tratamiento de esta agua se debe tener en cuenta parámetros como el color, el olor, la turbiedad, materia orgánica, sólidos suspendidos y los exigidos en la norma 1207 de 2014. Ver **Figura 12**.

Figura 12. Alternativas de reúso.



- **Aprovechamiento del efluente para descarga de aparatos sanitarios (A).** Es tomada como alternativa ya que la zona de contratistas cuenta con sanitarios de contratistas para hombres y mujeres separadamente, los guardas de seguridad cuentan asimismo con sanitarios, adicional hay un edificio de salas de juntas igualmente cuenta con sanitarios, otra parte de la empresa donde se encuentra la planta y la parte administrativo cuenta con otros sanitarios. El uso de estos es frecuente tanto en turno diurno como turno nocturno, su uso es periódico por los contratistas fijos y por los subcontratados y adicional por los trabajadores y operarios de planta y oficinas.

En su totalidad la planta cuenta con 39 sanitarios, teniendo en cuenta que por descarga el consumo de agua es de 6 litros y haciendo un aproximado con el número de trabajadores en ambos turnos se tiene un valor aproximado de consumo mensual de 321.300 L (321,3 m³), si se implementa esta alternativa el ahorro será muy significativo. Ya que el metro cubico de agua está costando alrededor de \$6.555,65 en la zona donde se encuentra ubicada la empresa (este

valor tomado de la página de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá, **Anexo F**), lo que quiere decir que se estaría ahorrando aproximadamente \$ 2'106.330,35/mes.

- **Aprovechamiento del efluente para riego de zonas verdes y aplicaciones urbanas (B).** Es una de las alternativas planteadas ya que la planta cuenta con zonas verdes, se realizan lavados generales (ventanas, casinos, pisos de la PTAR y centro de acopio de residuos) y actividades de mantenimiento en la parte de exteriores de la planta, se establece el agua necesaria en estas actividades para verificar que la alternativa planteada es viable, gracias a la información aportada por los contratistas encargados de servicios generales y el auxiliar de medio ambiente se consumen en estas actividades 450 m³ aproximadamente.
- **Aprovechamiento del efluente para agua potable para la empresa (C).** El agua potable es consumida principalmente en los procesos de producción de cereal y barras de cereal, dentro de estas actividades se gasta bastante agua, por esta razón es interesante contar con un sistema que pueda transformar ese volumen de agua residual en agua potable, para recompensar con esta misma agua y no tener necesidad de pagar más.
- **Aprovechamiento del efluente combinando las alternativas A y B (D).** Dentro de un mismo sistema sale el agua para aprovechamiento del efluente en descarga de aparatos sanitarios, y riego de zonas verdes y aplicaciones urbanas.

Es una buena alternativa, sin embargo, el proceso de implementación es demorado, junto con la operación técnica por el área y toda la estructura necesaria. Por lo anterior esta alternativa no es considerada dentro la matriz, por ser preferible tomarlas por separadas.

3.1 MATRIZ DE DECISIÓN

Para el desarrollo de la selección de la alternativa es necesario usar una matriz de selección que nos permite organizar y comparar los factores con mayor relevancia para la empresa, se evalúan los siguientes parámetros de acuerdo a los requerimientos de la empresa:

- Seguridad industrial y área disponible.
- Costos: inversión, operación, mantenimiento.
- Porcentaje de remoción.
- Operación técnica.
- Tiempo de implementación.

El **Cuadro 1** presenta la matriz de decisión para la selección de la alternativa.

Cuadro 1. Matriz de decisión, selección de alternativa.

FACTORES/ ALTERNATIVA	APROVECHAMIENT O DESCARGA DE SANITARIOS (A)	APROVECHAMIENT O RIEGO DE ZONAS VERDES Y APLICACIONES URBANAS (B)	APROVECHAMIENTO COMO AGUA POTABLE (C)
Costo de inversión	3 (más viable)	2	1 (menos considerada)
Costo de operación	3	3	3
Costo de mantenimiento	3	3	3
% eficiencia de remoción	2	2	3
Seguridad industrial	3	3	3
Área disponible que requiere	3	3	1
Disponibilidad operativa	3	3	3
Aprovechamiento	2	2	3
Tiempo de implementación	3	2	1
TOTAL	25	23	21
ALTERNATIVA ELEGIDA	1	2	3

Se evalúan estos nueve factores según las necesidades de la empresa.

La matriz se maneja en una escala de 1 a 3, ya que son tres alternativas de reúso, y esto facilita la manera de apreciar y calificar cada factor. Siendo el 3 la consideración más viable, y el 1 la opción menos considerada, teniendo en cuenta los recursos de la empresa.

“Con respecto a los resultados obtenidos en cuanto a costos de inversión tenemos que las alternativas A y B son más económicas de acuerdo a la cotización que entrega la empresa y el valor del proceso de osmosis inversa”³⁰. Pero en costos de operación y mantenimiento las tres alternativas se califican con el mismo valor, ya que dentro del mantenimiento de los procesos en cada una de estas sólo se hace cambio a los lechos filtrantes y a los cartuchos del equipo en el caso de potabilización por osmosis inversa.

El puntaje que se asignó a la celda de aprovechamiento agua potable (C) en cuanto a porcentaje de remoción es mayor con respecto a las otras dos alternativas, ya que en la potabilización del agua la remoción de contaminantes es en la mayoría de veces cercano al 98 % teniendo en cuenta que la norma de potabilización exige

³⁰ BOTTLED WATER MACHINE. Water treatment. Disponible en: <http://www.bottledwatermachine.es/1-water-treatm-ent-12000-1f.html>.

valores bajos en todos los parámetros y esto permite alcanzar porcentajes de remoción altos. En cuanto a las celdas A y B teniendo como referencia los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio con los parámetros evaluados (color, cloro libre, turbidez, hierro, conductividad, DQO y sólidos suspendidos) se evidencia que el porcentaje de remoción alcanza hasta un 87% en el parámetro de turbidez, siendo este el parámetro con mayor remoción.

Teniendo en cuenta el ítem de área disponible que se requiere se le da a la alternativa C la menor calificación, ya que un equipo de osmosis inversa tiene dimensiones de más de 3m de largo¹² y esto obliga a tener un área mayor a la de las otras dos alternativas (A y B).

Evaluando el tiempo de implementación las alternativas A y B son las que menos tiempo requieren para ponerlas en funcionamiento, teniendo en cuenta que la empresa tiene a su disposición los filtros, el producto y los equipos requeridos, adicional sería un sistema sencillo de implementar. A diferencia de la alternativa para potabilizar el agua, ya que, para esta, se requiere un equipo de osmosis inversa y el tiempo de entrega e instalación atrasaría la puesta en marcha. En cuanto a la disponibilidad operativa para las alternativas A y B no es necesario incrementar el número de operarios en la planta, pero si vemos la opción C tendríamos que tener disponibilidad de otro operario ya que los parámetros a analizar aumentarían y las dosificaciones de producto también aumentarían.

La empresa muestra mayor interés por la alternativa (A) ya que es un sistema efectivo y económico, ellos conocen sus consumos de agua en descarga de inodoros y es considerable el agua que se estaría tratando para reúso.

En cuanto al puntaje que nos resulta de la alternativa de riego de zonas verdes y zonas urbanas (B), en la matriz, se puede decir que presenta ventajas al igual que la alternativa (A) se podrían estar combinando las dos alternativas, ya que el agua proveniente de la PTAR es aproximadamente 800m³ mensuales y el uso que se le daría en los baños es aproximadamente 320m³, al combinarlas el aprovechamiento del agua sería significativo que es lo que la empresa busca en este momento, disminuir el consumo del agua proveniente de la empresa de acueducto de Bogotá.

La alternativa de aprovechamiento del recurso como agua potable, lleva la idea de purificar el agua residual para hacer posible su reúso dentro del mismo proceso de producción de la empresa. Por ser el proceso en el que más se evidencia consumo de agua, se tendría un aprovechamiento significativo.

La matriz de decisión permite definir que el agua recuperada será usada principalmente para la descarga de sanitarios, con posibilidad de tomar también la alternativa de riego y lavado de exteriores para ser desarrolladas conjuntamente, siendo las alternativas que mejor resultados mostraron en cuanto a viabilidad. Son

procesos efectivos y más económicos en comparación a la otra, lo cual beneficia los intereses de la empresa para ser elegida esta alternativa de reúso.

A la empresa en este momento le interesa una inversión baja para poder conseguir un beneficio de ahorro en el consumo de agua del acueducto.

Teniendo en cuenta la alternativa seleccionada se procede a comparar los resultados de los parámetros del efluente analizados en el laboratorio Dr. Calderón Labs Ltda. con los valores que exige la norma de reúso, Resolución 1207/14 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ver **Tabla 3**.

Tabla 3. Comparación de parámetros de agua caracterizada con la resolución 1207 de 2014.

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	VALOR PERMISIBLE
1. DBO 5	mg/L O ₂	86,6	-
2. DQO	mg/L O ₂	151,2	-
3. pH		7,96	6 – 9
4. Conductividad	Ms/cm	2,24	1500
5. Cloro total	mgCl ₂ /L	< 0,10	< 1
6. Helmintos	Huevo/L	1	1
7. Enterococos	NMP/100mL	<1	10
8. Coliformes	NMP/MI	< 3	100
9. Salmonella	NMP/25MI	Ausencia	0,25
10. Protozoos	Quiste/L	< 1	1

Analizando los resultados de laboratorio se puede observar que el agua residual tratada que sale de la planta de tratamiento viene ya con una gran reducción de la contaminación gracias al tratamiento biológico al que es sometido en la PTAR. Sin embargo, se deben tener en cuenta parámetros importantes para el reúso del agua como color, olor y turbidez debido a la presencia de sólidos en suspensión que también se deben someter a una reducción para poder darle mejor apariencia al agua que se desea recuperar.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Con respecto al tipo de contaminación y las características del agua a continuación se muestra la propuesta de tratamiento elegida, teniendo en cuenta las alternativas seleccionadas y las necesidades de aprovechamiento de las mismas.

Para el desarrollo de dicha propuesta es importante tener en cuenta los parámetros a controlar y mejorar, que en este caso se habla del color que es una característica indispensable de evaluar en este proceso, está asociado íntimamente a la turbiedad del agua que se debe a los componentes de la materia orgánica presente en la muestra. La turbidez puede valorarse de manera óptica teniendo en cuenta la resistencia de la muestra de agua al dispersar la luz, debido a partículas en suspensión, sin embargo, también se valora cuantitativamente.

El pH Indica la alcalinidad o acidez de la sustancia, con respecto al número de iones libres de hidrógeno, está comprendido en dos rangos. De 0 a 7 es un estado ácido, y de 7 a 14 cuando la sustancia es alcalina, lo que da a entender que el agua a tratar es alcalina por manejar un pH alrededor de 7,6.

La presencia de materia orgánica (DBO y DQO), la demanda de cloro y sólidos suspendidos también se deben remover para cumplir la norma (Resolución 1207 de 2014) que rige la reutilización del agua en estas alternativas.

Para darle cumplimiento a estos parámetros, es necesario hablar de una clarificación del agua, la que esclarece el color a través de la remoción de la turbiedad por medio de coagulantes y floculantes, donde las partículas se agrupan y forman flóculos que se precipitan al fondo, por medio de un test de jarras. Esto debe someterse a sedimentación que posibilita la remoción de sólidos suspendidos presentes en el agua, y luego filtrarse, lo que permite retirar mayor cantidad de materia orgánica, modificando las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua.

“La clarificación es un proceso utilizado tanto en sistemas de tratamiento de aguas municipales con el fin de obtener agua potable para consumo humano, como en sistemas de tratamiento de aguas industriales que comprenden el tratamiento individual del agua proveniente de acueductos municipales de acuerdo con su uso final, ya sea agua para elaboración de bebidas o alimentos, generación de vapor o circuitos de refrigeración, lavado de envases, etc.”³¹.

Dentro del proceso se deben investigar las características del agua residual y tratada, variables de operación y las dosis de los químicos. En la clarificación del

³¹ COGOLLO FLÓRES, Juan Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso del hidroxiclورو de aluminio. 2010.

agua se describen y evalúan variables físicas como el color y olor de agua, y químicas como el pH, la turbiedad, y sólidos suspendidos.

A continuación, se describe de manera detallada el proceso realizado para el desarrollo de las pruebas que permiten un ajuste a los parámetros para reparar el efluente.

4.1 TEST DE JARRAS

El test de jarras proporciona la dosificación, el orden de adición, las velocidades de mezcla y los tipos de coagulante y floculante a usar en el desarrollo del proyecto.

Pasos para el test de jarras:

- Realizar la preparación de los coagulantes y floculantes.
- Seleccionar la cantidad de muestra a evaluar.
- Mezclar los coagulantes en diferentes dosis.
- Mezclar volumen determinado de los floculantes.
- Dejar sedimentar.
- Tomar muestras y reconocer el color del agua, el nivel de turbidez, el pH y la alcalinidad

4.1.1 Equipo de jarras. Está compuesto de cierta cantidad de unidades de tratamiento paralelas, cada una con agitador y regulador de velocidad para mezclado rápido (Coagulación) o lento (Floculación) dependiendo de la etapa del proceso. Y dispone de un controlador de tiempo. Ver **Figura 13**.

Figura 13. Equipo de jarras de cuatro vasos de precipitado. Tratamiento de Aguas y Servicios Afines.



PRO QUIMÍCA. Servicios. Disponible en: http://www.proeq-equipos.com/old/proquimica_servicios.html. Consultado en: 20 de Abril de 2016.

4.2 EVALUACIÓN DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Se realiza evaluación de coagulante y floculante en el punto del efluente de la PTAR ya que el agua a reusar es la que se está vertiendo. No es conveniente realizar dosificación de productos químicos en otro punto ya que los microorganismos del reactor pueden sufrir cambios y alterar las condiciones del sistema.

Considerando que el agua que se evalúa es proveniente de una planta de alimentos se eligieron los siguientes productos químicos a diferentes dosificaciones, con el propósito de elegir el que mejor porcentaje de remoción presente. A continuación en el **Cuadro 2**, se describen los productos a ensayar.

