

DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES PARA PELIKAN COLOMBIA S.A.S.

ANGIE JULIETH CRISTANCHO BELLO  
ANDRÉS MAURICIO NOY ORTIZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2016

DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES PARA PELIKAN COLOMBIA S.A.S.

ANGIE JULIETH CRISTANCHO BELLO  
ANDRES MAURICIO NOY ORTIZ

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

Director:  
José Urbano Medina Villa  
Ingeniero Químico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2016

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Oscar Libardo Lombana  
Presidente de jurado

---

Mario Fernando Ortiz  
Jurado

---

José Orlando Cucunubá  
Jurado

Bogotá D.C., Noviembre del 2016

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. JAIME POSADA DÍAZ**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. LUÍS JAIME GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Posgrados

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS**

Secretario General

**Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA PEÑA**

Director Facultad de Ingenierías

**Dr. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI**

Director Programa de Ingeniería

**Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ**

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

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirnos culminar una etapa más en nuestras vidas y comenzar una nueva con la realización de este trabajo de grado.

A nuestros padres, por ser ejemplo, guiarnos, instruirnos y construir lo que somos ahora, por confiar en nuestras capacidades y brindarnos su apoyo en cada momento y a lo largo de nuestro paso por la universidad, para hacer realidad este logro.

A nuestros amigos que han estado presentes incondicionalmente en cada logro y caída y que definitivamente hicieron de esta etapa, una de las mejores que hemos vivido y viviremos a lo largo de nuestra vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S. por darnos la oportunidad de desarrollar nuestro trabajo de grado.

Al ingeniero José U. Medina por brindarnos su voto de confianza para llevar a cabo nuestro proyecto de grado.

Al ingeniero Andrés Puerto por su tiempo y conocimiento compartido a lo largo del desarrollo del trabajo de grado, quien fue parte fundamental.

Al ingeniero Nelson Fernández por el apoyo brindado durante la parte experimental del trabajo de grado.

Al ingeniero Oscar Lombana quien fue nuestro asesor, por su tiempo para la presentación del proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	24
1.MARCO TEÓRICO	25
1.1 GENERALIDADES DE PELIKAN COLOMBIA S.A.S.	25
1.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN	26
1.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	28
1.3.1 Características de las aguas residuales.	28
1.4 TRATAMIENTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES	28
1.4.1 Tratamientos preliminares	30
1.4.2 Tratamientos primarioS	31
1.4.3 Tratamientos biológicos o secundarios	31
1.4.4 Tratamientos terciarios.	
1.5 NORMATIVIDAD	33
2. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO	35
2.1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE PINTURAS	35
2.1.1 Distribución en planta.	37
2.1.2. Agua residual del lavado de tanques.	38
2.2. BALANCE HÍDRICO	39
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	45
2.3.1 Descripción del muestreo	46
2.3.2 Determinación de alícuotas	46
2.3.3 Descripción de los puntos de monitoreo	47
2.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS	48
2.4.1 pH en función del tiempo.	48
2.4.2 Temperatura en función del tiempo.	49
2.4.3 Caudal en función del tiempo.	49
2.5 PARÁMETROS EVALUADOS POR EL LABORATORIO Y COMPARACIÓN CON LA RESOLUCIÓN 0631 Y LEGISLACIÓN DE LA UNION EUROPEA.	50
3. ALTERNATIVAS VIABLES PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	52
3.1 ALTERNATIVAS PLANTEADAS	55
3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN	61
3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN	63

4.EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	
4.1EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON (ALTERNATIVA 3)	67
4.1.1 Coagulación – Flocculación	67
4.1.2 Oxidación química	81
4.1.2.1 Reactivos utilizados en la oxidación química.	82
4.1.2.2 Equipos utilizados en la oxidación química.	83
4.2 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA (ALTERNATIVA 5)	92
4.2.1 Reactivos utilizados en la alternativa de tratamiento.	93
4.2.2 Equipos utilizados durante la alternativa de tratamiento.	93
4.2.3 Procedimiento de la alternativa planteada.	95
4.2.4 Resultados y análisis de resultados	99
4.3 EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE EVAPORACIÓN DE ALCOHOLES (ALTERNATIVA 6)	103
4.3.1 Reactivos utilizados	104
4.3.2.Equipos utilizados durante la alternativa de tratamiento	104
4.3.3Procedimiento de la alternativa planteada	105
4.3.4 Resultados y análisis de resultados.	107
4.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN SELECCIONADAS	109
5. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS	110
5.1 DIAGRAMA DE EQUIPOS	110
5.2 TRAMPA DE GRASA	111
5.3 TANQUE EVAPORADOR	111
5.4 TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN	113
5.5 TANQUE CLARIFICADOR	117
5.6 FILTRO DE ARENA Y CARBÓN ACTIVADO	122
6.ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN	127
6.1 COSTOS DE INVERSIÓN	127
6.2 COSTOS DE OPERACIÓN	128
6.3 COSTOS TOTALES	130
7. CONCLUSIONES	131
8. RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFIA	134
ANEXOS	136

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Ubicación en el mapa.	25
<b>Figura 2.</b> Diagrama de bloques del proceso general de elaboración de pinturas base agua <sup>1</sup>	27
<b>Figura 3.</b> Diagrama de bloques de tratamientos de aguas.	29
<b>Figura 4.</b> Diagrama de flujo fabricación de pinturas.	36
<b>Figura 5.</b> Diagrama del proceso de producción de la pintura.	37
<b>Figura 6.</b> Distribución en planta del proceso de producción de tintas y pinturas.	38
<b>Figura 7.</b> Esquema del balance hídrico en litros por segundo.	45
<b>Figura 8.</b> Diagrama de bloques de la primera alternativa de tratamiento.	56
<b>Figura 9.</b> Diagrama de bloques de la segunda alternativa de tratamiento.	57
<b>Figura 10.</b> Diagrama de bloques de la tercera alternativa de tratamiento.	58
<b>Figura 11.</b> Diagrama de bloques de la cuarta alternativa de tratamiento.	59
<b>Figura 12.</b> Diagrama de bloques de la quinta alternativa de tratamiento.	60
<b>Figura 13.</b> Diagrama de bloques de la sexta alternativa de tratamiento.	61
<b>Figura 14.</b> Ubicación de la PTAR dentro de la planta de producción de tintas.	62
<b>Figura 15.</b> Dimensiones del área disponible para la implementación de la PTAR.	62
<b>Figura 16.</b> Equipo utilizado en la prueba de jarras.	71
<b>Figura 17.</b> Turbidímetro.	71
<b>Figura 18.</b> Balanza analítica	72
<b>Figura 19.</b> Toma de muestra de agua residual industrial en Pelikan Colombia S.A.S.	74
<b>Figura 20.</b> Test de jarras con sulfato de aluminio como coagulante y polímero 1143 como floculante.	76
<b>Figura 21.</b> Agua residual industrial para prueba de jarras en los siguientes días tratada con cloruro férrico y polímero 1143.	77
<b>Figura 22.</b> Tratamiento con sulfato de aluminio, polímero 1143 y poliacrilamida.	78
<b>Figura 23.</b> Ensayo de jarras con sulfato de aluminio, borohidruro de sodio, metabisulfito de sodio y floculante.	79
<b>Figura 24.</b> Prueba de jarras para determinar las dosis de metabisulfito y borohidruro de sodio.	80
<b>Figura 25.</b> Sistema de aireación para el proceso de oxidación química.	83

<b>Figura 26.</b> Diagrama de flujo del proceso realizado durante la oxidación química.	84
<b>Figura 27.</b> Agua residual después del proceso <i>Fenton</i> usando sulfato de aluminio, polímero 1045, metabisulfito y borohidruro de sodio.	85
<b>Figura 28.</b> Agua residual después del proceso <i>Fenton</i> usando sulfato de aluminio, poliacrilamida, metabisulfito y borohidruro de sodio.	86
<b>Figura 29.</b> Agua residual tratada con sulfato de aluminio, polímero 1045 y peróxido de hidrogeno.	88
<b>Figura 31.</b> Muestra de agua residual industrial de la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S para llevar a cabo la nueva alternativa de tratamiento.	92
<b>Figura 32.</b> Filtro de carbón activado.	94
<b>Figura 33.</b> Equipo de osmosis inversa.	94
<b>Figura 34.</b> Diagrama de flujo de la nueva alternativa planteada.	95
<b>Figura 35.</b> Selección del rompedor de emulsión.	96
<b>Figura 36.</b> Prueba para la selección del rompedor.	96
<b>Figura 37.</b> Eficiencia del rompedor inverso CHEMIFLOC-500 en la primera muestra de agua residual industrial tomada de la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S.	97
<b>Figura 38.</b> Función del rompedor inverso CHEMIFLOC-500 en la nueva muestra agua residual industrial tomada de la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S.	97
<b>Figura 39.</b> Filtración con carbón activado.	98
<b>Figura 40.</b> Proceso de osmosis inversa para el agua residual.	99
<b>Figura 43.</b> Diagrama de flujo de la sexta alternativa de tratamiento.	105
<b>Figura 44.</b> Evaporación de los alcoholes presentes en el agua residual.	106
<b>Figura 45.</b> Clarificación del agua residual por medio del rompedor inverso CHEMIFLOC-500.	106
<b>Figura 46.</b> Filtración con carbón activado y arena.	107
<b>Figura 48.</b> Diagrama de flujo del proceso propuesto para el tratamiento del agua residual.	110
<b>Figura 49.</b> Tanque evaporador.	113
<b>Figura 50.</b> Tanque homogeneizador	117
<b>Figura 51.</b> Sección cónica del tanque clarificador.	118
<b>Figura 52.</b> Volumen de lodos.	119
<b>Figura 53.</b> Tanque clarificador.	122
<b>Figura 54.</b> Filtro de arena y carbón activado.	126

## LISTA DE GRÁFICAS

	pág
<b>Grafica 1.</b> Consumo de agua m <sup>3</sup> /año.	39
<b>Grafica 2.</b> Agua residual industrial Vs. Tiempo	42
<b>Grafica 3.</b> Agua residual industrial Vs. Tiempo.	42
<b>Grafica 4.</b> Agua residual industrial Vs. Tiempo.	43
<b>Grafica 5.</b> Agua residual industrial Vs. Tiempo	44
<b>Grafica 6.</b> Caudales máximos de vertimientos en los últimos cuatro años.	44
<b>Grafica 7.</b> Comportamiento del pH.	48
<b>Grafica 8.</b> Comportamiento de la temperatura.	49
<b>Grafica 9.</b> Comportamiento del caudal.	49
<b>Grafica 10.</b> DBO5 en los últimos tres años.	53
<b>Grafica 11.</b> DQO en los últimos tres años.	53
<b>Grafica 12.</b> Sólidos suspendidos totales en los últimos tres años.	54
<b>Grafica 13.</b> Condiciones iniciales de las muestras de agua residual.	73
<b>Grafica 14.</b> Turbiedad de los procesos aplicados para la clarificación del agua.	89
<b>Grafica 15.</b> Turbiedad de cada tratamiento de clarificación aplicado al agua residual.	100
<b>Grafica 16.</b> Turbiedad con respecto a la concentración de rompedor inverso.	102
<b>Grafica 17.</b> Remoción de DQO durante la alternativa de tratamiento.	108

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Parámetros límites máximos permisibles establecidos por la resolución 0631 del 2015.	33
<b>Tabla 2.</b> Consumo de agua en el proceso productivo de tintas en PELIKAN COLOMBIA S.A.S. en los últimos tres años.	40
<b>Tabla 3.</b> Balance Hídrico para el año 2013.	41
<b>Tabla 4.</b> Balance Hídrico para el año 2014.	42
<b>Tabla 5.</b> Balance Hídrico para el año 2015.	43
<b>Tabla 6.</b> Balance hídrico para el año 2016.	43
<b>Tabla 7.</b> Comparación de resultados de laboratorio ANALQUIM LTDA. Con respecto a la resolución 0631 y a la legislación europea.	50
<b>Tabla 8.</b> Estado actual del agua residual comparado con la norma actual colombiana y la legislación europea.	52
<b>Tabla 9.</b> Matriz de selección.	64
<b>Tabla 10.</b> Dosis propuestas para coagulantes y floculantes.	75
<b>Tabla 11.</b> Prueba de jarras 1.	76
<b>Tabla 12.</b> Prueba de jarras 2.	77
<b>Tabla 13.</b> Nuevas dosis de coagulantes y floculantes propuestas.	77
<b>Tabla 14.</b> Prueba de jarras 3.	78
<b>Tabla 15.</b> Prueba de jarras 4.	79
<b>Tabla 16.</b> Dosis planteadas de metabisulfito y borohidruro para la remoción de color.	80
<b>Tabla 17.</b> Prueba de jarras 5.	80
<b>Tabla 18.</b> Prueba de oxidación química 1.	85
<b>Tabla 19.</b> Prueba de oxidación química 2.	86
<b>Tabla 20.</b> Nuevos volúmenes de reactivos usados para la oxidación química.	87
<b>Tabla 21.</b> Tratamientos a los cuales se les realizó oxidación química.	87
<b>Tabla 22.</b> Oxidación química con peróxido de hidrogeno por un tiempo de retención de 12 horas.	88
<b>Tabla 23.</b> Mediciones de turbiedad para la selección del mejor tratamiento de clarificación para el agua residual.	89
<b>Tabla 24.</b> Mediciones de DQO realizada a los mejores tratamientos antes y después de la oxidación química.	90
<b>Tabla 25.</b> DQO del agua residual inicial y filtrada.	98
<b>Tabla 26.</b> Turbiedad antes y después del tratamiento.	100

<b>Tabla 27.</b> Descripción de los tratamientos aplicados, para los cuales se midió la turbiedad.	101
<b>Tabla 28.</b> DQO del agua residual antes, durante y después del tratamiento.	102
<b>Tabla 29.</b> Conductividad del permeado y rechazo provenientes de la osmosis inversa.	102
<b>Tabla 30.</b> DQO del agua residual antes durante y después del tratamiento.	108
<b>Tabla 31.</b> Aluminio antes y después del tratamiento.	108
<b>Tabla 32.</b> Condiciones de operación seleccionadas.	109
<b>Tabla 33.</b> Porcentaje de remoción	109
<b>Tabla 34.</b> Calidad esperada de efluentes filtrados de aguas residuales.	123
<b>Tabla 35.</b> Características de filtros de medio dual.	123
<b>Tabla 36.</b> Velocidades y cargas hidráulicas de diseño.	123
<b>Tabla 37.</b> Variabes generales para la filtración.	124
<b>Tabla 38.</b> Costo de inversión en equipos.	128
<b>Tabla 39.</b> Costos de materia prima.	129
<b>Tabla 40.</b> Costos de servicios.	129
<b>Tabla 41.</b> Mano de obra para un operario cuyo SMMLV es 689.455 COP.	130
<b>Tabla 42.</b> Costos totales.	130

## LISTA DE CUADROS

	pág.
<b>Cuadro 1.</b> Categorías de contaminantes del agua.	29
<b>Cuadro 2.</b> Usos de las tecnologías para el tratamiento del agua.	30
<b>Cuadro 3.</b> Descripción de la estación de monitoreo	47
<b>Cuadro 4.</b> Criterios de selección para la planta de tratamiento de aguas residuales.	64
<b>Cuadro 5.</b> Calificación para los distintos niveles de importancia.	64
<b>Cuadro 6.</b> Coagulantes usados durante el desarrollo de la experimentación.	68
<b>Cuadro 7.</b> Floculantes usados en el desarrollo de la experimentación.	69
<b>Cuadro 8.</b> Otros reactivos usados durante el desarrollo de la experimentación.	70
<b>Cuadro 9.</b> Coagulantes y floculantes propuestos.	75
<b>Cuadro 10.</b> Reactivos usados durante el proceso de oxidación química.	82
<b>Cuadro 11.</b> Volumen de reactivos propuesto inicialmente para la oxidación química.	84
<b>Cuadro 12.</b> Reactivos usados durante la nueva alternativa de tratamiento planteada.	93
<b>Cuadro 13.</b> Reactivos utilizados durante el tratamiento.	104

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
<b>Ecuación 1.</b> Cálculo del caudal doméstico.	40
<b>Ecuación 2.</b> Relación de agua industrial y doméstica.	41
<b>Ecuación 3.</b> Cálculo de caudal.	46
<b>Ecuación 4.</b> Cálculo del volumen de composición.	47
<b>Ecuación 5.</b> Cálculo del volumen de diseño de la trama de grasas.	111
<b>Ecuación 6.</b> Energía requerida.	112
<b>Ecuación 7.</b> Ley de Watts	112
<b>Ecuación 8.</b> Ley de Ohm.	113
<b>Ecuación 9.</b> Volumen del tanque homogeneizador.	114
<b>Ecuación 10.</b> Volumen de un cilindro.	114
<b>Ecuación 11.</b> Diámetro del tanque homogeneizador.	114
<b>Ecuación 12.</b> Altura del tanque homogeneizador.	115
<b>Ecuación 13.</b> Potencia requerida.	115
<b>Ecuación 14.</b> Longitud de la paleta del impulsor.	116
<b>Ecuación 15.</b> Diámetro del disco central.	116
<b>Ecuación 16.</b> Volumen del tanque clarificador.	117
<b>Ecuación 17.</b> Diámetro del tanque clarificador.	118
<b>Ecuación 18.</b> Altura del tanque clarificador.	118
<b>Ecuación 19.</b> Dimensiones de la sección cónica.	119
<b>Ecuación 20.</b> Volumen del cono.	120
<b>Ecuación 21.</b> Altura cilíndrica del tanque.	120
<b>Ecuación 22.</b> Altura del cilindro.	120
<b>Ecuación 23.</b> Altura total del tanque clarificador.	121
<b>Ecuación 24.</b> Altura de la salida lateral.	121
<b>Ecuación 25.</b> Tamaño efectivo.	124
<b>Ecuación 26.</b> Profundidad del lecho.	124
<b>Ecuación 27.</b> Tamaño efectivo.	124
<b>Ecuación 28.</b> Profundidad del lecho combinado	125
<b>Ecuación 29.</b> Tamaño efectivo del lecho combinado.	125
<b>Ecuación 30.</b> Coeficiente de uniformidad del lecho combinado.	125
<b>Ecuación 31.</b> Área de filtración.	125
<b>Ecuación 32.</b> Volumen del filtro.	126
<b>Ecuación 33.</b> Diámetro del filtro.	126
<b>Ecuación 34.</b> Área del tanque evaporador.	127
<b>Ecuación 35.</b> Área del tanque homogeneizador.	127
<b>Ecuación 36.</b> Área del tanque clarificador	127

**Ecuación 37.**Área de la sección cónica del clarificador.

127

**Ecuación 38.**Área del filtro de arena y carbón activo

128

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A.</b> Plano de distribución de la planta	137
<b>Anexo B.</b> Informe de monitoreo y caracterización	139
<b>Anexo C.</b> Pruebas de jarras realizadas	155
<b>Anexo D.</b> Fichas técnicas de los reactivos usados	158
<b>Anexo E.</b> Procedimientos operacionales de los equipos utilizados	185
<b>Anexo F.</b> Lista de precios y cotizaciones	197

## LISTA DE ABREVIATURAS

**DBO5:** Demanda bioquímica de oxígeno.

**DQO:** Demanda química de oxígeno.

**SSED:** Sólidos sedimentables.

**SST:** Sólidos suspendidos totales.

**PAC:** Policloruro de aluminio.

**PCSAS:** Pelikan Colombia S.A.S.

**PTAR:** Planta de tratamiento de aguas residuales.

**NTU:** Número de unidades de turbiedad.

## GLOSARIO

**AIREACIÓN:** método utilizado en el tratamiento de aguas para oxigenar las aguas residuales. Ayuda a mantener el medio homogenizado. El agua se coloca en contacto con suministros de aire como lo son los difusores de forma artificial para mantener la salida de gotas de aire hacia la superficie del agua.<sup>1</sup>

**CAUDAL MÁXIMO:** es el flujo de agua más elevado durante ciertos instantes de tiempo.

**CAUDAL MÍNIMO:** es el flujo de agua más bajo durante ciertos instantes de tiempo.

**CLARIFICADOR:** es un componente clave en el tratamiento de aguas residuales. Consiste de un tanque de sedimentación que ayuda a eliminar los contaminantes y concentrarlos en los lodos que se generan, lo que reduce la cantidad de volumen de requerido en filtro-prensa.<sup>2</sup>

**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO):** “indicador del potencial contaminante de un efluente, en el que la contaminación se debe a la utilización del oxígeno disuelto por parte de los microorganismos que descomponen la materia orgánica presente en el efluente. Se mide como el peso (en mg) de oxígeno consumido en un litro de muestra del efluente almacenado a la oscuridad a 20° C.<sup>3</sup>

**DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO):** expresa el contenido de materias orgánicas oxidables y contaminantes en aguas. Se expresa en ppm de  $O_2$ . Las aguas normalmente no contaminadas tienen valores de 1 a 5 ppm.

---

<sup>1</sup> Linda Daley Paulson. Que es la aireación del agua. New York, USA. 2012. (artículo en línea). Disponible en internet en: <<https://www.rwlwater.com/que-es-la-aireacion-del-agua/?lang=es>>.

<sup>2</sup> Fabricante de Clarificadores con una Completa Línea para Sedimentación y Flotación en Aplicaciones Industriales. Beckart environmental de Mexico SA de CV. 2012. (publicación en línea) disponible en: <[http://www.beckart.com.mx/clarifier\\_systems.html](http://www.beckart.com.mx/clarifier_systems.html)>

<sup>3</sup> Diccionarios Oxford-complutense Ciencias de la Tierra. 2000. Editorial complutense. Página 218. ( libro en línea) disponible en internet en: <<https://books.google.com.co/books?id=1XKXQqUGDnoC&pg=PA218&dq=demanda+bioquimica+de+oxigeno&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiftoOnvuTMAhXB1h4KHT5-AfsQ6AEITAC#v=onepage&q=demanda%20bioquimica%20de%20oxigeno&f=false>>

**EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO:** es el porcentaje de concentración que se remueve de un efluente en el tratamiento de aguas residuales para un determinado parámetro evaluado.

**LODO ACTIVADO:** “proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor. Los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, lugar del cual son recirculados nuevamente al tanque aireador o reactor.<sup>4</sup>

**MUESTRA PUNTUAL:** conocida también como muestra simple, es una muestra de agua residual tomando en cualquier instante de tiempo para ser analizada en la caracterización del agua.

**MUESTRA COMPUESTA:** es una mezcla de varias muestras puntuales o simples tomadas en un mismo punto del efluente de agua durante diferentes intervalos de tiempo.

**OXÍGENO DISUELTO:** cantidad de oxígeno que se encuentra presente en el agua. Es un componente esencial para la vida de cuerpos de agua.

**pH:** expresa condiciones básicas, ácidas y neutras de una solución. Es medido en escala de 0 a 14, donde 7 expresa que la sustancia es neutra. Los valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica y los valores por debajo de 7 indican que la sustancia es ácida.

---

<sup>4</sup> Tratamiento de aguas residuales y desechos orgánicos. Sistema de tratamiento de aguas residuales por lodos activados. Blog de Word express. Junio 2 2008. (publicación en línea) disponible en : <<https://aguasresiduales.wordpress.com/tag/lodos-activados/>>

## RESUMEN

**TÍTULO** DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PELIKAN COLOMBIA S.A.S.

Para la selección de la alternativa de tratamiento de las aguas residuales industriales generadas por la empresa en el proceso de producción de pinturas, se desarrolló un diagnóstico inicial del efluente por medio de un laboratorio externo en donde se evaluaron cada uno de los parámetros del agua y se desarrolló la caracterización, por medio de la cual posteriormente se definieron los parámetros críticos. Luego del diagnóstico se plantearon varias alternativas de tratamiento y se evaluó cada una de ellas basándose en los porcentajes de remoción teóricos de cada una de las operaciones unitarias que componían los tratamientos, una vez seleccionada la alternativa adecuada teóricamente se evaluó en cuanto a parámetros de selección por medio de una matriz. Posteriormente se realiza el desarrollo experimental, en el cual se simula cada una de las operaciones unitarias de la alternativa seleccionada y se determinan las condiciones de operación y los porcentajes de remoción experimentales, por último se realiza el dimensionamiento de equipos usados en el tratamiento del efluente y se estiman los costos de inversión y operacionales de la planta de tratamiento.

**Palabras clave:** aguas residuales, tratamiento de aguas, vertimiento, operaciones unitarias, caracterización, test de jarras.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años la valoración empresarial hacía el medio ambiente ha ido evolucionando, ya que se ha reconocido la necesidad de un adecuado desempeño ambiental para garantizar el desarrollo sostenible, estableciendo una política ambiental acorde a los requerimientos de su actividad y expectativas de la sociedad.

PELIKAN COLOMBIA S.A.S. por su parte, se encuentra vinculada al Programa de Gestión Ambiental Empresarial liderado por la Secretaria Distrital de Ambiente por medio de la cual ha implementado estrategias de producción más limpia en su proceso productivo. Actualmente la empresa dentro de sus procesos de producción está generando agua residual proveniente de la fabricación de pinturas que puede generar contaminación, razón por la cual enfocándose en el desarrollo sostenible se ha decidido evaluar el diseño de una planta de tratamiento de agua residual industrial.

La pintura generalmente es considerada como una mezcla de pigmentos, solventes y aditivos. La clasificación de la pintura se puede realizar de distintas formas, el método más conveniente es clasificarlas según su solvente para su disposición. Usando esta premisa, las pinturas pueden ser clasificadas en base agua, solvente orgánico y sin solvente.

El principal residuo que la industria de la pintura debe manejar proviene básicamente del lavado de los equipos, lo que representa el 80% de los residuos generados por la industria.

En general, los efluentes de la pintura son alcalinos con alta DBO y DQO, metales pesados, sólidos suspendidos y partículas de color. En el presente trabajo se selecciona una alternativa de tratamiento efectiva en la remoción de dichos parámetros de las aguas residuales industriales generadas por la empresa, con el fin de cumplir con los requerimientos y la normatividad vigente en la ciudad de Bogotá D.C.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales para PELIKAN COLOMBIA S.A.S.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Caracterizar el agua residual industrial proveniente de los procesos de producción de tintas y pinturas.
2. Establecer las alternativas viables para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, por medio de una simulación y ensayos nivel laboratorio.
3. Diseñar de forma conceptual la planta de tratamiento de aguas por medio del dimensionamiento de equipos y la selección de las operaciones unitarias para el tratamiento.
4. Realizar una estimación de costos de inversión y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

# 1. MARCO TEÓRICO

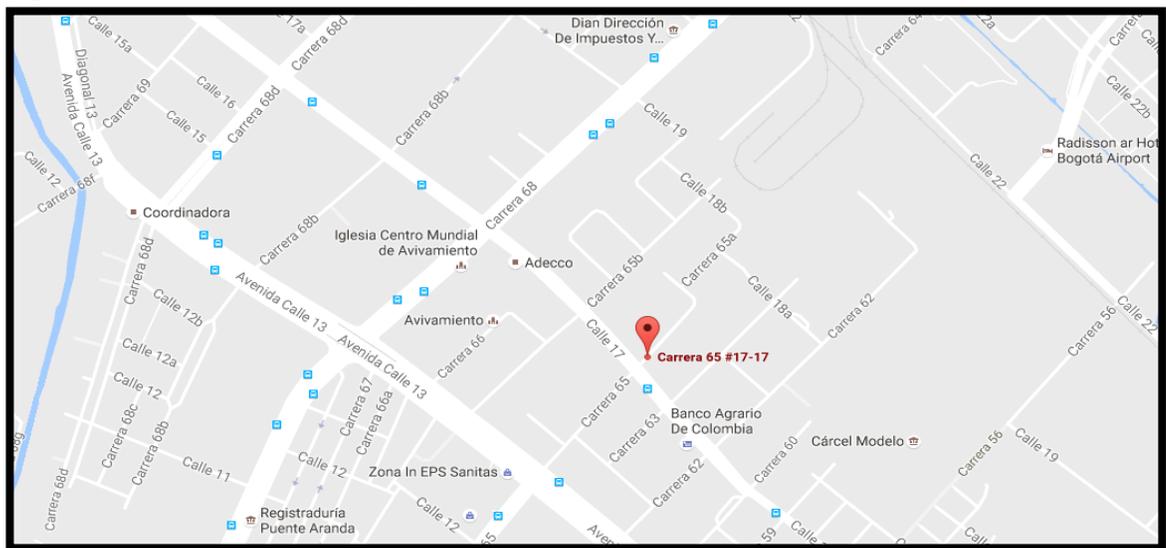
Con el objetivo de dar un panorama general acerca del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales a continuación se describen tanto las generalidades de la empresa y su problemática como los conceptos básicos requeridos para el desarrollo del proyecto.

## 1.1 GENERALIDADES DE PELIKAN COLOMBIA S.A.S.

Pelikan Colombia S.A.S. es una empresa multinacional dedicada al diseño, fabricación y comercialización de productos escolares y de oficina de consumo en general como plumones, estilógrafos, bolígrafos, lápices, portaminas, colores, crayones, marcadores, pinturas, tintas, entre otros.

Está ubicada en Bogotá D.C. en la zona industrial Las Granjas y actualmente cuenta con una producción promedio mensual de 17, 5 millones de unidades de una amplia gama de productos dentro de los cuales los de mayor demanda son, las temperas, vinilos y tintas; cuyos procesos de elaboración y producción requieren de considerables volúmenes de agua, que al final del proceso será sometida a un tratamiento, para su reutilización en procesos secundarios y disposición final.

Figura 1. Ubicación en el mapa.



## 1.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

La pintura se define como un material de recubrimiento en estado líquido o sólido, el cual una vez extendido sobre una superficie se adhiere y endurece formando una película, en general es una mezcla de disolventes, aditivos, resinas y pigmentos.

Genéricamente la materia prima usada en la elaboración de pinturas puede agruparse en cuatro grupos:

**Pigmentos:** son productos en polvo, insolubles por si solos en el medio líquido de la pintura; sus funciones son suministrar color y cobertura, además de contribuir a las propiedades anticorrosivas del producto y darle estabilidad frente a distintas condiciones ambientales y agentes químicos. Comúnmente se usan: compuestos en base a cromo y plomo, zinc, dióxido de titanio, sulfato de bario, negro de humo, aluminio y óxido de hierro.

Dentro de la fabricación de pinturas también se encuentran las llamadas cargas, que cumplen el objetivo de extender el pigmento y contribuir con un efecto de relleno. Entre estos, sustancias de origen mineral como baritas, tizas, caolines, sílice, micas y talcos, y algunas de origen sintético como creta, caolines tratados y sulfato de bario precipitado.

**Aglutinantes:** son sustancias normalmente orgánicas, cuya función principal es dar protección; se pueden utilizar en estado sólido, disueltos en solventes orgánicos volátiles, en solución acuosa o emulsionados naturales y resinas sintéticas. Dentro de los aceites secantes, el más usado es el aceite de linaza.

Las resinas naturales en su mayoría son de origen vegetal, estas normalmente se utilizan en combinación con los aceites mencionados, siendo más resistentes al agua y a agentes químicos. Entre las resinas sintéticas más utilizadas se encuentran las resinas alquílicas, acrílicas, fenólicas, vinílicas, de caucho clorado, de poliuretano y de silicona.

**Solventes:** también llamados vehículos volátiles son sustancias líquidas que dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura.

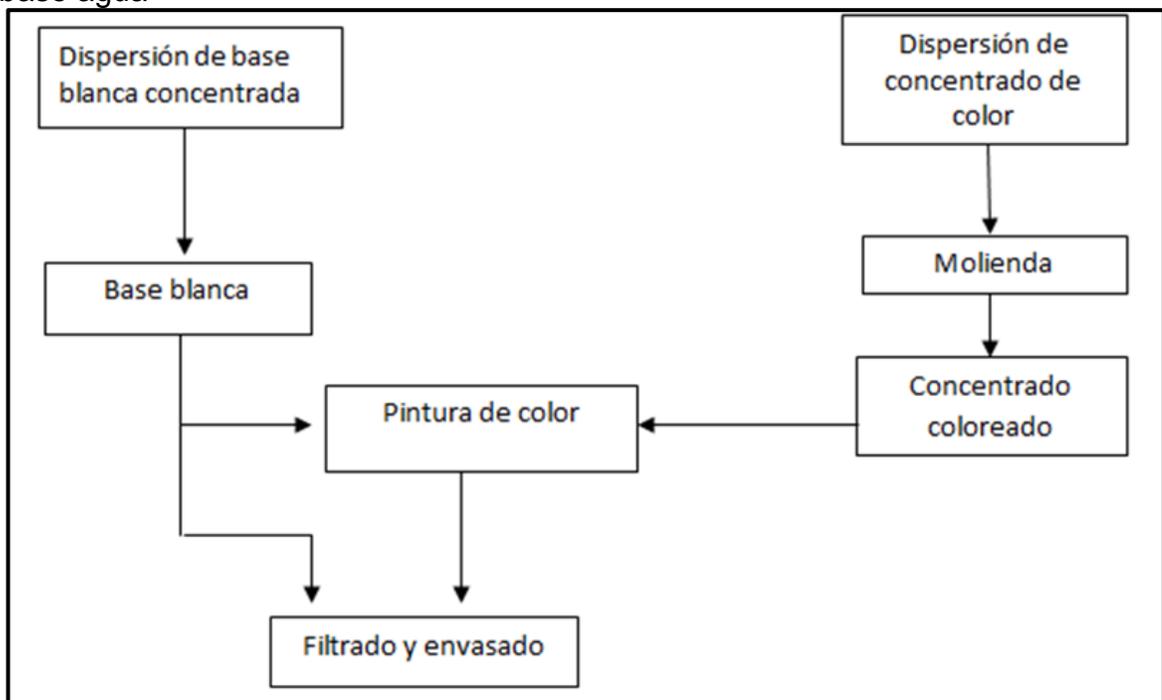
**Aditivos menores:** son sustancias añadidas en pequeñas dosis para desempeñar funciones específicas, dentro de los más utilizados se encuentran los materiales secantes, plastificantes y antisedimentables.