Cuadro 2. Productos a evaluar.

Producto	Composición	Proceso
Lipesa-AC005	Policloruro de Aluminio	Coagulación
Lipesa-AC007	Sulfato de Aluminio	Coagulación
Lipesa-AC011	Cloruro Férrico	Coagulación
Lipesa-1521M	Polímero floculante aniónico alto	Floculante
Lipesa-1538	Polímero floculante aniónico bajo	Floculante
Lipesa-1564	Polímero floculante catiónico	Floculante

Teniendo en cuenta que la empresa Lipesa Colombia SA. es la encargada de manejar la planta de tratamiento de agua residual en la empresa de cereales, y que son fabricantes y distribuidores de productos químicos para este tipo de procesos, se toman en cuenta para analizar solamente los productos mencionados anteriormente en el **Cuadro 2**, gracias al convenio que se maneja entre las dos empresas.

4.2.1 Coagulantes. Para la preparación de los coagulantes se toman 10 mL de cada coagulante líquido (puro), completando con agua potable hasta 100 mL cada mezcla (acondicionados al 10%), se agitan hasta tener una solución homogénea (Según manual de operaciones de la empresa).

El Policloruro de Aluminio (sal inorgánica), conocido como PAC, es uno de los coagulantes más comunes para retirar material coloidal, usado en aguas de baja o alta turbiedad, junto con el Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$) que reacciona con los fosfatos y donde el intervalo de pH óptimo es amplio de 4 a 11. Ayuda a controlar las bacterias y es de bajo costo. Y el Cloruro férrico ($FeCl_3$) el cual se puede trabajar a diferentes pHs (4,8 – 11). Es bastante trabajado a nivel industrial por su alta excelencia en remoción de material orgánico para la potabilización del agua.

4.2.2 Floculantes. Al momento de preparar los floculantes se toman 0,5 gramos del floculante puro en presentación granulada y se llevan a volumen de 500 mL con agua potable, lo que se entiende por preparación al 0,1% (Según manual de operaciones de la empresa).

Los floculantes aniónicos son distinguidos por contener carga eléctrica negativa que posibilitan la adsorción.

Los polímeros floculantes catiónicos son grupos ionizados positivamente que permiten clarificar aguas, de baja turbiedad y notable color, contaminadas por coloides y sólidos en suspensión.

Los productos son acondicionados a las concentraciones anteriormente especificadas (Coagulantes 10% y floculantes 0,1%) por estandarización de la empresa a nivel de laboratorio.

4.2.3 Descripción del procedimiento. En la primera parte se evalúan los tres coagulantes presentados en el **Cuadro 2** a diferentes concentraciones teniendo en cuenta los siguientes parámetros de rápida medición:

- pH.
- Turbidez.
- Color.
- Tiempo de sedimentación.

En la segunda parte se elegirá el coagulante que menor turbidez presente y se procede a variar sus concentraciones de dosificación, para seleccionar el producto. Conjuntamente se elegirá el floculante variando su concentración y así elegir simultáneamente los dos productos que mayor porcentaje de remoción presentan.

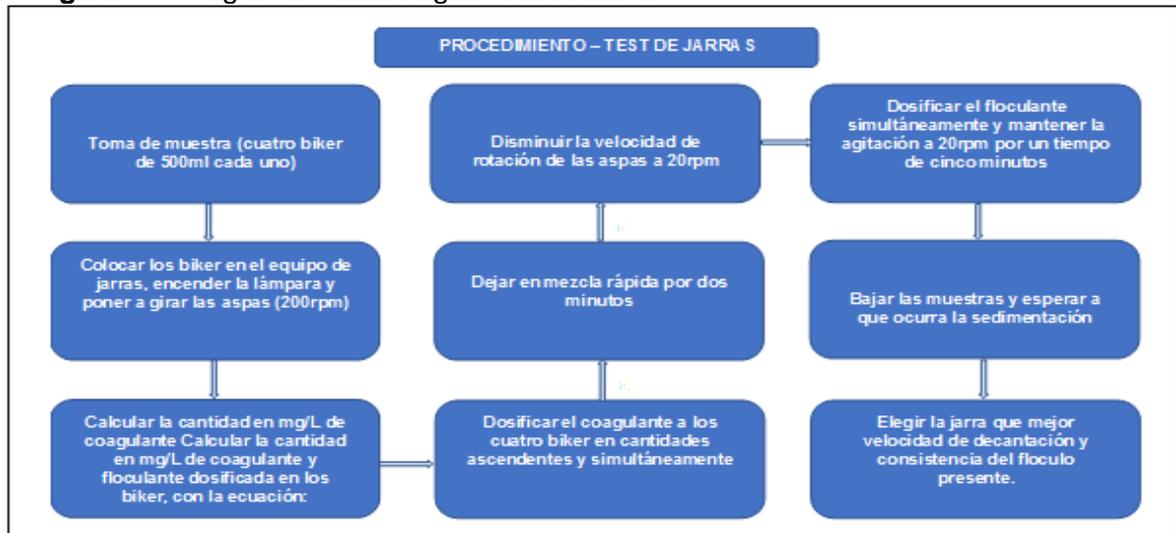
4.3 METODOLOGÍA

Inicialmente se toman beakers con 500 mL de agua residual tratada, se incorporan en el equipo a girar a 200 rpm, se agregan las dosificaciones de los productos seleccionados primero el coagulante y se deja en mezcla rápida de 2 minutos, posteriormente se baja la revolución de mezclado a 20 rpm y se agrega el polímero con las dosificaciones a evaluar, esto por un periodo de 5 minutos. Finalmente se procede a dejar sedimentar las muestras por un periodo de 10 minutos aproximadamente. Las concentraciones a las cuales se evalúan los productos fueron 500, 600 y 700 mg/L en cuanto a los coagulantes y para los floculantes se usan dosificaciones de 1, 2, 4 y 6 mg/L (Por solicitud de guía de la empresa). Dentro de cada prueba realizada se debe variar solamente la dosificación de una de los dos productos evaluadas. Esta información de acuerdo a “Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua”³². Para el cálculo de las concentraciones de coagulante y floculante se usa la ecuación y procedimiento que se encuentra en el **Anexo B**.

³² Arboleda Valencia, J.A.: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua, CEPIS, Lima, Perú, 1972.

Los parámetros como pH y sólidos suspendidos varían según las condiciones, por esta razón es necesario contar con un multiparámetro para ir controlando el pH al momento de manipular las muestras. Ver **Figura 14**.

Figura 14. Diagrama Metodología Test de Jarra.



4.4 EVALUACIÓN EXPERIMENTAL- TEST DE JARRAS

De acuerdo a los resultados de laboratorio en el diagnóstico del agua residual tratada y con el estudio realizado en cuanto a las posibles propuestas de tratamiento se encuentra que se debe remover color, olor, turbidez y parámetros microbiológicos. Se empieza evaluando a nivel laboratorio coagulante y floculantes por medio de pruebas de jarras, para determinar el producto a utilizar y la mejor dosis de cada uno de estos.

4.4.1 Resultados y análisis de test de jarras.

- **Evaluación de coagulantes.** Se ponen a prueba tres tipos de coagulantes diferentes con el mismo floculante (polímero 1538). Ver **Figura 15**.

Figura 15. Prueba de coagulantes sulfato de aluminio, policloruro de aluminio y cloruro férrico.



Posteriormente se deja sedimentar las muestras y se procede a hacer la medición de pH, hacer el cálculo de las concentraciones de producto en mg/L y así elegir la mejor muestra para ser llevada al laboratorio y realizar análisis de otros parámetros (cloro libre, color, turbidez, hierro, DQO y solidos suspendidos). Ver **Tabla 4**.

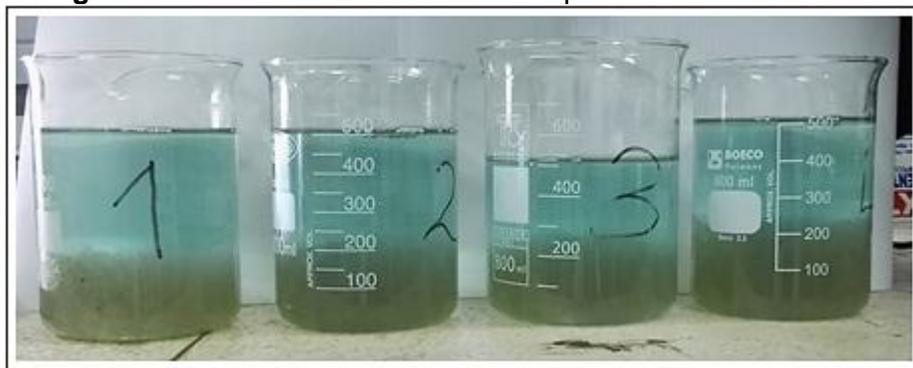
Tabla 4. Resultados de prueba de coagulantes sulfato de aluminio, policloruro de aluminio y cloruro férrico.

# JARRA	1	2	3
pH	7,3	7,5	7,2
Coagulante	AC 005 (Pg.52)	AC 007	AC 011
Dosis mg/L	1000	1000	1000
Floculante	Polímero 1538(Pg.52)	Polímero 1538	Polímero 1538
Dosis mg/L	1	1	1

Tomamos la jarra número 3 (resaltada en color verde) como la mejor.

Se seleccionan los dos mejores y se procede a variar sus dosificaciones como se muestra en la **Figura 16**.

Figura 16. Variación de dosificación de policloruro de aluminio.



Posteriormente se deja sedimentar las muestras y se procede a hacer la medición de pH, hacer el cálculo de las concentraciones de producto en mg/L y así elegir la mejor muestra para ser llevada al laboratorio y realizar análisis de otros parámetros (cloro libre, color, turbidez, hierro, DQO y solidos suspendidos) Teniendo en cuenta que se varia las concentraciones de coagulante policloruro de aluminio. Ver **Tabla 5**.

Tabla 5. Resultados de variación de policloruro de aluminio.

# JARRA	1	2	3	4
pH	7,3	7,3	7,2	7,2
Coagulante	AC 005	AC 005	AC 005	AC 005
Dosis mg/L	960	1000	1100	1200
Floculante	Polímero 1538	Polímero 1538	Polímero 1538	Polímero 1538
Dosis mg/L	2	2	2	2

Se considera la casilla de color verde la mejor jarra.

De los resultados obtenidos en laboratorio, se toman muestras de las mejores jarras y se llevan a laboratorio para medir parámetros como color, turbidez, cloro libre, conductividad, sólidos suspendidos, hierro y DQO. Ver **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Resultados de laboratorio ensayo de jarras Floculante 1538.

ENSAYO DE JARRAS			
Fecha de elaboración	21-OCT	Hora	2:00PM
Jarra	1	2	3
Tipo de coagulante	Policloruro de Aluminio	Cloruro Férrico	Cloruro Férrico
Dosificación de coagulante (mg/L)	1100	600	700
Tipo de floculante	Lipesa-1538	Lipesa-1538	Lipesa-1538
Dosificación de floculante (mg/L)	2	4	6
pH inicial	7,8	7,3	7,0
pH Final	7,2	7,2	7,2
Color Inicial (Pt-Co)	461	461	461
Color Final (Pt-Co)	77	381	431
Porcentaje de remoción (%)	83,29	17,35	6,5
Turbidez Inicial (UNT)	49	49	49
Turbidez Final (UNT)	3	33	35
Porcentaje de remoción (%)	67,34	32,65	28,57
Cloro libre Inicial	0,33	0,33	0,33
Cloro libre Final	0,05	0,02	0,02
Porcentaje de remoción (%)	84,84	84,84	93,93
Solidos suspendidos Inicial (mg/L)	49	49	49
Solidos suspendidos Final (mg/L)	16	33	33
Porcentaje de remoción (%)	67,34	32,64	32,65
Hierro Inicial	2,69	2,69	2,69
Hierro Final	0,16	2,63	3,24
Porcentaje de remoción (%)	94,05	2,23	-20,44
DQO Inicial (mgO₂/L)	370	370	370
DQO Final (mgO₂/L)	400	450	370
Porcentaje de remoción (%)	-8,1	-21,62	0

En la tabla 6 inicialmente se evidencia que el producto que mayor porcentaje de remoción presenta es el usado en la Jarra 1, pero en los resultados finales del parámetro de DQO se ve reflejado un aumento en las tres pruebas. Por esta razón es necesario poner a prueba otros tipos de floculantes y diferentes dosificaciones.

- Se evalúa el coagulante cloruro férrico con diferentes dosificaciones y el mismo floculante inicial. Ver **Figura 17**.

Figura 17. Variación de dosificación de cloruro férrico.



Posteriormente se deja sedimentar las muestras y se procede a hacer la medición de pH, hacer el cálculo de las concentraciones de producto en mg/L y así elegir la mejor muestra para ser llevada al laboratorio y realizar análisis de otros parámetros (cloro libre, color, turbidez, hierro, DQO y solidos suspendidos) Teniendo en cuenta que se varia las concentraciones de coagulante cloruro férrico. Ver **Tabla 6**.

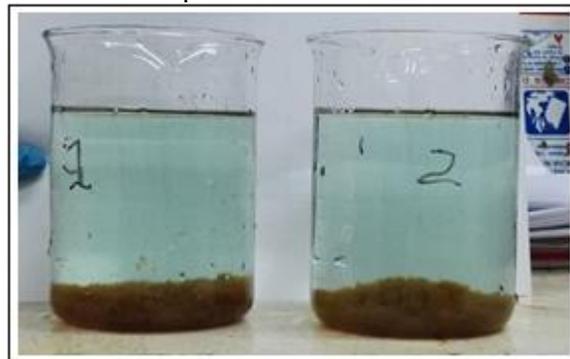
Tabla 6. Resultados de variación de cloruro férrico.

# JARRA	1	2	3	4
pH	7,3	7,3	7,2	7,4
Coagulante	AC 011	AC 011	AC 011	AC 011
Dosis mg/L	200	600	1000	1400
Floculante	Polímero 1538	Polímero 1538	Polímero 1538	Polímero 1538
Dosis mg/L	2	2	2	2

Teniendo en cuenta la mejor jarra, resaltada en color verde.

Se procede a evaluar la dosificación del floculante con la misma dosificación del coagulante. Ver **Figura 18**.

Figura 18. Variación de dosificación de floculante polímero 1538.



Posteriormente se deja sedimentar las muestras y se procede a hacer la medición de pH, hacer el cálculo de las concentraciones de producto en mg/L y así elegir la mejor muestra para ser llevada al laboratorio y realizar análisis de otros parámetros (cloro libre, color, turbidez, hierro, DQO y solidos suspendidos) Teniendo en cuenta que se varia las concentraciones de floculante polímero 1538. Ver **Tabla 7**.

Tabla 7. Resultados de variación de floculante polímero 1538.

# JARRA	1	2
pH	7,2	7,3
Coagulante	AC 011	AC 011
Dosis mg/L	700	700
Floculante	Polímero 1538	Polímero 1538
Dosis mg/L	4	6

La casilla subrayada en verde es la escogida.

Se evalúa otro floculante que presente mejores resultados de sedimentación y consistencia del floc. Ver **Figura 19**.

Figura 19. Variación de dosificación de floculante polímero 1521.



Posteriormente se deja sedimentar las muestras y se procede a hacer la medición de pH, hacer el cálculo de las concentraciones de producto en mg/L y así elegir la mejor muestra para ser llevada al laboratorio y realizar análisis de otros parámetros (cloro libre, color, turbidez, hierro, DQO y solidos suspendidos) Teniendo en cuenta que se varia las concentraciones de floculante 1521. Ver **Tabla 8**.

Tabla 8. Resultados variación de floculante polímero 1521.

# JARRA	1	2	3	4
pH	7,2	7,2	7,4	7,3
Coagulante	AC 011	AC 011	AC 011	AC 011
Dosis mg/L	700	700	700	700
Floculante	Polímero 1521	Polímero 1521	Polímero 1521	Polímero 1521
Dosis mg/L	2	4	6	8

Donde la jarra #1 fue la de mejores resultados.

De los resultados obtenidos en laboratorio, se toman muestras de las mejores jarras y se llevan a laboratorio para medir parámetros como color, turbidez, cloro libre, conductividad, sólidos suspendidos, hierro y DQO. Ver **Cuadro 4**.

Cuadro 4. Resultados de laboratorio ensayo de jarras.

ENSAYO DE JARRAS			
Fecha de elaboración	26-oct	Hora	2:00pm
Jarra	1	2	3
Tipo de coagulante	Policloruro de Aluminio	Cloruro Férrico	Policloruro de Aluminio
Dosificación de coagulante (mg/L)	1100	400	10500
Tipo de floculante	Lipesa-1538	Lipesa-1521M	Lipesa-1521M
Dosificación de floculante (mg/L)	10	8	8
pH inicial	7,7	7,8	7,9
pH Final	7,2	7,3	7,3
Color Inicial (Pt-Co)	405	465	465
Color Final (Pt-Co)	98	186	40
Porcentaje de remoción (%)	75,8	60	91,39
Turbidez Inicial (UNT)	43	51	51
Turbidez Final (UNT)	8	19	1
Porcentaje de remoción (%)	81,39	62,74	98,03
Cloro libre Inicial	0,002	0,01	0,01
Cloro libre Final	0,06	0,1	0,11
Porcentaje de remoción (%)	-2900	-900	-1000
Sólidos suspendidos Inicial (mg/L)	46	47	47
Sólidos suspendidos Final (mg/L)	18	23	16
Porcentaje de remoción (%)	60,86	51,06	65,95
Hierro Inicial	2,43	2,23	2,23
Hierro Final	0,6	0,72	0,04
Porcentaje de remoción (%)	75,3	67,71	98,2
DQO Inicial (mgO₂/L)	200	420	420
DQO Final (mgO₂/L)	40	360	70
Porcentaje de remoción (%)	80	14,28	83,33

En esta segunda prueba se toma la decisión de continuar trabajando con el Cloruro Férrico ya que se evidencia que es el que mejor actúa, adicional que el uso del floculante aniónico alto (Lipesa 1521) presenta buena remoción en la mayoría de

los parámetros, exceptuando el cloro libre que presenta un aumento, esto se debe a que las dosificaciones son demasiado elevadas (10 y 8 ppm). Por esto es necesario seguir ensayando el producto (Lipesa 1521) en dosificaciones más bajas (<1ppm). En las figuras 22 y 23 se refleja que el comportamiento del coagulante cloruro férrico (Lipesa AC011) con el floculante (L1521), la combinación que mejores resultados presenta. Ver **Figura 20**.

Figura 20. Resultado de jarras con coagulante cloruro férrico (Lipesa AC011) y floculante (Lipesa 1521).

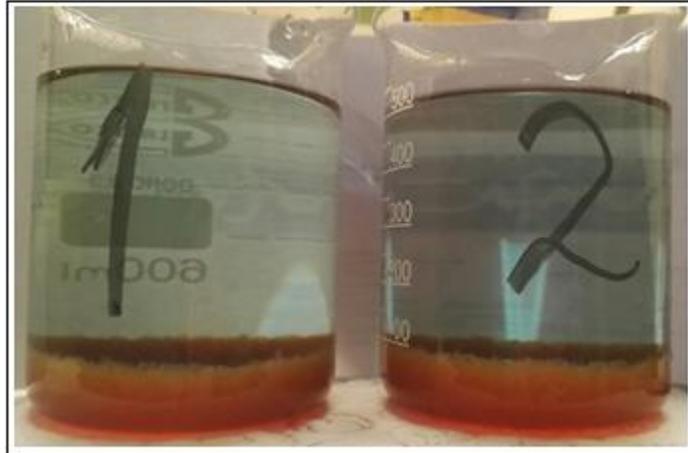


En el último ensayo se pone a prueba a diferentes dosificaciones los productos usados anteriormente variando la dosificación del floculante (L1521) y además se evalúan los filtros de arena y de carbón activado. Ver **Cuadro 5** y **Figura 21**.

Cuadro 5. Evaluación de dosificación de floculante L1521.

ENSAYO DE JARRAS	Columna1
Fecha de elaboración	24-nov
Jarra	1
Tipo de coagulante	Cloruro Férrico
Dosificación de coagulante (mg/L)	700
Tipo de floculante	Lipesa-1521M
Dosificación de floculante (mg/L)	0,4
pH inicial	7,7
pH Final	7,2
Color Inicial (Pt-Co)	405
Color Final (Pt-Co)	98
Porcentaje de remoción (%)	75,8
Turbidez Inicial (UNT)	43
Turbidez Final (UNT)	8
Porcentaje de remoción (%)	81,39
Cloro libre Inicial	0,002
Cloro libre Final	0,06
Porcentaje de remoción (%)	-2900
Conductividad inicial (μ S)	3000
Conductividad final (μ S)	2310
Porcentaje de remoción (%)	23
Solidos suspendidos Inicial (mg/L)	47,33
Solidos suspendidos Final (mg/L)	37
Porcentaje de remoción (%)	21,83
Hierro Inicial	2,56
Hierro Final	0,4
Porcentaje de remoción (%)	84,37
DQO Inicial (mgO ₂ /L)	330
DQO Final (mgO ₂ /L)	260
Porcentaje de remoción (%)	21,21
Coliformes inicial (NMP/ml)	<3

Figura 21. Resultado de jarras dosificación de floculante.



Finalmente se encuentra la dosificación más conveniente del floculante L1521 (0.4ppm) y del coagulante cloruro férrico (700ppm), ya que forman más rápidamente y con mayor eficiencia los flóculos que permiten una mayor clarificación, y presentan una remoción favorable en todos los parámetros.

En la parte de sedimentación se presenta la remoción de partículas más pesadas por efecto de la fuerza de la gravedad. Se dejan reposar las muestras por un tiempo de 10 minutos para obtener dicho sedimento.

Para la retención de dicho sedimento es requerido disponer de un filtro de arena rápido, que perfila para aguas pretratadas, con procesos de coagulación y sedimentación previas.

Mediante el proceso de filtración se retienen los sólidos en suspensión del líquido a través de una superficie permeable para retener los contaminantes del agua. La filtración es apta para el tratamiento de aguas con bajo nivel de turbidez y color, como lo es en este caso.

Existen varios tipos de filtros, sin embargo, el más usado para la filtración en tratamiento de aguas con bajo o medio nivel de contaminación es el filtro de arena, donde la retención de los granos es más eficiente mientras menos sea su diámetro y mayor el tiempo de permanencia en el filtro.

Mientras que el filtro de carbón activado reduce el color, y el mal sabor y olor del agua, a su vez baja el nivel de contaminantes orgánicos, y de cloro; opera con una permeabilidad interna muy avanzada.

Con los filtros se busca corregir olor, color, sabor y conductividad que son los parámetros que aún no se corrigen por completo. Ver **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Evaluación de filtros.

ENSAYO DE JARRAS	
Fecha de elaboración	24-nov
Jarra	1
Tipo de filtro	Arena
Tipo de filtro	Carbón activado
pH inicial	7,5
pH Final	7,2
Color Inicial (Pt-Co)	443,66
Color Final (Pt-Co)	78
Porcentaje de remoción (%)	82,42
Turbidez Inicial (UNT)	47,66
Turbidez Final (UNT)	6
Porcentaje de remoción (%)	87,41
Conductividad inicial (μS)	3000
Conductividad final (μS)	1280
Porcentaje de remoción (%)	71,86
Solidos suspendidos Inicial (mg/L)	47,33
Solidos suspendidos Final (mg/L)	19
Porcentaje de remoción (%)	59,85
DQO Inicial (mgO₂/L)	330
DQO Final (mgO₂/L)	50
Porcentaje de remoción (%)	84,84
Cloro total inicial (mgCl/L)	<0,10
Cloro total final (mgCl/L)	<0,10

Se evidencia en el **Cuadro 6** que el uso de los filtros aumenta los porcentajes de remoción (59,85% y 84,84%) en todos los parámetros y conjuntamente en sus características físicas. Se usa primero el filtro de arena lento y posteriormente el filtro de carbón activado y esto mejora la remoción de color y olor. Adicional en el laboratorio externo Dr. Calderón se analizaron parámetros importantes que no medimos en nuestro laboratorio como lo son Cloro Total y Hierro como lo muestra en el anexo C y los cuales están dentro de parámetro.

4.5 MÉTODOS UTILIZADOS EN LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS³³

Los métodos que se usan en el laboratorio para determinar los parámetros establecidos son:

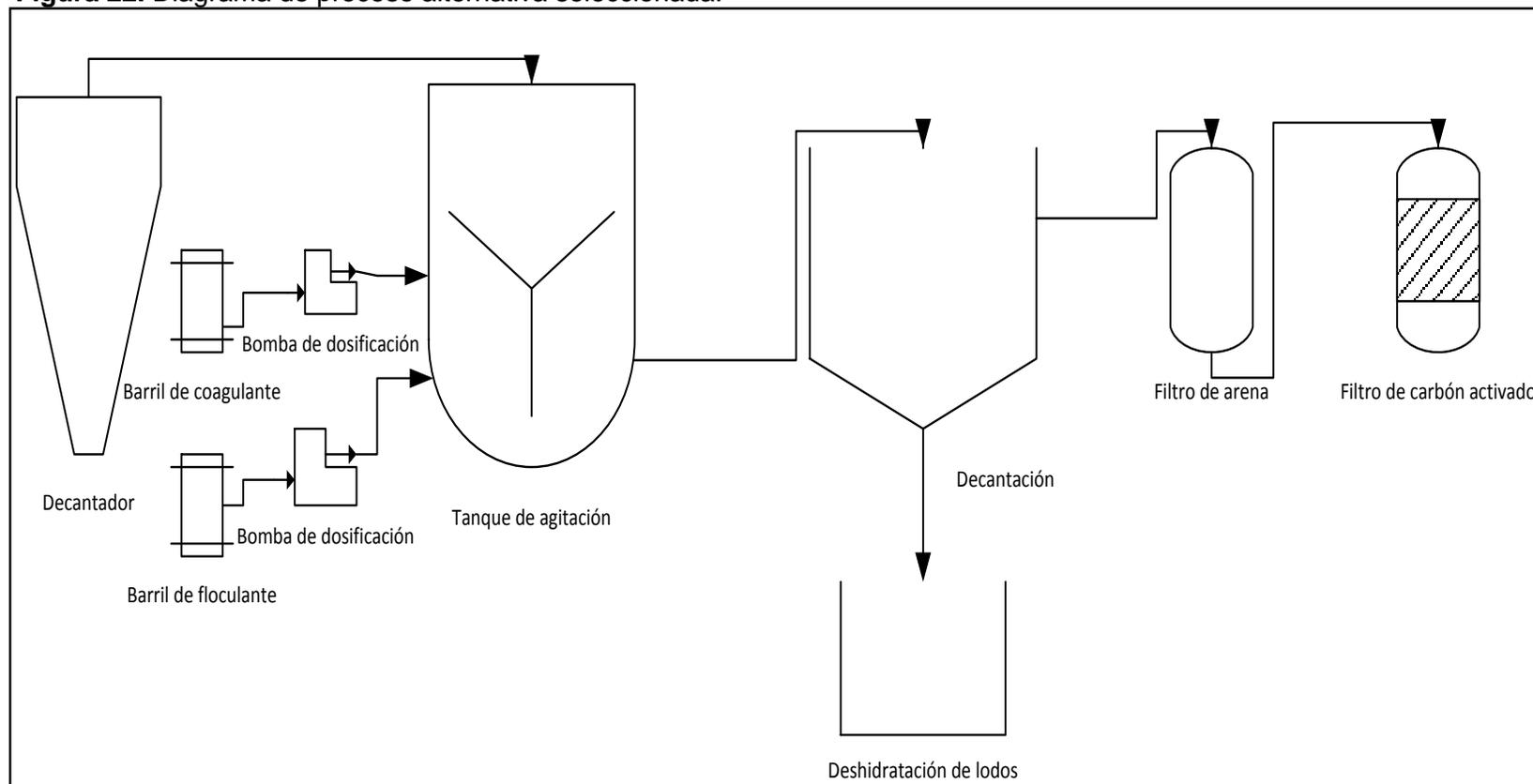
- **Cloro libre.** Método DPD (N,N-dietil-p-fenilenediamina): El cloro que está presente en la muestra como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito (cloro libre o cloro libre disponible) reacciona inmediatamente con el indicador DPD (N,N-dietil-p-fenilenediamina) para formar un color magenta que es proporcional a la concentración de cloro.
- **Hierro.** Método Hierro FerroVer: El reactivo de hierro FerroVer reacciona con todas las formas solubles del hierro y la mayoría de las formas no solubles del hierro en la muestra, para producir hierro ferroso soluble. Éste reacciona con el indicador de fenantrolina 1,10 en el reactivo para formar un color naranja en proporción a la concentración de hierro.
- **Demanda química de Oxígeno.** Método de determinación colorimétrica: Los resultados de mg/l de DQO se definen como los mg de O₂ consumido por litro de muestra bajo las condiciones de este procedimiento. En el mismo, la muestra se calienta dos horas con un agente oxidante potente, dicromato de potasio. Los compuestos orgánicos oxidables reaccionan, reduciendo el ion de dicromato (Cr₂O₇²⁻) a un ion crómico verde (Cr³⁺).