Ahora bien, se distinguen dos procesos de producción para la elaboración de pintura dentro de los cuales están:

### Pinturas en base agua

La elaboración de pinturas base agua se inicia con adición de agua, amoníaco y agentes dispersantes a un tanque de pre mezcla. Posteriormente, se adicionan pigmentos agentes extensores. Una vez realizada la pre mezcla, el material pasa por un equipo especial de molienda, donde ocurre la dispersión y luego se transfiere a un tanque de mezclado con agitación. En este paso se agregan resinas y plastificantes y toda la materia prima necesaria para la mezcla, se agrega el agua necesaria para lograr la consistencia deseada y finalmente el producto obtenido es filtrado para remover pigmentos no dispersos y cuyo tamaño de partícula es mayor a  $10\mu\text{m}$ , seguido del proceso de envasado y embalado.

**Figura 2.** Diagrama de bloques del proceso general de elaboración de pinturas base agua<sup>1</sup>



**Fuente:** Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Industria elaboradora de pinturas Comisión nacional del medio ambiente – región metropolitana Santiago de Chile.

## **Pinturas en base aceite**

El proceso básico inicia con mezclar pigmentos, resinas y agentes secantes en un mezclador de alta velocidad, seguidos de solventes y agentes plastificantes. Una vez mezclado, el material se transfiere a un segundo tanque donde se adicionan tintes y solventes. Una vez se obtiene la consistencia deseada, la pintura se filtra, envasa y almacena.

### **1.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

Las aguas residuales industriales son aquellas que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el recurso hídrico, por lo general contienen en su mayoría los tipos de contaminantes (minerales, orgánicos, inorgánicos, biológicos). Las aguas residuales generadas en PELIKAN COLOMBIA S.A.S. principalmente provienen de procesos de elaboración y producción de temperas, tintas y vinilos y el lavado de equipos que intervienen en dicho proceso.

**1.3.1 Características de las aguas residuales.** La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de las variables físicas, químicas y biológicas:

Los resultados de un monitoreo deben entonces permitir resolver diferentes tipos de conflictos como el uso del agua y su calidad. El uso correcto de estos indicadores permite la evaluación de programas de gestión de recursos hídricos.

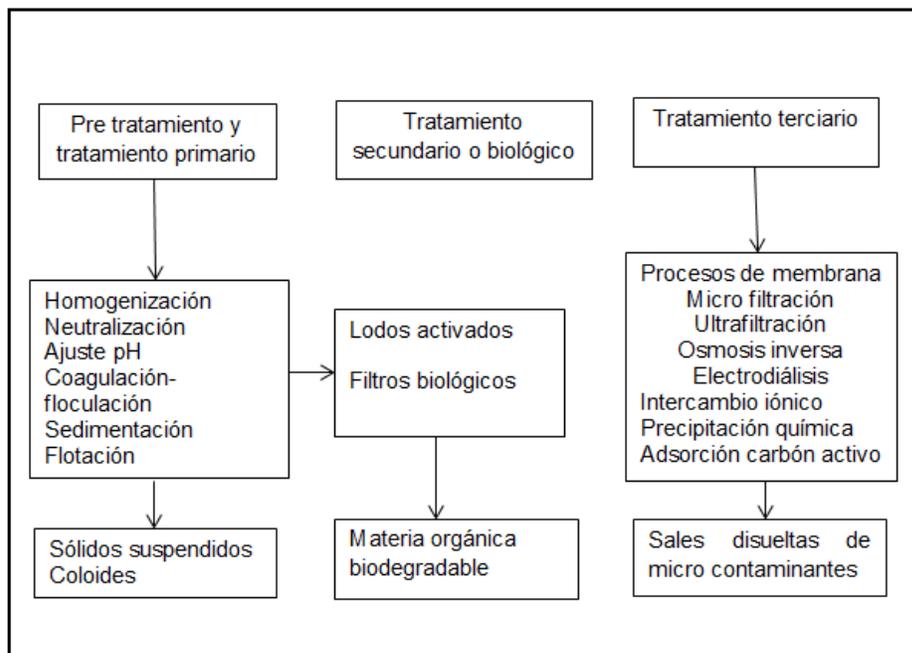
### **1.4 TRATAMIENTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Un tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo disminuir el nivel de contaminación, para obtener un efluente que no genere impactos ambientales negativos, cumpliendo con la normatividad ambiental.

Los tratamientos más usados son los físico-químicos, estos abarcan una serie de tratamientos preliminares, primarios y terciarios.

Para la selección de procesos de tratamiento de aguas residuales existen diversas clases de referencias para determinar que procesos tienen más influencia en los diferentes tipos de industria. La figura 3 muestra un diagrama de bloques general de los tratamientos de aguas residuales.

**Figura 3.** Diagrama de bloques de tratamientos de aguas.



**Fuente:** Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales para Preflex s.a. Autores. Daniel Camilo Fajardo, Diana Marcela Guio. Pág. 20. Fundación Universidad de América. Bogotá-Colombia. Año 2006.

En el cuadro a continuación se clasifican los contaminantes del agua en diferentes categorías según su naturaleza, y posteriormente el uso de distintas tecnologías para todas las clases de contaminantes descritas.

**Cuadro 1.** Categorías de contaminantes del agua.

Clase	Ejemplos
<b>Sólidos suspendidos</b>	Barro, suciedad, sedimentos, polvo, óxidos metálicos insolubles e hidróxidos, materiales coloidales.
<b>Compuestos Orgánicos</b>	Compuestos orgánicos sintéticos, trihalometanos, ácidos húmicos y fúlvicos.
<b>Compuestos iónicos</b>	Metales pesados, sílice, arsénico, nitratos, cloruros, carbonatos.
<b>Microorganismos</b>	Bacterias, virus, quistes de protozoarios, hongos, algas
<b>Gases</b>	Sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono, metano y radón.

En el cuadro 2. Puede observarse la aplicabilidad de cada una de las tecnologías usadas en el tratamiento de aguas según la categoría del contaminante que se encuentre en el recurso hídrico, teniendo presentes los parámetros críticos, deben ser analizadas cada una de las tecnologías.

**Cuadro 2.** Usos de las tecnologías para el tratamiento del agua.

Tratamiento	Clases de contaminantes				
	Sólidos suspendidos	Compuestos orgánicos	Compuestos iónicos	Microorganismos	Gases
Filtro Lecho	Muy efectivo	NA	NA	NA	NA
Filtración cartucho	Muy efectivo	NA	NA	NA	NA
Bolsa de filtración	Muy efectivo	NA	NA	NA	NA
Filtración por arrastre	Muy efectivo	Parcialmente efectivo	NA	NA	NA
Carbón activado	NR	Muy efectivo	NA	NA	Parcialmente efectivo
Micro-filtración	Muy efectivo	NA	NA	Parcialmente efectivo	NA
Ultra-filtración	NR	Muy efectivo	NA	Efectivo	NA
Nano-filtración	NR	Muy efectivo	Efectivo	Muy efectivo	NA
Osmosis Inversa	NR	Muy efectivo	Muy efectivo	Muy efectivo	NA
Destilación	NR	Parcialmente efectivo	Muy efectivo	Muy efectivo	NA
Electrodialisis	NA	NA	Efectivo	NA	NA
Electro-desionización	NA	NR	Efectivo	NR	NA
Intercambio iónico	NR	NA	Muy efectivo	NA	NA
Ozonización	NA	Parcialmente efectivo	Parcialmente efectivo	Muy efectivo	NA
Cloro	NA	NA	NA	Efectivo	NA
Radiación UV	NA	Parcialmente efectivo	NA	Efectivo	NA

Fuente: Facts At Your Fingertips. Water Treatment Technologies. Scott Jenkins.

**1.4.1 Tratamientos preliminares.** Remueve constituyentes del agua residual que causen problemas de operación o de mantenimiento.

- ✓ Tamizado: en este proceso se emplean equipos para retener sólidos gruesos presentes en el agua residual, estos equipos constan de barras o varillas paralelas.
- ✓ Flotación: proceso para separar sólidos de baja densidad.
- ✓ Homogenización de efluentes: con el mezclado de los distintos efluentes generados en el proceso productivo, se consigue disminuir las fluctuaciones de caudal y concentraciones características de los diferentes vertidos obteniendo una única corriente con un caudal y concentración más estable en el tiempo. Este proceso mejora la tratabilidad del agua residual, estabiliza el pH, reduce los requerimientos de área y las cargas para un tratamiento posterior, se hace más fácil la dosificación de los reactivos y mejora la confiabilidad y rendimiento del proceso.

**1.4.2 Tratamientos primarios.** Remueve de manera interna sólidos suspendidos y materia orgánica, en general llevado a cabo mediante la adición de productos químicos.

- ✓ Neutralización: es la interacción de soluciones que contienen iones de hidrogeno o hidroxilos activos para formar agua y sales neutras, la neutralización se hace necesaria para prevenir la corrosión de metales, hacer más efectiva la operación de los sistemas biológicos, y para facilitar las condiciones de trabajo de las operaciones siguientes.
- ✓ Coagulación: en este método de tratamiento, la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos y por el desarrollo de ciertas reacciones químicas y físicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma. Consiste en la desestabilización de las partículas coloidales que puede conseguirse especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas. Un coagulante es el producto utilizado para dicha neutralización. Entre los principales factores que influyen en la coagulación están: tipo de coagulante, dosis de coagulante, pH, ayudantes de coagulación, turbiedad, presencia de aniones, gradiente de velocidad, tiempo de mezcla, temperatura, concentración de la solución coagulante, entre otros.
- ✓ Floculación: es el fenómeno por el cual ya las partículas desestabilizadas chocan unas con otras estableciendo puentes entre si y formando una malla tridimensional de coágulos porosos los cuales sedimentan por gravedad. La floculación se lleva a cabo a bajas velocidades y puede usar un floculante como ayudante de este proceso.
- ✓ Sedimentación: se utiliza para la eliminación de materia en suspensión que lleve el agua residual, eliminación de flóculos precipitados en el proceso de coagulación, floculación o separación de contaminantes en un proceso de precipitación química.

**1.4.3 Tratamientos biológicos o secundarios.** Los tratamientos secundarios son procesos biológicos en los que la depuración de materia orgánica biodegradable del agua residual se efectúa por la actuación de microorganismos, que se mantienen en suspensión en el agua o bien se adhieren a un soporte sólido formando una capa de crecimiento.

- ✓ Tratamientos aerobios: los más empleados son los lodos activados y tratamientos de bajo costo como filtros, biodiscos, biocilindros, lechos de turba, filtros verdes y lagunaje. En todos estos procesos la materia orgánica se

descompone por acción de los microorganismos y el oxígeno presente en el aire convirtiéndose en dióxido de carbono y en especies minerales oxidadas.

- ✓ **Tratamientos anaerobios:** la descomposición de la materia orgánica por las bacterias se realiza en ausencia de aire, utilizándose reactores cerrados; en un proceso anaerobio, la mayoría de las sustancias orgánicas se convierte en dióxido de carbono y metano. Los productos finales de la digestión anaerobia son el biogás y los lodos de digestión.
- ✓ **Tratamientos mixtos:** en algunos casos se usan tratamientos aerobios y anaerobios, bien de forma consecutiva, alternante o produciéndose ambos a la vez.
- ✓ **Tratamientos facultativos:** son los procesos de tratamiento biológico en los que los organismos responsables de ellos son indiferentes a la presencia de oxígeno disuelto. Estos organismos se conocen como facultativos.

**1.4.4 Tratamientos terciarios.** El objetivo principal de los tratamientos terciarios es la eliminación de contaminantes que perduran después de aplicar los tratamientos primario y secundario; son tratamientos específicos y costosos, que se usan cuando se requiere un efluente final de mayor calidad que la obtenida con los tratamientos convencionales.

- ✓ **Tratamiento iónico:** sirve para eliminar el exceso de iones inorgánicos positivos y negativos, los cuales son eliminados del agua residual que atraviesa una resina, por intercambio con otros iones contenidos en la misma.
- ✓ **Osmosis inversa:** en este proceso el agua residual pasa a través de una membrana porosa, mediante la adición de una fuerza impulsora, consiguiendo una separación en función del tamaño de las moléculas presentes en el efluente y del tamaño de poro de la membrana.

## 1.5 NORMATIVIDAD

Actualmente el proyecto está regido por la resolución 0631 del 17 de marzo de 2015<sup>5</sup>.

**Tabla 1.** Parámetros límites máximos permisibles establecidos por la resolución 0631 del 2015.

Parámetro	Unidades	Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos
<b>Generales</b>		
pH	Unidades de pH	6.00 a 9.00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L.O2	800
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L.O2	400
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mL/L	200
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	2.00
Grasas y aceites	mg/L	20.0
Fenoles	mg/L	0.20
Formaldehido	mg/L	Análisis y reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/L	Análisis y reporte
<b>Hidrocarburos</b>		
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	10.0
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y reporte
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L	Análisis y reporte
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles		Análisis y reporte
<b>Compuestos de Fósforo</b>		
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	
Fosforo Total (P)	mg/L	Análisis y reporte
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>		
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	
Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y reporte
<b>Iones</b>		
Cloruros (Cl)	mg/L	
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	
Sulfuros (S <sup>2-</sup> )	mg/L	
<b>Metales y Metaloides</b>		
Arsénico (As)	mg/L	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.05
Cinc (Zn)	mg/L	3.00
Cobalto (Co)	mg/L	0.10
Cobre (Cu)	mg/L	1.00
Cromo (Cr)	mg/L	0.50
Mercurio (Hg)	mg/L	0.01
Níquel (Ni)	mg/L	0.50
Plomo (Pb)	mg/L	0.20

<sup>5</sup> Resolución No. 0631 del 17 de marzo 2015. "Por lo cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones".

**Tabla 1. (Continuación)**

Parámetro	Unidades	Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos
Titanio (Ti)	mg/L	Análisis y reporte
<b>Otros Parámetros para Análisis y Reporte</b>		
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y reporte
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436nm, 525nm y 620nm)	m <sup>-1</sup>	Análisis y reporte

## **2. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO**

En el presente capítulo se realiza una descripción de las condiciones actuales de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de producción de pinturas por la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S.

La generación de residuos líquidos básicamente proviene del lavado de tanques de preparación de pinturas, a continuación la descripción de dicho proceso de fabricación.

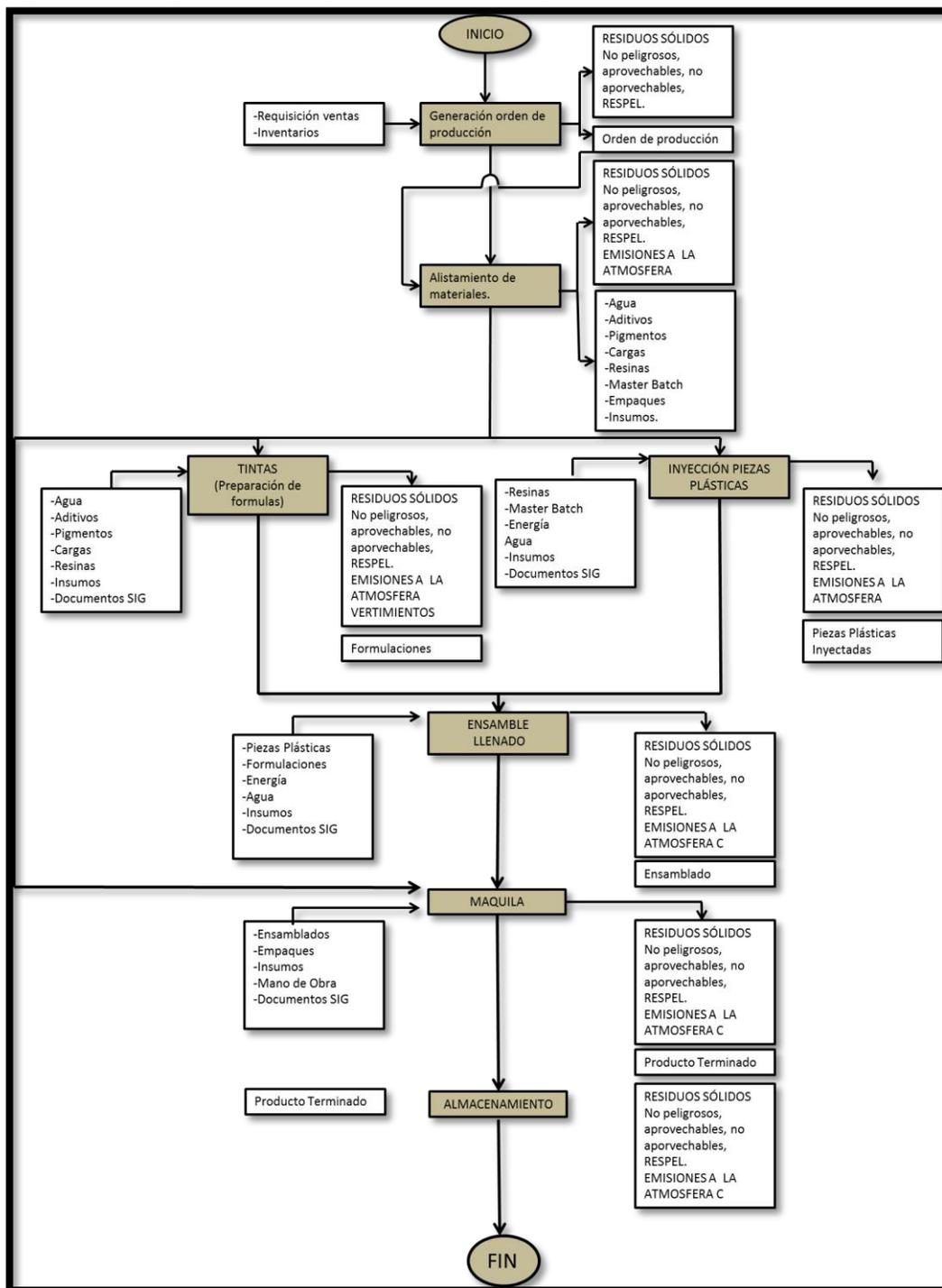
### **2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PINTURAS**

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S. Es necesario determinar oportunamente las características de los residuos.

En el capítulo anterior se nombraron dos procesos de producción de la pintura dentro de los cuales básicamente pigmentos, aglutinantes, solventes y aditivos menores hacen parte de este proceso brindado por I&D de la empresa en donde se definen específicamente los subprocesos que hacen parte de la fabricación de pinturas en Pelikan desde la generación de la orden de producción hasta el almacenamiento de producto terminado.

En la figura 4., se puede observar que dentro de la materia prima utilizada para la fabricación de dichas tintas y/o pinturas se encuentran: agua, aditivos, cargas, resinas e insumos y que se generan vertimientos como subproducto; el objetivo de este capítulo es determinar y analizar la naturaleza de dicho subproducto o residuo que sale del proceso de producción.

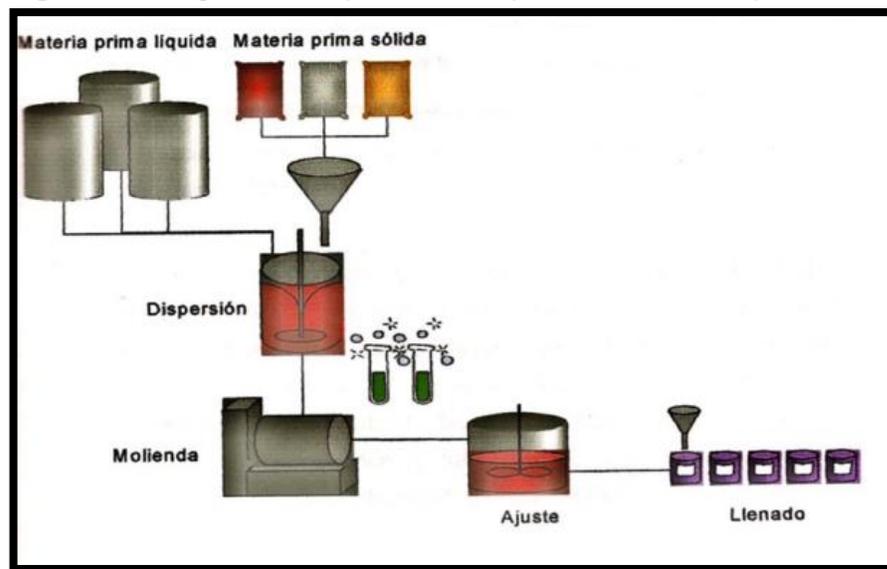
Figura 4. Diagrama de flujo fabricación de pinturas.



Fuente: PELIKAN COLOMBIA S.A.S. Diagrama de flujo de la fabricación de pinturas 2016.

Para comenzar con la producción, es necesario generar la orden y realizar el alistamiento de la materia prima que será utilizada, a continuación se realiza la preparación de la fórmula del lote que se va a producir, posteriormente se lleva a cabo el proceso de fabricación de pintura en donde básicamente se realiza una mezcla de la materia prima tanto líquida como sólida, en donde posteriormente hay un proceso de dispersión, molienda y ajuste del producto, cómo se puede observar de forma gráfica en la figura 5. De forma paralela se realiza la inyección de piezas plásticas para terminar el proceso de producción con el ensamble, llenado y almacenamiento del producto.

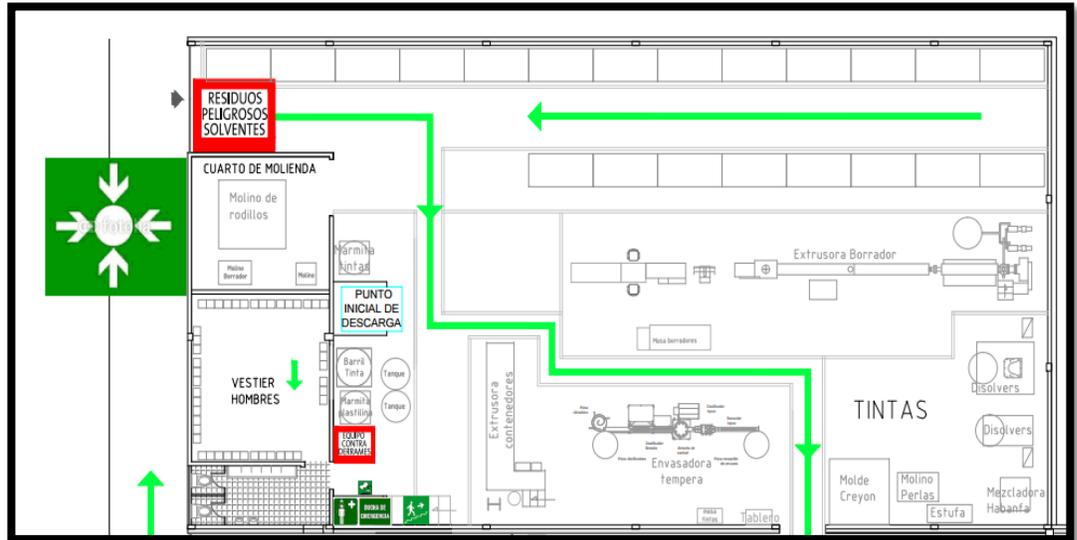
**Figura 5.** Diagrama del proceso de producción de la pintura.



**2.1.1 Distribución en planta.** Dentro del área de tintas, se encuentran ubicados dos tanques *disolvers* y una mezcladora, en donde se lleva a cabo el proceso de premezcla y mezcla de la materia prima, junto con un molino de perlas para llevar a cabo el proceso de dispersión de la pintura.

En cuanto al ensamble y llenado de pinturas, se cuenta con un área especializada en donde se encuentra la extrusora de contenedores y la envasadora de temperas que básicamente está compuesta por una mesa vibradora, una mesa dosificadora, el dosificador de llenado, armario de control, dosificador de tapas, roscador de tapas y una mesa de recepción de envases, como se muestra en la figura 6.

**Figura 6.** Distribución en planta del proceso de producción de tintas y pinturas.



**Nota:** En el anexo A se encuentra adjunto el plano completo de distribución de la planta.

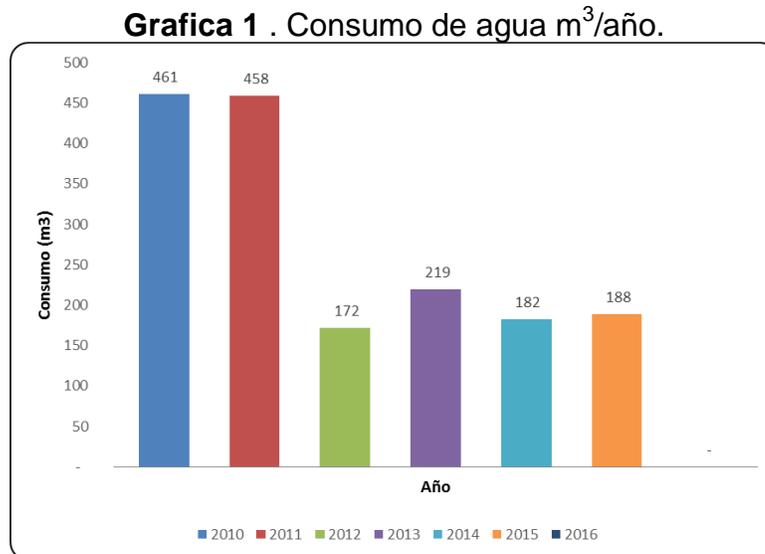
**2.1.2 Agua residual del lavado de tanques.** El lavado de los tanques en la sección de pinturas y vinilos no es regular y depende directamente del lote de producción que se esté manejando en el momento, es decir, el lavado se realiza cuando cambia el color del lote.

Este proceso de lavado se hace en el punto de descarga destinado por la empresa, se trata básicamente de un tanque subterráneo en donde se recolectan a diario los residuos líquidos provenientes del lavado de tanques usados en la producción de tintas, pinturas y vinilos.

A medida que este tanque va reduciendo su capacidad a lo largo del día, el agua residual es transportada a través de un ducto para posteriormente pasar por una trampa donde son retenidos algunos residuos sólidos y finalmente llegan a la caja externa de la empresa, el agua residual una vez pasada por esta trampa es el agua que pretende ser tratada con la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales para su posterior reutilización en los procesos secundarios de la empresa.

## 2.2 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico de la empresa es realizado teniendo en cuenta el consumo total de agua, el promedio de consumo por persona en la industria en uso doméstico, el recurso utilizado específicamente en la producción de tintas y en las unidades producidas, para determinar el porcentaje de aguas residuales industriales generadas.



**Fuente:** PELIKAN COLOMBIA S.A.S. Consumos Hídricos PCSAS.

En la gráfica 1 se puede observar de forma clara el descenso en el consumo de agua en metros cúbicos del año 2011 al 2012, y en los siguientes años un comportamiento constante, este comportamiento se da debido a la implementación de políticas medio ambientales al interior de la empresa con el fin de disminuir la huella hídrica; con esta información se puede plantear un objetivo para el consumo de agua en los próximos años teniendo en cuenta la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales en el proceso productivo de fabricación de tintas.

A continuación está expresado en metros cúbicos el consumo de agua en los últimos tres años para el proceso de fabricación de tintas únicamente.

**Tabla 2.** Consumo de agua en el proceso productivo de tintas en PELIKAN COLOMBIA S.A.S. en los últimos tres años.

	Año			
	2013	2014	2015	
Consumo (m3/ mes)	Enero	11,0	6,53	10,9
	Febrero	11,6	21,1	16,1
	Marzo	6,43	11,1	14,1
	Abril	12,0	13,0	11,5
	Mayo	12,9	21,4	22,0
	Junio	9,60	18,1	13,9
	Julio	28,5	19,5	36,5
	Agosto	22,4	15,9	45,8
	Septiembre	25,8	16,4	26,0
	Octubre	17,5	21,4	11,0
	Noviembre	13,3	15,5	8,39
	Diciembre	11,0	6,00	9,11

Fuente: PELIKAN COLOMBIA S.A.S. Consumos Hídricos PCSAS.

En la tabla 2 se puede observar el consumo de agua para el proceso en particular de la fabricación de tintas y pinturas, en donde se puede observar que hay variación en cuanto al volumen de agua requerido, esto debido al aumento o disminución de unidades producidas.

Para realizar el balance hídrico de la compañía es necesario conocer el valor del agua consumida en la producción de tintas y en el uso doméstico, por lo cual se hace uso de un indicador de consumo promedio de agua en el sector doméstico e industrial.

### Agua residual doméstica

El agua doméstica consumida se calcula por medio del número de trabajadores en la planta y las horas trabajadas, según la resolución 1391 de 2003<sup>6</sup>

**Ecuación 1.** Cálculo del caudal doméstico.

$$Qd = 0.17x \frac{\text{Total de Trabajadores}}{\text{días laborados}}$$

$$Qd = 0.17x \frac{140}{24}$$

$$Qd = 0.99 \text{ m}^3/\text{dia}$$

<sup>6</sup> Por la cual se adopta un nuevo acotamiento de la zona de manejo y preservación ambiental del sector 8 del Rio Tunjuelo y se toman otras determinaciones.

## Agua residual industrial

El agua residual industrial es calculada por medio del balance hídrico como fue mencionado anteriormente y corresponde básicamente a los residuos provenientes del lavado de equipos usados en la producción y fabricación de tintas.

$$\sum \text{agua de entrada} = \sum \text{agua de salida}$$

A continuación se muestra el balance hídrico detallado para los últimos tres años mes a mes teniendo en cuenta la siguiente ecuación.

**Ecuación 2.** Relación de agua industrial y doméstica.

$$Q_{in} = Q_t + Q_{ri} + Q_{rd}$$

Dónde:

$Q_{in}$ = Caudal de descarga de entrada.

$Q_t$ = Caudal de agua usada en tintas.

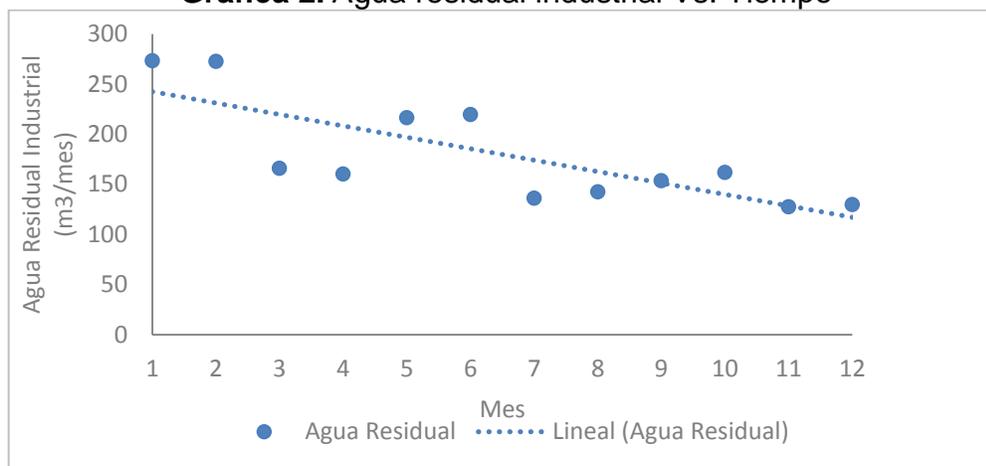
$Q_{ri}$ = Caudal del agua residual industrial.

$Q_d$ = Caudal del agua residual doméstica.