Estos métodos son usados para aguas residuales y agua de mar, son aceptados por la USEPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos) para realizar informes de análisis de aguas residuales y agua potable. El equipo usado Colorímetro DR/890 funciona con unos kits que vienen estandarizados de la marca HASH de acuerdo al parámetro que se vaya a medir y el método utilizado.

Los parámetros como turbidez, color, sólidos suspendidos y pH se miden por medio de un equipo o multiparámetro que nos da el resultado directo. Ver **Figura 22**.

³³ DR/890 COLORIMETER PROCEDURES MANUAL, Hach Company, 1997-2009, 2013. All rights reserved. Printed in the U.S.A.

Figura 22. Diagrama de proceso alternativa seleccionada.



5. DETERMINACIÓN DE COSTOS

Con respecto al desarrollo de la propuesta de reúso planteada se realiza el análisis de costos del tratamiento sugerido.

A continuación, la **Tabla 9** muestra los costos de los productos según la dosificación hallada en las pruebas realizadas.

Tabla 9. Costos de producto según dosificación.

	Coagulante	Floculante	Total
Dosificación (mg/L)	700	0,4	
Costo por kg de producto (\$)	3.310	16.795	20.105
Costo por m ³ de agua residual tratada (\$)	2.323	6,72	2.330
Costo total mensual de agua residual tratada (\$)	2.001.888	5.804,35	2.007.692

Lo primero que se debe tener en cuenta es que el caudal mensual de agua residual tratada en la planta es de 824m³, y que el valor por kg de coagulante es de \$3310, mientras que el kg de floculante tiene un precio de \$16795.

Con esto es posible calcular el costo mensual por cada producto:

$$\begin{aligned}
 \$ \text{ Floculante} &= 0,4 \frac{g}{m^3} * 864 \frac{m^3}{mes} * \frac{1kg}{1000g} * \frac{\$16795}{kg} = \frac{\$5804,35}{mes} \\
 \$ \text{ Coagulante} &= 700 \frac{g}{m^3} * 864 \frac{m^3}{mes} * \frac{1kg}{1000g} * \frac{\$3310}{kg} = \frac{\$2001888}{mes}
 \end{aligned}$$

El total del consumo al mes según la dosificación es:

$$\$2001888 \text{ (coagulante)} + 5804,35 \text{ (floculante)} = \$2007692,35 \text{ mensuales}$$

Según lo anterior el costo por m³ de agua residual:

$$\begin{aligned}
 \$ \text{ Floculante} / m^3 \text{ de agua} &= \frac{\$5804,35}{864m^3} = \frac{\$6,7}{m^3} \\
 \$ \text{ Coagulante} / m^3 \text{ de agua} &= \frac{\$2001888}{864m^3} = \frac{\$2317}{m^3} \\
 \$2317 \text{ (coagulante)} + 6,7 \text{ (floculante)} &= \$2323,7m^3
 \end{aligned}$$

Calculando el caudal anual del agua residual tratada de la PTAR

$$864 \frac{m^3}{mes} * 12 \frac{mes}{año} = \frac{10,368m^3}{año}$$

Se calcula el costo de los químicos para todo el año teniendo en cuenta el costo por m³ de los productos y el caudal del agua

$$10,368 \frac{m^3}{mes} * \frac{\$2323,72}{m^3} = \frac{\$24092329}{año}$$

En el **Anexo D** se puede contemplar la cotización tanto de los productos químicos, como del suministro e instalación de los filtros necesarios, junto con el tanque de homogenización.

Costo de los filtros necesario según la propuesta:

Costo de filtro de arena = \$6800000 sin IVA

Costo de filtro de carbón activado = \$10600000 sin IVA

$$\$6800000 \text{ (arena)} + 10600000 \text{ (carbón activado)} = \$17400000$$

\$17400000 + IVA (16%) = \$20184000 Con un tiempo de vida útil de 20 años³⁴

$$\frac{\$20184000}{20 \text{ años}} = \frac{\$1009200}{año}$$

Teniendo en cuenta el costo anual de los filtros, se debe sumar el cambio del lecho de los filtros que es aproximadamente \$450000.

$$\$1009200 \text{ (costo de filtros al año)} + \$450000 \text{ (costo de mantenimiento)} = \$1459000/\text{año}$$

Finalmente, se suma el costo anual de los filtros y del producto, para dividir por el caudal de un año y tener el costo total por m³ del tratamiento

$$\$1459000 + 24092329 = \$25551329/\text{año}$$

$$\frac{\$25551329}{año} / \frac{\$10368m^3}{año} = \frac{\$2460,17}{m^3}$$

³⁴ EDOSPINA S. A. Manuela de ingeniería.

5.1 AHORRO EN CASO DE TOMAR LA PROPUESTA

Teniendo ya el costo del tratamiento anual se procede a hacer el cálculo del costo aproximado que la empresa le hace a la compañía de acueducto de Bogotá, con información aportada por la empresa. La empresa trabaja las 24 horas del día los 7 días de la semana, está dividida en tres secciones como se observa en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Número de personas en la empresa.

Turno Día	N° personas
Contratistas fijos	180
Contratistas externos	20
Oficinas y edificio VR	135
Planta	90
Turno Noche	N° personas
Contratistas	80
Planta	90
TOTAL	595

Según las características de los sanitarios Corona, exigen un gasto de agua de 6 litros en promedio y haciendo una indagación con los trabajadores están haciendo tres descargas en los inodoros por turno, lo que significa que en promedio se consumen 10710 L/días en solo descarga de sanitarios como lo muestra la **Tabla 11**.

Tabla 11. Consumo mensual de agua en descarga de sanitarios.

Descarga de Sanitarios		
Descarga diaria (Litros)	Descarga mensual (Litros)	Descarga mensual (m ³)
10710	321300	321,3

Mirando los costos fijados por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá **Anexo D**, nos muestra que por cada metro cubico consumido se cancelara entre acueducto y alcantarillado la suma de \$ 6555,65. Siendo así se hace el siguiente cálculo para dar un valor aproximado de lo que paga la empresa por la cantidad de 321,3 m³ consumidos en descarga de sanitarios:

$$\boxed{\$6555,65 * 321,3m^3 = \$2106330,35 \text{ mensuales}}$$

En cuanto al agua consumida para riego de zonas verdes y lavado de exteriores como lo son la PTAR, centro de acopio, edificio de VR, casino y parqueadero se consumen aproximadamente 450 m³ mensuales, este dato otorgado por la auxiliar

de medio ambiente de la empresa. Haciendo el cálculo del valor que paga la empresa por esta cantidad de agua usada en riego y lavado tenemos lo siguiente:

$$\boxed{\$6555,65 * 450m^3 = \$2950042,50 \text{ mensuales}}$$

En total la empresa por estas dos actividades diarias está pagando a la empresa de acueducto lo siguiente:

$$\boxed{\$2106330,35 + 2950042,50 = \$5056372,85 \text{ mensuales}}$$

Anual la empresa está pagando la suma de:

$$\boxed{\begin{array}{l} \frac{\$5056372,85}{\text{mensuales}} * \frac{12\text{meses}}{\text{año}} = \$60676464/\text{año} \\ \frac{\$60676464}{\text{año}} + (\text{IVA}16\%) = \$70384698,2/\text{año} \end{array}}$$

Este monto es lo que cancelan a la empresa de acueducto de Bogotá anualmente, comparado con lo que se pagaría anual por el tratamiento de reúso. Lo que significa que si la empresa opta por la propuesta de reúso se estaría ahorrando anualmente lo siguiente:

$$\boxed{\frac{\$70384698,2}{\text{año}} - \frac{\$25551329}{\text{año}} = \$44833369,2/\text{año}}$$

Como se muestra en la ecuación el ahorro anual sería de **\$44'833.369,2/año** además de contribuir con el medio ambiente que es por lo que la empresa siempre se ha caracterizado.

6. CONCLUSIONES

- Por medio del diagnóstico realizado se evidencia un caudal de agua que hoy en día se trata y vierte por la planta de tratamiento residual de 800m³ mensuales aproximadamente, lo que representa un aumento del 33% en el último año.
- El agua proveniente de la PTAR presenta unos valores de DQO de 151,2 mg/L de O₂ y DBO5 de 86,6mg/L de O₂, cloro total <0,1 mgCl₂/L, además de una conductividad de 2,24 µs/cm, se encuentran parámetros microbiológicos como helmintos con un valor de 1 huevo/L, enterococos <1NMP/100 mL, coliformes <3NMP/mL, protozoos <1/L y ausencia de salmonella.
- La planta de tratamiento de agua residual disminuye la carga contaminante cumpliendo con un porcentaje de remoción de 86% aproximadamente, según los informes entregados por los operarios de la planta, esto gracias a que cuenta con un sistema de tratamiento microbiológico (reactor anaerobio), sin embargo, esa agua tratada es vertida al alcantarillado donde igualmente se desperdicia, ya que los parámetros cumplen la normatividad únicamente para vertimiento y no para reúso.
- Mediante la matriz de decisión, teniendo en cuenta los intereses y la disponibilidad de la empresa, se determina que las alternativas de reúso del agua residual tratada más aptas son “Aprovechamiento del efluente para descarga de aparatos sanitarios” y “Aprovechamiento del efluente para riego de zonas verdes y limpieza de exteriores”.
- De los ensayos de las jarras se obtiene que el mejor coagulante es Cloruro Férrico (AC011), junto con su mejor dosificación que es de 700 mg/L. Así mismo se demuestra que el tipo de floculante que mejor se comporta es el polímero aniónico alto (1521M) y la mejor dosificación 0,4 mg/L.
- Según la evaluación de los filtros, se concluye que es bastante eficiente utilizar un filtro de arena seguido de un filtro de carbón activado para aumentar la remoción de sólidos, y mermar el color y olor indeseables en el agua.
- Con base a los resultados obtenidos se logra alcanzar una clarificación que cumple con los parámetros requeridos en la Resolución 1207 de 2014 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para reúso del agua residual tratada en descarga de aparatos sanitarios, y riego de zonas verdes y limpieza de exteriores.
- Se evidencia la efectividad del tratamiento mediante los significativos porcentajes de remoción, el parámetro de color muestra una reducción de

443,66 Pt-Co a un 78 Pt-Co, la turbidez de un 47,66 UNT a un 6 UNT, sólidos suspendidos de un 47,33 a un 19 mg/L y DQO de 330 a 50 mgO₂/L.

- El costo total del tratamiento es de \$25´551.329 al año, lo que corresponde a un valor de los filtros utilizados dentro del tratamiento que se evalúa un costo anual de \$1´459.000, incluyendo allí el valor del cambio de los lechos. Y el valor anual de los productos calculado en \$24´092.329.
- De ser ejecutada la propuesta de reúso para “Aprovechamiento del efluente para descarga de aparatos sanitarios”, y “Aprovechamiento del efluente para riego de zonas verdes y limpieza de exteriores” la empresa estaría generando un ahorro de \$44´833.369,2 al año, además de contribuir de manera positiva con el medio ambiente.

7. RECOMENDACIONES

- Adecuar un punto de toma muestras durante el proceso de reúso propuesto, para tener un control más riguroso de los parámetros en caso tal de que ocurran variaciones por el tipo de agua que llegue a la PTAR.
- Si hay la posibilidad de evaluar más tipos de floculantes para que el porcentaje de remoción alcance valores más altos sería de gran ayuda.
- En caso tal de que el caudal aumente por incremento de producción una de las alternativas sería que la empresa done el agua tratada para reúso a cultivos cercanos en Mosquera o Funza para que sea aprovechada para riego, ya que el agua cumple con los parámetros para riego de cultivos.
- La empresa podría optar por la posibilidad de instalar una PTAP ya que la calidad del agua no se muestra en estado crítico y el ahorro en la planta sería aún más significativo, podría ser sometida a un proceso de desinfección riguroso y al dar cumplimiento de un agua potable se podría reusar en producción directamente.
- Si se ejecuta la propuesta se propone adecuar un tanque de igualación al iniciar el proceso para que haya una homogenización del agua ya que el efluente presenta variaciones en algunos de sus parámetros.
- Estructurar un diseño de experimentos, enfocado en las dosificaciones de los floculantes, teniendo en cuenta que es el producto que menor costo tiene con respecto a los coagulantes, por lo que no afectaría la propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Tratamiento de agua coagulación y floculación. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. 2000.
- ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Colombia. Bogotá. Ed. McGraw – Hill. Tercera Edición.
- CATILLO, Juberzay & GÓMEZ, Glicería. Procesos de tratamientos de aguas coagulación y floculación. 2011.
- CEPIS. Programa de protección de la salud ambiental. Evaluación de plantas de tratamiento de agua. Tomo I. Perú. 1984.
- COGOLLO FLÓREZ. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio. 2010.
- COGOLLO, J & RHENALS, A. Optimización del proceso de clarificación en la planta de tratamiento de aguas de una embotelladora de bebidas. 2003.
- DELGADILLO, Oscar & CAMACHO, Alan. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. 2010.
- EDOSPINA S.A. Manual de ingeniería.
- FULL QUIMÍCA. Propiedades de los coloides. [En línea: <<http://www.fullquimica.com/2012/10propiedades-de-los-coloides.html>>.]
- GLOSARIO DE TÉRMINOS AMBIENTALES. [En línea: <<https://www.crq.gov.co>>.]
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El instituto, 2008. 110 p.
- - - - - . Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 4490. Bogotá: El Instituto, 1998, 12 p.
- - - - - . Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 5613. Bogotá: El Instituto, 1998. 8 p.
- METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. España. Ed. McGraw – Hill. Tercera edición.
- UNIVERSIDAD EIA. Mecánica de fluidos. [En línea: <<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamientosresiduales.html>>.]