**Tabla 3.** Balance Hídrico para el año 2013.

Mes	Consumo Total (m <sup>3</sup> )	Agua Residual Doméstica (m <sup>3</sup> )	Unidades Producidas (millones)	Consumo en tintas (m <sup>3</sup> )	Agua Residual Industrial (m <sup>3</sup> )
Enero	308	23.8	5.10	11.0	273
Febrero	308	23.8	5.80	11.6	272
Marzo	196	23.8	3.60	6.44	165
Abril	196	23.8	3.30	12.1	160
Mayo	253	23.8	5.10	13.0	216
Junio	253	23.8	4.60	9.60	219
Julio	188	23.8	4.40	28.5	136
Agosto	188	23.8	3.20	22.4	142
Septiembre	203	23.8	3.80	25.8	153
Octubre	203	23.8	5.10	17.5	161
Noviembre	164	23.8	5.10	13.3	127
Diciembre	164	23.8	4.40	11.0	129

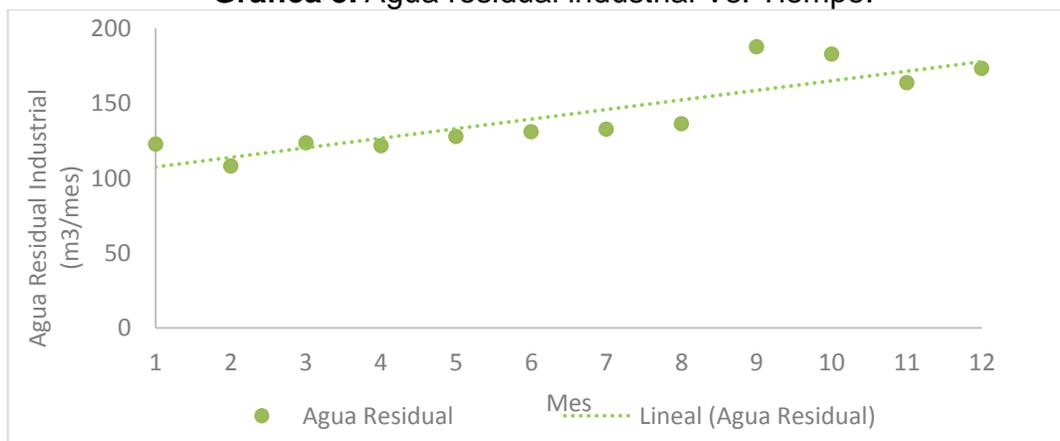
**Grafica 2. Agua residual industrial Vs. Tiempo**



**Tabla 4. Balance Hídrico para el año 2014.**

Mes	Consumo Total (m <sup>3</sup> )	Agua Residual Doméstica (m <sup>3</sup> )	Unidades Producidas (millones)	Consumo en tintas (m <sup>3</sup> )	Agua Residual Industrial (m <sup>3</sup> )
Enero	153	23.8	4.40	6.53	122
Febrero	153	23.8	3.90	21.1	108
Marzo	158	23.8	3.30	11.1	123
Abril	158	23.8	4.00	13.0	121
Mayo	173	23.8	4.20	21.4	127
Junio	173	23.8	5.10	18.1	131
Julio	176	23.8	5.40	19.5	132
Agosto	176	23.8	4.80	15.9	136
Septiembre	228	23.8	8.00	16.4	187
Octubre	228	23.8	7.50	21.4	182
Noviembre	203	23.8	7.40	15.5	163
Diciembre	203	23.8	5.50	6.00	173

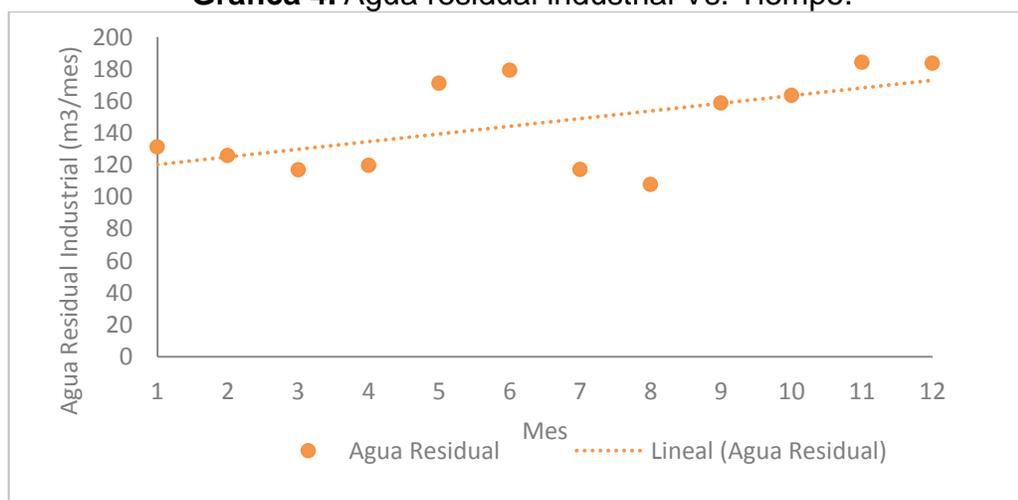
**Grafica 3. Agua residual industrial Vs. Tiempo.**



**Tabla 5. Balance Hídrico para el año 2015.**

Mes	Consumo total (m <sup>3</sup> )	Agua Residual doméstica (m <sup>3</sup> )	Unidades producidas (millones)	Consumo en tintas (m <sup>3</sup> )	Agua Residual Industrial (m <sup>3</sup> )
Enero	166	23.8	7.00	10.9	131
Febrero	166	23.8	8.70	16.1	126
Marzo	155	23.8	6.70	14.1	117
Abril	155	23.8	6.10	11.5	119
Mayo	217	23.8	5.60	22.0	171
Junio	217	23.8	6.10	13.9	179
Julio	177,	23.8	5.00	36.5	117
Agosto	177,	23.8	5.20	45.8	107
Septiembre	198,	23.8	6.50	16.0	158
Octubre	198,	23.8	6.30	11.0	163
Noviembre	216,	23.8	5.10	8.38	184
Diciembre	216,	23.8	4.10	9.10	183

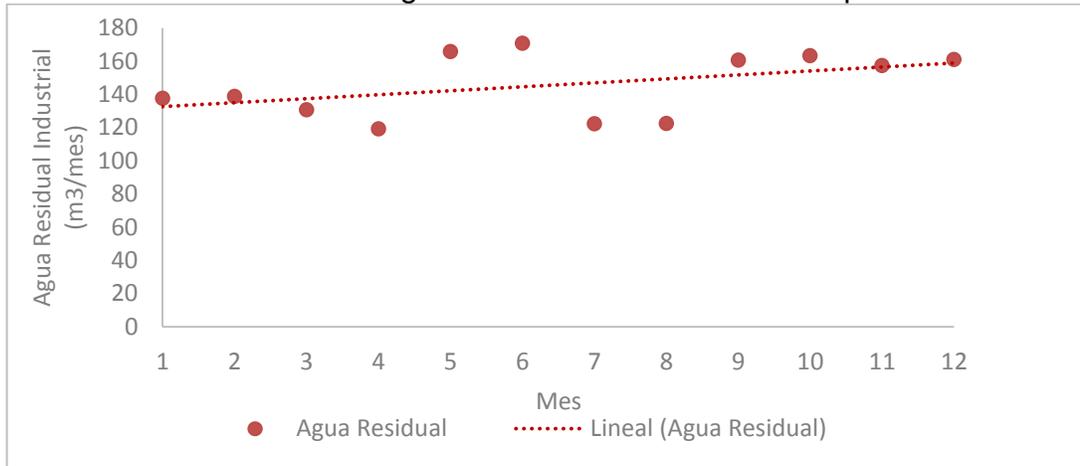
**Grafica 4. Agua residual industrial Vs. Tiempo.**



**Tabla 6. Balance hídrico para el año 2016.**

Mes	Consumo total (m <sup>3</sup> )	Agua residual doméstica (m <sup>3</sup> )	Unidades producidas (millones)	Consumo en tintas (m <sup>3</sup> )	Agua residual industrial (m <sup>3</sup> )
Enero	167	23.8	2.40	6.08	137
Febrero	167	23.8	4.20	4.98	138
Marzo	163	23.8	4.30	8.92	130
Abril	163	23.8	6.60	20.4	119
Mayo	208	23.8	7.00	18.8	165
Junio	208	23.8	3.60	13.9	170
Julio	174	23.8	5.80	28.2	122
Agosto	174	23.8	8.50	28.0	122
Septiembre	203	23.8	7.80	19.4	160
Octubre	203	23.8	6.70	16.6	163
Noviembre	193	23.8	8.10	12.4	157
Diciembre	193	23.8	3.30	8.70	160

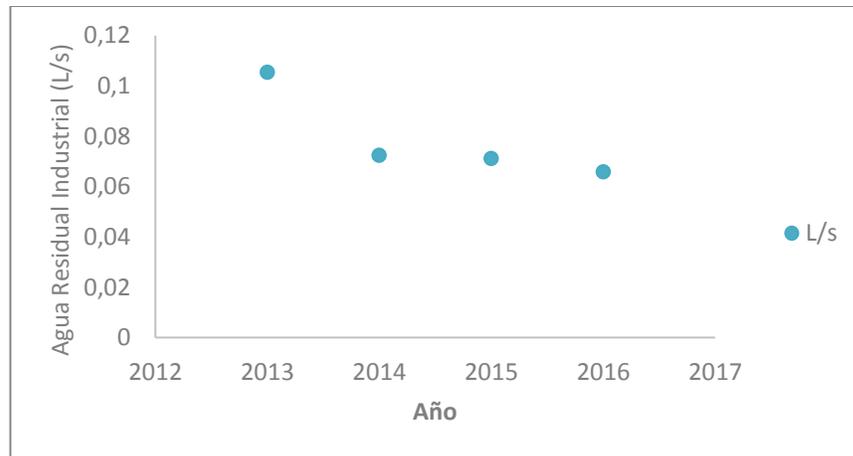
**Grafica 5. Agua residual industrial Vs. Tiempo**



Con respecto a las anteriores gráficas donde se observa el volumen de agua residual generado contra el tiempo a lo largo de cada año, se puede concluir que los meses en donde la generación de vertimientos es más alta, la cantidad de unidades producidas por la empresa también aumenta o cambia el color del lote para la fabricación de pintura, a excepción de algunos meses en donde la producción no es directamente proporcional a la generación de residuos líquidos en la empresa; esto debido a cambios en lotes de producción o a malas prácticas de operación.

Habiendo realizado el balance hídrico para los últimos cuatro años de la planta de producción, es pertinente reportar el caudal máximo de vertimientos en metros cúbicos por mes de cada año, para tener registro de las condiciones críticas en las que debería operar la planta de tratamiento de aguas residuales, este reporte se muestra en la gráfica a continuación:

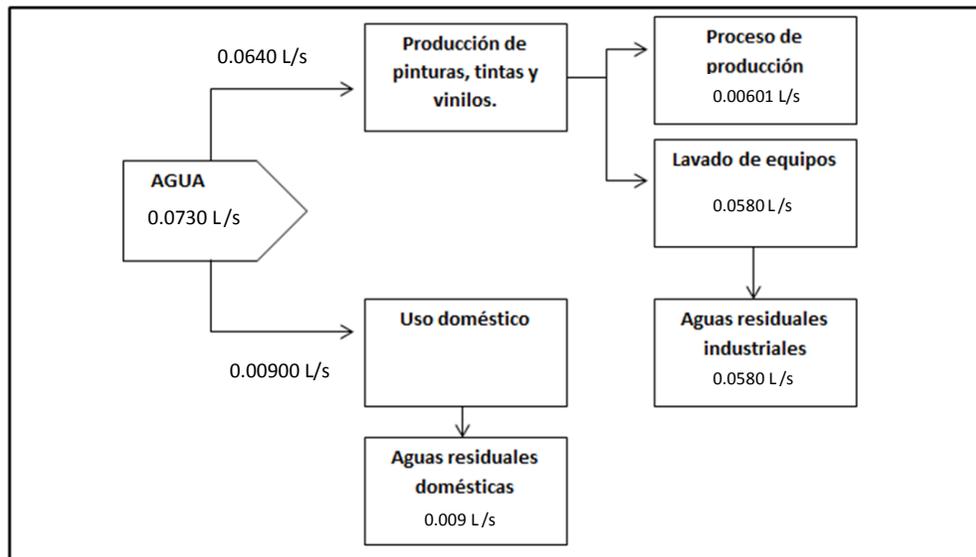
**Grafica 6. Caudales máximos de vertimientos en los últimos cuatro años.**



Con base a la gráfica 6, se puede concluir que en el año 2013 hubo un caudal crítico de producción mientras que en los años siguientes, el caudal máximo se mantiene casi constante con un valor promedio de 0,07 L/s.

A continuación se muestra el diagrama general del proceso de consumo de agua en litros por segundo usando el promedio de los últimos cuatro años desde el año 2013 de la planta de producción junto con el balance hídrico, considerando un sistema ideal en donde no se generan pérdidas dentro del proceso de producción .

**Figura 7.** Esquema del balance hídrico en litros por segundo.



### 2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Para el diseño conceptual de la planta de tratamiento de aguas residuales es necesario hacer un diagnóstico de las condiciones actuales del efluente, para el cumplimiento de este objetivo se realiza la caracterización físico-química de las aguas residuales industriales de la empresa con ayuda del laboratorio ANALQUIM LTDA conforme al plan de muestreo y bajo la resolución 0631 del 17 de Marzo de 2015 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”.

**2.3.1 Descripción del muestreo.** El monitoreo fue ejecutado el día 20 de Enero de 2016, en el punto designado por la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S., el objetivo es obtener una porción representativa del efluente a tratar.

Para obtener dicha muestra representativa se realizó una muestra compuesta, conformada por las mezcla de treinta muestras individuales recolectadas cada 15 minutos las cuales se refrigeraron con el fin de evitar su alteración hasta realizar la composición final de la jornada; dicha composición se efectuó recolectando volúmenes de muestra proporcionales al caudal de vertimiento. La muestra obtenida fue envasada en los respectivos recipientes debidamente rotulados y preservados, posteriormente se transportó al laboratorio para realizar los análisis de interés. Se monitorearon las características del vertimiento determinando los parámetros in situ pH, temperatura, sólidos sedimentables y caudal.

**2.3.2 Determinación de alícuotas.** La alícuota es la porción de muestra individual expresada en unidades de volumen que formará parte de la muestra compuesta. El cálculo de las se realizó así:

- Cada quince (15) minutos se estimó el caudal y se recolectó aproximadamente 750 mL de muestra.
- Luego de finalizar el periodo de muestreo, se calculó la sumatoria de caudales.
- Teniendo en cuenta los parámetros a analizar en laboratorio, se determinó el volumen de muestra mínimo necesario de 4000 mL.

El caudal se calculó así:

**Ecuación 3.** Cálculo de caudal.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde:

Q= Caudal en litros por segundo (L/s)

V= Volumen en litros (L)

T=Tiempo en segundos (s)

Una vez determinados los caudales de cada muestra, se estimaron las alícuotas, para calcular el volumen de composición con la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.** Cálculo del volumen de composición.

$$V_i = \frac{V}{\sum_i^n Q_i}$$

Dónde:

$V_i$ : Volumen de cada alícuota (mL)

$V$ = Volumen total a componer (mL)

$Q_i$ = Caudal de cada muestra individual (L/s)

$\sum_i^n Q_i$ = Sumatoria de caudales (L/s)

**2.3.3 Descripción de los puntos de monitoreo.** El día 20 de enero de 2016 se realizó en la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S. el muestreo compuesto del efluente de las actividades normales de la organización durante ocho (8) horas continuas. La recolección de muestras se realizó en la caja de inspección interna.

A continuación se describen las condiciones de la estación de monitoreo durante el desarrollo del trabajo de campo.

**Cuadro 3.** Descripción de la estación de monitoreo

PELIKAN COLOMBIA S.A.S. Caja de inspección interna <sup>7</sup>	
Código de la muestra	115905
Estación de monitoreo	Caja de inspección interna
Hora de monitoreo	08:00-16:00 H
Caudal Promedio	0.037 L/s equivalente a 2.22 L/min
Condición climatológica	Soleado/Nublado
Origen de la descarga	Lavado de tanques de tintas y pinturas
Tipo de descarga	Continuo
Tiempo de la descarga	24 horas aproximadamente
Frecuencia de la descarga	Diario
Tipo de muestra	Compuesta
Volumen total monitoreado	Volumen monitoreado muestra compuesta: 4000mL Volumen muestra puntual: 2290mL.

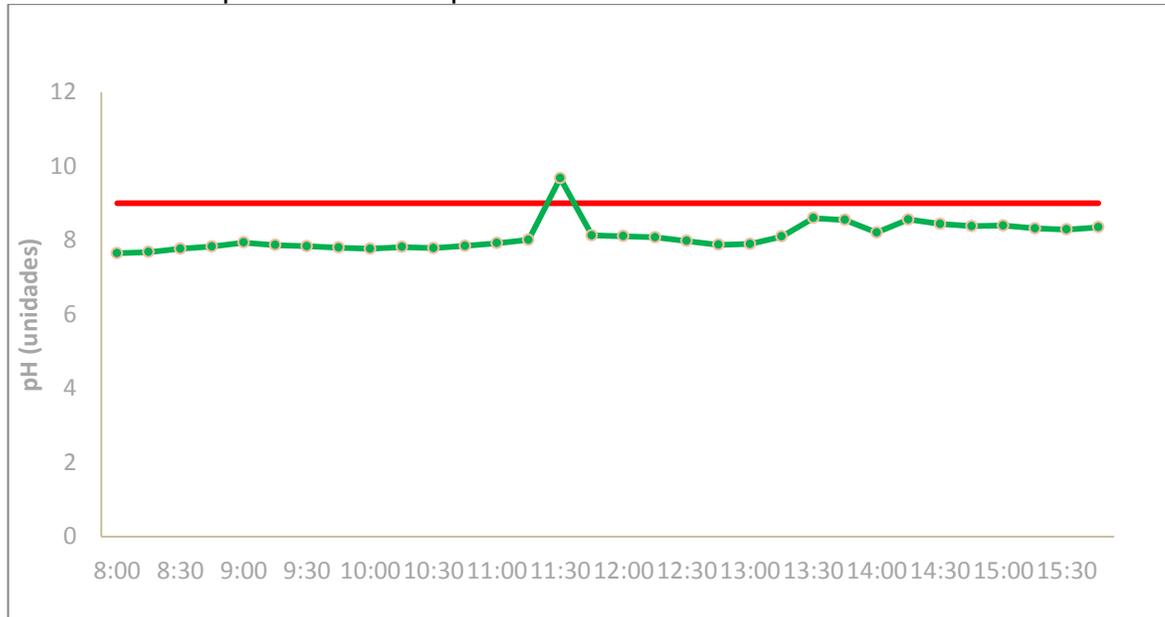
<sup>7</sup> Informe de monitoreo y caracterización de agua residual. ANALQUIM LTDA. Análisis fisicoquímicos y calidad del aire.

## 2.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

A continuación se muestra el comportamiento de los parámetros in situ del agua residual.

### 2.4.1 pH en función del tiempo.

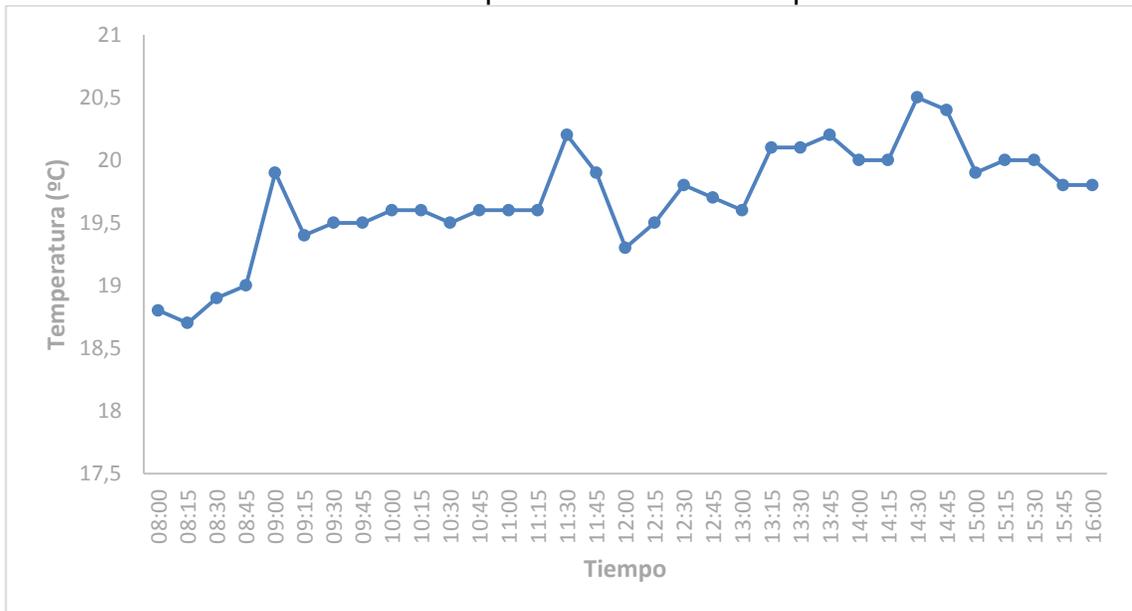
**Grafica 7.** Comportamiento del pH.



En la gráfica 7 se puede observar que el comportamiento del pH con respecto al tiempo es básicamente lineal, solo se presenta un pico en donde el pH pasa de 8 unidades a 10 unidades, por la hora en que se mide el parámetro in situ, en donde sobrepasa el límite de pH permisible según la resolución 0631 del 2015, es posible que esto suceda porque justo a esa hora se lleva a cabo el proceso de lavado de equipos usados en la producción de tintas.

## 2.4.2 Temperatura en función del tiempo.

**Grafica 8.** Comportamiento de la temperatura.



En la gráfica 8 se puede observar que la temperatura del agua residual varia en un rango de 19 a 20.5°C. No existe gran variación, esto debido a que se encuentra almacenada en tanques subterráneos que permanecen a la temperatura ambiente de la ciudad.

## 2.4.3 Caudal en función del tiempo.

**Grafica 9.** Comportamiento del caudal.



En la gráfica 9 se evidencian algunos cambios fuertes en comportamiento del caudal, respecto al tiempo. Los picos presentes en la gráfica, se deben a las horas en las que fueron realizados cambios de lote en la producción, o existió alguna falla en la operación, con estos picos de caudal de agua residual industrial reportados es posible determinar un caudal crítico (0.3L/s) de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales, que al día representarían alrededor de 25.9m<sup>3</sup> de agua residual industrial generada, pero que no se considera el caudal de diseño sino una condición crítica de operación que se presenta ocasionalmente; debido a que el reporte histórico en consumo de agua por parte de la empresa es el que determina el caudal promedio de agua residual industrial durante los últimos cuatro años, caudal que se tendrá en cuenta para el diseño e implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa.

## 2.5 PARÁMETROS EVALUADOS POR EL LABORATORIO Y COMPARACIÓN CON LA RESOLUCIÓN 0631 Y LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

A continuación se presenta la comparación de los resultados obtenidos de la muestra de agua residual analizada en el Laboratorio ANALQUIM LTDA tomada en la caja externa justo después de una trampa que retiene sólidos suspendidos frente a los valores máximos permisibles de la Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015 establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado públicos y la legislación de la Unión Europea, para definir la calidad final del agua que será tratada y la posterior ejecución de la matriz de selección de las alternativas de diseño

**Tabla 7.** Comparación de resultados de laboratorio ANALQUIM LTDA. Con respecto a la resolución 0631 y a la legislación europea.

Parámetro	Valor Actual	Norma 0631	Unión Europea <sup>8</sup>
DBO5 (mg/L)	2700	400	90% remoción
DQO (mg/L)	12238	800	90% remoción
Sólidos susp. Totales (mg/L)	6434	200	35.0
Fenoles (mg/L)	0.165	0,20	0.30
Grasas y aceites (mg/L)	13.0	20.0	40.0
Parámetro	Valor Actual	Norma 0631	Unión Europea <sup>9</sup>
Dureza cálcica (mg/L)	42.0	N/A	N/A
Estaño (mg/L)	<0.0100	2.00	2.00

<sup>8</sup> Concentraciones de referencia para los vertimientos industriales realizados a la red de alcantarillado y de los vertimientos industriales y domésticos efectuados a cuerpos de agua de la ciudad de Bogotá.

<sup>9</sup> Concentraciones de referencia para los vertimientos industriales realizados a la red de alcantarillado y de los vertimientos industriales y domésticos efectuados a cuerpos de agua de la ciudad de Bogotá.

<b>Tabla 7. (continuación)</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Valor Actual</b>	<b>Norma 0631</b>	<b>Unión Europea<sup>10</sup></b>
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	<0.0500	20.0	15.0
<b>Fosforo total (mg/L)</b>	N/A	N/A	2,00
<b>Hidrocarburos totales (mg/L)</b>	10.0	10.0	<10.0
<b>Hierro (mg/L)</b>	0.820	3.00	2.00
<b>Mercurio (mg/L)</b>	<0.00200	0.0100	0.0500
<b>Níquel (mg/L)</b>	0.130	0.500	0.500
<b>Nitrógeno total (mg/L)</b>	11.4	N/A	<50.0
<b>Plata (mg/L)</b>	<0.0500	0.200	1.00
<b>Plomo (mg/L)</b>	0.130	0.200	0.500
<b>Sulfatos (mg/L)</b>	<5.00	N/A	N/A
<b>Sulfuros (mg/L)</b>	<1.200	N/A	N/A
<b>Tensoactivos (mg/L)</b>	19.3	N/A	N/A
<b>Zinc (mg/L)</b>	0.660	3.00	2.00
<b>Ph (Unidades)</b>	7.65-9.68	6.00–9.00	5.50—9.50
<b>Solidos sedimentables (mL/L)</b>	0.500-2.00	2.00	N/A
<b>Aluminio (mg/L)</b>	6.44	3.00	2.00
<b>Arsénico (mg/L)</b>	<0.010	0.100	1.00
<b>Btex (mg/L)</b>	0.978	N/A	N/A
<b>Temperatura (°C)</b>	18.7-20.5	40.0	30.0
<b>Cadmio (mg/L)</b>	<0.00300	0.500	0.200
<b>Cianuro (mg/L)</b>	0.0200	N/A	0.100
<b>Cobalto (mg/L)</b>	<0.0500	0.100	N/A
<b>Cobre(mg/L)</b>	0.160	1.00	0.500

**Nota:** Ver anexo B, en donde se incluyen detalles de la caracterización del agua residual industrial realizado por ANALQUIM LTDA.

Al observar los resultados obtenidos de la caracterización del vertimiento, se pueden definir los parámetros críticos para el diseño e implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales, tales como, DBO, DQO, Solidos suspendidos totales, pH, sólidos sedimentables y aluminio. Y parámetros tales como hidrocarburos que cumplen al margen de la resolución 0631 vigente actualmente, parámetro al que se le debe realizar un seguimiento a lo largo del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales una vez implementada dentro de la planta de producción.

<sup>10</sup> Concentraciones de referencia para los vertimientos industriales realizados a la red de alcantarillado y de los vertimientos industriales y domésticos efectuados a cuerpos de agua de la ciudad de Bogotá.

### 3. ALTERNATIVAS VIABLES PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el presente capítulo serán analizadas cuatro alternativas de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para PELIKAN COLOMBIA S.A.S. con cada una de las operaciones unitarias de acuerdo con los requerimientos de la compañía y teniendo en cuenta los valores mínimos permisibles de cada parámetro expuestos en la resolución 0631 de marzo del 2015 que rige actualmente, la legislación de la Unión Europea, el estado actual del agua residual y la proyección de la empresa en cuanto a producción de pinturas en sus próximos años.

Después de realizar la caracterización del agua y analizando los resultados, se determinó que los parámetros de Aluminio, DBO5, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, pH y Sólidos Sedimentables superan el límite permisible en el artículo 13 establecido en la Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015, por tanto serán definidos como parámetros críticos para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la tabla 8, se adjunta la información correspondiente al estado actual del agua en lo que respecta a dichos parámetros críticos, junto con la comparación contra la norma ambiental aplicable para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y la legislación europea.

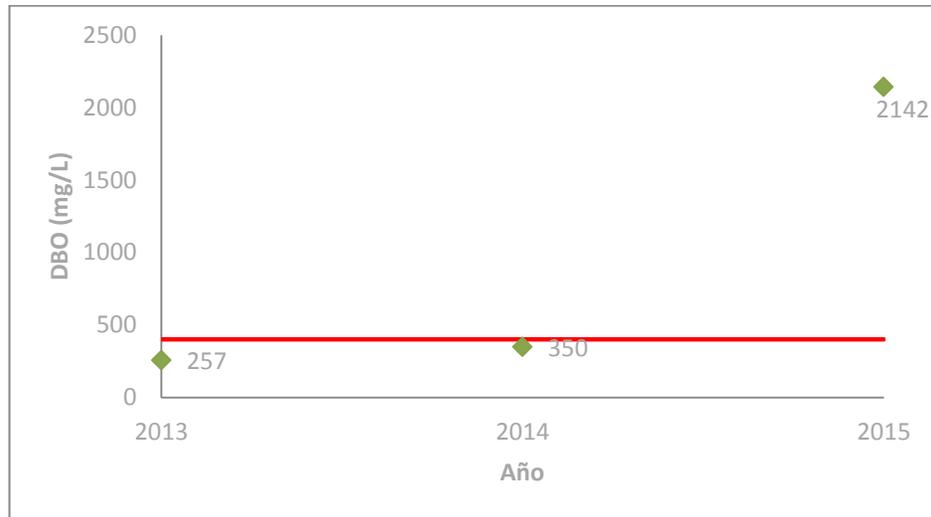
**Tabla 8.** Estado actual del agua residual comparado con la norma actual colombiana y la legislación europea.

Parámetro	Valor Actual (mg/L)	Norma 0631 (mg/L)	Unión Europea(mg/L)
<b>DBO5</b>	2700	400	90% remoción
<b>DQO</b>	12238	800	90% remoción
<b>Solidos Susp. Totales</b>	6434	200	35.0
<b>pH</b>	7.65-9.68	6.00–9.00	5.50—9.50
<b>Solidos sedimentables</b>	0.500-2.00	2.00	N/A
<b>Aluminio</b>	6.44	3.00	2.00

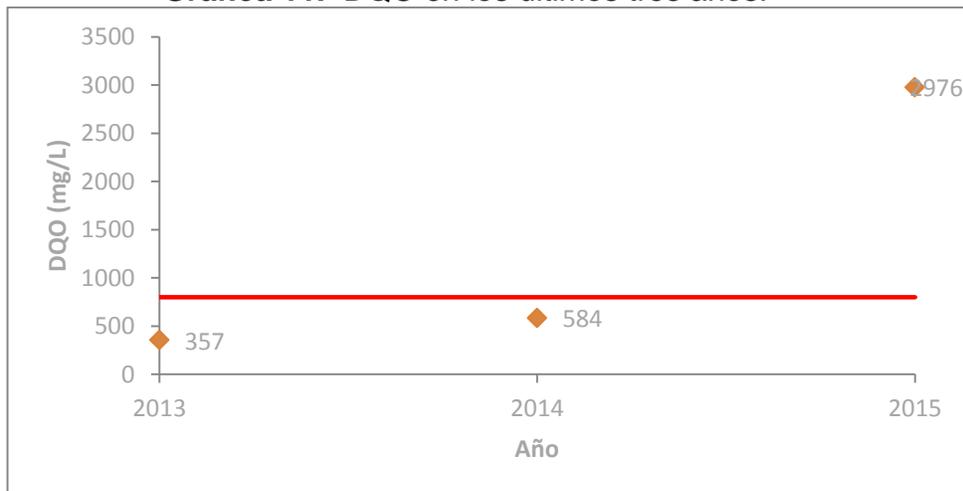
También es posible observar a continuación el comportamiento de algunos parámetros fisicoquímicos del agua residual generada en la producción de pintura en los últimos tres años, esto para tener una idea del crecimiento en la demanda de tintas y pinturas en la compañía.

## DBO5 y DQO

**Grafica 10.** DBO5 en los últimos tres años.



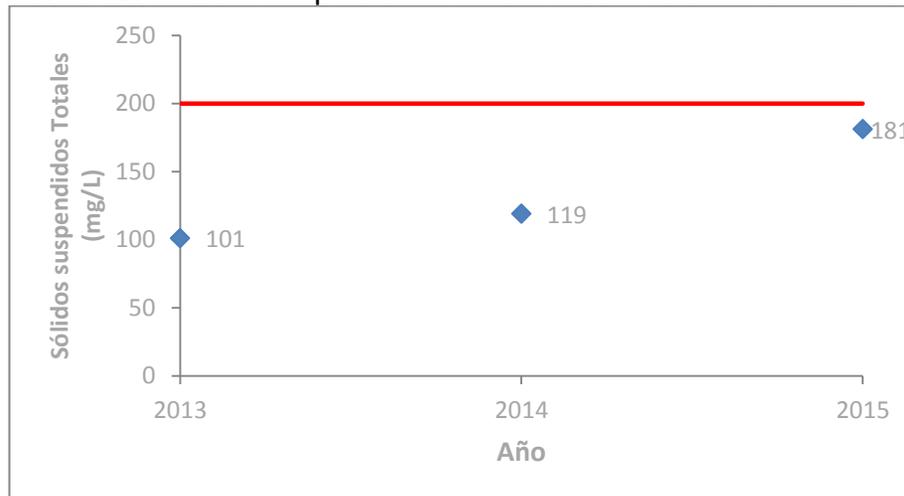
**Grafica 11.** DQO en los últimos tres años.



Con respecto a las gráficas 10 y 11, se puede observar un aumento en los parámetros tanto de DQO como DBO5, para analizar dicho aumento, es pertinente recordar que la cantidad de unidades de producto terminado en el año 2013 fue de 4.509.170, en el 2014 fue de 5.334.868, mientras que para el año 2015 fue de 6.057.806, aunque la relación entre estos dos parámetros no es proporcional si es directo, percibiendo un aumento en la producción lo que influye en la cantidad de agua generada para dicho proceso de fabricación. Ahora bien, el aumento en la cantidad de agua no afecta directamente la concentración de carga contaminante en el efluente, aunque se tiene un volumen de contaminante de alrededor de

7,78409E-08 m<sup>3</sup>/ día por cada unidad producida por la empresa; una de las razones por la cual aumenta la concentración de estos parámetros en el agua residual puede retribuirse cambios en la materia prima para la elaboración de la pintura o a fallas en la operación.

**Grafica 12.** Sólidos suspendidos totales en los últimos tres años.



Con respecto a la gráfica 12, se puede observar como los sólidos suspendidos totales en el agua residual aumentan conforme pasan los años, esto también debido al crecimiento en la demanda de pinturas.

Ahora bien, teniendo una idea del comportamiento de algunos parámetros a lo largo del tiempo es lógico suponer que la proyección de crecimiento de la empresa tendrá como meta un crecimiento del 5% anual, también debe tenerse en cuenta un posible cambio en las condiciones de operación por lo tanto el agua residual generada por este proceso de producción va a ser mayor y es posible que la carga contaminante sea mayor, debido a esto es importante hacer una adecuada selección de cada una de las operaciones unitarias que harán parte del tratamiento, para que funcione aun a mediano plazo.

Teniendo en cuenta los parámetros críticos adjuntos en la Tabla 8. Se procede a analizar los tratamientos que son aplicables al agua residual generada por Pelikan en el proceso de producción de pinturas.

Para la elección del tratamiento se sigue el análisis de la caracterización del efluente realizado en el capítulo anterior y se clasifica según la relación DBO/DQO; si dicha relación es menor a 0,2 entonces los vertimientos se consideran de naturaleza inorgánica, poco biodegradables y son convenientes procesos fisicoquímicos, si esta relación tiene un valor entre 0,2 y 0,4 los vertidos

se consideran biodegradables y si es mayor a 0,4 los vertidos pueden considerarse orgánicos y muy biodegradables, resultando adecuados tratamientos biológicos.

Para el agua residual industrial generada por Pelikan Colombia S.A.S. se tiene una relación de DO/DQO de 0.22; motivo por el cual la materia contaminante se considera de naturaleza inorgánica y no se consideran viables los tratamientos biológicos para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Teniendo en cuenta la figura 3. expuesta en el capítulo anterior se determinó que todas aquellas tecnologías que pertenecen a los tratamientos secundarios no se consideran aplicables, ya que, el agua residual en cuestión no contiene grandes cantidades materia orgánica biodegradable o sales disueltas, por otro lado es posible que el agua residual contenga microcontaminantes que seguramente son removidos con tratamientos terciarios, pero podría considerarse un costo innecesario aplicar algunas de estas tecnologías muy sofisticadas.

Por el contrario, los tratamientos primarios son los más adecuados y efectivos para remover la carga contaminante generada en el vertimiento de agua, ya que este residuo líquido está cargado básicamente de sólidos suspendidos, coloides, aceites, grasas y metales.

### **3.1 ALTERNATIVAS PLANTEADAS**

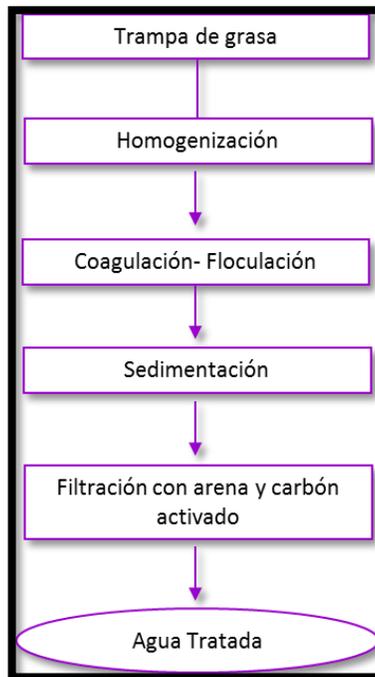
Después de analizar los criterios a tener en cuenta para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, es necesario seleccionar las operaciones unitarias y la combinación de las mismas que removerán el mayor porcentaje de la carga contaminante del vertimiento. Las alternativas son elegidas teniendo en cuenta el cumplimiento de la resolución 0631 de marzo del 2015.

A continuación varias alternativas a nivel laboratorio son propuestas y trataran un caudal de agua residual industrial promedio generado por la planta de producción de 0,058 L/s, alternativas que son evaluadas debido a su eficiencia en la remoción de los parámetros críticos analizados anteriormente.

Es importante aclarar que la planta de producción ya cuenta con una trampa de grasas instalada entre la caja interna y externa de la compañía, que remueve parte de los sólidos suspendidos totales del agua residual, actualmente no se contempla el mejoramiento ni el retiro de esta operación unitaria previa al tratamiento diseñado.

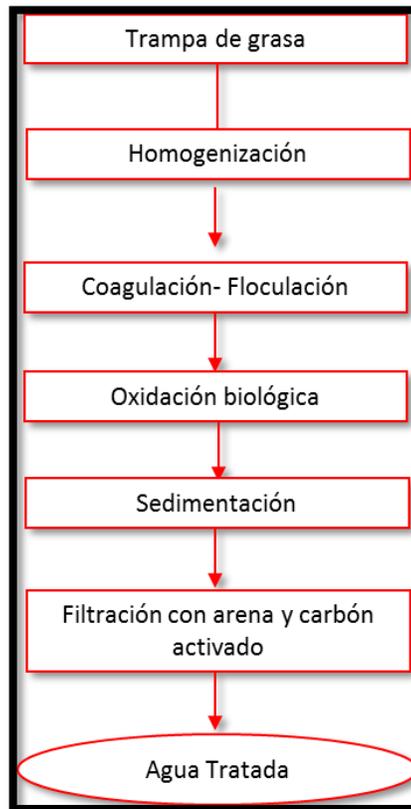
**Primera Alternativa.** Esta alternativa consta de cinco operaciones unitarias, la primera de ellas es una trampa de grasas y aceites, cuya función es separar los residuos sólidos y las grasas presentes en el efluente, retirando por sedimentación los sólidos en suspensión y por flotación el material graso, posteriormente el agua pasa por un proceso de homogenización, después de un proceso de coagulación-floculación que se encarga de la remoción y disminución de DBO5, DQO y sólidos suspendidos, luego pasa a una etapa de filtración, por medio de un lecho de arena y antracita para la remoción de materia orgánica presente.

**Figura 8.** Diagrama de bloques de la primera alternativa de tratamiento.



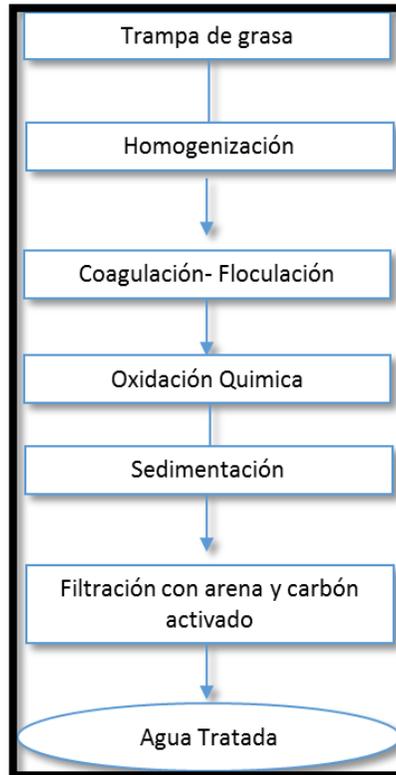
**Segunda Alternativa.** Para la segunda alternativa de tratamiento se proponen seis operaciones unitarias, comenzando con la trampa de grasas, el proceso de coagulación-floculación, seguida de una oxidación biológica que pretende descomponer la materia orgánica mediante la aportación de oxígeno y la actividad de microorganismos, con el fin de disminuir el porcentaje de DBO5 presente en el vertimiento, por último propone el proceso de filtración.

**Figura 9.** Diagrama de bloques de la segunda alternativa de tratamiento.



**Tercera Alternativa.** En la tercera alternativa, se plantea la trampa de grasas al comienzo del tratamiento seguida del proceso de coagulación-floculación, se propone realizar una oxidación química por medio del Proceso Fenton, proceso de oxidación avanzada en el cual se producen radicales altamente reactivos del hidroxilo, seguido de la filtración.

**Figura 10.** Diagrama de bloques de la tercera alternativa de tratamiento.



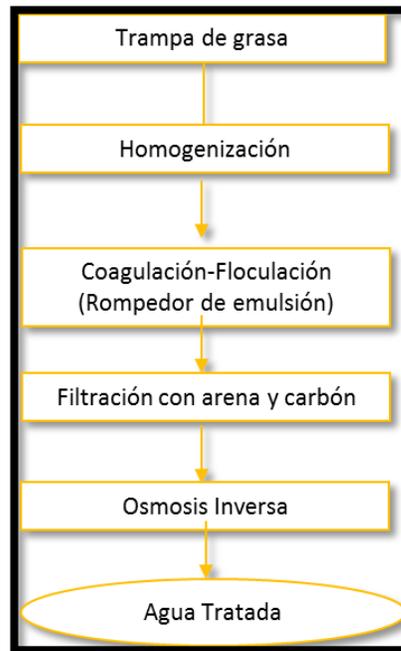
**Cuarta Alternativa.** Esta alternativa consta de cinco operaciones unitarias, comenzando por la trampa de grasas, seguido de un proceso de coagulación-floculación que pretende remover, sólidos suspendidos y sedimentables, el color y la turbidez, disminuyendo también la DQO, posteriormente se proponen los procesos de ozonificación, una oxidación bastante fuerte que pretende remover color y disminuir la DQO y filtración.

**Figura 11. .** Diagrama de bloques de la cuarta alternativa de tratamiento.



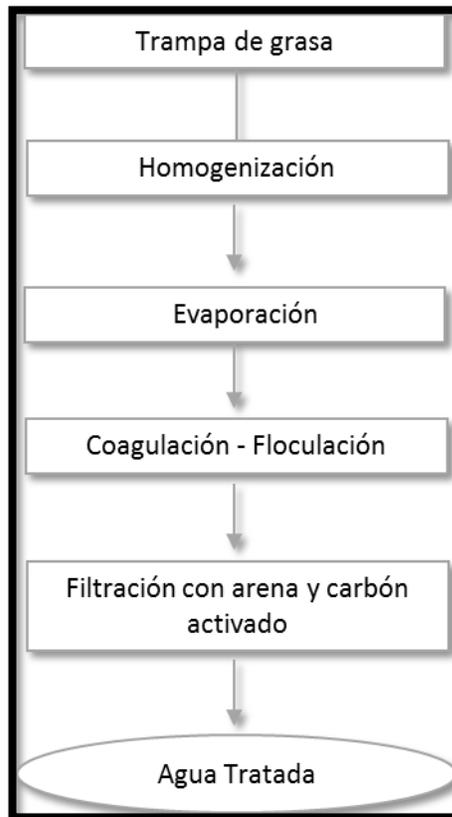
**Quinta alternativa.** Para esta alternativa de tratamiento se propone una coagulación-floculación, después de la trampa de grasa y el proceso de homogeneización por medio de un rompedor de emulsión con el fin de separar las fases que pueden encontrarse en la fase agua del residuo, para un posterior tratamiento por medio de un proceso de filtración con arena y carbón activado y una etapa final de osmosis inversa, en donde se pretende remover materia orgánica que pueda existir en el agua en esta etapa del tratamiento.

**Figura 12.** Diagrama de bloques de la quinta alternativa de tratamiento.



**Sexta alternativa.** Esta última alternativa de tratamiento propuesta consta con una evaporación de alcoholes posiblemente presentes en el agua residual, por medio de un calentamiento del agua justo después de proceso de homogeneización del vertimiento, seguido de un proceso de clarificación del agua por medio del rompedor de emulsión y por último la filtración con arena y carbón activado.

**Figura 13.** Diagrama de bloques de la sexta alternativa de tratamiento.



### 3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

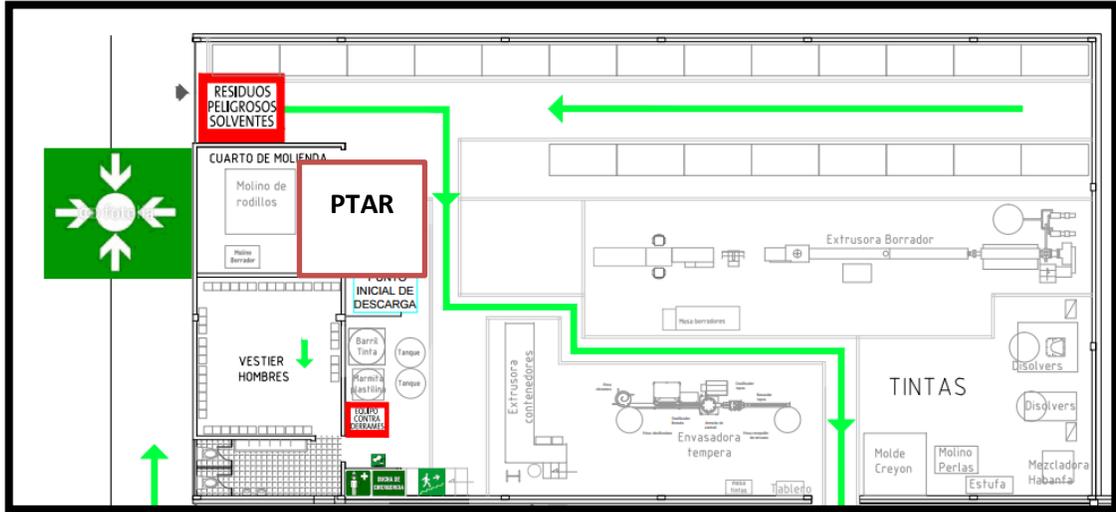
La selección del tratamiento, no solo implica el cumplimiento de la normatividad vigente o el objetivo planteado por la compañía y los proyectantes; implica varios criterios que deben evaluarse antes de tomar cualquier decisión. Esta selección depende principalmente de:

- Las características del agua cruda
- La calidad requerida del efluente
- La disponibilidad de área
- Los costos de construcción y de operación del sistema de tratamiento
- La confiabilidad del sistema de tratamiento
- La flexibilidad del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

Entonces, de acuerdo a las necesidades y a las exigencias establecidas por la compañía se han determinado varios criterios de selección:

- ✓ **Área de la planta.** La empresa actualmente dispone de un área restringida para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales; por tal motivo la selección de las operaciones unitarias y tratamientos deben ajustarse a dicho parámetro.

**Figura 14.** Ubicación de la PTAR dentro de la planta de producción de tintas.



Las dimensiones del área y la distribución del espacio disponible actualmente para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales son:

**Figura 15.** Dimensiones del área disponible para la implementación de la PTAR.



- ✓ **Proyección de la planta.** debido a que la planta cuenta con un aumento en su producción para los próximos años, debe diseñarse una planta que se ajuste no solo a las necesidades actuales, sino también a las de mediano plazo (mínimo 5 años).
- ✓ **Costos.** Se evalúa la alternativa que genere bajos costos en cuanto a implementación, operación y posterior mantenimiento incluidos costo y tiempo.
- ✓ **Eficiencia.** Con el fin de cumplir con la normatividad vigente para el manejo de vertimientos, es necesario que genere un porcentaje de remoción alto y disminución de los parámetros críticos. El método debe tener suficiente eficiencia en la remoción de sólidos, materia orgánica y fenoles, de manera que pueda cumplir con los parámetros estipulados en la resolución 0631 del 2015.
- ✓ **Mantenimiento.** Debe contar con un fácil mantenimiento y control, los equipos deben de fácil limpieza, los repuestos deben ser sencillos de adquirir y de instalar, además el mantenimiento debe ser económico.
- ✓ **Sostenibilidad.** Se evalúa la alternativa que mitigue el impacto ambiental.
- ✓ **Manejo Operativo.** Es necesario una alternativa que no implique personal por tiempos prolongados, y debe tener una operación simple, que no requiera personal especializado.

La selección de la alternativa se realizará teniendo en cuenta cada uno de los criterios de selección, con la cual posteriormente se desarrollará la experimentación a nivel laboratorio para determinar los porcentajes de remoción.

### 3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN

Después de plantear las alternativas de tratamiento para el caudal de agua residual generado por la producción de tintas y pinturas en Pelikan Colombia S.A.S., se realiza una matriz de selección en donde se evalúa la eficacia de remoción de cada uno de los parámetros definidos como críticos para cada una de las alternativas propuestas.

Se realiza una matriz de selección en la cual se le otorgará un porcentaje de acuerdo con el nivel de importancia según la empresa.

**Cuadro 4.** Criterios de selección para la planta de tratamiento de aguas residuales.

Criterios de Selección	Porcentaje
Área de la Planta	10.0
Proyección de la Planta	15.0
Costos	15.0
Eficiencia de Remoción	25.0
Mantenimiento	10.0
Sostenibilidad	15.0
Manejo Operativo	10.0

Estos porcentajes establecidos, son utilizados para determinar el puntaje de cada uno de los tratamientos planteados.

El máximo valor que se puede obtener de una alternativa de tratamiento es 10 y el menor de 2.5 calificando el tratamiento como el menos adecuado.

**Cuadro 5.** Calificación para los distintos niveles de importancia.

Nivel	Calificación
Excelente	10.0
Eficiente	7.50
Regular	5.00
Deficiente	2.50

A partir de la información suministrada, se evalúan por medio de la matriz de selección cada una de las alternativas planteadas.

**Tabla 9.** Matriz de selección.

Criterios	1	2	3	4	5	6
Área de la planta	1.00	0.75	1.00	0.75	0.75	1.00
Proyección de la planta	0.50	0.75	1.50	1.50	1.00	1.50
Costos	1.50	1.50	1.25	0.75	0.75	0.75
Eficiencia de remoción	0.50	0.75	0.75	0.50	1.50	2.00
Mantenimiento	0.50	0.50	1.00	1.00	0.50	1.00
Sostenibilidad	1.25	1.25	1.50	1.00	1.50	1.00
Manejo operativo	0.50	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00
<b>TOTAL</b>	<b>5.75</b>	<b>6.00</b>	<b>7.75</b>	<b>6.00</b>	<b>7.75</b>	<b>8.25</b>

De acuerdo a la matriz de selección planteada y a la calificación obtenida por medio de la evaluación de cada uno de los parámetros de selección, la alternativa

menos viable es la número 1, esto debido al bajo porcentaje de remoción en cuanto a los parámetros del agua por la carga contaminante presente en el vertimiento, seguida de la alternativa 2 que consta de una oxidación biológica de materia orgánica por medio de la adición de oxígeno y la actividad de microorganismos, debido a que la relación DQO vs DBO<sub>5</sub> del vertimiento es de 0,22, es decir la carga contaminante en el agua es en su mayoría inorgánica y no biodegradable, razón por la cual un tratamiento biológico es inviable para el agua generada por la fabricación de pinturas y tintas en la empresa; respecto a la alternativa 4, se obtienen buenos porcentajes de remoción, siempre y cuando la DQO del agua cruda sea menor de 1000mg/L, caso contrario a lo que sucede con el agua residual industrial generada por la fabricación de tintas y pinturas, razón por la cual es descartada.

Por otro lado las alternativas 3, 5 y 6, según la matriz de selección son adecuadas para el tratamiento del vertimiento y son comparables en cuanto a los porcentajes de remoción para garantizar el cumplimiento de la resolución 0631 vigente actualmente.

En cuanto a la alternativa 3, que consta de una oxidación química, puede considerarse viable debido a que es un tratamiento aplicable y eficiente para aguas residuales de alta DQO, pero no oxida los alcoholes que puedan estar presentes y en cuanto al manejo operativo se debe ajustar el pH del agua en un rango de 2.5 y 3 unidades para que dicho proceso de oxidación por medio de peróxido de hidrogeno y sulfato ferroso como catalizador sea eficiente; por otro lado la alternativa 5 cuyo tratamiento es la clarificación del agua por medio de un rompedor de emulsión, debido a la posible existencia de otras fases solubles en el agua residual industrial, un proceso de filtración con arena y carbón activado para remover partículas que puedan tapar las membranas del equipo de osmosis inversa, muy eficiente en la remoción de iones y DQO se considera adecuado, aunque puede que no sea muy viable debido al mantenimiento de las membranas del equipo de osmosis inversa que pueden sufrir daños si el agua residual no es tratada previamente de manera adecuada e ingresa con una alta DQO a este proceso, y por último en cuanto a la alternativa 6, se puede decir que es adecuada ya que el porcentaje de remoción de alcoholes en el agua del proceso de evaporación es muy alto, lo que influye en la posterior remoción de DQO en el agua residual, aunque puede generar costos energéticos muy altos debido al calentamiento del residuo.

Una vez evaluados y comparados los criterios de selección más importantes de cada una de las operaciones unitarias, se procede a hacer la selección de la o las alternativas más adecuadas para el diseño y la posterior implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la planta de producción, ahora bien, después del análisis de cada alternativa se decide evaluar experimentalmente las tres alternativas que resultaron más adecuadas según la matriz de selección planteada anteriormente.

Es decir, se evaluarán las alternativas 3, 5 y 6. Oxidación química, clarificación del agua por medio de un rompedor de emulsión seguida de una osmosis inversa y evaporación de alcoholes seguido de un proceso de clarificación del agua, respectivamente.

## 4. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Para proceder a realizar la evaluación experimental de la alternativa previamente escogida por medio de la matriz de selección donde se evaluaron cada uno de los criterios además del porcentaje de remoción teórico, es necesario diseñar el plan de laboratorio con el cual se va a trabajar.

Este plan de laboratorio tiene como objetivo determinar las condiciones óptimas de cada una de las operaciones unitarias que componen el tratamiento de aguas residuales.

Es importante aclarar que toda la evaluación experimental de las alternativas propuestas se realizó en el laboratorio de Ingeniería Medio Ambiental (IMA), contratado por Pelikan Colombia S.A.S.

### 4.1 EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON (ALTERNATIVA 3)

Para realizar la evaluación de esta alternativa, se evaluarán las dos operaciones unitarias principales del tratamiento propuesto, es decir, coagulación-floculación y la oxidación química como tal, a continuación se describen cada uno de los tratamientos realizados al agua residual industrial.

Las fichas técnicas de cada uno de los reactivos utilizados durante las pruebas de laboratorio se encuentran adjuntas en el anexo C.

**4.1.1 Coagulación – Floculación.** Esta prueba de laboratorio se lleva a cabo por medio de un test de jarras, con el cual se determinan los coagulantes, floculantes y las dosis necesarias para la mayor remoción de carga contaminante, utilizado para muestra de aguas residuales industriales.

#### 4.1.1.1 Reactivos utilizados en la experimentación.

#### Coagulantes.

**Cuadro 6.** Coagulantes usados durante el desarrollo de la experimentación.

Referencia	Descripción	Imagen
<b>Sulfato de Aluminio (10%)</b>	Es una sal sólida y de color blanco de fórmula $Al_2(SO_4)_3$ que por sus propiedades físico-químicas es utilizada principalmente como agente coagulante y floculante primario en el tratamiento de aguas de consumo humano y aguas residuales. Se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor.	
<b>Cloruro Férrico (10%)</b>	Se utiliza para depurar las aguas residuales. $FeCl_3$ en medio acuoso ligeramente básico reacciona con el ión hidróxido para formar flóculos de $FeO(OH)_-$ , que puede eliminar los materiales en suspensión. Cuando se disuelve en agua, el cloruro de hierro (III) sufre hidrólisis y libera calor en una reacción exotérmica. De ello resulta una solución ácida y corrosiva que se utiliza como coagulante en el tratamiento de aguas residuales y la potabilización del agua.	
<b>PAC (10%)</b>	Coagulante inorgánico a base de sales de aluminio polimerizadas, es utilizado principalmente para remover color y materia coloidal en sistemas acuosos, plantas potabilizadoras y clarificación de efluentes industriales.	

**Cuadro 6. (Continuación)**

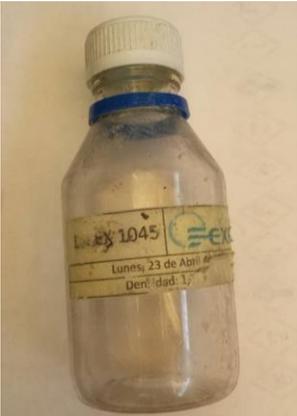
<p><b>L-1544 (0,2%)</b></p>	<p>Poliamina, es decir de naturaleza policatiónica, debido a esta característica puede unirse y estabilizar polímeros ricos en cargas negativas, usado para el proceso de coagulación y floculación, con una concentración máxima de 20mg/L.</p>	
---------------------------------	--	---

**Floculantes.**

**Cuadro 7. Floculantes usados en el desarrollo de la experimentación.**

Referencia	Descripción	Imagen
<p><b>1143 (0,2%)</b></p>	<p>Polímero sólido soluble en agua y de naturaleza catiónica utilizado como floculante, para el tratamiento de aguas residuales, de color blanco.</p>	
<p><b>Poliacrilamida (0,2%)</b></p>	<p>Es una especie de polielectrólito soluble en agua, que es no tóxico, insípido, soluble en agua fácilmente e insoluble en disolventes orgánicos, tales como etanol y acetona. La cadena molecular es flexible, los pesos moleculares relativos son constantes, la distribución iónica es uniforme. La velocidad de separación y la formación de flóculo son rápidas con alto efecto de deshidratación</p>	

**Cuadro 7. (Continuación)**

<p><b>1045 (0,2%)</b></p>	<p>Polímero utilizado como floculante, para el tratamiento de aguas residuales, sólido de color blanco y soluble en agua.</p>	
-------------------------------	---	---

**Otros reactivos.**

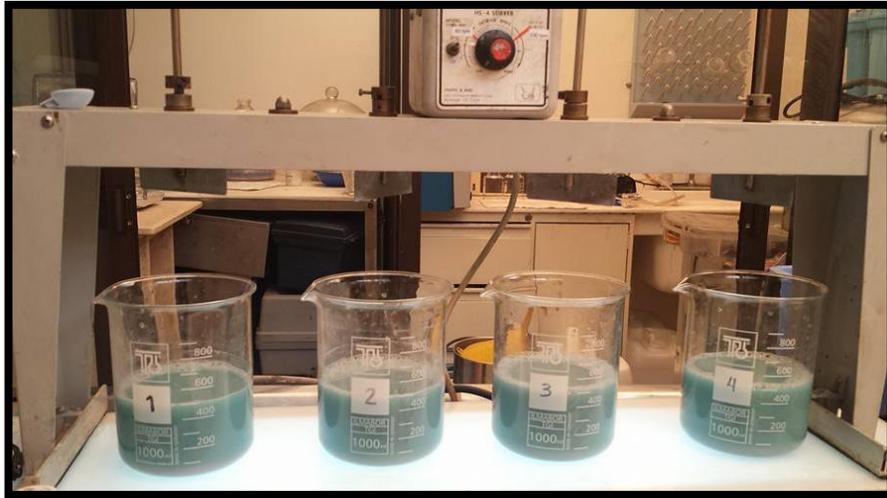
**Cuadro 8. Otros reactivos usados durante el desarrollo de la experimentación.**

Referencia	Descripción	Imagen
<p><b>Borohidruro de Sodio (10%)</b></p>	<p>El <b>borohidruro de sodio</b>, con fórmula química <math>\text{NaBH}_4</math>, es un agente reductor de carácter selectivo usado en la síntesis de fármacos y otros compuestos orgánicos. Es un sólido blanco, que se suele encontrar en forma granulada. Utilizado para la remoción de color del agua residual.</p>	
<p><b>Bisulfito de Sodio (10%)</b></p>	<p>Es un compuesto químico de fórmula química <math>\text{NaHSO}_3</math>. Se emplea en fotografía para quitar el exceso de cloro en algunas de las soluciones empleadas en el revelado.<sup>3</sup> Se emplea igualmente en la fijación de algunos colorantes. Utilizado para la remoción de color del agua residual.</p>	

#### 4.1.1.2 Equipos utilizados en el Test de Jarras.

- **Equipo Test de Jarras.** (PHIPPS & BIRD HS-4 STIRRER MODEL 7790-100), Es un equipo que cuenta con 4 puestos, cada uno con un vaso precipitado de 800 mL y un agitador mecánico, que optimiza la adición de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas residuales, con diferentes dosis químicas, gradientes de velocidad y tiempo de decantación.

**Figura 16.** Equipo utilizado en la prueba de jarras.



- **Turbidímetro.** (HACH 2100P TURBIDIMETER) Usado para medir la dispersión de la luz provocada por las partículas del agua residual industrial antes y después del tratamiento.

**Figura 17.** Turbidímetro.



- **Balanza.** (SARTORIUS BP 210S) Utilizada para pesar los reactivos que se encuentran en estado sólido utilizados durante el test de jarras.

**Figura 18. .** Balanza analítica

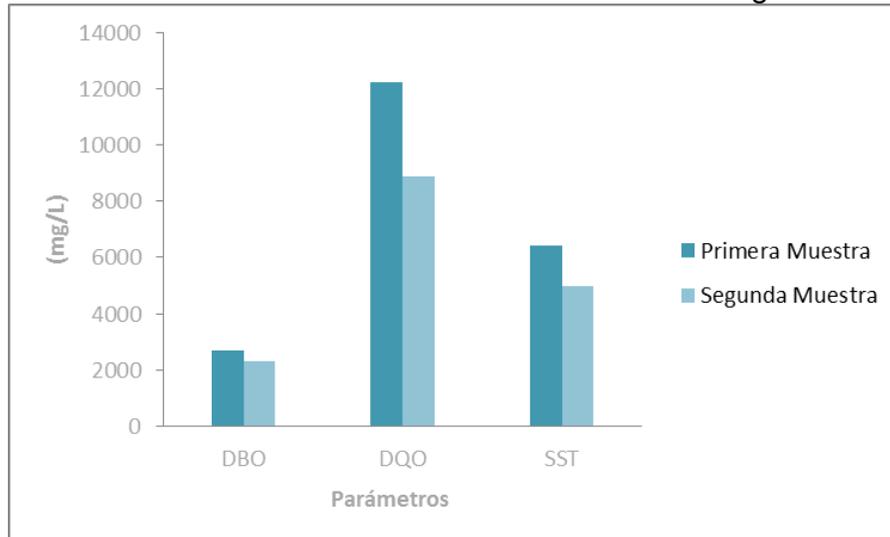


**4.1.1.3 Plan de laboratorio.** En esta fase de evaluación de la primera operación unitaria, después de haber tomado la muestra de la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S, se realizará la medición de los parámetros de turbiedad y DQO, antes y después de cada uno de los tratamientos definidos como mejores después de cada test de jarras, con el fin de verificar la eficiencia de remoción de esta prueba.

Para comenzar a realizar todas las pruebas de jarras pertinentes y determinar el mejor tratamiento, se tomó una muestra de agua residual compuesta en la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S el 02 de agosto del 2016 (ver figura 19). Se debe aclarar que la caracterización inicial del agua, descrita en el capítulo 2 fue realizada con una muestra de agua residual compuesta tomada en febrero del presente año, por tanto las condiciones del agua son diferentes, como se puede observar en la gráfica 13.

Al realizar la prueba de DQO de la muestra de agua con la que se llevaría a cabo la experimentación, se encontró que el valor inicial de este parámetro era de 8900 mg/L.

**Grafica 13.** Condiciones iniciales de las muestras de agua residual.



Al analizar la comparación de los parámetros críticos de las dos muestras de agua residual se puede observar una variación y esto debido al cambio de las condiciones de operación de la planta, generado por cambios en los lotes de producción de la empresa.

**Figura 19.** Toma de muestra de agua residual industrial en Pelikan Colombia S.A.S.



En el anexo se observa el diagrama de flujo del procedimiento con el cual se desarrolló toda la experimentación propia de la prueba de jarras

**4.1.1.4 Selección del Coagulante y Floculante** Para la selección del coagulante y floculante se propusieron varias dosis tanto para coagulantes como floculantes con el fin de llevar a cabo el test de jarras usando 500 mL de agua residual, teniendo en cuenta que se utilizaron tres coagulantes, cuatro polímeros y que las

dosis de polímero van aumentando de manera proporcional junto con la dosis de coagulante.

**Cuadro 9.** Coagulantes y floculantes propuestos.

Coagulantes	Floculantes
Sulfato de Aluminio	Polímero 1143
Cloruro Férrico	Poliacrilamida
PAC	Polímero 1045
L-1544	

Inicialmente se plantearon las siguientes dosis tanto de coagulante como de floculante, de esta manera se pretendía obtener el mejor resultado con alguna de estas combinaciones:

**Tabla 10.** Dosis propuestas para coagulantes y floculantes.

Dosis de Coagulante (ppm)	Dosis de Polímero (ppm)
5,00	0,40
10,0	1,20
15.0	2,80

Se realiza el primer ensayo utilizando sulfato de aluminio como coagulante y polímero 1143 como floculante, suministrados en las proporciones propuestas en la tabla 10 y dosificados en tres vasos de precipitado de 800 mL que contienen 500 mL de muestra de agua residual industrial cada uno.