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Escuela de ciencias agrícolas pecuarias y del medio ambiente. [En línea: <<http://datateca.unad.edu.co>.>] 2012.

ANEXOS

ANEXO A

VISTA SATELITAL PLANTA DE PRODUCCIÓN.

Figura 1. Vista satelital planta de producción.



ANEXO B

RESULTADO PRUEBAS DE JARRAS.

Para realizar las pruebas se tomaron muestras directamente de la salida del tanque decantador, por cada ensayo se recolecta 2 Litros ya que biker debe llevar 500 mL de muestra.

- **Procedimiento.**

1. Tomar muestras del agua residual.
2. Medir en los biker de 500 mL de la muestra y colocarlos en el equipo de jarras.
3. Calcular la cantidad en ppm de coagulante y floculante agregada en los biker.

- **Cálculos.**

$$V_1 C_1 = V_2 C_2$$

Donde:

- V_1 : Volumen de la jarra (mL).
- V^2 : Volumen del producto aplicado (mL).
- C_1 : X (producto aplicado en mg/L).
- C^2 : Concentracion en ppm del producto aplicado.

$$\begin{aligned} (500\text{mL}) * V_1 &= (3,5\text{mL}) * (100.000\text{m/L}) \\ V_1 &= 700 \text{ mg/L Coagulante} \\ (500\text{mL}) * V_1 &= (0,2\text{mL}) * (1.000\text{mg/L}) \\ V_1 &= 0,4 \text{ mg/L Floculante} \end{aligned}$$

4. Encender la lámpara y el equipo de jarras con una rotación en los agitadores de 200 rpm durante un minuto.
5. Dosificar el coagulante en los primeros 4 bikers en cantidades ascendentes y simultáneamente.
6. Mantener la agitación del equipo en 100 rpm, durante dos minutos y luego bajar la velocidad de agitación a 20 rpm.
7. Posteriormente dosificar el floculante con la misma cantidad en todos los biker. Mantener con una velocidad de 20 rpm por cinco minutos.

8. Apagar el equipo y esperar a que las muestras sedimenten.
9. Elegir la jarra que mejor velocidad de decantación y consistencia del floculo presente.

ANEXO C

RESULTADOS DE LABORATORIO.

Figura 1. Agosto de 2016 vertimiento.



Dr. Calderón LABS.
Suma su mejor alternativa...

Copia Autorizada
Dr. Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda.
Fecha: 2016-08-19
Firma Autorizada: Katherine J. Bello

ASISTENCIA TÉCNICA AGRÍCOLA
CONTROL DE CALIDAD
AGUAS
SUELOS
AGUAS

INFORME
No. Laboratorio 10229

Propietario:	Eliana Alarcón Rondón
Dirección:	Cll 181 C No. 13 - 91 Int 42 Apto 501
Ciudad:	Bogotá

Fecha de Muestreo:	2016-08-09
Fecha de Recepción:	2016-08-10
Fecha de Análisis:	2016-08-19
Orden de Trabajo No.:	56650

Información de la Muestra

Identificación	Destino del Agua	Características
Planta de Tratamiento - Tanque Decantador	Agua Residual	Líquido traslucido azulado
Municipio		
BOGOTÁ	CUN	

RESULTADOS DEL ANALISIS

Parámetro	Reporte	Unidades
Conductividad Eléctrica:	2.24	mS/cm
pH	7.96	
Dureza Total	99.00	mg/L (CaCO ₃)
Cloro Total Residual	<0.10	mg/L

Prohibida la copia total o parcial del presente informe. Toda copia autorizada deberá llevar este sello, en original en cada una de sus páginas. Los presentes resultados analíticos corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.



Laboratorio acreditado por el IDEAM para los parámetros marcados con * según Resolución N° 0310 del 09 de Marzo de 2010

Pag. 2/2
Fin del Informe.

el/ Felipe Calderón Sáenz
Director General; T.P. 3188

Katherine J. Bello
Katherine Javado Bello
Jefe de Laboratorio

LABORATORIO Y OFICINAS: AV. CAR. 20 No. 87-81 - PDX. 623 65 76 - TELS. 622 20 87, 622 55 67, 622 40 85, 533 15 59
E-MAIL: calderon@drcalderonlabs.com - WEB SITE: www.drcalderonlabs.com - BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA

Figura 1. (Continuación).



Dr. Calderón
LABS

Somos su mejor alternativa...



Copia Autorizada
Dr. Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda.
Fecha: 2016-08-22
Firma Autorizada: Katherine J. Bello

ASISTENCIA TÉCNICA AGRÍCOLA
CONTROL DE CALIDAD
FOFURA
SUELOS
AGUAS

INFORME

No. Laboratorio 10229

Propietario:	Eliana Alarcón Rondón
Dirección:	Cll 181 C No. 13 - 91 Int 42 Apto 501
Ciudad:	Bogotá

Identificación del documento

FAD-16

VERSIÓN 1

Fecha de Muestreo:	2016-08-09
Fecha de Recepción:	2016-08-10
Fecha de Análisis:	2016-08-19

Orden de Trabajo No. 56850

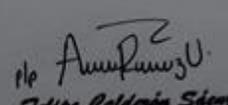
Información de la Muestra

Identificación	Destino del Agua	Características
Planta de Tratamiento - Tanque Decantador	Agua Residual	Líquido traslucido azulado
Municipio		
BOGOTÁ	CUN	

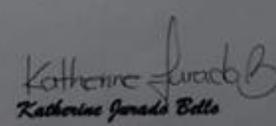
RESULTADOS DEL ANALISIS

Parámetro	Reporte	Unidades	Metodos Analíticos
**DQO:	151.2	mg/L O2	Reflujo Cerrado y Colorimétrico SM 5220D
DBO5:	86.8	mg/L O2	LBC 23 Respirometría

Prohibida la copia total o parcial del presente informe. Toda copia autorizada deberá llevar este sello en original en cada una de sus páginas. Los presentes resultados analíticos corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.



Felipe Calderón Sáenz
Director General, T.P. 3186



Katherine J. Bello
Jefe de Laboratorio

Pag. 1/2

LABORATORIO V ORIGINAR: AV. CRA. 20 No. 87-81 - FAX: 623 65 76 - TELS.: 622 26 87, 622 55 67, 622 49 85, 533 15 59
E-MAIL: calderon@drcalderonlabs.com - WEB SITE: www.drcalderonlabs.com - BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA

Figura 1. (Continuación).



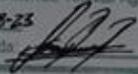
**Dr. Calderón
LABS**

Somos su mejor alternativa...

Copia Autorizada

Dr. Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda

Fecha 2016-08-23

Firma autorizada 

ASISTENCIA TÉCNICA AGRÍCOLA
CONTROL DE CALIDAD
FOURRA
SUELOS
AGUAS

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Propietario: Eliana Alarcón Rondón		No. Laboratorio: 12775	
Dirección: Cll 181 C No. 13 - 91 Int 42 Apto 501		Fecha de Análisis: 10-ago-16	Fecha de Reporte: 18-ago-16
Ciudad: Bogotá		Fecha de Muestreo: 09-ago-16	Fecha de Recepción: 10-ago-16
Procedencia: BOGOTÁ		Orden de T. #: 56650	
Nombre del Análisis: Recuento de Huevos de Helminto		Características: Líquido traslucido azulado	
Identificación de la Muestra			
Agua Residual de Planta de Tratamiento, Tanque Decantador			

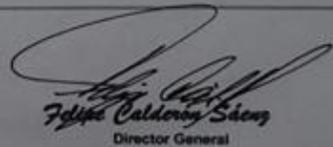
RESULTADOS DEL ANÁLISIS

ENT. No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	POBLACION	METODO ANALITICO
1	Huevos de Helminto		< 1 Huevo/1L	LBC - 221
2	Sin Especificar			
3	Sin Especificar			
4	Sin Especificar			
5	Sin Especificar			
6	Sin Especificar			
7	Sin Especificar			
8	Sin Especificar			
9	Sin Especificar			
10	Sin Especificar			
11	Sin Especificar			
12	Sin Especificar			

OBSERVACIONES



Juan Carlos Amezquita
Microbiólogo



Felipe Calderón Sáenz
Director General

LABORATORIO Y OFICINAS: AV. CRA. 20 No. 87-81 - FAX: 625 65 76 - TELS.: 622 26 87, 622 55 67, 622 49 85, 533 15 59
 E-MAIL: calderon@drcalderonlabs.com - WEB SITE: www.drcalderonlabs.com - BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA

Figura 1. (Continuación).



**Dr. Calderón
LABS**

Somos su mejor alternativa...



Copia Autorizada
Dr. Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda
Fecha: 2016-08-23
Firma autorizada: *[Signature]*

REGISTRO TÉCNICO AGRÍCOLA
CONTROL DE CRUDOS
FOFOP
SUELOS
AGUAS

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Propietario: Eliana Alarcón Rondón
Dirección: Cll 181 C No. 13 - 91 Int 42 Apto 501
Ciudad: Bogotá

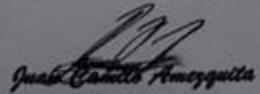
No. Laboratorio: 12774
Fecha de Análisis: 10-ago-16 Fecha de Reporte: 18-ago-16
Fecha de Muestreo: 09-ago-16 Fecha de Recepción: 10-ago-16
Orden de T. #: 56650

Procedencia BOGOTÁ	Nombre del Análisis Análisis Microbiológico	Características Líquido traslucido azulado
Identificación de la Muestra Agua Residual de Planta de Tratamiento, Tanque Decantador		

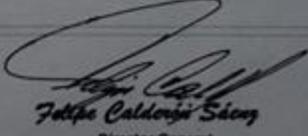
RESULTADOS DEL ANÁLISIS

ENT. No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR	POBLACION	METODO ANALITICO
1	Coliformes Termotolerantes		< 3 NMP/ml	LBC 222
2	Salmonella sp	Salmonelosis	Ausencia/25ml	LBC 205
3	Protozoos		< 1 protozoo/1L	LBC 221
4	Sin Especificar			
5	Sin Especificar			
6	Sin Especificar			
7	Sin Especificar			
8	Sin Especificar			
9	Sin Especificar			
10	Sin Especificar			
11	Sin Especificar			
12	Sin Especificar			

OBSERVACIONES



Juan Camilo Amézquita
Microbiólogo



Felipe Calderón Sáenz
Director General

LABORATORIO Y OFICINAS: RV, CAR. 20 No. 87-81 - FAX: 623 65 76 - TELS: 622 26 87, 622 55 67, 622 40 85, 533 15 50
 E-MAIL: calderon@drcalderonlabs.com - WEB SITE: www.drcalderonlabs.com - BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA

Figura 2. Vertimiento Noviembre de 2016.



**Dr. Calderón
LABS**

Salud en aguas alternativas...

Copia Autorizada

Dr. Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda

Fecha: 2016-11-24

PKMS autorizada: Katherine Bello

REGISTRO TÉCNICO AGRÍCOLA
CONTROL DE CUENCA
PODPA
SUKLOS
BOGOTÁ

INFORME

No. Laboratorio 10418

Identificación del documento

FAD-16

VERSIÓN: **1**

Propietario:	Eliana Alarcón Roldán
Dirección:	Cra 181 C No. 13 - 91 lot 42 Aptd 501
Ciudad:	Bogotá

Fecha de Muestreo:	2016-11-24
Fecha de Recepción:	2016-11-25
Fecha de Análisis:	2016-12-05
Orden de Trabajo No.:	57464

Información de la Muestra

Destino del Agua	Características
Agua Residual	Líquido traslucido ligeramente azul
Municipio	Fuente
BOGOTÁ	Planta de Tratamiento

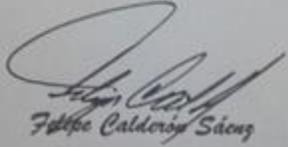
RESULTADOS DEL ANALISIS

Parámetro	Reporte	Unidades
Cloro Total	<0.1	mg/l
Hierro	0.19	ppm

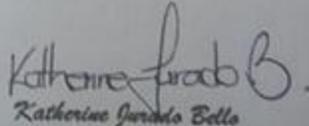
Prohíbese la copia total o parcial del presente informe. Toda copia autorizada deberá llevar este sello en original en cada una de sus páginas. Los presentes resultados analíticos corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.

Pag. 1/1

Fin del Informe.



Felipe Calderón Sáenz
Director General; T.P. 3188



Katherine Jarama Bello
Jefa de Laboratorio

LABORATORIO Y OFICINAS: AV. CRA. 20 No. 87-81 - FAX: 623 65 76 - TELS.: 62222687 - 6225567 - 6224985 - 5331559 ☎ 320 493 6197
E-MAIL: calderon@drcalderonlabs.com - WEB SITE: www.drcalderonlabs.com - BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA.

ANEXO D

COTIZACIONES DE PRODUCTOS QUÍMICOS E INFRAESTRUCTURA.

Figura 1. Cotización productos químicos.

 	 Una empresa de la familia 
---	--

Tocancipa., 28 Noviembre de 2016

Señores
Laura Neita/Eliana Alarcon
Ciudad

Ref.: **COTIZACIÓN PRODUCTOS**

Cordial Saludo,

Lipesa Colombia S.A.S. en sus 35 años de operación ha enfocado su esfuerzo continuo hacia el desarrollo de los tratamientos y programas químicos preventivos, la satisfacción del cliente mediante la identificación y solución de las necesidades propias de cada industria. Por esta razón, agradecemos la invitación que nos hacen para cotizar.

1. LISTA DE PRECIOS

DESCRIPCION	PRESENTACION kg	VALOR kg	VALOR TOTAL
Lipesa 1521M	25	\$ 16,795.00	\$ 419,875.00
Lipesa AC011	20	\$ 3,310.00	\$ 66,200.00
TOTAL			\$ 486,075.00

2. CONDICIONES COMERCIALES

- A los precios deberá sumarse el IVA vigente a la fecha de facturación.
- Los precios tienen vigencia 30 días a partir de la fecha.
- El sitio de entrega de los productos será en sus instalaciones.

Esperamos que el contenido de este documento satisfaga sus necesidades, no duden en contactarse ante cualquier duda o inquietud.

Ing. Laura Alarcón Hernández
Representante Técnico
Teléfono (Phone) (57) 321-3437525
alarconl@lipesa.com
www.lipesa.com

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCIPA - COLOMBIA
Tel: 8786600 Fax 8786600 Celular: 321 3437515
E-mail: AlarconL@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
Nit 830035263-2

Figura 1. (Continuación).



ISO 9001:2008
ISO 14001:2004
OHSAS 18001:2007
BUREAU VERITAS
Certification



ONAC
AUTORIZADO
POR EL
VICI-307



Una empresa de la familia 

Tocancipa., 28 Noviembre de 2016

Señores
Laura Neita/Eliana Alarcon
Ciudad

Ref.: COTIZACION OFERTA INFRAESTRUCTURA OPTIMIZACION DE TRATAMIENTO

Cordial Saludo,

Lipesa Colombia S.A. en sus 35 años de operación ha enfocado su esfuerzo continuo hacia el desarrollo de los tratamientos y programas químicos preventivos, la satisfacción del cliente mediante la identificación y solución de las necesidades propias de cada industria. Por esta razón, agradecemos la invitación que nos hacen para cotizar.

Esperamos que el contenido de éste documento satisfaga sus necesidades y expectativas, y contribuya a la optimización del uso que actualmente le da a sus sistemas, con el fin de continuar fortaleciendo los lazos comerciales entre su empresa y LIPESA COLOMBIA S.A.S. DE COLOMBIA.

Una vez aceptada nuestra propuesta, el equipo de LIPESA COLOMBIA S.A.S. entregará a su Compañía SOLUCIONES TOTALES A TRAVÉS DE PROGRAMAS DE TRATAMIENTO QUÍMICO, INGENIERÍA Y SERVICIO.

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCIPA - COLOMBIA
Tel: 8786600 Fax 8786600 EXT 119 Celular: 321343 7515
E-mail: AlarconL@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
Nit 830035263-2

Figura 1. (Continuación).






Una empresa de la familia 

5. CONDICIONES COMERCIALES

TIEMPO DE ENTREGA
Treinta (30) días a partir de la fecha de legalización del contrato y recibo del anticipo.

FORMA DE PAGO
50% como Anticipo
40% al despacho
10% contra entrega a entera satisfacción
A los precios deberá sumarse el IVA vigente a la fecha de facturación.

SITIO DE ENTREGA
En las instalaciones del contratante en Bogotá.

VALIDEZ DE LA OFERTA
Treinta (30) días a partir de la fecha

RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

- ACCESO A LAS AREAS INSTALACION
- INTERCONEXION ELECTRICA
- SUMINISTRO DE UN PUNTO DE AGUA POTABLE
- SUMINISTRO DE UN PUNTO DE AIRE
- PLACA DE CONCRETO

Esperamos que el contenido de este documento satisfaga sus necesidades, no duden en contactarse ante cualquier duda o inquietud.

LISTA DE VERIFICACIÓN	MARCAR CON (X)	
	CUMPLE	NO CUMPLE
Nombre del cliente	X	
Fecha de la Propuesta	X	
Diagrama de flujo (si aplica)		X
Caracterización de los equipos del proceso		X
Caracterización de variables físico-químicas		X
Evaluación de laboratorio (si aplica)		X
Evaluación en planta (si aplica)		X
Producto y dosis sugerida		X
Servicio técnico y equipos ofertados	X	
Precios de producto	X	
Sitio de entrega	X	
Días crédito	X	
Vigencia de la propuesta	X	
Firma Digital		

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCIPA - COLOMBIA
Tel: 8786600 Fax 8786600 EXT 119 Celular: 321343 7515
E-mail: AlarconL@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
Nit 830035263-2

Figura 1. (Continuación).



ISO 9001:2008
ISO 14001:2004
OHSAS 18001:2007
BUREAU VERITAS
Certification



ONAC
Asociación
Nacional de
Organismos
de Certificación



Una empresa de la familia 

Ing. Laura Alarcón H.
Representante Técnico
Lipesa, S.A.S.
Teléfono (Phone) 57- 321 -343 75 15
Skype: lps-Alarconl
Alarconl@lipesa.com
www.lipesa.com



Una empresa de la familia 

c.c. Ing. Msc. Lizeth Porras – Gerente Distrito Centro

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCIPA - COLOMBIA
Tel: 8786600 Fax 8786600 EXT 119 Celular: 321343 7515
E-mail: AlarconL@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
Nit 830035263-2

ANEXO E

HOJAS DE SEGURIDAD PRODUCTOS QUÍMICOS.

Figura 1. Cloruro férrico (LIPESA-AC011).

	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS	FDL013	F. APROB. FORM	REV.
			29/11/11	10
		F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N° REV. HDS
		20/01/12	28/08/12	1
GRE ASOCIADA: GRE038			PÁG. 1/6	

PRODUCTO: LIPESA AC011(L-AC011)

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

NOMBRE DEL PRODUCTO: LIPESA AC011
CÓDIGO DEL PRODUCTO: L-AC011
USO: COAGULANTE INORGÁNICO
FABRICANTE: LIMPIADORES INDUSTRIALES LIPESA, S.A.
RIF: J-08010339-4
DIRECCIÓN:

LIPESA, S.A: Av. Intercomunal, Zona Industrial Corpoindustria, Galpón F-6, El Tigre, Estado Anzoátegui – Venezuela.
 Teléfonos de emergencias: 0416-683.11.44 (24 horas) / 0414-8029121. Sistema integrado de emergencia: 171

LIPESA DO BRASIL LTDA: Calçada dos Manacás, 26 Centro Comercial Alphaville 06453-037 Barueri, SP CEP.
 Teléfono de emergencia: 55 11 41912940

LIPESA COLOMBIA, S.A.: Carretera Central Bogotá – Tunja. Km. 30. Frente a Bavaria. Tocancipa – Colombia.
 Teléfono: PBX (571) 8786600 Fax: ext 102. Teléfono de emergencia: (57-311) 8768578.

LIPEQSA ECUADOR: Calle "D" No. 63-253 y Nazacota Puento. Telefono 2532351. Teléfono de emergencia: 098911370/2532351

LIPESA DEL PERÚ SAC: Calle El Estañó Mz B lote 11 Urb. Industrial Infantas Los Olivos. Telf.: 552-3110 / 552-3255.
 Teléfono de emergencia: 973870018

Página Web:
www.lipesa.com

2. COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

SUSTANCIA O MEZCLA: MEZCLA

Nombre Químico / sinónimo	N° CAS/EINECS	Concentración (%)
Cloruro Férrico/ Cloruro de Hierro(III)	7705-08-0/ 231-729-4	~42

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

PELIGROS A LA SALUD:
 Irritante. Nocivo por ingestión. Riesgo de lesiones oculares

PELIGROS AMBIENTALES:
 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático por efectos del pH. Evitar el vertido al alcantarillado o aguas naturales

MEDIDAS DE SEGURIDAD:
 Usar los equipos de protección personal recomendados en el apartado 8.

PELIGROS ESPECÍFICOS:

CONTACTO CON LOS OJOS: Irritante, puede producir lesiones oculares

CONTACTO CON LA PIEL: Puede producir irritación y enrojecimiento por contacto prolongado.

INHALACIÓN: Irritación de la nariz y ojos. Puede ocasionar dificultad respiratoria

INGESTIÓN: Nocivo por ingestión. Dolor ardiente de la boca y garganta, salivación abundante, sensación de quemadura en el estomago, calambres abdominales, náuseas y vómitos, debilidad generalizada, vértigos, diarrea.

Figura 1. (Continuación).

	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS	FDL013	F. APROB. FORM	REV.
			29/11/11	10
		F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N° REV. HDS
		20/01/12	28/08/12	1
GRE ASOCIADA: GRE038			PÁG. 2/6	

PRODUCTO: LIPESA AC011(L-AC011)

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

INHALACIÓN: Retirar al individuo de la zona de exposición y trasladar a un lugar ventilado. Busque atención médica si hay irritación persistente.

CONTACTO CON LA PIEL: Remueva la ropa contaminada inmediatamente. Lavar con abundante agua y jabón, aproximadamente 20 minutos hasta que no queden restos del producto. En caso de irritación consulte al médico.

CONTACTO CON LOS OJOS: Lavar con abundante agua durante 20 minutos aproximadamente, levantando los párpados para obtener una limpieza completa. Consulte inmediatamente al especialista.

INGESTIÓN: No induzca al vómito, suministre abundante agua para diluir la cantidad ingerida. Obtenga ayuda médica inmediata.

NOTAS PARA EL MÉDICO: Puede agravar una dermatitis ya existente. El posible daño a la mucosa puede contraindicar el uso del lavado gástrico.

5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS

PELIGROS/ RIESGOS ESPECÍFICOS:
No es inflamable

AGENTE DE EXTINCIÓN:
En caso de incendio utilizar polvo químico seco, espuma estándar, dióxido de carbono, arena o tierra.

MEDIOS NO ADECUADOS:
No utilice chorros de agua. Dispersar los vapores para mantener los contenedores fríos.

MÉTODOS ESPECÍFICOS:
Use equipo de respiración aprobada por NIOSH o equivalente y ropa de protección adecuada. Emplee agua en forma de rocío para enfriar los contenedores.

PROTECCIÓN DE LOS BOMBEROS:
Compruebe que utiliza respiradores certificados/ aprobado o un equipo equivalente, uso de equipo autocontenido, trajes contra incendios.

6. MEDIDAS DE CONTROL PARA DERRAMES

PRECAUCIONES PERSONALES:
Usar equipo de protección personal. Mantener alejadas a las personas sin protección.

PRECAUCIONES AMBIENTALES:
Evitar la dispersión del material derramado a los desagües y alcantarillas y/o cuerpos de aguas superficiales.

MÉTODOS DE LIMPIEZA:
Absorber con un material inerte (arena, tierra) recoja y deposite en un contenedor para su posterior disposición. Eliminar de acuerdo a las disposiciones locales. Ver apartado 13.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

MANEJO:
Utilizar guantes de protección, neopreno, nitrilo; goma. Lávese completamente después del manejo.

ALMACENAMIENTO:
Almacene en áreas ventiladas y frescas a temperaturas menores o iguales a 60 °C. Manténgase el recipiente bien cerrado. Puede almacenarse por seis (06) meses sin que se altere la calidad del producto. No fumar en sitios de almacenamiento.

Figura 1. (Continuación).

	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS	FDL013	F. APROB. FORM	REV.
			29/11/11	10
		F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N° REV. HDS
		20/01/12	28/08/12	1
GRE ASOCIADA: GRE038			PÁG. 3/6	

PRODUCTO: LIPESA AC011(L-AC011)

8. CONTROL DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

ESTANDARES DE CONTROL (LÍMITES):

Nombre Químico Ingrediente de Riesgo	Limite Máximo permitido (TLV)
Cloruro Férrico	ND

CONTROLES DE INGENIERÍA PARA REDUCIR EXPOSICIÓN:
Disponga de sistemas de ventilación de escape general o local.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:

PROTECCIÓN RESPIRATORIA: Use respirador contra vapores orgánicos cuando trabaje en lugares cerrados. Elija equipo aprobado por NIOSH

PROTECCIÓN DE LOS OJOS: Protección ocular industrial certificada. Se considera usar por lo menos lentes de seguridad con protección lateral

PROTECCIÓN DE LAS MANOS, PIEL Y CUERPO: Guantes (neopreno, nitrilo, goma), ropa con mangas largas (camisas, pantalones, batas), botas de seguridad

RESPECTAR LAS SEÑALES DE SEGURIDAD, SOBRE EL USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL



MEDIDAS DE HIGIENE PERSONAL:

No almacenar, usar, y/ o consumir alimentos durante el trabajo o manejo de este producto.
Retirar los equipos de protección y lavarlos cuidadosamente.
Lavar las manos y cara cuidadosamente antes de realizar cualquier otra actividad.
Respetar y cumplir las mejores prácticas de seguridad e higiene personal.

9. PROPIEDADES FÍSICO Y QUÍMICAS

ESTADO FÍSICO:	Líquido
COLOR:	Café
OLOR:	Característico
pH a 25 °C:	< 2,10
PUNTO INICIAL DE EBULLICIÓN (°C):	> 100
PUNTO FINAL DE EBULLICIÓN (°C):	ND
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN (°C):	ND
PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C):	NA
TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN (°C):	ND
PROPIEDADES EXPLOSIVAS:	NA
PRESIÓN DE VAPOR:	40 mmHg
DENSIDAD DE VAPOR:	NA
DENSIDAD (Kg/m ³):	ND
SOLUBILIDAD:	100% Agua

Figura 1. (Continuación).