Luego de terminar la primera etapa (adición del coagulante) en donde se realiza una agitación rápida de 100rpm durante un minuto, se dosifica el floculante y se agita a 40rpm durante cinco minutos, al terminar este proceso y apagar el equipo de jarras, se puede observar que en la jarra 1 y 2 ni siquiera hubo desestabilización de partículas, mientras que en la jarra 3, donde se suministró mayor dosis de coagulante y floculante si hubo desestabilización y formación de flocs en el agua residual, razón por la cual se decide cambiar el coagulante y usar las mismas dosis para determinar si el volumen suministrado es el que está afectando el proceso de desestabilización del agua para la posterior formación de flocs y sedimentación.

**Figura 20.** Test de jarras con sulfato de aluminio como coagulante y polímero 1143 como floculante.



**Tabla 11.** Prueba de jarras 1.

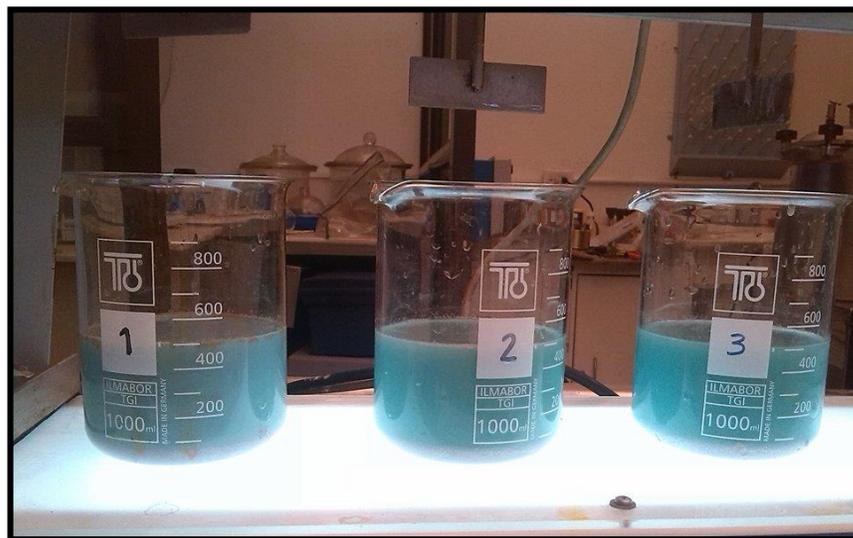
Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
Coagulante	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
Dosificación (ppm)	5.00	10.0	15.0
Floculante	1143	1143	1143
Dosificación (ppm)	0.40	1.20	2.80

Es importante aclarar que, el día en que se realizaron las primeras pruebas con sulfato de aluminio y polímero 1143, fue el día en que se tomó la muestra de agua residual de la caja interna de la empresa, mientras que las siguientes pruebas fueron realizadas en días siguientes, razón por la cual el color del agua cambia después del primer día de prueba, aunque se haya realizado la cadena de custodia de forma pertinente y adecuada.

Ahora bien, después de haber realizado el primer test, se procede a cambiar el coagulante por cloruro férrico, muy utilizado para el tratamiento de aguas residuales industriales.

Se llevó a cabo el mismo procedimiento, dosificando en vez de sulfato de aluminio el cloruro férrico, se obtuvo que la única jarra en donde se alcanzó a desestabilizar el agua fue a la que se le suministró mayor volumen de coagulante y floculante.

**Figura 21.** Agua residual industrial para prueba de jarras en los siguientes días tratada con cloruro férrico y polímero 1143.



**Tabla 12.** Prueba de jarras 2.

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Cloruro Férrico	Cloruro Férrico	Cloruro Férrico
<b>Dosificación (ppm)</b>	5.00	10.0	15.0
<b>Floculante</b>	1143	1143	1143
<b>Dosificación (ppm)</b>	0.40	1.20	2.80

Por esta razón se decide cambiar las dosis de coagulante y floculante, por unas más altas que logren desestabilizar el agua residual y permitir la formación de *flocs*, de la siguiente manera:

**Tabla 13.** Nuevas dosis de coagulantes y floculantes propuestas.

Dosis de Coagulante (ppm)	Dosis de Polímero (ppm)
100	4.00
200	5.00
300	6.00

Luego de cambiar las dosis planteadas inicialmente por unas más altas, se procede a seleccionar el coagulante, usando un polímero escogido de forma aleatoria en todas las jarras y evaluando de esta forma los tres coagulantes al tiempo usando las dosis propuestas en la tabla 13.

Al ejecutar este ensayo y terminar las dos fases del test de jarras, después de los veinte minutos del proceso de sedimentación, se determinó que el coagulante con el que se obtienen mejores resultados es el sulfato de aluminio, puesto que

desestabiliza el agua inmediatamente y esto genera la posterior formación de flóculos de materia orgánica.

Después de haber seleccionado el coagulante con el cual se haría el tratamiento del agua residual, se realizaron pruebas para determinar cuál era el polímero que generaba más flocs de materia orgánica en el agua. Se probaron el polímero 1143 y poliacrilamida, y los dos dieron muy buenos resultados en cuanto a la remoción de sólidos suspendidos y disueltos en el agua, pero ninguno de los dos removió el color del agua (ver figura 22).

**Figura 22.** Tratamiento con sulfato de aluminio, polímero 1143 y poliacrilamida.



**Tabla 14.** Prueba de jarras 3.

Variable	Jarra 1	Jarra 2
Coagulante	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
Dosificación (ppm)	300	300
Floculante	1143	Poliacrilamida
Dosificación (ppm)	6.00	6.00

Es por esta razón que se buscaron químicos para la remoción de color en aguas residuales procedentes de la industria de la pintura y se encontró que el borohidruro de sodio junto con el metabisulfito de sodio eran muy efectivos<sup>11</sup>, se realizaron entonces pruebas de jarras utilizando los coagulantes y floculantes para la remoción de materia orgánica y borohidruro junto con el metabisulfito de sodio para obtener un agua sin color al final del tratamiento.

<sup>11</sup> Laboratorio Ingeniería Medio Ambiental, REMOCIÓN DE TINTAS DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL GENERADA POR LA INDUSTRIA DE IMPRENTA, 2006.

Habiendo encontrado la solución para la remoción de color, se plantearon pruebas de jarras con el coagulante seleccionado (sulfato de aluminio), y los floculantes propuestos.

**Figura 23.** Ensayo de jarras con sulfato de aluminio, borohidruro de sodio, metabisulfito de sodio y floculante.



**Tabla 15.** Prueba de jarras 4.

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	300	300	300
<b>Floculante</b>	1143	L-1544	1045
<b>Dosificación (ppm)</b>	6.00	6.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	20.0	20.0	20.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	10.0	10.0	10.0

De izquierda a derecha en la figura 23 los floculantes usados en cada jarra son: 1143, L-1544 y 1045. Se puede observar que en la primera jarra no hubo formación de *flocs*, mientras que en la segunda y tercera sí, pero en donde hubo remoción de color fue en la jarra en la que se utilizó el polímero 1045 como floculante.

Hasta ahora, el mejor tratamiento en cuanto a remoción de sólidos y color es el que utiliza como coagulante sulfato de aluminio, como floculante polímero 1045 y para la remoción de color metabisulfito y borohidruro de sodio, por tal motivo, se procede a mejorar las dosis en cuanto a los químicos usados para la remoción de color, con el objetivo de obtener mejores resultados realizando nuevas pruebas de jarras.

**Tabla 16.** Dosis planteadas de metabisulfito y borohidruro para la remoción de color.

Jarra	Dosis de metabisulfito de sodio (ppm)	Dosis de borohidruro de sodio (ppm)
1	20.0	10.0
2	40.0	30.0
3	60.0	50.0

**Figura 24.** Prueba de jarras para determinar las dosis de metabisulfito y borohidruro de sodio.



**Tabla 17.** Prueba de jarras 5.

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	300	300	300
<b>Floculante</b>	1045	1045	1045
<b>Dosificación (ppm)</b>	6.00	6.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	20.0	40.0	60.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	10.0	30.0	50.0

En la figura 24. Se puede observar que la dosis para la remoción de color del agua residual más efectiva es la de la jarra 2, en donde se usaron 2mL de metabisulfito de sodio y 1.5 mL de borohidruro de sodio.

Posterior a esto se realiza, exactamente la misma prueba pero con poliacrilamida para hacer una selección definitiva del floculante, obteniendo buenos resultados en cuanto a la clarificación del agua pero con un poco más de partículas disueltas y suspendidas en el agua residual, así que finalmente se elige el polímero 1045 para llevar a cabo el tratamiento.

Debe aclararse que justo después de cada prueba de jarras propuesta, se escogió la jarra en la que se obtuvieron mejores resultados para seguir la secuencia de operaciones unitarias propuestas realizándole a cada una de estas muestras una oxidación química y seleccionar el mejor tratamiento.

**4.1.2 Oxidación química.** Después de obtener los mejores tratamientos y teniendo el agua clarificada, se procede a realizar pruebas de turbiedad, para determinar si ha habido una buena remoción de materia orgánica en el agua residual. Después de realizar la medición de este parámetro, se procede a continuar con el tratamiento seleccionado como el mejor por medio de la matriz de selección, es decir, el proceso *Fenton*, que consiste básicamente en una oxidación química con peróxido de hidrogeno y sulfato ferroso como catalizador de la reacción.

La pintura en base agua generalmente consiste en pigmentos orgánicos e inorgánicos, colorantes, solventes, espesantes, agentes emulsificantes que debido a sus características físico-químicas son muy difíciles de tratar efectivamente. Bajo esas circunstancias la oxidación química ofrece una muy eficiente remoción de dichos agentes; la eficiencia en dicho proceso de oxidación depende netamente del poder del oxidante que se esté usando. Los radicales hidróxilos son los más efectivos para este tratamiento, estos radicales son generados por una reacción homolítica en un ambiente catalizado por iones de  $Fe^{2+}$ .

Varios experimentos se han llevado a cabo para remover la DQO y el color del agua industrial residual por medio de la reacción Fenton, debido a que toda la materia orgánica es susceptible a oxidarse, se distinguen de acuerdo con los grupos funcionales que le contienen. Todos los compuestos orgánicos se derivan de un grupo de compuestos conocidos como hidrocarburos debido a que están formados por hidrogeno y carbono<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> TREATABILITY OF WATER-BASED PAINT WASTEWATER WITH FENTON PROCESS IN DIFFERENT REACTOR TYPES, Ugur Kurt, Yasar Avsar, M Talha Gonullu.

#### 4.1.2.1 Reactivos utilizados en la oxidación química.

**Cuadro 10.** Reactivos usados durante el proceso de oxidación química.

Referencia	Descripción	Imagen
<p><b>Peróxido de hidrogeno</b></p>	<p>Compuesto químico con las características de un líquido altamente polar, utilizado como oxidante para la remoción de color, olor y DQO en el agua residual.</p>	
<p><b>Ácido fosfórico</b></p>	<p>Compuesto químico ácido, utilizado para ajustar el pH del agua residual.</p>	
<p><b>Sulfato ferroso</b></p>	<p>El sulfato ferroso se usa para purificación de agua por floculación y para eliminar fosfatos en plantas de depuración industriales para prevenir la eutrofización de masas de aguas superficiales. Se usa también como agente reductor.</p>	

#### 4.1.2.2 Equipos utilizados en la oxidación química.

##### Sistema de aireación

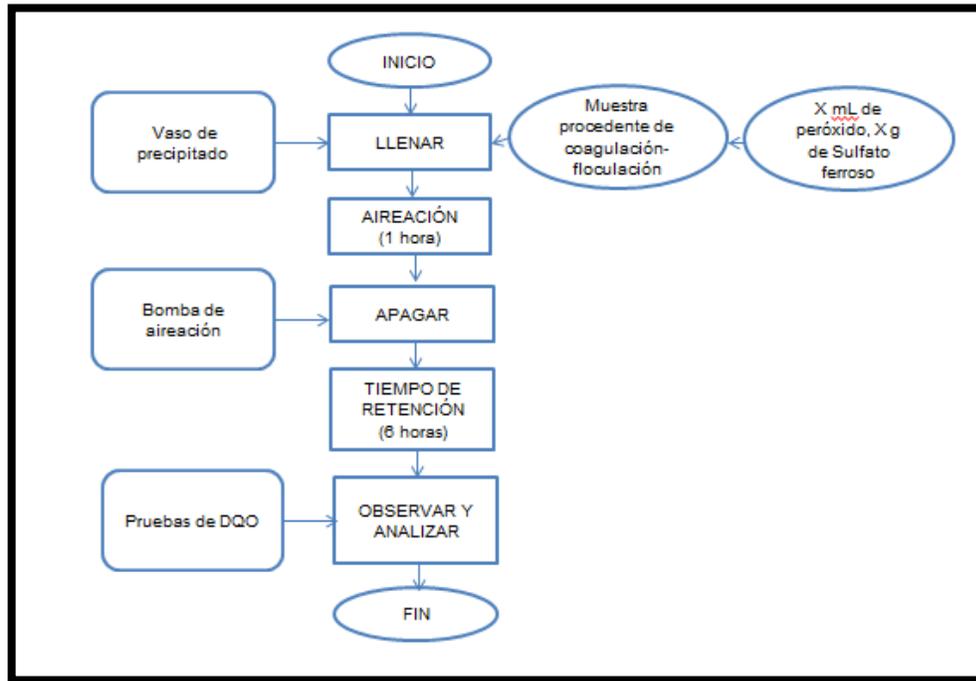
**Figura 25.** Sistema de aireación para el proceso de oxidación química.



En la figura 25 se puede observar el procedimiento que se llevó a cabo para las pruebas de oxidación química realizadas para las muestras de agua procedentes del proceso de coagulación floculación.

Se utilizó un soporte universal para fijar una manguera que conducía aire impulsado por medio de una bomba, para llevar a cabo el proceso de aireación fundamental para la oxidación química de la materia orgánica presente en el agua residual industrial por medio de peróxido de hidrogeno, reacción catalizada con sulfato ferroso.

**Figura 26.** Diagrama de flujo del proceso realizado durante la oxidación química.



**4.1.2.3 Procedimiento de la oxidación química.** Para el proceso de oxidación química, como se dijo anteriormente, se seleccionaron los mejores tratamientos de cada una de las pruebas de jarras realizadas, e inmediatamente después se realizó el proceso *Fenton* para cada una de ellas.

La eficiencia de la reacción *Fenton* depende de las propiedades del agua residual, el pH, la concentración de hierro y peróxido y el tiempo de reacción, entonces para llevar a cabo la oxidación química planteada es necesario ajustar el pH de la muestra ya que para esta reacción el pH óptimo se encuentra en un rango de 2,5 y 3 unidades, para cumplir con este parámetro se utilizó ácido fosfórico.

Después de haber ajustado el pH para la reacción de oxidación, se adicionan las siguientes dosis tanto de peróxido como de sulfato ferroso, propuestas el siguiente cuadro:

**Cuadro 11.** Volumen de reactivos propuesto inicialmente para la oxidación química.

Reactivos	mL <sup>13</sup>
Peróxido de hidrogeno	1.66
Sulfato ferroso	0.53
Ácido fosfórico	1.00

<sup>13</sup> PAINTS INDUSTRY WASTEWATER TREATMENT THROUGH FENTON TECHNOLOGY, Mousa, N. El-Rakshy.

Para la primera prueba de oxidación química se seleccionó el mejor tratamiento de la primera prueba de jarras, es decir, el proceso de coagulación floculación en el que se usó como coagulante sulfato de aluminio y polímero 1143, el proceso de aireación se llevó a cabo por un tiempo de treinta minutos y aunque la remoción de sólidos suspendidos en el agua residual fue clara, el tratamiento no disminuyó el color de la muestra de agua residual.

Se llevó a cabo una nueva oxidación química para la siguiente mejor prueba de jarra obtenida, a la que se le adicionó sulfato de aluminio como coagulante, polímero 1045 como floculante y el tratamiento químico para remoción de color que consta de metabisulfito y borohidruro de sodio, obteniendo muy buenos resultados en cuanto a la remoción de color en el agua residual industrial pero aumentando la turbiedad, por tal motivo se realizó la prueba en repetidas ocasiones, cambiando el polímero una vez más por poliacrilamida, sin obtener mejores resultados (ver figuras 27 y 28)

**Figura 27.** Agua residual después del proceso *Fenton* usando sulfato de aluminio, polímero 1045, metabisulfito y borohidruro de sodio.



**Tabla 18.** Prueba de oxidación química 1.

Variable	Jarra 1
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio
Dosificación (ppm)	300
<b>Floculante</b>	1045
Dosificación (ppm)	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	40.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	30.0

**Figura 28.** Agua residual después del proceso *Fenton* usando sulfato de aluminio, poliacrilamida, metabisulfito y borohidruro de sodio.



**Tabla 19.** Prueba de oxidación química 2.

Variable	Jarra 2
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	300
<b>Floculante</b>	Poliacrilamida
<b>Dosificación (ppm)</b>	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	40.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	30.0

Luego de haber seleccionado los mejores polímeros, que fueron el 1045 y la poliacrilamida, se observó que los cambios y resultados obtenidos después del tiempo de aireación química no eran muy representativos ni concluyentes, por esta razón se proponen nuevas dosis tanto de peróxido de hidrogeno como de sulfato ferroso teniendo en cuenta unas nuevas preparaciones a diferentes concentraciones.

Las nuevas dosis tanto de peróxido de hidrogeno como de sulfato ferroso, fueron definidas, en base a tesis previamente realizadas<sup>14</sup> en donde para una oxidación química realizada en un reactor agitado, usando una dosis de hierro de 100mg/L, la mayor remoción de DQO fue obtenida con una dosis de peróxido de hidrogeno de 3320mg/L.

En la tabla presentada a continuación se el volumen en mL de cada reactivo usado para el proceso de oxidación química de la materia orgánica.

<sup>14</sup> Tratability of water-based paint wastewater with Fenton process in different reactor types, Ugur Kurt, Yasar Avsar, M. Talha Gonullu. June 2005.

**Tabla 20.** Nuevos volúmenes de reactivos usados para la oxidación química.

Reactivo	mL
Peróxido de hidrogeno	4.67
Sulfato ferroso	1.20
Ácido acético	1.00

Con estas nuevas dosis para la oxidación química el proceso de clarificado y la turbiedad del agua mejora dando así nuevos resultados. Se propone aumentar el tiempo de aireación química de treinta minutos a una hora aproximadamente con el fin de obtener mejores resultados en cuanto a turbiedad.

Como otra posibilidad para el desarrollo consecutivo de la prueba de oxidación química y con el fin de garantizar si el proceso *Fenton* estaba mejorando o no el tratamiento del agua residual se realiza una prueba de jarras poniendo en presencia y ausencia el borohidruro y el metabisulfito de sodio, aplicando la aireación química inducida con la bomba, así:

**Tabla 21.** Tratamientos a los cuales se les realizó oxidación química.

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	300	300	300	300
<b>Floculante</b>	1045	1045	Poliacrilamida	Poliacrilamida
<b>Dosificación (ppm)</b>	6.00	6.00	6.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	-	40.0	-	40.00
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	-	30.0	-	30.00

Después de haber realizado oxidación química a los tratamientos, no se obtuvieron mejores resultados, hubo remoción de color en los casos en los que se aplicó metabisulfito y borohidruro de sodio y se obtuvo un agua clarificada a la cual posteriormente se le realizó la medición de parámetros de turbiedad y DQO.

Por otro lado, se propuso realizar la oxidación sin aireación y sin catalizador, debido a que se puede estar generando una interferencia que no permita que la reacción se lleve a cabo completamente, se adicionó al tratamiento propuesto en la continuación peróxido de hidrogeno por un tiempo de retención de aproximadamente 12 horas, con el fin de lograr una remoción de color y minimizar el tratamiento químico.

Al final de esta prueba se obtiene que la muestra de agua a la cual se le adicionó sulfato de aluminio como coagulante, polímero 1045 y peróxido de hidrogeno como oxidante, se encontraba totalmente clarificada.

**Figura 29.** Agua residual tratada con sulfato de aluminio, polímero 1045 y peróxido de hidrogeno.



**Tabla 22.** Oxidación química con peróxido de hidrogeno por un tiempo de retención de 12 horas.

Variable	Jarra 1
Coagulante	Sulfato de aluminio
Dosificación (ppm)	300
Floculante	1045
Dosificación (ppm)	6.00

Después de obtener el agua clarificada usando varios tratamientos para el agua residual, se procede a realizar pruebas de DQO para verificar la reducción en el valor de dicho parámetro, ya que fue definido como parámetro crítico para el diseño de la planta de tratamiento y seleccionar el mejor tratamiento de acuerdo con los resultados obtenidos.

**4.1.2.4 Resultados y análisis de resultados.** De acuerdo al diagnóstico se establecen variables de experimentación en variables fijas o manipulables que deben ser evaluadas y desarrolladas durante la prueba de jarras para determinar las adecuadas dosificaciones de coagulante y floculante. A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas experimentalmente con el fin de cumplir con el tratamiento propuesto en el capítulo anterior según cada uno de los criterios de selección expuestos en la matriz y con lo cual es posible determinar si el tratamiento cumple el objetivo de disminuir cada uno de los parámetros definidos como críticos anteriormente.

#### **Selección de coagulante-floculante.**

A continuación se pueden observar las turbiedades de las jarras con las cuales se obtuvieron mejores resultados después del proceso de clarificación del agua para determinar la eficiencia del tratamiento que se está aplicando al agua residual

industrial, en cuanto a remoción de materia orgánica, sólidos suspendidos, sólidos disueltos y color.

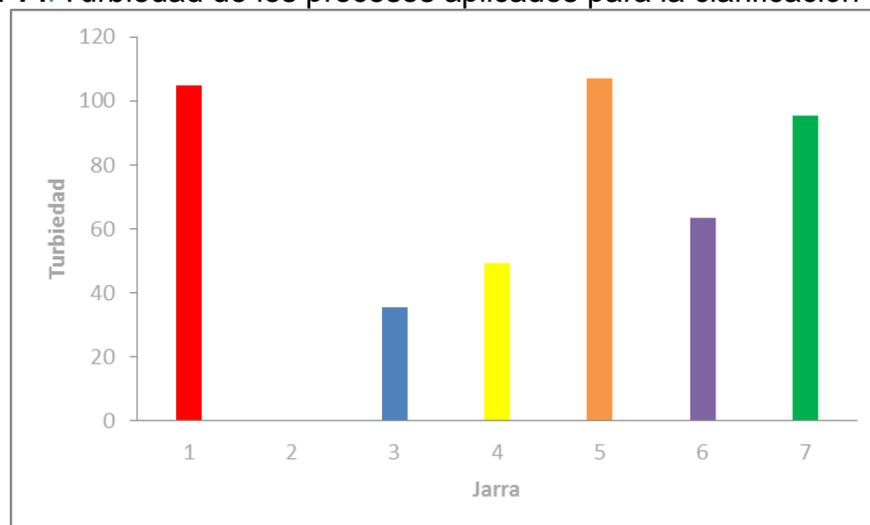
**Tabla 23.** Mediciones de turbiedad para la selección del mejor tratamiento de clarificación para el agua residual.

Jarra	Coagulante	Dosificación Coagulante (ppm)	Floculante	Dosificación floculante (ppm)	Metabisulfito (ppm)	Borohidruro de sodio (ppm)	Turbiedad (NTU)
1	Sulfato de aluminio	15,0	Polímero 1143	2.00	-	-	104
2	Cloruro férrico	300	Polímero 1143	6.00	-	-	-
3	Sulfato de aluminio	300	Polímero 1045	6.00	40.0	30.0	35.6
4	Sulfato de aluminio	300	Poliacril.	6.00	40.0	30.0	49.1
5	Sulfato de aluminio	300	Polímero 1544	6.00	40.0	30.0	107
6	Sulfato de aluminio	300	Polímero 1045	6.00	-	-	63.4
7	Sulfato de aluminio	300	Poliacril.	6.00	-	-	95.3

**Nota:** Para la jarra 2, la medición de turbiedad arrojó un error debido a una turbidez muy alta del agua residual.

Al analizar los resultados de cada uno de los tratamientos descritos en cuanto al parámetro de turbiedad para la selección del mejor tratamiento de clarificación del agua residual industrial, se puede concluir que tanto la jarra 3 como la 4 son las más adecuadas para clarificar el residuo líquido generado por el proceso de fabricación de tintas y pinturas, aplicando el tratamiento de metabisulfito y borohidruro de sodio para la remoción de color, como se observa en la figura a continuación.

**Grafica 14.** Turbiedad de los procesos aplicados para la clarificación del agua.



Considerando que el agua cruda tenía una turbiedad de más de 800NTU se puede calcular el porcentaje de remoción en cuanto al proceso de clarificación del agua para el mejor tratamiento con el cual se obtuvo una turbiedad de 34,6NTU de 85%.

### Porcentaje de remoción del proceso de oxidación química.

Después de haber realizado la medición de turbidez para los distintos tratamientos aplicados se decide realizar medición de la demanda química de oxígeno antes y después de la aplicación de la oxidación química por medio de peróxido de hidrogeno y sulfato ferroso como catalizador de la reacción, para determinar si existen interferencias en el proceso para los tratamientos seleccionados como los mejores y la eficiencia de la oxidación aplicada, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 24.** Mediciones de DQO realizada a los mejores tratamientos antes y después de la oxidación química.

Jarra	Coagulante	Dosificación Coagulante (ppm)	Floculante ante	Dosificación floculante (ppm)	Metabisulfito (ppm)	Borohidruro de sodio (ppm)	DQO 1 (Mg/L)	DQO 2 (Mg/L)
1	Sulfato de aluminio	15.0	Polím ero 1143	2.00	-	-	7010	7048
2	Cloruro férrico	300	Polím ero 1143	6.00	-	-	8290	>8000
3	Sulfato de aluminio	300	Polím ero 1045	6.00	40.0	30.0	7100	7900
4	Sulfato de aluminio	300	Poliac rila.	6.00	40.0	30.0	6894	>8000

**Nota:** La DQO1 se refiere al parámetro medido antes de la oxidación química, la DQO2 se refiere al parámetro medido después de dicha oxidación.

Al observar los resultados expresados en la tabla 24, se puede concluir que la oxidación química no arroja buenos resultados para el agua residual industrial en cuestión, debido a que justo después de este proceso la demanda química de oxígeno aumenta.

Inicialmente se propuso remover el metabisulfito y borohidruro de sodio del tratamiento, puesto que estos podrían estar aumentando la DQO, pero en la tabla de resultados es claro que con o sin el tratamiento para la remoción de color, la demanda química de oxígeno aumenta después de aplicar el proceso Fenton turbiedad.

Al obtener resultados negativos después de llevar a cabo el tratamiento seleccionado como el más adecuado para el agua proveniente del proceso de elaboración de pinturas teóricamente, y remover tan solo 1000mg/L de DQO con el mejor de los tratamientos aplicados, debe encontrarse una razón lógica por la cual dicho tratamiento no está funcionando como se esperaba inicialmente.

Uno de los motivos por los cuales no se obtiene una remoción como la que se esperaba de DQO, es que existe una interferencia causada por la cantidad de peróxido de hidrogeno aplicado para la oxidación de materia orgánica, en donde al realizar la medición de DQO del agua residual tratada, no se obtiene la verdadera demanda química de oxígeno, debido a dicha interferencia.<sup>15</sup>

Tratando de encontrar en la fuente el problema y la dificultad para tratar el agua residual, la empresa suministra la información de que existen concentraciones de etanol, propanol, glicoles y glicerina. Razón por la cual el proceso Fenton es descartado para el tratamiento del agua residual, aunque es adecuado para aguas residuales con alta DQO como es el caso, no es eficiente para aguas que contengan alcoholes en su composición, razón por la cual existe una remoción de color y turbiedad pero no de la demanda química de oxígeno presente en el agua residual.

Por tal motivo, se procede a evaluar la quinta alternativa de tratamiento para el vertimiento, que consta de una clarificación con rompedor de emulsión ideal para separar las fases solubles presentes en la fase agua, seguida de un proceso de osmosis inversa.

Se debe aclarar que para llevar a cabo la siguiente alternativa de tratamiento planteada fue necesaria la recolección de otra muestra compuesta de la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S, aunque se alcanzaron a realizar las primeras pruebas con el agua residual que se ha venido tratando.

Por tal motivo el agua residual varía sus características con respecto a la anterior muestra, con una DQO inicial de **5971 mg/L** y un cambio de color y turbidez debido al cambio de lote de producción dentro de la empresa.

---

<sup>15</sup> Problem of correction of the chemical oxygen demand values determined in wastewaters treated by methods with hydrogen peroxide. SLAWOMIR ZAK. Proceedings of ECOpole.

**Figura 30.** Muestra de agua residual industrial de la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S para llevar a cabo la nueva alternativa de tratamiento.



#### **4.2 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA (ALTERNATIVA 5)**

Dado que los resultados obtenidos en las experimentaciones de la alternativa 3 no fueron los esperados con respecto al cumplimiento de la norma, debido a la presencia de concentraciones de alcoholes en el agua residual, se evalúa la alternativa 5 que se considera viable debido al uso del rompedor de emulsión inversa que para efectos de química funciona como coagulante y floculante, que pueden arrojar resultados positivos en cuanto a parámetros como DQO, turbiedad, color, sólidos suspendidos, disueltos y totales.

Esta nueva alternativa de tratamiento propone rompedores de emulsión para el proceso de clarificación del agua, puesto que pueden existir dos fases en el agua residual, motivo que puede estar interfiriendo en la disminución de DQO al final del tratamiento.

#### 4.2.1 Reactivos utilizados en la alternativa de tratamiento.

**Cuadro 12.** Reactivos usados durante la nueva alternativa de tratamiento planteada.

Reactivo	Descripción	Imagen
<b>Chemifloc 500 (0,3%)</b>	Rompedor de emulsión inversa para la clarificación del agua residual, actúa como un coagulante- floculante.	
<b>Rompedor Inverso (0,2%)</b>	Rompedor de emulsión inversa para la clarificación del agua residual, actúa como un coagulante- floculante.	

#### 4.2.2 Equipos utilizados durante la alternativa de tratamiento.

##### Equipo de Jarras.

Es un equipo que cuenta con 4 puestos, cada uno con un vaso precipitado de 800 mL y un agitador mecánico, que optimiza la adición de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas residuales, con diferentes dosis químicas, gradientes de velocidad y tiempo de decantación.

##### Filtro de Carbón activado.

El filtro de carbón activado trabaja como tamiz extrayendo los materiales pesados que se encuentran, actuando así como un purificador.

**Figura 31.** Filtro de carbón activado.



**Equipo de osmosis inversa.**

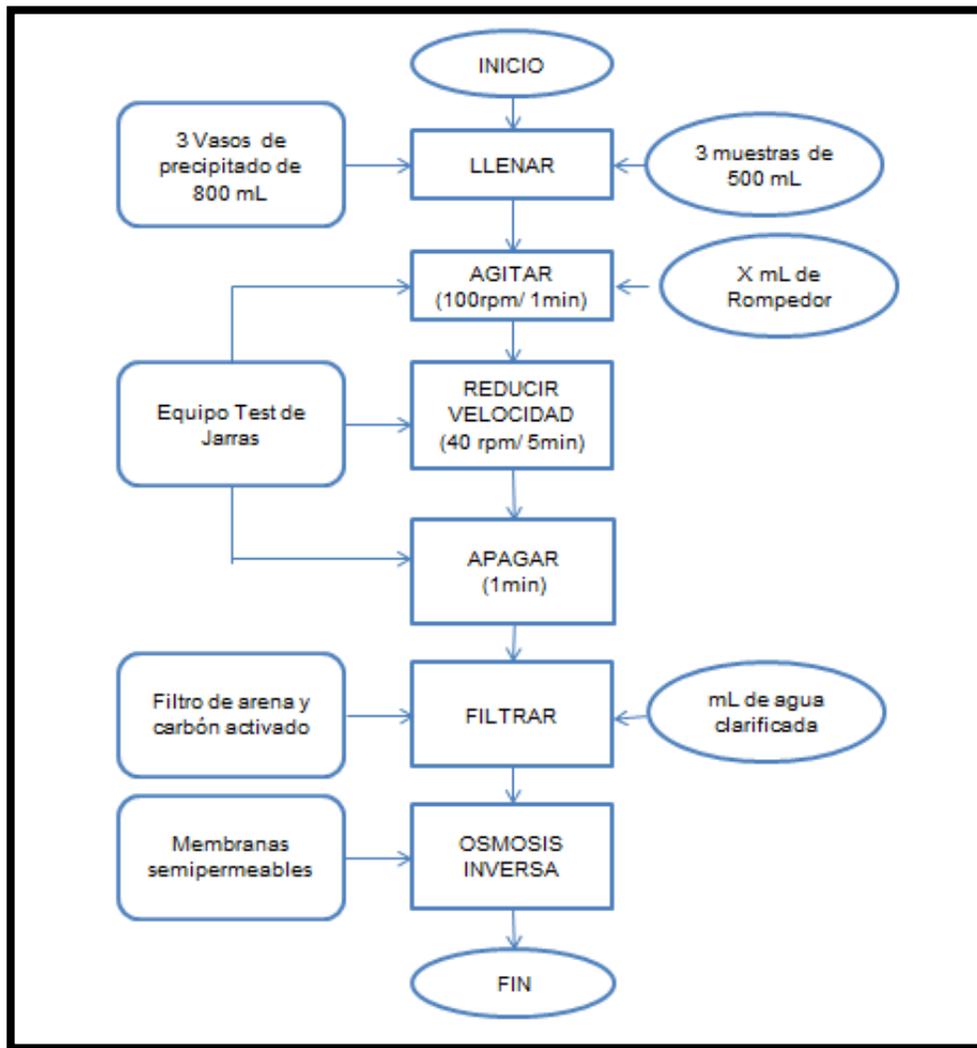
Equipo que presuriza el agua a un valor superior al de la presión osmótica para que los sólidos disueltos queden retenidos en la membrana y solo el agua logre atravesarla.