	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS	FDL013	F. APROB. FORM	REV.
			29/11/11	10
		F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N° REV. HDS
		20/01/12	28/08/12	1
GRE ASOCIADA: GRE038			PÁG. 4/6	
PRODUCTO: LIPESA AC011(L-AC011)				
COEFICIENTE DE PARTICIÓN OCTANO-AGUA: ND				
GRAVEDAD ESPECÍFICA (a 25 °C): 1,420 – 1,520				
ÍNDICE DE REFRACCIÓN: ND				
% SÓLIDOS: ND				
NA: NO APLICA ND: NO DETERMINADO				
10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD				
ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD: Estable bajo las condiciones de manejo y almacenamiento descritas en la sección 7.				
CONDICIONES A EVITAR: Fuentes de ignición, calor, llamas o chispas.				
MATERIALES A EVITAR: Agentes oxidantes fuertes y ácidos fuertes, Cloritos, hipocloritos, sulfitos. En contacto con metales débiles o zinc, se forma gas de hidrógeno.				
POLIMERIZACIÓN: No ocurre.				
PRODUCTOS PELIGROSOS DE DESCOMPOSICIÓN: La descomposición térmica (por encima de 200 °C) puede producir humos de HCl.				
11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA				
TOXICIDAD AGUDA: Irritación (piel humana): 150 mg/m3, intermitente TCLo (inhalación-rata): 25 mg/m3/ 6 horas, 2 años intermitentes TCLo (inhalación-cerdo): 25 g/m3/6 horas, 2 años intermitentes-Solución al 50% p/p TDLo (oral rata) Efecto reproductivo: 13g/Kg. 7-19 días hembra preñada.				
EFFECTOS LOCALES: Irritación local en piel y ojos.				
SENSIBILIZACIÓN: No es sensibilizante.				
TOXICIDAD CRÓNICA: Este producto no contiene ninguna sustancia que sea considerada por OSHA como un probable o sospechado carcinógeno humano.				
12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA				
MOVILIDAD: Soluble en agua.				
PERSISTENCIA/ DEGRADACIÓN EN AGUA, AIRE Y TIERRA: Información no disponible.				
BIOACUMULACIÓN: No es bioacumulable.				
ECOTOXICIDAD: Algas 1.75 +/- 0.25 mg/L Protozoos 12 mg/L.				

Figura 1. (Continuación).

	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS	FDL013	F. APROB. FORM	REV.
			29/11/11	10
		F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N° REV. HDS
		20/01/12	28/08/12	1
		GRE ASOCIADA: GRE038	PÁG. 5/6	

PRODUCTO: LIPESA AC011(L-AC011)

13. CONSIDERACIONES SOBRE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

MÉTODOS DE DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS:

Se disponen de acuerdo a las leyes locales, estatales o nacionales establecidas. Puede aplicar incineración o descargar en plantas de tratamiento de efluentes, en ambos casos, debe ser comprobada la vigencia de permisología respectiva avalada por las autoridades ambientales competentes.

Si se realiza lavado del área, evitar llegada de aguas de lavado a cuerpos de aguas superficiales.

ELIMINACIÓN DE RECIPIENTES O/ CONTENEDORES:

Los envases o contenedores de los productos Lipesa con pesos menores a 500 Kg., como tambores, carboyas, bidones y sacos no son retornables; es decir, forman parte del producto vendido al cliente, por lo tanto no serán devueltos a LIPESA "bajo ningún concepto". LIPESA se asegurará de que esos envases sean relacionados en el formulario FCS022 (Reporte de Manejo de Desechos) una vez dejados en las plantas o almacenes del cliente.

Queda entendido que el comprador o usuario final procederá a la eliminación de los envases de acuerdo a las normas y leyes vigentes de cada país; siendo conveniente que contacte a las autoridades ambientales para su disposición.

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

N° DE IDENTIFICACIÓN: UN 2582

Reglamentación internacional	Nombre del Material	Clase	Grupo de Embalaje	Etiqueta
TERRESTRE (RID/DoT 49 CFR)	Cloruro Férrico, en Solución.	8	III	
ACUÁTICO (ADNR)	Cloruro Férrico, en Solución.	8	III	
MARÍTIMO (IMDG)	Cloruro Férrico, en Solución.	8	III	
AÉREO (IATA-DGR, ICAO-IT)	Cloruro Férrico, en Solución.	8	III	

15. REGLAMENTACIONES NACIONALES

REGLAMENTO SGA VIGENTE (Sistema Globalmente Armonizado)

Símbolo(s) peligroso(s): Irritante

PICTOGRAMA



Toxicidad aguda (nocivo)

Figura 1. (Continuación).

	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS	FDL013	F. APROB. FORM	REV.
			29/11/11	10
		F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N° REV. HDS
		20/01/12	28/08/12	1
GRE ASOCIADA: GRE038			PÁG. 6/6	

PRODUCTO: LIPESA AC011(L-AC011)

Indicaciones de peligros (Frasas H):

H302 Líquido-Nocivo en caso de ingestión

H315+H318+H335 Provoca irritación cutánea (enrojecimiento y resequedad por contacto prolongado)/ Lesiones oculares / puede irritar las vías respiratorias

H402 Nocivo para los organismos acuáticos por efectos del pH

Consejos de prudencia (Frasas P):

P221 Tomar todas las precauciones necesarias para no mezclar con agentes oxidantes fuertes, ácidos, puede generar gases venenosos por la reacción con hipocloritos, cloritos y sulfitos.

P261 Evitar respirar los vapores

P262 Evitar todo contacto con los ojos, la piel o la ropa

P264 Lavarse cuidadosamente después de la manipulación

P270 No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto

P273 No dispersar en el medio ambiente

P280 Usar guantes de neopreno, nitrilo/ ropa de protección/ lentes de seguridad con protección lateral / Respirador contra vapores orgánicos/ Botas de seguridad

P370+P378 En caso de incendio utilizar polvo químico seco, espuma resistente, dióxido de carbono, agua nebulizada, arena o tierra.

La etiqueta de éste producto está elaborada de acuerdo a la norma venezolana vigente COVENIN 3060 y al Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de los Productos Químicos (SGA)

16. OTRA INFORMACIÓN

CLASIFICACIÓN NFPA 704:	ETIQUETA NFPA:	RIESGOS A LA SALUD:
TOXICIDAD: 3		0 = MÍNIMO
INFLAMABILIDAD: 0		1 = LIGERAMENTE PELIGROSO
REACTIVIDAD: 0		2 = MODERADAMENTE PELIGROSO
PELIGROS ESPECÍFICOS: -		3 = SERIAMENTE PELIGROSO
		4 = SEVERAMENTE PELIGROSO

El Boletín Técnico y la "Guía de Respuesta en caso de Emergencia" por producto se entregan y notifica al transportista para que sirvan de capacitación y conocimiento de los riesgos asociados a las actividades, de carga / descarga de las sustancias.

"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases.

La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad.

Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."

Figura 2. Polímero floculante aniónico (Lipesa-1521M).

 <p>Una empresa de la familia </p>	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS		FDL013	F. APROB. FORM	REV.						
				29/11/11	10						
	F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N°REV. HD:								
	03/11/09	04/08/16	8								
PRODUCTO: LIPESA 1521 M (L-1521M)			GRE ASOCIADA: NO REGULADO								
1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA											
NOMBRE DEL PRODUCTO:		LIPESA 1521 M									
USO:		POLÍMERO ANIÓNICO <u>No debe ser empleado en aplicaciones diferentes al uso especificado</u>									
FABRICANTE: LIPESA DO BRASIL LTDA: Calçada dos Manacás, 26 Centro Comercial Alphaville 06453-037 Barueri, SP CEP. Teléfono de emergencia: 55 11 41912940 LIPESA COLOMBIA S.A.S.: Carretera Central Bogotá – Tunja. Km. 30. Frente a Bavaria. Tocancipa – Colombia. Teléfono: PBX (571) 8786600 Fax: ext 102. Teléfono de emergencia: (57-311) 8768578. LIPESA ECUADOR: Calle "D" No. 63-253 y Nazacota Puento. Teléfono 2532351. Teléfono de emergencia: 098911370/2532351 LIPESA DEL PERÚ SAC: Calle El Estañón Mz B lote 11 Urb. Industrial Infantas Los Olivos. Telf.: 552-3110 / 552-3255. Teléfono de emergencia: 973870018 Página web: www.lipesa.com											
2. COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES											
SUSTANCIA O MEZCLA: SUSTANCIA											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre Químico / sinónimo</th> <th>Nº CAS/EINECS</th> <th>Concentración (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Poliacrilamida aniónica</td> <td>25987-30-8</td> <td>86,5 – 100,0</td> </tr> </tbody> </table>		Nombre Químico / sinónimo	Nº CAS/EINECS	Concentración (%)	Poliacrilamida aniónica	25987-30-8	86,5 – 100,0				
Nombre Químico / sinónimo	Nº CAS/EINECS	Concentración (%)									
Poliacrilamida aniónica	25987-30-8	86,5 – 100,0									
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS											
PELIGROS A LA SALUD: Puede causar Irritación ocular.											
PELIGROS AMBIENTALES: Los efectos de este producto sobre los organismos acuáticos son mitigados rápida y significativamente a través de hidrólisis y por la presencia de carbono orgánico disuelto en el medio ambiente acuático.											
MEDIDAS DE SEGURIDAD: Usar los equipos de protección personal recomendados en la sección 8.											
PELIGROS ESPECÍFICOS:											
CONTACTO CON LOS OJOS:		Puede causar Irritación.									
CONTACTO CON LA PIEL:		Por contacto prolongado puede causar ligera irritación o enrojecimiento, en personas alérgicas o sensibles.									
INHALACIÓN:		No se conocen efectos por exposición.									
INGESTIÓN:		El producto no se considera tóxico, basado en estudios de animales en laboratorios.									
4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS											
INHALACIÓN:		Se recomienda retirar al individuo de la zona de exposición y trasladar a un lugar ventilado.									
CONTACTO CON LA PIEL:		Deshacerse de la ropa contaminada. Lavar con abundante agua, continúe enjuagando con abundante agua si es necesario. En caso de irritación persistente consulte a un médico.									
CONTACTO CON LOS OJOS:		Lavar suavemente con abundante agua durante 15 minutos aproximadamente, levantar los párpados para lograr una limpieza profunda. En caso de irritación persistente consulte a un médico.									
INGESTIÓN:		En caso de malestar acudir al médico.									
NOTAS PARA EL MÉDICO:		Tratamiento sintomático.									

Figura 2. (Continuación).

 <p>Una empresa de la familia </p>	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS		FDL013	F. APROB. FORM	REV.				
				29/11/11	10				
	F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N°REV. HDS						
	03/11/09	04/08/16	8						
PRODUCTO: LIPESA 1521 M (L-1521M)			GRE ASOCIADA: NO REGULADO						
5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS									
PELIGROS/ RIESGOS ESPECÍFICOS: No es combustible.									
AGENTE DE EXTINCIÓN: Chorro de agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono, medios de extinción en seco.									
MEDIOS NO ADECUADOS: No se conoce ninguno.									
MÉTODOS ESPECÍFICOS: No son necesarias medidas especiales. Use equipo de respiración aprobada por NIOSH o equivalente y ropa de protección adecuada. Emplee agua en forma de rocío para enfriar los contenedores.									
PROTECCIÓN DE LOS BOMBEROS: Compruebe que utiliza respiradores certificados/ aprobado o un equipo equivalente, trajes contra incendios.									
6. MEDIDAS DE CONTROL PARA DERRAMES									
PRECAUCIONES PERSONALES: El producto derramado genera con agua o humedad superficies extremadamente resbalosas.									
PRECAUCIONES AMBIENTALES: Evitar la dispersión del material derramado a los desagües y alcantarillas y/o cuerpos de aguas superficiales.									
MÉTODOS DE LIMPIEZA: No usar agua. Contenga inmediatamente los derrames con materiales inertes (arena, aserrín, tierra, etc.). Después de la limpieza, puede utilizar agua para recoger los restos de producto. Eliminar de acuerdo a las disposiciones locales. Ver sección 13. Colombia: según Decreto 4741 del 2005, reglamenta la prevención y el manejo de los residuos peligrosos.									
7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO									
MANEJO: Evitar el contacto con la piel y los ojos. Evitar la formación de polvo. No respirar el polvo. Lávese completamente después del manejo.									
ALMACENAMIENTO: Almacene en lugar seco y fresco. Evite la exposición a la humedad. Manténgase el recipiente bien cerrado. Evitar la dispersión del polvo. Tiempo de vida útil: 24 meses a partir de la fecha de fabricación. No fumar en sitios de almacenamiento									
8. CONTROL DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL									
ESTANDARES DE CONTROL (LÍMITES):									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre Químico Ingrediente de Riesgo</th> <th>Limite Máximo permitido (TLV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ninguno</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		Nombre Químico Ingrediente de Riesgo	Limite Máximo permitido (TLV)	Ninguno	-				
Nombre Químico Ingrediente de Riesgo	Limite Máximo permitido (TLV)								
Ninguno	-								
CONTROLES DE INGENIERÍA PARA REDUCIR EXPOSICIÓN: Disponga de sistemas de ventilación de escape general o local.									
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:									
PROTECCIÓN RESPIRATORIA:		Se recomienda usar respirador con filtro para polvo. Elija equipo aprobado por NIOSH.							
PROTECCIÓN DE LOS OJOS:		Protección ocular industrial certificada. Se considera usar lentes de seguridad con protección lateral. No usar lentes de contacto.							
PROTECCIÓN DE LAS MANOS,									

Figura 2. (Continuación).