**Figura 32.** Equipo de osmosis inversa.



A continuación se presenta la alternativa propuesta de manera secuencial para el desarrollo del tratamiento.

Figura 33. Diagrama de flujo de la nueva alternativa planteada.



**4.2.3 Procedimiento de la alternativa planteada.** Para comenzar con las pruebas, se utilizaron cuatro rompedores de emulsión disponibles en el laboratorio, como se muestra a continuación:

Se dosificaron en cada una de las jarras 30ppm de rompedor, para que realice el proceso de coagulación y floculación.

**Figura 34.** Selección del rompedor de emulsión.



**Figura 35.** Prueba para la selección del rompedor.

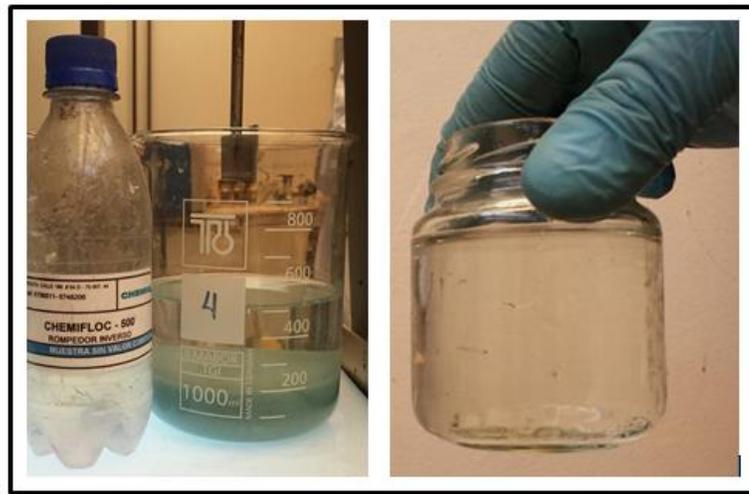


Como se puede observar en la figura 36, el agua residual de la jarra 4 en la cual se utilizó el rompedor inverso CHEMIFLOC-500 hay una remoción de color y materia orgánica suspendida y disuelta en el agua, mientras que en las demás jarras no hay efecto alguno por parte de los rompedores utilizados, ni siquiera una desestabilización de partículas en el agua residual.

**Rompedor de emulsión inversa.** El tratamiento comienza con una coagulación-floculación con un reactivo rompedor de emulsiones inverso llamado CHEMIFLOC-500. El tratamiento de las emulsiones inversas está dividido en dos fases: la coagulación y la floculación. En la coagulación, el desmulsificante inverso cancela las propiedades emulsificantes del agente activo de superficie y/o neutraliza las cargas negativas de las gólicas de aceite dispersas en la fase agua. En la etapa de floculación, las gólicas desestabilizadas se agrupan en gotas más grandes que se pueden separar por diferencia de densidades del agua.

“El mecanismo encargado de la desestabilización de la solución de agua es la neutralización de cargas presentes en la solución, esto se da porque existen iones que pueden ser absorbidos en la superficie del agua. Si los iones adsorbidos tienen cargas opuestas a aquellos presentes en la superficie, la carga primaria de la superficie es neutralizada, disminuyéndose las fuerzas de repulsión entre las gotas. Por lo tanto para tratar de desestabilizar una emulsión inversa se deben utilizar desmulsificantes catiónicos (de carga positiva)”<sup>16</sup>.

**Figura 36.** Eficiencia del rompedor inverso CHEMIFLOC-500 en la primera muestra de agua residual industrial tomada de la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S.



**Figura 37.** Función del rompedor inverso CHEMIFLOC-500 en la nueva muestra agua residual industrial tomada de la caja interna de Pelikan Colombia S.A.S.



<sup>16</sup> [http://www.academia.edu/7053610/Principios\\_B%C3%A1sicos\\_del\\_Tratamiento](http://www.academia.edu/7053610/Principios_B%C3%A1sicos_del_Tratamiento)

**Filtración con carbón activado.** “El tratamiento con carbono activo se basa en la capacidad de adsorción del carbono activo para la eliminación de bajas concentraciones de enlaces orgánicos no biodegradables en aguas subterráneas, fuentes de agua potable y aguas residuales procedentes de procesos industriales. Se trata de un tratamiento efectivo para la eliminación de una gran variedad de compuestos orgánicos provenientes de una gama amplia de fuentes industriales, incluso para la eliminación de mercurio o dioxinas de los efluentes”<sup>17</sup>.

Debido a la presencia de los alcoholes mencionados anteriormente (etanol, propanol y trazas de glicoles) es que se realiza este proceso de filtración con carbón activo antes de aplicar la osmosis inversa, ya que con la filtración hay mayor retención de moléculas de similar o mayor tamaño a las del agua.

**Figura 38.** Filtración con carbón activado.



Después de obtener el agua aún más clarificada y con una remoción total de color, turbidez y olor, se procede a realizar la medición del parámetro crítico del agua residual industrial, es decir la DQO, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 25.** DQO del agua residual inicial y filtrada.

DQO Inicial (mg/L)	DQO del agua filtrada (mg/L)
5971	3021

<sup>17</sup> VT MIOD. Filtración con carbón activado. [En línea]. España, Septiembre 2006. [Citado Septiembre 20, 2016] Web: < <http://www.ihobe.eus/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=eb6a8dee-6f0e-4117-9653-44e07f37a969&Idioma=es-ES> >

Al ver los resultados antes y después de la clarificación del agua residual, se puede observar una disminución en cuanto a la DQO, y se lleva a cabo el proceso de osmosis inversa, que es muy efectiva para la remoción de dicho parámetro para realizar un análisis de resultados; aunque no es muy viable a nivel industrial debido a que la DQO con la que ingresa el agua residual aún es muy alta para las membranas permeables que componen el equipo.

**Osmosis inversa.** La función que cumple este tratamiento es la eliminación en un gran porcentaje de iones presentes en el agua, es decir, la mayor cantidad de sales orgánicas presentes en esta. El objetivo de la ósmosis inversa es obtener un agua que cumpla con las concentraciones mínimas permisibles en la resolución 0631 para su disposición. El principio de funcionamiento de la ósmosis inversa consiste en la aplicación de una alta presión en la entrada de los tubos de presión que contienen las membranas. Estas membranas separan el agua de entrada en dos flujos: permeado y rechazo.

**Figura 39.** Proceso de osmosis inversa para el agua residual.



**4.2.4 Resultados y análisis de resultados.** Habiendo realizado cada una de las operaciones unitarias planteadas para el tratamiento del efluente, se procede a analizar los resultados obtenidos.

**Turbiedad.** De acuerdo al procedimiento planteado anteriormente como alternativa extra se midieron turbiedades tanto al agua cruda sin tratar, como al

agua completamente tratada es decir, habiéndose terminado el proceso de osmosis inversa.

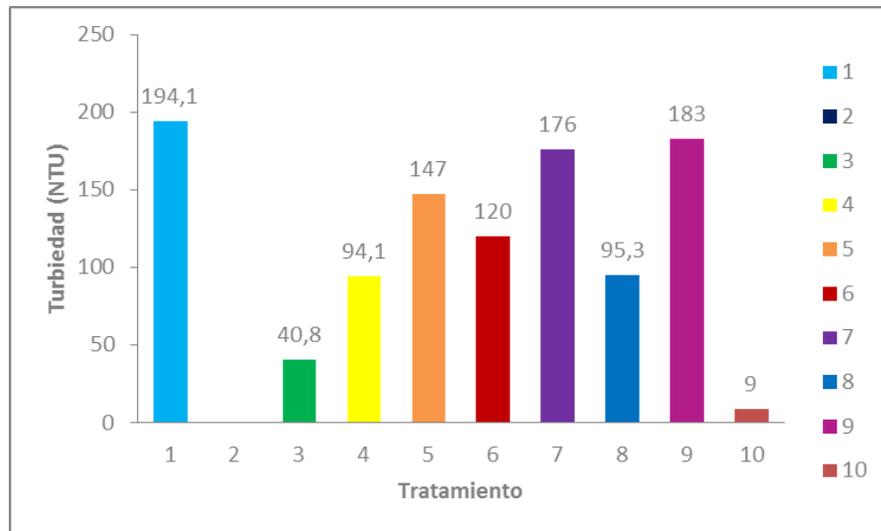
**Tabla 26.** Turbiedad antes y después del tratamiento.

JARRA	TURBIEDAD ( NTU)
Agua cruda sin tratamiento	451
Agua clarificada	9.00
Jarra final	2.60

**Nota (Jarra final):** agua que pasa por coagulación-floculación con rompedor CHEMIFLOC-500 (0,3%), una filtración con carbón activado y finalizando con un proceso de osmosis inversa (filtros).

Después de haber realizado varios tratamientos al agua residual, y haber obtenido muy buenos resultados con el rompedor inverso de emulsión como clarificador del agua, es representativo observar y analizar la eficiencia del tratamiento con respecto a los que se plantearon anteriormente.

**Grafica 15.** Turbiedad de cada tratamiento de clarificación aplicado al agua residual.



En la tabla a continuación se describen cada uno de los tratamientos aplicados, para los cuales se midió el parámetro de turbiedad.

**Tabla 27.** Descripción de los tratamientos aplicados, para los cuales se midió la turbiedad.

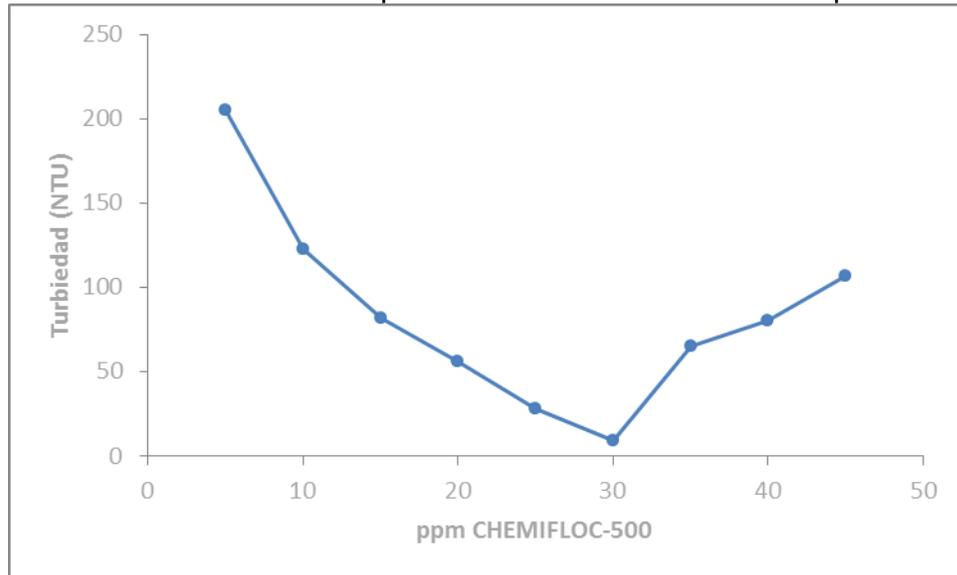
Jarra	Coagulante	Dosificación Coagulante (ppm)	Floculante	Dosificación floculante (ppm)	Metabisulfito (ppm)	Borohidruro de sodio (ppm)
1	Sulfato de aluminio	15.0	Polímero 1143	2.00	-	-
2	Cloruro férrico	300	Polímero 1143	6.00	-	-
3	Sulfato de aluminio	300	Polímero 1045	6.00	40.0	30.0
4	Sulfato de aluminio	300	Poliacri.	6.00	40.0	30.0
5	Sulfato de aluminio	300	Polímero 1544	6.00	40.0	30.0
6	Sulfato de aluminio	300	Polímero 1045	6.00	40.0	30.0
7	Sulfato de aluminio	300	Polímero 1045	6.00	-	-
8	Sulfato de aluminio	300	Poliacri.	6.00	-	-
9	Sulfato de aluminio	300	Poliacri.	6.00	40.0	30.0
10	CHEMIFLOC -500	30.0	-	-	-	-

Al realizar la comparación de la eficiencia en remoción de sólidos de cada uno de los tratamientos, es posible determinar el uso de un rompedor de emulsión como muy efectivo, con respecto a los demás tratamientos aplicados, ya que como se puede observar en la gráfica 15, es el único que logra una turbiedad final tan baja después de realizar el proceso de clarificación del agua residual.

Al seleccionar ser tan efectiva la alternativa en cuanto a disminución del parámetro de turbiedad usando el rompedor inverso como coagulante y floculante, es importante analizar un poco más detalladamente los resultados obtenidos en cuanto a turbidez del agua, con respecto a la concentración de rompedor inverso agregados a la muestra de agua, con el objetivo de optimizar el proceso.

Se realizó la prueba, para determinar la concentración óptima de rompedor para llevar a cabo el tratamiento obteniendo los mejores resultados, como puede ser observado en la gráfica 16, la concentración óptima de rompedor es de 30ppm y después de este valor existe una sobredosificación de rompedor, razón por la cual la turbidez del agua tiende a aumentar.

**Grafica 16.** Turbiedad con respecto a la concentración de rompedor inverso.



Al final de todas las pruebas realizadas, se obtienen muy buenos resultados de esta alternativa de tratamiento planteada a lo largo del desarrollo del trabajo de grado, ahora bien, para corroborar la eficiencia del tratamiento, se realiza la medición del parámetro definido como crítico (DQO).

**Demanda Química de Oxígeno.** Así como se analizó la mejor jarra y la medición de la turbiedad en la experimentación, la demanda química de oxígeno DQO es otro parámetro crítico para analizar en cuanto al cumplimiento del objetivo planteado. En la siguiente tabla se encuentran los resultados obtenidos en la experimentación de la última alternativa donde se analizó este parámetro antes de las osmosis inversa y después de esta, y los resultados de la conductividad, parámetro necesario para llevar a cabo el proceso de osmosis inversa.

**Tabla 28.** DQO del agua residual antes, durante y después del tratamiento.

Tratamiento	DQO (mg/L)
Agua Cruda	5921
Agua tratada hasta la filtración con carbón	3021
Agua totalmente tratada	960

**Tabla 29.** Conductividad del permeado y rechazo provenientes de la osmosis inversa.

Conductividad permeado	Conductividad Rechazo
152	595

Como se dijo anteriormente, la función del rompedor de emulsión inversa, en este caso el CHEMIFLOC-500, tiene la función de separar de manera rápida las fases involucradas en el agua residual como ocurre en esta situación donde se encuentran disueltos alcoholes como son etanol, propanol y glicoles; es por esta razón que la utilización del rompedor en el proceso de clarificación del agua residual es tan eficiente, removiendo el 99.26% de sólidos suspendidos y disueltos, que generan turbiedad en el vertimiento.

Por otro lado, el proceso de osmosis inversa que se lleva a cabo remueve el 68% de la química de oxígeno después del proceso de filtración de forma muy eficiente, esto sin tener en cuenta los costos de operación y mantenimiento que requiere el equipo si se llegará a plantear como la alternativa definitiva para el tratamiento del efluente, esto debido a que aunque se obtiene un agua con muy baja turbiedad después del proceso de clarificado y filtrado, la demanda química de oxígeno aún es muy alta para llevar a cabo dicho proceso de osmosis y las membranas permeadas, sufrirían daños con tan solo dos semanas de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales, además el porcentaje de agua tratada (permeado) es de tan solo el 65%, el 35% restante hace parte del rechazo y no se puede optimizar el provecho de este porcentaje recirculándola al equipo de osmosis debido a que esta agua entraría mucho más contaminada que el agua residual inicial al proceso de osmosis inversa, lo que hace que esta alternativa de tratamiento no sea viable para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **4.3 EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE EVAPORACIÓN DE ALCOHOLES (ALTERNATIVA 6)**

Debido a que se han descartado dos de las tres alternativas propuestas, se procede a evaluar experimentalmente la última alternativa que plantea una evaporación de los alcoholes presentes por medio del calentamiento del agua residual.

Aunque no es una alternativa que se encuentre estandarizada para el tratamiento de aguas residuales si se considera muy eficiente para la remoción de alcoholes presentes, debido a la volatilidad de estos y por consiguiente a la remoción de DQO, ya que estos son los responsables de que aun cuando se tenga el agua totalmente clarificada, como en las alternativas evaluadas anteriormente, dicho parámetro aun incumpla con el mínimo permisible en la resolución 0631 del 2015.

Después de la evaporación de los alcoholes, se propone un proceso de clarificación por medio del rompedor inverso utilizado en la alternativa 5 y por último la filtración con arena y carbón activado.

#### 4.3.1 Reactivos utilizados

**Cuadro 13.** Reactivos utilizados durante el tratamiento.

Reactivo	Descripción	Imagen
<p><b>Chemifloc 500 (0,3%)</b></p>	<p>Rompedor de emulsión inversa para la clarificación del agua residual, actúa como un coagulante- floculante.</p>	

#### 4.3.2 Equipos utilizados durante la alternativa de tratamiento

##### Placa calefactora

Una placa calefactora es un pequeño aparato de sobremesa, portátil y autónomo, que posee uno o más elementos de calefacción eléctrica, y que se emplea para calentar recipientes con líquidos de forma controlada.

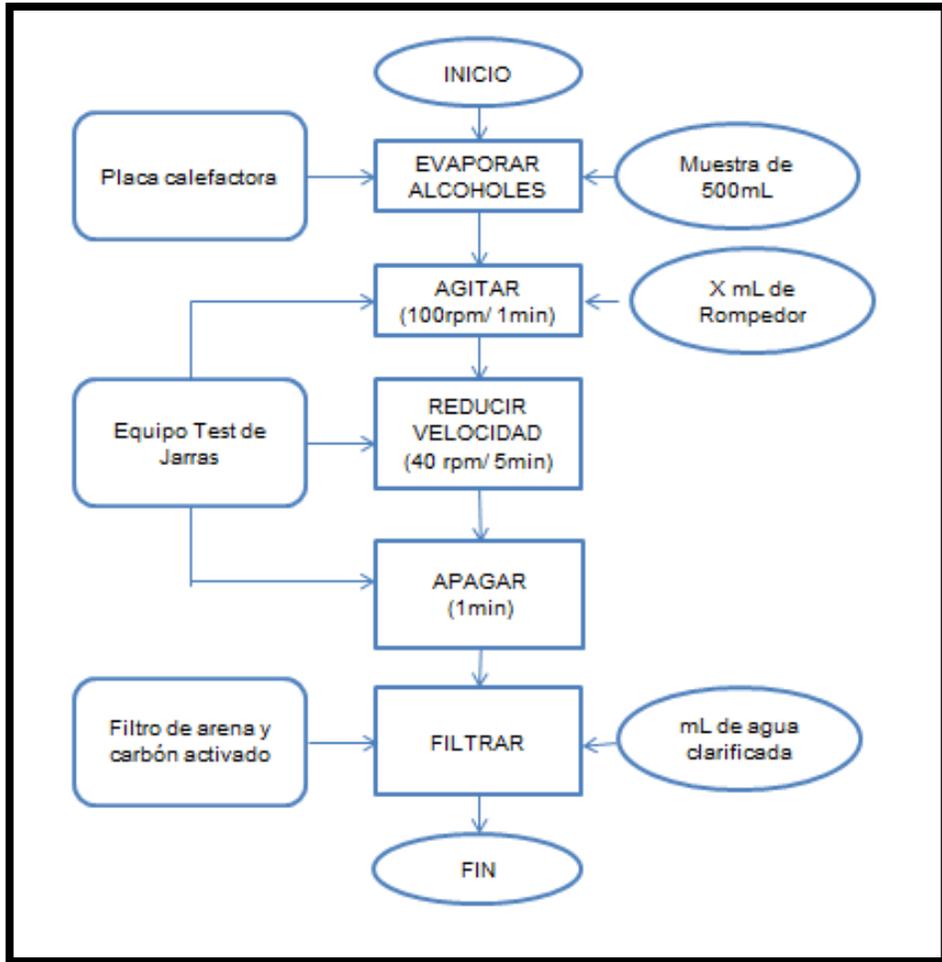
##### Equipo de Jarras.

Es un equipo que cuenta con 4 puestos, cada uno con un vaso precipitado de 800mL y un agitador mecánico, que optimiza la adición de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas residuales, con diferentes dosis químicas, gradientes de velocidad y tiempo de decantación.

### Filtro de arena y carbón activado.

Un filtro de arena y carbón activado trabaja como tamiz extrayendo los materiales pesados que se encuentran, de forma mecánica a través de la arena y por medio de la adsorción usando el carbón como adsorbente, actuando así como un purificador.

**Figura 40.** Diagrama de flujo de la sexta alternativa de tratamiento.



#### 4.3.3 Procedimiento de la alternativa planteada

Para comenzar con las pruebas, se procede a calentar la muestra de agua residual por un tiempo aproximado de 1 hora a 70°C, para que se lleve a cabo la evaporación de alcoholes con menor punto de ebullición al del agua cómo el

etanol y el propanol, que se encuentran en altas concentraciones en el agua residual industrial.

**Figura 41.** Evaporación de los alcoholes presentes en el agua residual.



Después de llevar a cabo el proceso de calentamiento del agua residual a las condiciones mencionadas anteriormente, se procede a realizar el proceso de clarificación del agua, dosificando 30ppm del rompedor de emulsión, ya que arrojó muy buenos resultados, en cuanto a la remoción de carga contaminante y color del agua residual en la alternativa 5.

**Figura 42.** Clarificación del agua residual por medio del rompedor inverso CHEMIFLOC-500.



Después de obtener el agua totalmente clarificada, usando como coagulante-floculante el rompedor de emulsión inverso, se procede a realizar una filtración con carbón activado y arena para remover lo que queda de carga contaminante en el agua residual.

**Figura 43.** Filtración con carbón activado y arena.



Al realizar el proceso de filtración del agua residual se obtiene un agua clarificada, sin sólidos, color u olor.

Al terminar la prueba a nivel laboratorio de la última alternativa de tratamiento se procede a medir los parámetros y analizar los resultados, para la selección definitiva de la alternativa para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

**4.3.4 Resultados y análisis de resultados.** Es importante aclarar que para esta última alternativa de tratamiento se midió el parámetro crítico de diseño al agua cruda, después de la evaporación de alcoholes y después del proceso de clarificado y filtrado del agua residual, para tener conclusiones claras acerca de la remoción de DQO de esta alternativa, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 30.** DQO del agua residual antes durante y después del tratamiento.

Tratamiento	DQO (mg/L)
Agua cruda	6948
Agua después de la evaporación	1510
Agua totalmente tratada	704

Al obtener los resultados de la alternativa, se puede concluir que el proceso de calentamiento del agua para la evaporación de los alcoholes es muy efectivo para la remoción de la DQO representando la operación unitaria más importante dentro del tratamiento del agua residual, removiendo aproximadamente un 78% de dicho parámetro con respecto al valor del agua cruda sin tratamiento, mientras que el proceso de clarificación y filtración del agua residual remueve tan solo el 12%, como se puede observar en la gráfica a continuación:

**Gráfica 17.** Remoción de DQO durante la alternativa de tratamiento.



Al obtener tan buenos resultados en cuanto a la remoción de demanda química de oxígeno del agua residual y verificar el cumplimiento de dicho parámetro con respecto a la resolución 0631 vigente actualmente, se procede a evaluar un parámetro que no había sido evaluado en los tratamientos anteriores debido al incumplimiento de otros parámetros definidos como críticos en el capítulo de caracterización del agua residual, el aluminio, para verificar que al final del tratamiento se está cumpliendo la norma en todos los aspectos.

**Tabla 31.** Aluminio antes y después del tratamiento.

Agua residual	Aluminio
Agua cruda	7.85
Agua tratada	1.02

Al realizar la medición de este parámetro crítico, se concluye que la alternativa de tratamiento es totalmente viable, ya que remueve los alcoholes presentes en el agua residual por medio de un proceso de evaporación, removiendo a su vez el parámetro de DQO, por otro lado, usando el rompedor de emulsión inverso se remueven todos los sólidos y la carga contaminante del agua residual, incluso el color, obteniendo el agua clarificada y removiendo parámetros tales como sólidos suspendidos totales y sedimentables en el agua residual y por último el proceso de filtración por medio de arena y carbón activado, garantiza la remoción casi total de sólidos disueltos en el agua, haciendo que el agua residual industrial proveniente de la industrial de la pintura se encuentre cumpliendo con la resolución 0631, para su disposición final.

#### 4.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN SELECCIONADAS

Las variables seleccionadas para una muestra de 500mL de agua residual industrial generada por el proceso de fabricación de tintas y pinturas por PELIKAN COLOMBIA S.A.S. para un posterior tratamiento de todas sus aguas vertidas adecuadamente se observan en la siguiente tabla.

Una de las condiciones de operación importantes para el tratamiento del agua residual industrial es la temperatura a la que serán evaporados los alcoholes, se plantea una temperatura de 60-70°C durante un tiempo aproximado de 1 hora.

**Tabla 32.** Condiciones de operación seleccionadas.

Variables	Tratamiento Alternativo
Rompedor inverso 0,3% (ppm)	30.0
pH (unidades)	7.58
Turbiedad (NTU)	9.50

**Nota:** La turbiedad hace referencia a la medición del parámetro después del proceso de clarificación.

**Tabla 33.** Porcentaje de remoción

Variable	Turbiedad	DQO (mg/L)
Muestra sin tratar (NTU)	351	6948
Muestra tratada (NTU)	2,60	704
Porcentaje de remoción (%)	99.3	89.9

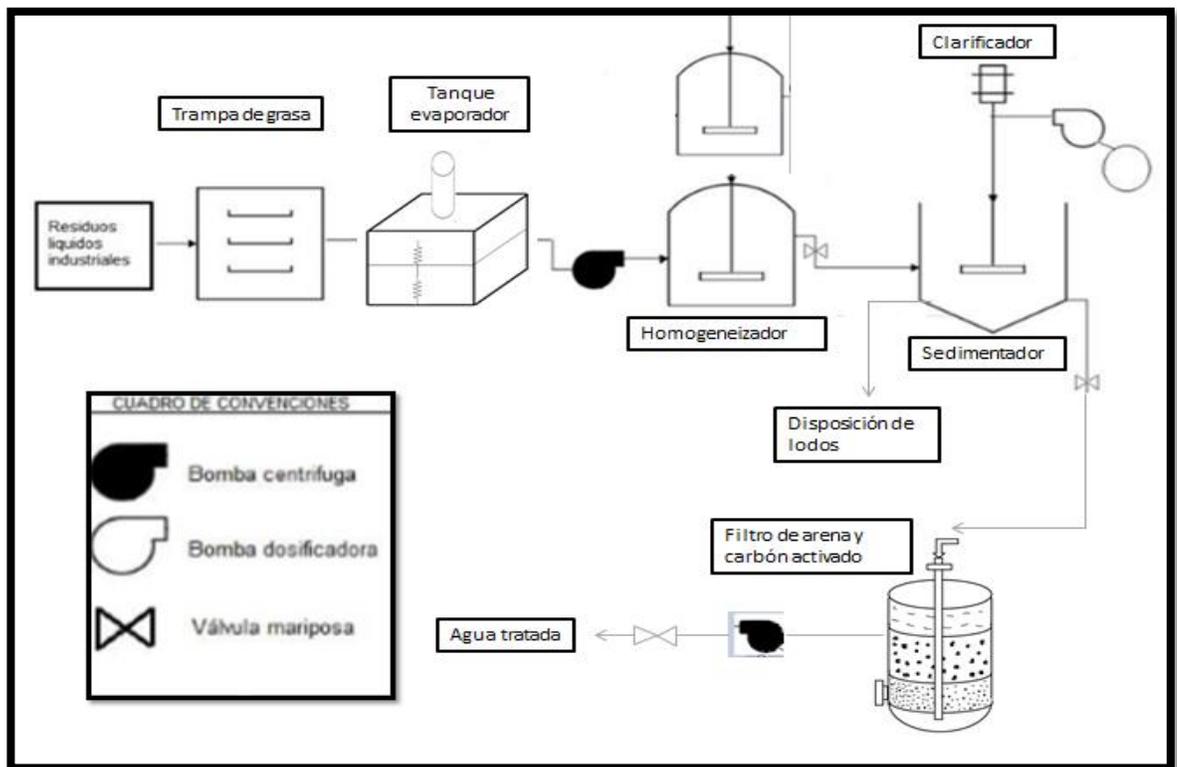
## 5. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

Dadas las condiciones de operación en el tratamiento de aguas residuales en el campo de temperas y vinilos, y según los resultados obtenidos en la experimentación de la alternativa seleccionada, es necesario realizar el dimensionamiento de equipos para el diseño conceptual de la planta de tratamiento y cumplir con la norma vigente y los objetivos propuestos en el inicio del proyecto.

De acuerdo con la alternativa las operaciones unitarias que se realizarán secuencialmente para el desarrollo de la planta de tratamiento son una homogenización, seguida de la evaporación de alcoholes, una coagulación-floculación y por último un proceso de filtración con arena y carbón activado. La figura 48 representa el diagrama de equipos necesarios para el proceso de tratamiento del agua cruda

### 5.1 DIAGRAMA DE EQUIPOS

**Figura 44.** Diagrama de flujo del proceso propuesto para el tratamiento del agua residual.



## 5.2 TRAMPA DE GRASA

El objetivo de la trampa de grasa instalada por la empresa es retener las grasas que flotan, mientras el agua clarificada sale por una descarga inferior. Los sedimentadores primarios pueden usarse como sistemas de remoción de grasas, en dicho caso debe asegurarse que exista la capacidad de almacenamiento y los dispositivos mecánicos que permitan la evacuación del sobrenadante de forma segura y oportuna para evitar interferencias en los procesos posteriores y generación de malos olores por acumulación prolongada. El volumen de diseño debido a la trampa de grasa es un 75% del valor de la capacidad de la trampa de grasa, puesto que se asume que un 25% es acaparado en el volumen de las tuberías.<sup>18</sup>

**Ecuación 5.** Cálculo del volumen de diseño de la trampa de grasas.

$$V_{diseño} = 0.75 * V_{real}$$

$$V_{diseño} = 0.75 * 450 L$$

$$V_{diseño} = 337 L$$

$$V_{diseño} = 0.33 m^3$$

Es importante aclarar, que el valor de volumen real de la trampa de grasa fue brindado por la empresa.

## 5.3 TANQUE EVAPORADOR

A este tanque llega el agua residual que será tratada, su función es albergar el agua residual y calentarla a una temperatura de 60°C con un tiempo de residencia de una hora con el fin de evaporar los alcoholes presentes en el vertimiento, removiendo DQO.

El tanque será diseñado con un volumen de agua total de 220L, para dar capacidad de almacenamiento del volumen de agua producido en una hora, razón por la cual, la planta de tratamiento de aguas residuales tendrá un funcionamiento

---

<sup>18</sup> ROMERO ROJAS Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teorías y principios de diseño. Escuela colombiana de ingeniería julio garavito.2008, p1090.

continuo. El tanque va a tener de dimensiones 0,63m ancho x 0,63m largo x 0,63m alto con un porcentaje de seguridad del 15% lo cual quiere decir que el tanque se diseñaría realmente para un volumen final de 250L.

$$V_{\text{volumen tanque}} = 0.63m * 0.63m * 0.63m = 0,25m^3$$

Una vez determinada el área, volumen y dimensiones del tanque que se encargará de la evaporación del agua residual industrial, es pertinente determinar la cantidad de energía necesaria para calentar el residuo a 60°C para llevar a cabo la evaporación de los alcoholes presentes, dicha cantidad de energía se calcula a continuación, suponiendo que la temperatura ambiente a la que está el agua residual es aproximadamente de 20°C:

**Ecuación 6. Energía requerida.**

$$Masa\ de\ agua * \Delta\ de\ temperatura * Calor\ específico = Consumo$$

$$220\ kg * 1\ \frac{kcal}{kg * K} * (60 - 20)K = 8800\ kcal$$

La potencia necesaria es entonces de 8800kcal/h, para calentar el agua residual, ahora bien, este proceso se llevará a cabo utilizando resistencias ubicadas al interior del tanque. Para determinar la potencia eléctrica requerida para calentar dicha cantidad de agua a 60°C, se realiza la siguiente conversión.