 <p>Una empresa de la familia </p>	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS	FDL013	F. APROB. FORM	REV.
			29/11/11	10
		F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N°REV. HDS
		03/11/09	04/08/16	8
		GRE ASOCIADA: NO REGULADO	PÁG. 3/5	
PRODUCTO: LIPESA 1521 M (L-1521M)				
PIEL Y CUERPO:		Guantes (goma/ neopreno/ nitrilo), ropa con mangas largas (camisas, pantalones, batas), botas de seguridad.		
RESPECTAR LAS SEÑALES DE SEGURIDAD, SOBRE EL USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
				
MEDIDAS DE HIGIENE PERSONAL:				
No almacenar, usar, y/ o consumir alimentos durante el trabajo o manejo de este producto. Retirar los equipos de protección y lavarlos cuidadosamente. Lavar las manos y cara cuidadosamente antes de realizar cualquier otra actividad. Respetar y cumplir las mejores prácticas de seguridad e higiene personal.				
9. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS				
ESTADO FÍSICO:	Sólido granular			
COLOR:	Blanco			
OLOR:	Inodoro			
pH a 25 °C:	7,00 – 8,00 al 0,1% en agua			
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICION (°C):	ND			
DENSIDAD (kg/m³):	600 – 800			
SOLUBILIDAD EN AGUA:	Máximo 0,5 %			
GRAVEDAD ESPECÍFICA (a 25 °C):	NA			
VSICOSIDAD BROOKFILED (UL):	6,50 -7,50 cP			
VISCOSIDAD DINÁMICA (cP) a 25 °C:	Mínimo 500 al 0,5% en agua Mínimo 300 al 0,25% en agua Mínimo 100 al 0,1% en agua			
RESIDUAL DE ACRILAMIDA (ppm):	0 – 500			
		NA: NO APLICA	ND: NO DETERMINADO	
10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD				
ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD:				
Estable bajo las condiciones de manejo y almacenamiento descritas en la sección 7.				
CONDICIONES A EVITAR:				
Altas temperaturas, agua y humedad.				
MATERIALES A EVITAR:				
Los agentes oxidantes pueden causar reacciones exotérmicas.				
POLIMERIZACIÓN:				
No ocurre.				
PRODUCTOS PELIGROSOS DE DESCOMPOSICIÓN:				
La descomposición térmica puede producir: óxidos de nitrógeno y óxidos de carbono.				
11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA				
TOXICIDAD AGUDA:				
LD ₅₀ Oral (rata) > 5000 mg/kg Los resultados de pruebas de laboratorios en conejos mostraron que este material no es tóxico aún en altas dosis.				

Figura 2. (Continuación).

 <p>Una empresa de la familia </p>	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS		FDL013	F. APROB. FORM	REV.	
				29/11/11	10	
	F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N° REV. HDS			
	03/11/09	04/08/16	8	GRE ASOCIADA: NO REGULADO PÁG. 4/5		

PRODUCTO: LIPESA 1521 M (L-1521M)

EFFECTOS LOCALES:
Las pruebas realizadas de acuerdo a la técnica Draize demostraron que el material no produce efectos en la córnea o en el iris, sólo ligeros efectos conjuntivos similares a los ocasionados por cualquier material granular.

SENSIBILIZACIÓN:
No es sensibilizante.

TOXICIDAD CRÓNICA:
Un estudio de dos años en alimentación de ratas no demuestra efectos adversos para la salud. Los estudios de alimentación de un año en perros no demostraron efectos adversos a la salud.
Este producto no contiene ninguna sustancia que sea considerada por OSHA como un probable o sospechado carcinógeno humano.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

MOVILIDAD:
Datos no disponibles.

PERSISTENCIA/ DEGRADACIÓN EN AGUA, AIRE Y TIERRA:
No biodegrada fácilmente.

BIOACUMULACIÓN:
No es bioacumulable.

ECOTOXICIDAD:
LC₅₀ (peces) Danio Rerio >100 mg/L, 96 hr (OECD 203)
EC₅₀ (Daphnia) Daphnia magna > 100 mg/L, 48 hr (OECD 202)
IC₅₀(Algas) Scenedesmus subspicatus > 100 mg/L, 72 hr (OECD 201)
No es hidrolizable.

13. CONSIDERACIONES SOBRE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

MÉTODOS DE DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS:
Se disponen de acuerdo a las leyes locales, estatales o nacionales establecidas. Puede aplicar incineración o descargar en plantas de tratamiento de efluentes, en ambos casos, debe ser comprobada la vigencia de permisología respectiva avalada por las autoridades ambientales competentes.
Si se realiza lavado del área, evitar llegada de aguas de lavado a cuerpos de agua superficial.

ELIMINACIÓN DE RECIPIENTES O/ CONTENEDORES:
Los envases o contenedores de los productos Lipesa con pesos menores a 500 kg., como tambores, carboyas, bidones y sacos no son retornables; es decir, forman parte del producto vendido al cliente, por lo tanto no serán devueltos a LIPESA "bajo ningún concepto". LIPESA se asegurará de que esos envases sean relacionados en el formulario FCS022 (Reporte de Manejo de Desechos) una vez dejados en las plantas o almacenes del cliente.
Queda entendido que el comprador o usuario final procederá a la eliminación de los envases de acuerdo a las normas y leyes vigentes de cada país; siendo conveniente que contacte a las autoridades ambientales para su disposición.

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Nº DE IDENTIFICACIÓN: UN NO REGULADO

Reglamentación internacional	Nombre del material	Clase	Grupo de embalaje	Pictograma
TERRESTRE (RID/DoT 49 CFR)	No regulado	NA	NA	---
ACUÁTICO (ADNR)	No regulado	NA	NA	---
MARÍTIMO (IMDG)	No regulado	NA	NA	---
AÉREO (IATA-DGR, ICAO-IT)	No regulado	NA	NA	---

Figura 2. (Continuación).

 Una empresa de la familia 	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS	FDL013	F. APROB. FORM	REV.
			29/11/11	10
		F. APROB. HDS	F. REV.HDS.	N°REV. HDS
		03/11/09	04/08/16	8
GRE ASOCIADA: NO REGULADO			PÁG. 5/5	

PRODUCTO: LIPESA 1521 M (L-1521M)

15. REGLAMENTACIONES NACIONALES

REGLAMENTO SGA VIGENTE (Sistema Globalmente Armonizado)

Símbolo(s) peligroso(s): **PICTOGRAMA**

Irritante



Atención (Irritante)

Indicaciones de peligros (Frasas H):

H316 **Provoca leve irritación cutánea.**
 H320 **Provoca irritación ocular.**
 H335 **Puede irritar las vías respiratorias.**

Consejos de prudencia (Frasas P):

P264 **Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.**
 P270 **No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto.**
 P273 **No dispersar en el medio ambiente.**
 P280 **Usar guantes de neopreno, nitrilo, Ropa de protección/ lentes de seguridad con protección lateral/ respirador contra vapores orgánicos/ Botas de seguridad.**

La etiqueta de éste producto está elaborada de acuerdo al sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de los productos químicos (SGA)

16. OTRA INFORMACIÓN

CLASIFICACIÓN NFPA 704:	ETIQUETA NFPA:	RIESGOS A LA SALUD:
TOXICIDAD: 0		0 = MÍNIMO
INFLAMABILIDAD: 0		1 = LIGERAMENTE PELIGROSO
REACTIVIDAD: 0		2 = MODERADAMENTE PELIGROSO
PELIGROS ESPECÍFICOS: -		3 = SERIAMENTE PELIGROSO
		4 = SEVERAMENTE PELIGROSO

El boletín técnico y la "guía de respuesta en caso de emergencia" por producto se entregan y notifica al transportista para que sirvan de capacitación y conocimiento de los riesgos asociados actividades, de carga / descarga de las sustancias.

* Por ser un producto no regulado no aplica ningún número de guía de respuesta en caso emergencias.

"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases.
 La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad.
 Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."

ANEXO F

VALORES METRO CÚBICO EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ³⁵

Valores por metro cúbico de agua de la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, tomado para el segundo semestre de 2016.

Tabla 1. Valores por m³ de acueducto 2016.

VALORES POR M ³ DE ACUEDUCTO 2016						
CONSUMO \$/m ³	jul-2016	ago-2016	sep-2016	oct-2016	nov-2016	dic-2016
COMERCIAL	3.322,04	3.322,04	3.322,04	3.322,04	3.322,04	3.322,04
INDUSTRIAL	3.056,27	3.056,27	3.056,27	3.056,27	3.056,27	3.056,27
OFICIAL	2.214,69	2.214,69	2.214,69	2.214,69	2.214,69	2.214,69
ESPECIAL	2.214,69	2.214,69	2.214,69	2.214,69	2.214,69	2.214,69

Tabla 2. Valores por m³ de alcantarillado 2016.

VALORES POR M ³ DE ALCANTARILLADO 2016						
CONSUMO \$/m ³	jul-2016	ago-2016	sep-2016	oct-2016	nov-2016	dic-2016
COMERCIAL	3.670,67	3.670,67	3.670,67	3.670,67	3.670,67	3.670,67
INDUSTRIAL	3.499,37	3.499,37	3.499,37	3.499,37	3.499,37	3.499,37
OFICIAL	2.447,11	2.447,11	2.447,11	2.447,11	2.447,11	2.447,11
ESPECIAL	2.447,11	2.447,11	2.447,11	2.447,11	2.447,11	2.447,11

³⁵ EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. Disponible en: <http://www.acueducto.com.co>. Consultado en: 21 de Agosto de 2016.

ANEXO G

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS.

- **Pozo de bombeo Inicial.**

Tabla 1. Tanque en concreto reforzado con dimensiones básicas.

Ancho	0,70 m
Largo	1,58 m
Profundidad total	2,40 m
Borde libre	1,20 m

- **Tamiz estático.**

Cuadro 1. Tamiz estático.

Cantidad	1
Características técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Función • Capacidad Máx. (m³/h) • Perfil 	Separación de sólidos 10,8 Cuerpo acero al carbón; tela raspadora en acero inoxidable. Cuerpo y estructuras en acero al carbón y malla en acero Inoxidable, con separación de 0,5 mm.
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de construcción 	
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de limpieza 	Auto limpiante

- **Canal de llegada.**

Tabla 2. Estructura en concreto reforzado, con dimensiones básicas.

Ancho	0,30 m
Largo	1,40 m
Profundidad total	0,60 m
Borde libre	0,20 m

- **Reja de desbaste grueso.** Reja en acero al carbón ASTM A-36 con dimensiones básicas, fabricada en varillas de acero de 3/8" separadas 1.5 cm.

Tabla 3. Reja de desbaste grueso.

Ancho	0,30 m
Alto	0,60 m

- **Canaleta.** Canaleta con dimensiones básicas. Fabricada en PRFV de 3" de garganta.

Tabla 4. Canaleta.

Ancho	0,30 m
Largo	1,20 m
Profundidad total	0,50 m
Borde libre	0,30 m

- **Canal de arenas.** Dos Canales Desarenadores con dimensiones básicas.

Tabla 5. Canal de arenas.

Ancho	0,30 m
Largo	1,20 m
Profundidad total	0,80 m
Borde libre	0,40 m

- **Trampa de grasas.** Tanque de Trampa de Grasas, con dimensiones básicas.

Tabla 6. Trampa de grasas.

Ancho	0,80 m
Largo	0,93 m
Profundidad total	1,80 m
Borde libre	0,40 m

- **Tanque de Ecuilización-Acidificación.**

Cuadro 2. Tanque de ecualización – acidificación.

Cantidad	1
Características técnicas	
• Función	Permitir la reacción biológica anaerobia transformando la materia orgánica en CH ₄ y CO ₂
• Forma	Cuadrada, semicerrado.
• Tipo de construcción	Concreto reforzado, recubierto con Epóxico en todo su interior.
• Volumen (m ³)	107,00
• Dimensiones Básicas:	
Largo (m)	6,30
Ancho (m)	3,10
Altura útil (m)	5,50
Altura total (m)	6,00
Accesorios Complementarias	Pasamuros de entrada del efluente, desocupación.

- **Tanque de contingencia.**

Cuadro 3. Tanque de contingencia.

Cantidad	1
Características técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Función • Forma • Volumen total (m³) • Tipo de construcción • Dimensiones básicas: <ul style="list-style-type: none"> Largo (m) Ancho. (m) Altura útil (m) Altura total (m) • Accesorios Complementarios 	Recibir el efluente que presente cargas elevadas de DQO para evitar desestabilizar el sistema y posteriormente dosificarlas al Tanque de Ecuación. Rectangular, cerrado. 29,7 Concreto armado. 2,50 2,16 5,50 6,00 Pasamuros en Acero al Carbón para desocupación y recubrimiento Epóxico.

- **Reactor de metanización**

Cuadro 4. Reactor de metanización.

Cantidad	1
Características técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Función • Forma • Tipo de construcción • Volumen (m³) • Dimensiones Básicas: <ul style="list-style-type: none"> Largo (m) Ancho (m) Altura útil (m) Altura total (m) • Accesorios Complementarias 	Permitir la reacción Biológica Anaerobia transformando la materia orgánica en CH ₄ y CO ₂ Cuadrada, semicerrado, con decantador de placas paralelas y flujo cruzado, con distribuidor de fondo y tomadores de muestra. Paredes en concreto reforzado, recubierto con Epóxico en la parte superior. 195 6,50 5,0 6,0 6,50 Válvula Hidráulica de seguridad (presión y vacío), bocas en Acero al carbón en la pared de inspección, Pasamuros de entrada del efluente, tomadores de muestra, salida del agua, salida de biogas, desocupación.

- **Decantador trifásico e internos del reactor.**

Cuadro 5. Decantador trifásico e internos del reactor.

Cantidad	1
Características Técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Función • Forma • Protección superficial 	Permitir la separación de efluente, biogás y lodo. Rectangular metálico en acero al carbón, canal de salida y vertederos de recolección, distribuidor en tubería PVC, placas decantadoras en plástico. Elementos en contacto con el agua: limpieza de superficie con arena metal blanco, recubrimiento imprimante epóxico.

- **Tanque de Producto Químico.**

Cuadro 6. Tanque de producto químico.

Cantidad	1
Características técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Función • Localización • Tipo de construcción • capacidad (litros) • Accesorios complementarios 	Almacenar hidróxido de sodio Base de dosificación Polietileno o plástico (original del producto) 500 Tapa, fondo plano, y conexiones

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros **Laura Catalina Neita Pinto y Eliana Iveth Alarcón Rondón** en calidad de titulares de la obra **Propuesta para la reutilización del agua residual tratada de una empresa de cereales en la ciudad de Bogotá**, elaborada en el año **2016**, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establezco establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su(s) autor(es).

De igual forma como autor (es) autorizo (amos) la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Para constancia se firma el presente documento en (la ciudad), a los 17 días del mes de marzo del año 2017.

EL(LOS) AUTOR(ES):

Autor 1

Nombres	Apellidos
Laura Catalina	Neita Pinto
Documento de identificación No	Firma
1053585640	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Eliana Iveth	Alarcón Rondón
Documento de identificación No	Firma
1032446831	

Nota: Incluya un apartado (copie y pegue el cuadro anterior), para los datos y la firma de cada uno de los autores de la obra.