Sabiendo que 1kcal = 4187 J y 1 W= J/s, la potencia eléctrica requerida es de:

$$\frac{8800\ kcal}{h} * \frac{4187\ J}{1kcal} * \frac{1\ h}{3600\ s} = 10234\ W$$

Ahora que se conoce la potencia eléctrica requerida en vatios es posible determinar la impedancia de las resistencias que se encargarán de calentar el agua residual, usando la Ley de Watts y Ohm sabiendo que la fuente de alimentación es de 220 voltios, así:

**Ecuación 7. Ley de Watts**

$$I = \frac{P}{V} = \frac{10234\ W}{220\ V} = 46,5\ A$$

Entonces,

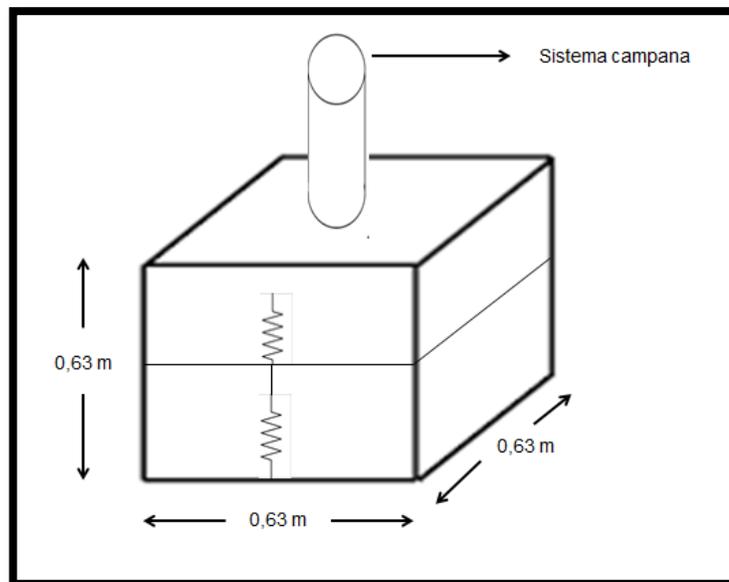
**Ecuación 8. Ley de Ohm.**

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220 V}{46,5 A} = 4,72 \Omega$$

Se propone instalar dos resistencias al interior, cuya impedancia suma 4.72  $\Omega$ , para calentar el agua residual, junto con un termostato que cumplirá la función de mantener el agua a 60°C durante toda la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para finalizar con el diseño del tanque, se propone un sistema de campana cuya función es transportar los alcoholes evaporados hacia la atmosfera.

**Figura 45. Tanque evaporador.**



#### 5.4 TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

Los tanques de homogenización cumplen un objetivo que es regular o disminuir los efectos de la variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales, mediante tanques de forma arbitraria o irregular con capacidad suficiente para contener el flujo de agua que sobrepasa un determinado valor. Para calcular el diámetro del tanque inicial es necesario tomar el volumen producido por un día para abarcar la capacidad total del agua residual. La siguiente ecuación

representa el cálculo del diámetro y partiendo de este, el cálculo de las demás medidas respectivas.

En el capítulo 2 se realizó el balance hídrico para calcular el caudal de diseño con respecto a los últimos 5 años, sin embargo, para efectos de cubrimiento de la capacidad de proyección, el caudal utilizado en los cálculos será el caudal proyectado en los siguientes 5 años considerando un incremento anual del 5%.

El tanque va tener una relación de diámetro- altura de 1,5<sup>19</sup> y un factor de seguridad de 15%, por lo tanto el volumen final del diseño del tanque está dado por la ecuación 6.

**Ecuación 9.** Volumen del tanque homogeneizador.

$$V_{tanque} = 5,68 m^3 + (5,68 m^3 * 0,15) = 6,532 m^3$$

Los compuestos que están presentes en el tanque son de carácter corrosivo por lo cual, el material de elaboración de este será acero inoxidable o acero al carbón 304. De acuerdo al volumen teórico de un tanque y teniendo en cuenta la relación h/D se deja la ecuación en función del diámetro y se despeja, como se muestra a continuación:

**Ecuación 10.** Volumen de un cilindro.

$$V_{cilindro} = \frac{\pi}{4} * D^2 * h$$

Teniendo en cuenta que la relación h/D es de 1,5 la ecuación 10, se expresa en función del diámetro así:

**Ecuación 11.** Diámetro del tanque homogeneizador.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{tanque}}{1.5 * \pi}}$$

Reemplazando los datos de volumen del tanque y la relación de h/D=1,5 en la ecuación 11 obtenemos los siguientes resultados:

<sup>19</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales- teoría y principios de diseño. Bogotá DC. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. 2008. P 1093

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 6.532 \text{ m}^3}{1.5 * \pi}} = 1.76\text{m}$$

**Ecuación 12.** Altura del tanque homogeneizador.

$$h = D \times 1.5$$

$$h = 1.76 \times 1.5 = 2.65 \text{ m}$$

El agitador del homogeneizador es dimensionado para un tanque cuyo diámetro es 1,76m y una altura de 2.65m. Las consideraciones de diseño del equipo fueron tomadas de la literatura<sup>20</sup>. Suponiendo que:

$$\frac{1,76\text{m}}{d} = 3 \quad \text{Y} \quad \frac{h}{d} = 1$$

Entonces  $d = 0,58\text{m}$  y  $h = 0,58\text{m}$ . La velocidad de rotación es de 100rpm es decir 1,7rps entonces la potencia requerida es:

**Ecuación 13.** Potencia requerida.

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

En donde  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  y K es una constante que equivale a 6,30. Reemplazando los datos en la ecuación 13 la potencia sería:

$$P = 6.30 * 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (1.7\text{rps})^3 * (0.58)^5 = 640 \text{ W}$$

Con una eficiencia del mezclado del 75%

$$P = \frac{640\text{W}}{(0,75 * 1000)} = 0,94 \text{ KW es decir } 1,13 \text{ HP}$$

<sup>20</sup> ROMERO ROJAS Jairo Alberto. Acupurificación. Diseño de sistemas de purificación de agua. Editorial escuela colombiana de ingeniería.1995 ,p 52-56.

De acuerdo a estos resultados y a las consideraciones tomadas de la literatura<sup>6</sup> se puede calcular la longitud de la paleta del impulsor de la siguiente manera según la ecuación 14.

**Ecuación 14.** Longitud de la paleta del impulsor.

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

$$r = \frac{0,58}{4} = 0,147m$$

El diámetro del disco central se calcula de la siguiente manera:

**Ecuación 15.** Diámetro del disco central.

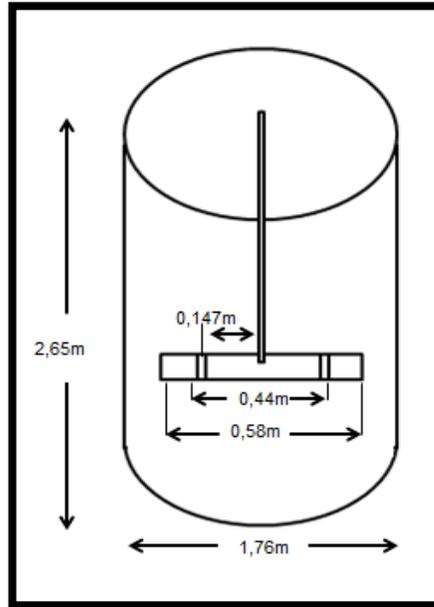
$$S = \frac{D}{4}$$

$$S = \frac{1,76}{4} = 0,44m$$

De acuerdo a las dimensiones calculadas anteriormente es posible realizar el bosquejo completo del tanque homogeneizador de la siguiente manera como se representa en la figura 50.

Es importante aclarar que dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales se instalarán dos tanques homogeneizadores con el fin de realizar un tratamiento continuo y tener una capacidad de almacenamiento de un volumen de agua residual generada de la producción de pinturas de un día.

**Figura 46.** Tanque homogeneizador.



## 5.5 TANQUE CLARIFICADOR

El clarificador es un componente clave de muchos sistemas de tratamiento de aguas residuales ya que ayudan a eliminar los contaminantes y concentrarlos en los lodos que se generan, lo que reduce la cantidad de volumen requerido de filtro-prensa. Por supuesto, como todas las soluciones de aguas residuales, si los clarificadores no están correctamente diseñados para sus necesidades y combinados con los componentes adecuados, con productos químicos eficientes, no van a hacer bien su trabajo.

El clarificador es un tanque de sedimentación utilizado para la remoción de sólidos. Su diseño se expresa a continuación considerando una relación h/D igual a 1,5 y un factor de seguridad del 15% para calcular el diámetro del tanque.

**Ecuación 16.** Volumen del tanque clarificador.

$$V_{tanque} = 5,68 m^3 + (5,68 m^3 * 0,15) = 6,532 m^3$$

Teniendo en cuenta la relación h/D mencionada anteriormente, la expresión se deja expresada en función del diámetro y este se calcula de manera similar al cálculo para el tanque homogeneizador.

**Ecuación 17.** Diámetro del tanque clarificador.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 6,532 \text{ m}^3}{1,5 * \pi}} = 1,76$$

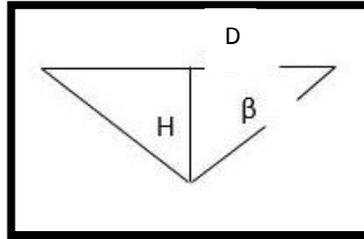
**Ecuación 18.** Altura del tanque clarificador.

$$h = D * 1,5$$

$$h = 1,76 * 1,5 = 2,65 \text{ m}$$

Para realizar la sección cónica del tanque de clarificación donde se lleva a cabo la sedimentación de sólidos para garantizar un mayor tiempo de retención de estos , se define un ángulo de 45 grados respecto a la horizontal<sup>21</sup> como está representado en la figura 61.

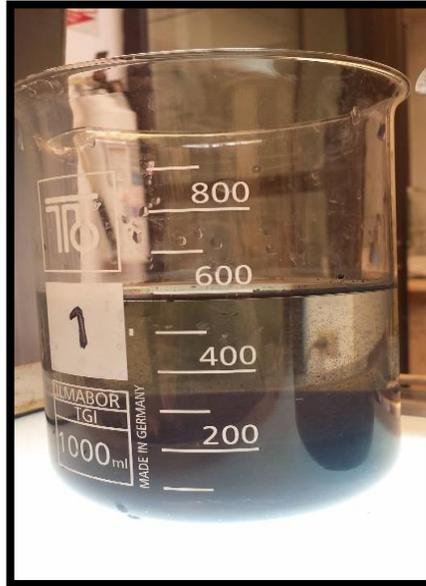
**Figura 47.** Sección cónica del tanque clarificador.



Según las pruebas de jarras realizadas, por cada 600ml de muestra se forman 200ml de sólidos, durante un tiempo de sedimentación de 20 minutos aproximadamente, como se observa en la figura 52., Esto indica que la producción de sólidos será 1/3 partes de volumen total de agua residual.

<sup>21</sup> HERNZANDEZ ARIZALA diana, LEAL paula. Ingeniería básica para una planta de tratamiento de aguas residuales en cernicos rico jamón. Fundación Universidad de América. Ingeniería Química. 2009, p 86.

**Figura 48.** Volumen de lodos.



Partiendo del diámetro general del tanque se determinan las demás dimensiones de la sección cónica así:

**Ecuación 19.** Dimensiones de la sección cónica.

$$\text{Tangente } \beta = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}$$

$$\text{cateto opuesto} = H_{\text{cono}} = (\text{tangente } \beta)(\text{radio } r)$$

Convirtiendo los grados en radianes se obtiene:

$$45^{\circ} \left( \frac{2\pi}{360^{\circ}} \right) = 0,79 \text{ radianes}$$

Enseguida se reemplazan los datos obtenidos en la ecuación 19 despejada calculando la altura de la siguiente manera:

$$\text{Cateto opuesto} = H_{\text{cono}} = (\text{tangente } 0,79) \left( \frac{1,76}{2} \right) = 0,88 \text{ m}$$

Continuando se determina el volumen del cono a partir de la siguiente ecuación:

**Ecuación 20.** Volumen del cono.

$$Volumen_{cono} = \frac{\pi \times r^2 H_{cono}}{3}$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior es posible obtener el volumen del cono así:

$$Volumen_{cono} = \frac{\pi \times \left(1,76/2\right)^2 \times 0,88}{3} = 0,71 \text{ m}^3$$

Habiendo obtenido el volumen de la sección cónica, se procede a calcular la altura cilíndrica del tanque y por ende la altura total del mismo.

**Ecuación 21.** Altura cilíndrica del tanque.

$$Volumen_{cilindro} = Volumen_{tanque} - Volumen_{cono}$$

$$Volumen_{cilindro} = 6,532\text{m}^3 - 0,71\text{m}^3 = 5,82 \text{ m}^3$$

De la ecuación se despeja la altura del cilindro para así poder determinar el volumen del cilindro.

**Ecuación 22.** Altura del cilindro.

$$H_{cilindro} = \frac{4 \times Volumen_{cilindro}}{\pi \times D^2}$$

Reemplazando los datos de la ecuación, se calcula la altura:

$$H_{cilindro} = \frac{4 \times 5,82\text{m}^3}{\pi \times (1,76\text{m})^2} = 2,39\text{m}$$

Para calcular la altura total del clarificador utilizamos la siguiente ecuación de la siguiente manera:

**Ecuación 23.** Altura total del tanque clarificador.

$$H_{total} = H_{cono} + H_{cilindro}$$

Reemplazando los datos obtenemos la altura total

$$H_{total} = 0,88m + 2,39m = 3,27 m$$

Debido a que una tercera parte del volumen total del agua residual están constituidas de sólidos, el tanque clarificador tendrá una salida lateral. Este volumen de la salida lateral será de  $1,94m^3$ . Para calcular la altura de esta salida lateral usaremos la siguiente ecuación:

**Ecuación 24.** Altura de la salida lateral.

$$V_{total} = V_{cono} + V_{cilindro}$$

Despejando el volumen del volumen del cilindro y reemplazando los valores se obtiene:

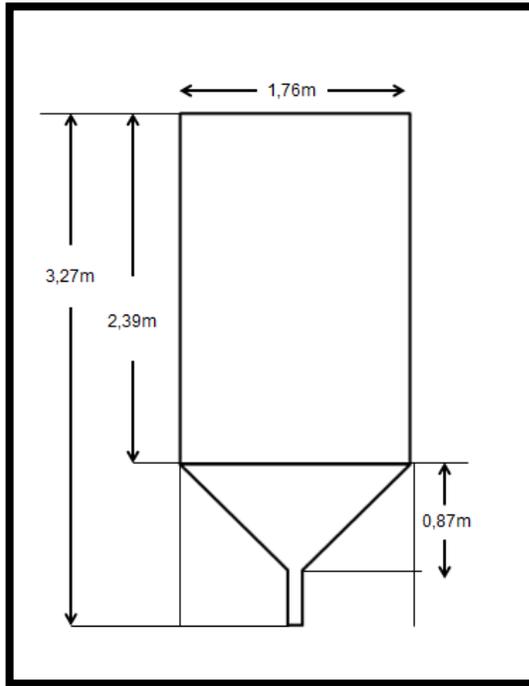
$$V_{cilindro} = 1,94m^3 - 0,71m^3 = 1,23m^3$$

Reemplazando los valores en la ecuación de la altura del cilindro:

$$H_{cilindro} = \frac{4 \times 1,23 m^3}{\pi \times (1,76m)^2} = 0,50m$$

Habiendo tenido todas las consideraciones pertinentes para el cálculo del diseño del tanque clarificador, las dimensiones de dicho tanques están representadas en la siguiente figura.

**Figura 49.** Tanque clarificador.



## 5.6 FILTRO DE ARENA Y CARBÓN ACTIVADO

En el tratamiento de aguas residuales, la filtración es una operación utilizada para remover sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fósforo, DBO, DQO, metales pesados, virus; es decir, para asegurar una calidad superior del efluente secundario.

La remoción de los sólidos suspendidos contenidos en el agua residual, dentro del lecho filtrante granular, en todos los casos, es el resultado de un proceso muy complejo que involucra mecanismos de remoción diferentes como el cribado, la interceptación, la adsorción y la absorción, floculación y sedimentación.

Para realizar el diseño del filtro, se debe tener en cuenta que los granos del medio filtrante para aguas residuales deben ser más grandes con respecto a los del agua potable para que el filtro tenga una velocidad apropiada de filtración y pueda almacenar el volumen del *floc* removido.

Otras dos variables importantes son la resistencia del *floc* y la concentración de sólidos suspendidos.

La calidad de un efluente secundario crudo, filtrado a través de un filtro de lecho múltiple, puede ser como la indicada en la Tabla 34.

**Tabla 34.** Calidad esperada de efluentes filtrados de aguas residuales.

Tipo de efluente	Sólidos suspendidos, (mg)/L)
Aireación prolongada	1-5
Lodos activados convencionales	3-10
Estabilización y contacto	6-15
Filtros precoladores de dos etapas	6-15
Filtro precolador de tasa alta	10-20

Ahora bien, el diseño de un filtro para aguas residuales requiere una selección apropiada del medio filtrante, de la profundidad del lecho de filtración, de la tasa de filtración y de la pérdida de carga disponible para filtración.

En la tabla 35, se incluyen las características principales de diseño de filtros medio dual para tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 35.** Características de filtros de medio dual.

	Característica	Valor	
		Intervalo	Típico
<b>Antracita</b>	Profundidad (cm)	30-75	60
	Tamaño efectivo (mm)	0,8-2	1,3
	Coefficiente de uniformidad	1,3-1,8	1,6
<b>Arena</b>	Profundidad (cm)	15-30	30
	Tamaño efectivo (mm)	0,4-0,8	0,65
	Coefficiente de uniformidad	1,2-1,6	1,5
	Tasa de filtración (m/d)	120-600	300

Las tuberías y accesorios de los filtros se diseñan, generalmente para las velocidades y caudal indicados en la tabla 36.

**Tabla 36.** Velocidades y cargas hidráulicas de diseño.

Flujo	Velocidad (m/s)	Caudal máximo por unidad de área de filtro m <sup>3</sup> //m <sup>2</sup> d
<b>Afluente</b>	0,3-1,2	175-470
<b>Efluente</b>	0,9-1,8	175-470
<b>Agua de lavado</b>	1,5-3,0	880-1.470
<b>Drenaje de agua de lavado</b>	0,9-2,4	880-1.470
<b>Desecho agua filtrada</b>	1,8-3,6	60-350

Para el diseño conceptual del filtro de arena y carbón activado, es necesario definir las variables generales.

Estas variables, que se encuentran expresadas en la tabla 37, hacen parte de la medición de parámetros que se le realizó al agua residual, justo después del proceso de clarificación y antes de entrar al filtro en el laboratorio.

**Tabla 37.** Variables generales para la filtración.

Variables	Valor
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	5,05
Turbiedad (NTU)	9,5
Sólidos Suspendidos Totales	95,2

Sabiendo las características generales de filtro de medio dual, es posible realizar un diseño conceptual del filtro utilizado en la planta de tratamiento de aguas residuales, escogiendo un valor promedio de las características de cada lecho filtrante, de la siguiente forma:

**Lecho de carbón activado.**

Para el lecho de carbón activado, se seleccionó la profundidad y coeficiente de uniformidad típica expuesta en la tabla 35, mientras que el tamaño efectivo se determinó así:

**Ecuación 25.** Tamaño efectivo.

$$Tamaño\ efectivo = \frac{0,8 + 2}{2} = 1,4mm$$

**Lecho de arena.**

Para el lecho de arena, se definieron tanto el tamaño efectivo como la tasa de filtración de los valores típicos expresados en la tabla 35, mientras que para la profundidad y el tamaño efectivo, se seleccionaron valores promedio dentro de los rangos establecidos.

**Ecuación 26.** Profundidad del lecho.

$$Profundidad = \frac{15 + 30}{2} = 22,5\ cm$$

**Ecuación 27.** Tamaño efectivo.

$$Tamaño\ efectivo = \frac{0,4 + 0,8}{2} = 0,6mm$$

## Lecho Combinado

La profundidad del lecho será la suma de las dos profundidades determinadas anteriormente.

**Ecuación 28.** Profundidad del lecho combinado

$$\text{Profundidad Lecho combinado} = \text{Profundidad carbón} + \text{Profundidad arena}$$

$$\text{Profundidad lecho combinado} = 82,5 \text{ cm.}$$

Para el diseño del filtro se selecciona un espacio vacío de 20cm de altura, para el afluente y una tasa de filtración de 120 m/día.

El tamaño efectivo y el coeficiente de uniformidad del lecho combinado, son el promedio de los tamaños efectivos y coeficientes de uniformidad de los dos lechos filtrantes:

**Ecuación 29.** Tamaño efectivo del lecho combinado.

$$\text{Tamaño efectivo lecho combinado} = \frac{1,4 + 0,6}{2} = 1\text{mm}$$

**Ecuación 30.** Coeficiente de uniformidad del lecho combinado.

$$\text{Coeficiente de uniformidad lecho combinado} = \frac{1,6 + 1,5}{2} = 1,55$$

El cálculo del área de filtración se realizó por medio de la siguiente ecuación:

**Ecuación 31.** Área de filtración.

$$\text{Área de filtración} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Tasa de filtración}}$$

$$\text{Área de filtración} = \frac{5,05\text{m}^3/\text{d}}{120\text{m}/\text{d}} = 0,042\text{m}^2$$

El volumen del filtro se calcula de la siguiente manera:

**Ecuación 32.** Volumen del filtro.

$$Volumen\ filtro = \text{Área} \times \text{Altura}$$

$$Volumen\ filtro = 0,042\ m^2 \times 1,025\ m = 0,043\ m^3$$

Utilizando la relación  $h/D = 1,5$  se determina el diámetro del filtro:

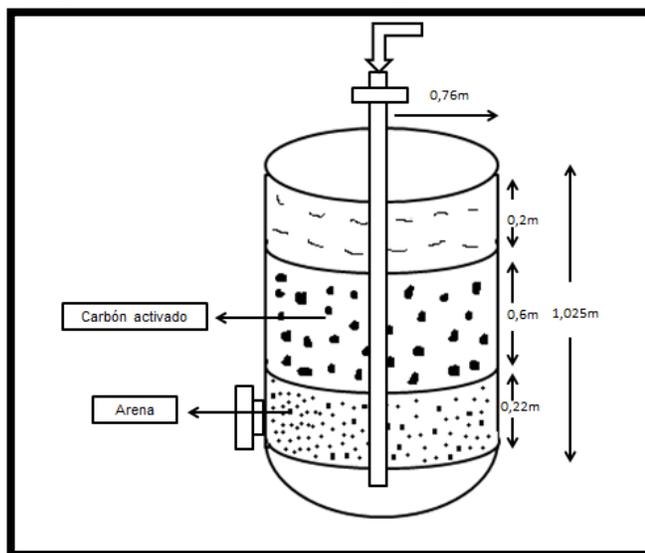
**Ecuación 33.** Diámetro del filtro.

$$D = 1,5 \times 1,025\ m = 1,53\ m$$

Para el diseño del filtro es recomendable, usar filtros que permitan la penetración de sólidos suspendidos, es decir, sistemas de filtración gruesa a fina, para obtener carreras de filtración razonables, por tal motivo, en el diseño del filtro primero se ubica el lecho filtrante de carbón activado y luego el lecho de arena.

Teniendo todas las dimensiones del filtro calculadas es posible realizar un esquema general del filtro propuesto para el tratamiento del agua residual industrial

**Figura 50.** Filtro de arena y carbón activado.



## 6. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN

En el siguiente capítulo se presenta una propuesta de costos de la planta en su completo desarrollo con respecto a costos de operación, costos de inversión tanto en servicios como en mano de obra y contratación de personal capacitado y especializado. Con estos parámetros se obtendrá un valor aproximado de la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales, para así, en un futuro observar el impacto económico que tendrá la empresa con esta alternativa.

### 6.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Para realizar una estimación aproximada de costos de inversión iniciales, se debe tener en cuenta el valor individual de cada equipo instalado en la planta. La tabla 38 representa el costo de cada uno de estos equipos, que están basados de acuerdo al resultado del área calculada en el capítulo anterior de dimensionamiento de equipos. Las siguientes ecuaciones representan el cálculo de las áreas de los equipos para saber su respectivo costo unitario.

**Ecuación 34.** Área del tanque evaporador.

$$A = 6L^2$$

$$A = 2,38 \text{ m}^2$$

**Ecuación 35.** Área del tanque homogeneizador.

$$A = 2\pi r (h + r)$$

$$A = 20,12 \text{ m}^2$$

**Ecuación 36.** Área del tanque clarificador

$$A = 2\pi r (h + r)$$

$$A = 22,94 \text{ m}^2$$

**Ecuación 37.** . Área de la sección cónica del clarificador.

$$A = \pi r^2 + \pi r g \quad , \text{ donde } g = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$A = 5,85 \text{ m}^2$$

**Ecuación 38.** Área del filtro de arena y carbón activo

$$A = 2\pi r (h + r)$$

$$A = 8,60m^2$$

De acuerdo a los resultados del dimensionamiento de cada equipo de la alternativa seleccionada, el material apropiado todos los equipos excepto el tanque evaporador es el acero al carbón 304 que es uno de los más utilizados en la industria. El costo del acero por metro cuadrado es de 250 US/m<sup>2</sup> según la empresa MEDINA INOX. El valor final de cada equipo es representado en la tabla que se muestra a continuación.

El tanque evaporador, se diseñará en acero inoxidable debido a que el agua residual a esta temperatura es muy corrosiva, cuyo costo por metro cuadrado es de 89 US/m<sup>2</sup>.

Para efectos de análisis de costos el valor aproximado del dólar es de 2963COP/m<sup>2</sup>.

**Tabla 38.** Costo de inversión en equipos.

EQUIPOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	COSTO TOTAL(\$)
Tanque homogeneizador	2	14'903.890	29'807.780
Tanque clarificador	1	21'326.192	21'326.192
Filtro de arena y carbón activo	1	6'370.450	6'370.450
Tanque evaporador	1	625.118	625.118
Bomba dosificadora de diafragma	4	1'200.000	4'800.000
Válvula de mariposa	3	194.880	584.640
Bomba centrífuga	2	338.000	676.000
<b>TOTAL</b>			<b>64'190.180</b>

**Nota:** las cotizaciones de las bombas dosificadoras, las válvulas de mariposa y las bombas centrífugas se encuentran en el anexo E.

## 6.2 COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación representan una gran parte de la viabilidad de la implementación de la propuesta, estos costos corresponden a insumos y materia prima, consumos en servicios en energía eléctrica y costos en la mano de obra requerida para la operación de estos equipos.

**Materia prima.** En el desarrollo experimental de la alternativa seleccionada se especifica la dosis necesaria para llevar a cabo de manera óptima el tratamiento. La tabla 39 representa el valor de cada uno de los insumos utilizados para este tratamiento y su presentación en la cual viene al mercado. Para efectos de análisis de producción en la empresa se calcula el valor anual que se requiere para así

observar si la producción sustenta estos costos de operación y producción. Considerando las recomendaciones de diseño para los filtros de arena-antracita, se debe cambiar el carbón activado y la arena anualmente.

**Tabla 39.** Costos de materia prima.

INSUMO	COSTO (COP)	PRESENTACION	DOSIS MENSUAL	DOSIS ANUAL(Kg)	COSTO ANUAL(COP)
Carbón activo	15.000	Bolsa 1 kg	27,4 Kg	27,4	411.000
CHEMIFLOC-500	15.000	20 L	1.515 L	18.180	13'635.000
Arena	1.500	Bolsa 1Kg	10,3 Kg	10,3	15.450
<b>TOTAL</b>					<b>14'061.450</b>

**Costos de servicios (Energía eléctrica).** En la tabla 40 se muestran los consumos de energía con respecto a las bombas utilizadas y su potencia. La planta por encontrarse en una zona industrial y de acuerdo a los datos actualizados de condensa<sup>22</sup>, la tarifa que se le da a este sector es de 492,08 (COP/kWh).

**Tabla 40.** Costos de servicios.

EQUIPO	UNIDADES	CONSUMO (kW/h)	CONSUMO ANUAL (kW/año)	COSTO (COP/kWh)	COSTO ANUAL
Bomba centrífuga	2	7,14	56.548	492	27'826.533
Bomba dosificadora	4	0,14	1.108	492	545.618
Tanque evaporador	1	10	87.600	492	43'099.200
<b>TOTAL</b>					<b>71'410.351</b>

**Costos de mano de obra.** Según recomendaciones de la empresa es necesario contratar un operario encargado para el funcionamiento de la planta de tratamiento. En la tabla que se presenta a continuación se incluyen todos los gastos que puede incluir un operario en funcionamiento para la empresa. Según la PUC<sup>23</sup> el salario mínimo mensual vigente para el 2016 es 689.455 COP. El tiempo de trabajo en la planta es de 11 meses por lo tanto este será el dato base para el cálculo de la mano de obra.

<sup>22</sup> TARIFAS DE ENERGIA ELECTRICA REGULADAS POR LA COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS (CREG) SEPTIEMBRE 2016. (en línea). Citado el 03 de octubre 2016. Web < <https://www.codensa.com.co/hogar/tarifas>>

<sup>23</sup> SALARIO MINIMO PARA EL 2016. (en línea).citado el 03 de octubre 2016. Web < <http://puc.com.co/2016/01/salario-minimo-2016>>

**Tabla 41.** Mano de obra para un operario cuyo SMMLV es 689.455 COP.

ITEM	VALOR MENSUAL (COP)	VALOR ANUAL (COP)
Auxilio de transportes	77.700	854.700
Vacaciones <sup>24</sup>	28.727	315.977
Cesantías	63.930	703.230
Intereses a las cesantías	7.672	84.392
Prima de servicios	63.930	703.230
Salud <sup>25</sup>	86.182	948.002
Pension <sup>4</sup>	110.313	1'213.443
Dotación	60.000	660.000
ARL y riesgo IV	30.000	330.000
<b>TOTAL</b>	<b>1'217.909</b>	<b>12'406.999</b>

### 6.3 COSTOS TOTALES

**Tabla 42.** Costos totales.

PARAMETRO	VALOR (COP)
Costos de inversión en equipos	64'190.180
Costos de materia prima anual	14'061.450
Costos de servicios de energía	71'410.351
Costos de mano de obra	12'406.999
<b>TOTAL</b>	<b>162'129.980</b>

Los costos totales incluyen la inversión que se debe hacer anualmente, teniendo en cuenta que la compra y sin incluir la instalación de los equipos solo se realizará una vez, ya que su estructura no cambiará, después del primer año se realizará la compra de insumos, costos de energía y mano de obra donde se tiene un costo total en el primer año de **162'129.980 COP** y a partir del segundo año sin contar instalación generará un costo de **97'939.800 COP**.

Al no desarrollar un buen tratamiento de vertimiento de aguas residuales, sin los requerimientos de la resolución 0631 del 2015 la empresa corre el riesgo de perder contratos actuales que conllevan al mantenimiento de la misma.

<sup>24</sup> DUQUE MOSQUERA, CESAR AUGUSTO. CONSULTAS LABORALES. Salarios y prestaciones sociales año 2016. Citado 04 de octubre 2016. Web < [http://consultas-laborales.com.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=441:2015-12-30-00-49-00&catid=1:laboral&Itemid=86](http://consultas-laborales.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=441:2015-12-30-00-49-00&catid=1:laboral&Itemid=86)

<sup>25</sup> GOBIERNO NACIONAL DEFINE EL NUEVO SALARIO MINIMO MENSUAL LEGAL VIGENTE PARA EL AÑO 2016. Citado el 03 octubre año 2016. Publicación de web < <https://www.miplanilla.com/contenido/empresas/0116-salario-minimo-2016.aspx>>.

## 7 CONCLUSIONES

- Se caracterizó el agua residual industrial proveniente de la industria de pinturas, generada por PELIKAN COLOMBIA S.A.S. y se concluyó que dichos vertimientos no cumplen con los parámetros máximos permisibles y se determina que los parámetros de aluminio, DBO<sub>5</sub>, DQO y Sólidos Suspendidos Totales, superan el límite permisible en el artículo 13 establecido en la Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015, parámetros definidos como críticos para el diseño conceptual de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Se establecen seis alternativas viables para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales y por medio de una matriz de selección se eligen las tres alternativas más adecuadas para la implementación de la planta de tratamiento y la posterior evaluación experimental, a través de ensayos a nivel laboratorio, dentro de las cuales están: oxidación química por medio de un proceso Fenton, Clarificación del agua por medio de un rompedor emulsión seguido de un proceso de osmosis inversa y la evaporación de alcoholes por medio del calentamiento del agua residual industrial.
- Se evalúan las alternativas preseleccionadas y se define la alternativa 6 (evaporación de los alcoholes) como la más eficiente con un porcentaje de remoción de DQO del 89,8% garantizando el cumplimiento de las concentraciones mínimas permisibles expuestas en la resolución 0631 del 2015, descartando las alternativas 3 y 5, debido a bajos porcentajes de remoción en el caso de la oxidación química debido a los alcoholes disueltos en el agua residual y a los costos de operación y mantenimiento de equipos que implica la alternativa 5 debido a la alta DQO con la que el agua residual ingresa al proceso de osmosis inversa.
- Se concluye posterior al test de jarras que el coagulante-floculante indicado para el proceso de clarificación del agua es el rompedor de emulsión inverso (CHEMIFLOC-500) al 0,3% en una concentración óptima de 30ppm.
- Se determina que en el proceso de clarificación del agua residual industrial proveniente de la producción de pinturas en el test de jarras hubo un porcentaje de remoción de sólidos igual a 99,26%.
- Se definen las dimensiones de cada uno de los equipos involucrados para el diseño e implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales, obteniendo el diseño de equipos tales como: trampa grasas, caldera, tanque homogeneizador, tanque clarificador y el filtro de arena y carbón activado.

- Se desarrolla un análisis de costos, involucrando costos de inversión de equipos, insumos anuales, costos de energía y costos de mano de obra anualmente. El cual da una inversión inicial de **162'129.980 COP COP** y el segundo año sin contar la instalación generará un costo menor aproximadamente igual a **97'939.800 COP**.

## 8 RECOMENDACIONES

- Evaluar la posibilidad de recirculación del agua residual industrial tratada para ser utilizada en procesos secundarios dentro de PELIKAN COLOMBIA S.A.S. con el fin de obtener un ahorro tanto del recurso hídrico como económico.
- Realizar pruebas para la optimización de condiciones de operación de la alternativa planteada con el objetivo de cumplir con la Resolución 0631 con un buen margen
- Se debe realizar un trabajo que determine la correcta disposición de los sólidos generados durante el tratamiento del efluente de PELIKAN COLOMBIA S.A.S.
- Realizar un plan de manejo de residuos sólidos y líquidos al interior de la empresa.
- Es pertinente realizar el desarrollo de las reacciones que tienen lugar en cada uno de los pasos, de modo que incluso se pueda llegar a determinar de forma teórica la cinética de las reacciones posibles.
- Evaluar la posibilidad de recuperar los alcoholes presentes en el agua residual industrial enviados a la atmósfera por medio de la condensación.

## BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, M. I. Tratamiento físico – químico de aguas residuales: Proceso de clarificación del agua residual. España: Universidad de Murcia 2002.

ANALQUIM LTDA, Informe de Monitoreo y Caracterización de Agua Residual, Colombia, Bogotá D.C, 2015.

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

\_\_\_\_\_. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: el instituto, 2008, p.12.

\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá: el instituto, 1998, p.12.

MARTINEZ, EC. LOPÉZ, GD. Tratamiento Químico de Contaminantes Orgánicos – El Proceso Fenton. Disponible en internet <<http://www.cepis.org.p/bvsaidis/argentina14/martinez.pdf>>

METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. México. D.F. McGraw-Hill, 1995. P. 620-645.

METCALF & EDDY. Ingeniería de las aguas residuales (vol. I), Madrid: McGraw-Hill. 1995

MORENO BENAVIDES José Alberto, Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa Dober Osmotech de Colombia LTDA, Santiago de Cali 2011.

PELIKAN COLOMBIA S.A.S. Informe Consumos Hídricos PCSAS 2015-2016, Bogotá D.C. 2016.

PELIKAN COLOMBIA S.A.S. Planos De La Planta de Producción PCSAS, Bogotá D.C. 2016.

PERRY H, Robert. Manual del Ingeniero Químico, Sexta edición, México: McGraw-Hill, 2006.

Resolución 0631 17 de marzo del 2015 “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos

de aguas superficiales y a los sistemas de alcantatillado público y se dictan otras disposiciones”

ROMERO ROJAS Jairo Alberto, Tratamiento de Aguas Residuales - Teoría y Principios de Diseño – Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, p. 1090.

ROMERO ROJAS Jairo Alberto, Tratamiento de Aguas Residuales - Teoría y Principios de Diseño – Escuela Colombiana de Ingeniería, 1092.

ROMERO ROJAS Jairo Alberto, Tratamiento de Aguas Residuales - Teoría y Principios de Diseño – Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008,1093.

UGUR Kurt, Treatability of water-based paint wastewater with Fenton pronceess in Different Reactor Types- Chemosphere- Septiembre 2006.

# **ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA**

El plano de distribución en planta de la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S. y brindado por la empresa, puede ser observado en el CD adjunto.



## **ANEXO B**

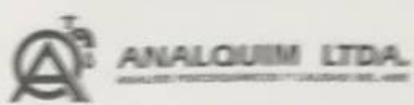
### **INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN**

El informe de monitoreo y caracterización de la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S., fue realizado por la empresa ANALQUIM LTDA.

**INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL**

**PELIKAN COLOMBIA S.A.S.**  
DIRECCIÓN: CARRERA 65 B No. 18 A - 17

ELABORADO:



**TELÉFONOS:** 6308946, 3291673, 3291646, 3299160  
**DIRECCIÓN:** Carrera 25 No. 73 - 80 / 66 Barrio Alcazares - Bogotá  
**CORREOS ELECTRÓNICOS:** Gerencia Administrativa: [administrativa@analquim.com](mailto:administrativa@analquim.com)  
Gerencia Técnica: [resultados@analquim.com](mailto:resultados@analquim.com)  
Gerencia Comercial: [gerenciacomercial@analquim.com](mailto:gerenciacomercial@analquim.com)  
Gerencia Operativa: [requerimientos@analquim.com](mailto:requerimientos@analquim.com)  
**PÁGINA WEB:** [www.analquim.com](http://www.analquim.com)

**BOGOTÁ D.C. - COLOMBIA**  
**FEBRERO 10 DE 2016**

<b>ANALQUIM LTDA.</b> Calle: 3291673/Analquim.com Teléfono: 6308946 - 3291673 Carrera 25 No. 73 - 80, Barrio Alcazares	<b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b> CARRERA 65 B No. 18 A - 17	<b>PROYECTO</b> WTR-004	<b>FECHA</b> 10 de Feb. 2016
---	--	----------------------------	---------------------------------

 <b>ANALQUIM LTDA.</b> <small>LABORATORIO DE MONITOREO Y CONTROL DEL AIRE</small>	<b>INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL</b>		<b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b>
	GERENCIA OPERATIVA	MATRIZ AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO: 1

**HOJA DE CONTROL DOCUMENTAL  
ANALQUIM LIMITADA**

<b>FECHA MUESTREO Y AFORO:</b>	20 DE ENERO DE 2016	
<b>CODIGO DE MUESTRA:</b>	115905	
<b>NOMBRE CONTACTO:</b>	RUTH HURTADO PALACIOS	
<b>DIRECCIÓN:</b>	CARRERA 65 B No. 18 A - 17	
<b>CIUDAD / DEPARTAMENTO:</b>	Bogotá / Cundinamarca	
<b>LUGAR DE MUESTREO:</b>	CAJA DE INSPECCIÓN INTERNA	
<b>MATRICES AMBIENTALES:</b>	Agua residual	
<b>TÉCNICOS DE CAMPO:</b>	Luis Salamanca Escobar – C.C. 1.072.188.514 Técnico de Campo	
<b>FECHA INGRESO MUESTRAS AL LABORATORIO:</b>	21 de Enero de 2016	
<b>FECHA INFORME DE LABORATORIO:</b>	10 de Febrero de 2016	
<b>TÍTULO DEL INFORME:</b>	INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL	
<b>VERSIÓN:</b>	1	
<b>REVISÓ:</b>	<b>MIREYA ESPINOSA URBANO</b> Tecnóloga e Control Ambiental Jefe de proyecto – Gerencia Operativa	<b>Firma:</b>
<b>APROBÓ:</b>	<b>IVÁN FERNANDO DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ</b> Ingeniero Ambiental y Sanitario Especialista Gestión de Proyectos Gerente Operativo	<b>Firma:</b>

*"Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización de Analquim Limitada o el contratante. Para comprobar la autenticidad de este documento, comuníquese a la empresa citando el informe, código de informe de resultados de laboratorio y consecutivo de remisión".*

<small>ELABORADO POR: S.D.          REVISADO POR: S.D.</small>	<small>APROBADO POR: S.D.          NOMBRE: S.D.</small>	<small>REVISADO POR: S.D.          INFORME APROBANDO: S.D.</small>
<small>ANALQUIM LIMITADA          E-mail: <a href="mailto:operacion@analquim.com">operacion@analquim.com</a>          Teléfono: 832 99 45 – 228 15 73          Carrera 25 No. 77 – 8508, Bogotá D.C. – Colombia</small>		<small>CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL</small>
		<small>Página 2 de 13</small>

 <b>ANALQUIM LTDA.</b> <small>LABORATORIO DE ANÁLISIS</small>	<b>INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL</b>		<b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b>
	MUESTRA AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO 1	FECHA: 20160118

## 1. INTRODUCCIÓN

La compañía Analquim Limitada realizó el monitoreo de las aguas residuales generadas en la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S.; conforme al plan de muestreo, con el objetivo de realizar la caracterización físico – química de la estación de monitoreo Caja de Inspección Interna, con el fin de verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos por la Resolución 631 del 17 de Marzo de 2015 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, "Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones".

El monitoreo fue ejecutado el día 20 de Enero de 2016, en el punto designado previamente por la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S., donde se realizó la recolección de la muestra de agua para el análisis de los ensayos de laboratorio y la medición in situ de los parámetros de pH, Temperatura, Sólidos Sedimentables y Caudal.

## 2. OBJETIVO DEL MUESTREO

Evaluar las características del agua residual que se genera en la organización, mediante la toma de una muestra representativa en una jornada normal de actividades, para determinar los parámetros de interés sanitario y a partir de la información obtenida establecer el estado de cumplimiento con las normas ambientales.

## 3. ASEGURAMIENTO DEL SERVICIO DE MONITOREO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3.1. MÉTODO DE ANÁLISIS Y REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS

El "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 d Edition 2012", trata las referencias estándar que describe la metodología más actualizada que debe implementarse para la evaluación de la calidad de todos los tipos de agua y de la contaminación del agua en exigencia a los diferentes entes de control ambiental. La 22ª edición es la versión ampliada de la edición de 2012 (la última actualizada) y es la utilizada por laboratorios analíticos acreditados entre ellos el laboratorio Analquim Ltda. En el informe de resultados Analquim LTDA (ANQ -PL-071-1 – Versión 2) se describe la técnica de análisis y la referencia aplicada para los parámetros analizados.

<b>ANALQUIM LTDA.</b> <small>Calle 45 # 100 - 100 Teléfono: 312 44 44 44 Código Postal: 110000 - Bogotá, Colombia</small>	<b>CLIENTE</b> <b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b>	<b>PROYECTO</b> <b>AGUAS RESIDUALES</b>	<b>MONITOREO</b> <b>ESTACION DE MONITOREO</b>
<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS</b>		<b>CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL</b>	<b>Página</b> <b>3 de 13</b>

### 3.2. LÍMITES DE DETECCIÓN DEL LABORATORIO ANALQUIM LIMITADA

En la siguiente tabla se muestran los límites de detección del método para los parámetros analizados en el laboratorio Analquim Ltda.

Tabla 1. Límites de detección del método

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE DE DETECCIÓN DEL MÉTODO
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	3
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	3
Aluminio	mg/L Al	0.05
BTEX	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L Cd	0.003
Cianuro Total	mg/L CN	0.02
Cobalto	mg/L Co	0.05
Cobre	mg/L Cu	0.05
Color	UPC	5
DBO <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	2
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	10
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	4
Fenoles	mg/L	0.07
Fluoruros	mg/L F-	0.05
Grasas y Aceites	mg/L	6
Hidrocarburos Aromáticos Políciclicos	mg/L	0.001
Hierro Total	mg/L Fe	0.10
Mercurio	mg/L Hg	0.002
Níquel	mg/L Ni	0.05
Nitrógeno Total	mg/L N	0.54
Plata	mg/L Ag	0.05
Plomo	mg/L Pb	0.02
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	5.0
Sulfuros	mg/L S	1.2
Tensoactivos SAAM	mg/L SAAM	0.07
Zinc	mg/L Zn	0.02
In situ Caudal	L/s	-
In situ pH	Unidades	-
In situ Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1
In situ Temperatura	°C	-

Fuente: Analquim Ltda., 2016.

**3.3. PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRA**

El objetivo de un muestreo en fuentes residuales es obtener una porción representativa del material a estudiar cuyo volumen permita una facilidad de transporte y manipulación en el laboratorio, sin que deje de representar con exactitud el material de donde proviene.

Para la captación del agua residual, el técnico de campo empleó un balde obteniendo una muestra representativa. La determinación del caudal se realizó por el método volumétrico en la Caja de Inspección Interna.

**3.3.1. TIPO DE MUESTRAS Y FRECUENCIA<sup>1</sup>**

- **MUESTRA COMPUESTA**

Para realizar la caracterización de las aguas residuales se requirió recolectar una muestra representativa de la actividad, para tal fin se obtuvo una Muestra Compuesta. El objetivo de los muestreos es obtener una porción representativa del material a estudiar, cuyo volumen permita una facilidad de transporte y manipulación en el laboratorio, sin que deje de representar con exactitud la fuente de donde proviene.

Esta muestra fue conformada por la mezcla de muestras individuales recolectadas cada 30 minutos las cuales se refrigeraron con el fin de evitar su alteración hasta realizar la composición al final de la jornada; dicha composición se efectuó recolectando volúmenes de muestra proporcionales al caudal del vertimiento. La muestra compuesta obtenida fue envasada en los respectivos recipientes debidamente rotulados y preservados; después se transportó al laboratorio para realizar los análisis de interés. Se monitorearon las características del vertimiento determinando los parámetros in situ pH, Temperatura, Sólidos Sedimentables y Caudal.

- **DETERMINACIÓN DE ALÍCUOTAS**

La alícuota o submuestra es la porción o cantidad de muestra individual expresada en unidades de volumen que formará parte de la muestra compuesta. Las alícuotas se calcularon así:

- Cada treinta (30) minutos se estimó el caudal y se recolectó aproximadamente 750 mL de muestra.

<sup>1</sup> Tomado de "Caracterización, aforo y toma de muestras de agua residual" ANQ-PR-018, Laboratorio Analquim Ltda.

ANALQUIM LTDA. <small>Servicios de Investigaciones y Laboratorios</small> Teléfono: 520 54 42 - 520 14 73 Carrera 23 No. 71 - 50166, Bogotá D.C. - Colombia	<b>CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL</b>	Página: 5 de 10
--	---------------------------------	--------------------

 <b>ANALQUIM LTDA.</b> <small>ANÁLISIS QUÍMICO Y AMBIENTAL</small>	<b>INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL</b>		<b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b>
	GERENCIA OPERATIVA	MATRIZ AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO: 1

- Luego de finalizar el periodo de muestreo, se calculó la "Sumatoria de Caudales".
- Teniendo en cuenta los parámetros a analizar en laboratorio, se determinó el volumen de muestra mínimo necesario para el código 115905 de (4000 mL).

El caudal se calculó de la siguiente manera:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde:

Q = Caudal en litros por segundo, L/s

V = Volumen en litros, L

t = Tiempo en segundos, s

Una vez determinados los caudales de cada muestra individual, se estimaron las alícuotas o volúmenes de muestra a tomar para calcular el volumen de composición con la siguiente ecuación:

$$V_i = \frac{V}{\sum Q_i} \times Q_i$$

Dónde:

V<sub>i</sub> = Volumen de cada alícuota o porción de muestra (mL)

V = Volumen total a componer (mL)

Q<sub>i</sub> = Caudal de cada muestra individual (L/s)

$\sum Q_i$  = Sumatoria de caudales (L/s)

### 3.3.2. PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las técnicas de preservación buscan retardar los cambios químicos y biológicos que se puedan producir después que la muestra compuesta, puntual o integrada es retirada del sitio de muestreo. Las técnicas de preservación incluyen control del pH, adición de reactivos, uso de botellas opacas o ámbar, refrigeración, congelación cuyos principales efectos son: retardar la acción biológica, retardar la hidrólisis de los compuestos, reducir la volatilidad de los constituyentes y reducir los efectos de absorción. La preservación de cada ensayo se relaciona en la tabla siguiente.

Tabla 2. Preservación de muestras

PARÁMETRO	RECIPIENTE	VOLUMEN DE MUESTRA (mL)	TIPO DE MUESTRA	PRESERVACIÓN
-DQO -Dureza Total -Fenoles -Fosforo Total -Nitrógeno Total	Frasco vidrio ámbar	500	Compuesta	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
-Aluminio -Color	Garrafa plástica	2000	Compuesta	Refrigeración Aprox. 4°C

ELABORADO POR: G.C. DOCUMENTO: ANQ-PC-18	APROBADO POR: G.C. NÚMERO VERSIÓN: 02	REVISADO POR: G.C. INFORME APROBADO: G.C.
ANALQUIM LIMITADA E-mail: <a href="mailto:operaciones@analquim.com">operaciones@analquim.com</a> Teléfono: 630 99 45 - 329 18 73 Carrera 28 No. 73 - 60401, Bogotá D.C. - Colombia	CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL	Página: 6 de 10

 <b>ANALQUIM LTDA.</b> <small>ANÁLISIS INSTRUMENTALES Y CALIDAD DEL AGUA</small>	<b>INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL</b>		<b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b>
	GERENCIA OPERATIVA	MATRIZ AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO: 1
			FECHA: 20/01/2016

PARÁMETRO	RECIPIENTE	VOLUMEN DE MUESTRA (mL)	TIPO DE MUESTRA	PRESERVACIÓN
-DBO <sub>5</sub>				
-Fluoruros				
-Sólidos Suspendedos Totales				
-Sulfatos				
-Tensoactivos SAAM				
-Acidez Total				
-Alcalinidad total	Frasco vidrio ámbar	250	Puntual	Refrigeración Aprox. 4°C
-Grasas y Aceites				
-Hidrocarburos Totales	Frasco vidrio	1000	Puntual	HCl
-HAPs				
-Compuestos Fenolicos	Frasco vidrio ámbar	1000	Puntual	Refrigeración Aprox. 4°C
-BTEX	Vial vidrio ámbar	40	Puntual	Refrigeración Aprox. 4°C
-Arsénico				
-Cadmio				
-Cobalto				
-Cobre				
-Cromo				
-Estaño				
-Hierro	Frasco vidrio ámbar	250	Compuesta	HNO <sub>3</sub>
-Mercurio				
-Niquel				
-Plata				
-Plomo				
-Zinc				
-Cianuros	Frasco vidrio ámbar	500	Compuesta	NaOH
-Sulfuros	Frasco vidrio ámbar	250	Compuesta	Acetato z+NaOH
-Dureza Cálcica	Frasco vidrio ámbar	500	Compuesta	Refrigeración Aprox. 4°C

Fuente: Analquim Ltda., 2016.

### 3.3.3. CADENA DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS

La custodia de muestras es la actividad de hacer seguimiento o monitoreo continuo a las muestras de ensayo desde la toma, preservación, refrigeración, codificación, embalaje y transporte hasta la recepción en el laboratorio, para su posterior análisis; se busca protegerlas de cualquier factor externo que pueda alterar su integridad.

ELABORADO POR: G.C. DOCUMENTO: AND-PL-185	APROBADO POR: G.D. NÚMERO: VERSIÓN: 02	REVISADO POR: G.D. INFORME APROBADO G.C.
ANALQUIM LIMITADA E-mail: <a href="mailto:analquim@analquim.com">analquim@analquim.com</a> Teléfono: 605 99 49 - 325 18 73 Carrera 23 No. 73 - 92066, Bogotá D.C. - Colombia	CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL	Página 7 de 13

 <b>ANALQUIM LTDA.</b> <small>SERVICIOS DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA</small>	<b>INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL</b>		<b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b>
	GERENCIA OPERATIVA	MATRIZ AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO: 1

En el sitio del muestreo se diligenciaron las planillas "Caracterización In Situ" ANQ-PL-011 y la planilla "Cadena de Custodia de Muestras", ANQ-PL-057 para registrar los datos obtenidos en campo. (Ver Anexo B).

Luego de la toma de muestras, estas se enviaron al Laboratorio debidamente preservadas, refrigeradas, etiquetadas y empacadas en neveras con temperatura aproximada a 4°C se transportaron por vía terrestre para su posterior registro en el laboratorio. Al llegar al laboratorio las muestras de agua fueron registradas para el análisis inmediato de las mismas; siguiendo las recomendaciones del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".

#### 3.4. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU

Los parámetros que se evaluaron en campo fueron: pH y temperatura con equipo previamente calibrado. Se realizó medición del caudal por método volumétrico, mediante el uso de balde, probeta y cronómetro, los sólidos sedimentables se midieron con cono Imhoff.

Tabla 3. Sensibilidad de detección del equipo usado en campo

EQUIPO	MARCA / MODELO	CARACTERÍSTICA	SENSIBILIDAD
pH-metro con sensor de temperatura	ANQ 634 / SCHOTT Handylab pH11	Digital	0.01 unidades 0.1 °C
Cronómetro	Casio	Digital	0.01 s
Cono Imhoff	-	Volumétrico	0.1 mL

Fuente: Analquim Ltda., 2016.

#### 3.5. DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

El día 20 de Enero de 2016 se realizó en la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S. el muestreo compuesto del efluente de las actividades normales de la organización durante ocho (8) horas continuas. La recolección de muestras se realizó en la Caja de Inspección Interna.

A continuación se describen las condiciones de la estación de monitoreo durante el desarrollo del trabajo de campo en la siguiente tabla.

ELABORADO POR: D.C. DOCUMENTO: ANQ-PL-183	APROBADO POR: G.G. NUMERO VERSION: 02	REVISADO POR: G.G. INFORME APROBADO: G.G.
<b>ANALQUIM LIMITADA</b> <small>E-mail: <a href="mailto:operacion@analquim.com">operacion@analquim.com</a>          Telefono: 630 99 45 - 329 18 73          Carrera 29 No. 77 - 60/98. Bogotá D.C. - Colombia</small>	<b>CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL</b>	Páginas 8 de 19

 <b>ANALQUIM LTDA.</b> <small>LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y CALIDAD DEL AGUA</small>	<b>INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL</b>		<b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b>
	GERENCIA OPERATIVA	MATRIZ AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO: 1
			FECHA: 20/01/2016

**Tabla 4. Descripción de la estación de monitoreo**

-Código de la muestra	115905
-Estación de monitoreo	Caja de Inspección Interna
-Hora de monitoreo	08:00-16:00 H
-Caudal Promedio	0.037 L/s equivalente a 2.22 L/min.
-Condición climatológica	Soleado / Nublado
-Origen de la descarga	Lavado de tanques de tinta (laboratorio de pruebas de tintas)
-Tipo de descarga	Continuo
-Tiempo de la descarga	24 horas aproximadamente
-Frecuencia de la descarga	Diario
-Tipo de muestra	Compuesta
-Volumen Total monitoreado	Volumen monitoreado muestra compuesta: 4000 mL Volumen muestra puntual: 2290 mL Volumen total monitoreado: 6290 mL

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



**Fotografía No. 1. Fachada de PELIKAN COLOMBIA S.A.S.**



**Fotografía No. 2. Punto de muestreo**



**Fotografía No. 3. Medición parámetros In Situ**



**Fotografía N°4. Toma de Sólidos Sedimentables**

*Fuente: Analquim Ltda., 2016.*

ELABORADO POR: D.C. DOCUMENTO: ANQ-PL-183	APROBADO POR: G.D. NÚMERO VERSIÓN: 02	REVISADO POR: G.D. INFORME APROBADO G.D.
<b>ANALQUIM LIMITADA</b> <small>E-mail: <a href="mailto:asesoriamonitoreo@analquim.com">asesoriamonitoreo@analquim.com</a>          Teléfono: 635 99 45 – 359 18 73          Carrera 25 No. 73 – 60856, Bogotá D.C. – Colombia</small>	CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL	Páginas: 8 de 19

### 3.6. REGISTRO DE PARÁMETROS IN SITU DEL MONITOREO

Durante el trabajo de campo se determinaron los parámetros in situ pH, temperatura, sólidos sedimentables y caudal, los cuales se registraron en la planilla CARACTERIZACIÓN IN-SITU. (ANQ-PL-011 - Versión 10), que se encuentra en el anexo del informe. En la siguiente tabla se relacionan los resultados de los parámetros determinados.

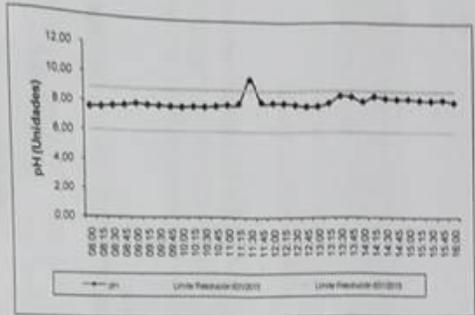
Tabla 5. Registro de parámetros in situ del monitoreo

HORA	pH (Unidades)	TEMPERATURA (°C)	SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (L)	CAUDAL (L/s)	CAUDAL DE COMPOSICIÓN (L/s)	ALICUOTA (mL)
08:00	7.65	18.8	0.5	20.14	0.14	0.007	0.007	45
08:15	7.68	18.7	-	19.04	0.10	0.005	-	-
08:30	7.77	18.9	-	18.30	0.12	0.007	0.007	40
08:45	7.83	19.0	-	17.21	0.12	0.007	-	-
09:00	7.94	19.9	0.7	21.62	0.12	0.006	0.006	35
09:15	7.87	19.4	-	19.47	0.17	0.009	-	-
09:30	7.84	19.5	-	18.02	0.16	0.009	0.009	55
09:45	7.80	19.5	-	19.33	0.17	0.009	-	-
10:00	7.77	19.6	0.5	3.53	0.15	0.042	0.042	270
10:15	7.82	19.6	-	10.23	0.13	0.012	-	-
10:30	7.79	19.5	-	17.23	0.13	0.008	0.008	50
10:45	7.85	19.6	-	11.38	0.18	0.016	-	-
11:00	7.92	19.6	0.5	5.44	0.27	0.050	0.050	320
11:15	8.01	19.6	-	17.21	0.20	0.011	-	-
11:30	9.68	20.2	-	13.43	0.35	0.026	0.026	170
11:45	8.13	19.9	-	19.01	0.19	0.010	-	-
12:00	8.11	19.3	0.8	17.30	0.18	0.010	0.010	65
12:15	8.08	19.5	-	16.90	0.18	0.010	-	-
12:30	7.98	19.8	-	17.02	0.19	0.011	0.011	70
12:45	7.88	19.7	-	16.29	0.14	0.008	-	-
13:00	7.90	19.6	1.0	5.28	0.25	0.047	0.047	305
13:15	8.10	20.1	-	2.08	0.27	0.130	-	-
13:30	8.60	20.1	-	1.41	0.30	0.213	0.213	1370
13:45	8.55	20.2	-	1.72	0.30	0.174	-	-
14:00	8.21	20.0	2.0	1.01	0.31	0.307	0.307	1975
14:15	8.56	20.0	-	15.23	0.13	0.008	-	-
14:30	8.44	20.5	-	11.34	0.10	0.009	0.009	55
14:45	8.38	20.4	-	14.68	0.13	0.009	-	-
15:00	8.40	19.9	0.5	15.67	0.15	0.010	0.010	60
15:15	8.32	20.0	-	20.05	0.13	0.008	-	-
15:30	8.29	20.0	-	17.07	0.13	0.008	0.008	50
15:45	8.35	19.8	-	15.69	0.16	0.010	-	-
16:00	8.19	19.8	-	11.80	0.12	0.010	0.010	65
	Intervalo 7.65-9.68	Intervalo 18.7-20.5	Intervalo 0.5-2.0	-	-	Promedio 0.037	-	Sumatoria 5000

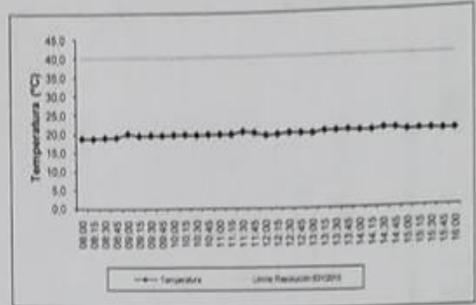
NOTA: la lectura de los Sólidos Sedimentables (S.S.) se realizó una (1) hora después de la toma de la alícuota analizada. La muestra puntual de grasas y aceites, hidrocarburos totales, HAPs, compuestos fenólicos, acidez total, alcalinidad total y BTEX fue tomada a las 14:00 horas.

Fuente: **Analquim Ltda., 2016.**  
**Técnico de Campo: Luis Salamanca Escobar.**

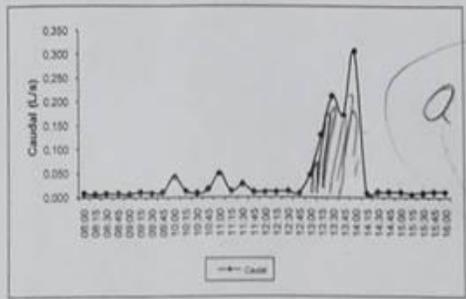
**CAJA DE INSPECCIÓN INTERNA- MUESTRA 115905**



Gráfica 1. Comportamiento pH.



Gráfica 2. Comportamiento Temperatura.



Gráfica 3. Comportamiento Caudal

Fuente: Analquim Ltda., 2016.

Q 1200000 / día

**4. REPORTE DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA RESOLUCIÓN 631/2015 EXPEDIDA POR EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

A continuación se presenta la comparación de los resultados obtenidos de la muestra de agua analizada en el Laboratorio contra los valores máximos permisibles de la Resolución No. 631 del 17 de Marzo de 2015<sup>2</sup> establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Tabla 6. Comparación de resultados con normatividad vigente (Resolución 631/2015)

<b>TIPO MUESTREO:</b>	<b>COMPUESTO DE 8 HORAS</b>
<b>TIEMPO VERTIMIENTO (HORAS/DIA):</b>	<b>24</b>
<b>ECUACIÓN CARGA CONTAMINANTE (Kg/día):</b>	<b><math>Cc=Q(L/s) \cdot C(0,864 \cdot t/24)</math></b>

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO EN LABORATORIO	PELIKAN COLOMBIA S.A.S. CAJA DE INSPECCIÓN INTERNA			CARGA CONTAMINANTE (Kg/DIA)
			CUMPLIMIENTO NORMATIVIDAD	*Resolución 631/2015 Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares	*Resolución 631/2015 Fabricación de plásticos en formas primarias	
Acidez Total	mg/L	60	N/A	N/A	N/A	0.1918
Alcalinidad Total	mg/L	510	N/A	N/A	N/A	1.6304
Aluminio	mg/L	6.44	N/A	N/A	No cumple	0.0206
Arsénico	mg/L	<0.010	N/A	N/A	Cumple	0.0000
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0.010	N/A	N/A	N/A	0.0000
Tolueno	mg/L	0.231	N/A	N/A	N/A	0.0007
Etilbenceno	mg/L	0.131	N/A	N/A	N/A	0.0004
p-Xileno + m-Xileno	mg/L	0.447	N/A	N/A	N/A	0.0014
o-Xileno	mg/L	0.159	N/A	N/A	N/A	0.0005
Cadmio	mg/L	<0.003	Cumple	Cumple	Cumple	0.0000
Cianuro	mg/L	<0.02	N/A	N/A	Cumple	0.0001
Cobalto	mg/L	<0.05	Cumple	Cumple	N/A	0.0002
Cobre	mg/L	0.16	Cumple	Cumple	Cumple	0.0005
Color	Unidades Pt-Co	55	N/A	N/A	N/A	N/A

<sup>2</sup> "Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones."

MATRIZ AGUA  
 VERSION DOCUMENTO: 1

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO EN LABORATORIO	PELIKAN COLOMBIA S.A.S. CAJA DE INSPECCIÓN INTERNA		CUMPLIMIENTO NORMATIVIDAD	*Resolución 631/2015 Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares	*Resolución 631/2015 Fabricación de plásticos en formas primarias	CUMPLIMIENTO NORMATIVIDAD	CARGA CONTAMINANTE (Kg/DIA)
			CUMPLIMIENTO NORMATIVIDAD	CUMPLIMIENTO NORMATIVIDAD					
<b>Compuestos Fenolicos</b>									
Fenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
2-Clorofenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
2-Nitrofenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
2,4-Dimetilfenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
2,4-Diclorofenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
4-Cloro-3-Metilfenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
4-Nitrofenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
4-6-Dinitro-2-Metilfenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
Pentaclorofenol	mg/L	0.015	N/E	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0000
Cromo	mg/L	<0.0046	0.5	Cumple	Cumple	0.5	Cumple	Cumple	0.0000
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2700	600	No cumple	No cumple	187.5	No cumple	No cumple	3.5165
DOO	mg/L	12238	1200	No cumple	No cumple	450	No cumple	No cumple	7.1864
Dureza Cálcica	mg/L	42	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.1343
Dureza Total	mg/L	270	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.8631
Estiario	mg/L	<0.010	N/E	N/A	N/A	2	Cumple	Cumple	0.0000
Fenoles	mg/L	<0.07	0.2	Cumple	Cumple	0.2	Cumple	Cumple	0.0002
Fluoruros	mg/L	<0.05	N/E	N/A	N/A	20	Cumple	Cumple	0.0002
Fosforo Total	mg/L	3.642	Analisis y Reporte	N/A	N/A	N/E	N/A	N/A	0.0116
Grasas y aceites	mg/L	13	30	Cumple	Cumple	23	Cumple	Cumple	0.0416
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos</b>									
Naftaleno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Acenafileno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Fluoreno	mg/L	0.0025	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Fenantreno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Antraceno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Fluoranteno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Pereno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0001
Benzo (a) antraceno	mg/L	0.0028	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Criseno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Benzo (k) fluoranteno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Benzo (b) fluoranteno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Benzo (a) pireno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Dibenz(a,h) antraceno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/L	0.0026	Analisis y Reporte	N/A	N/A	Analisis y Reporte	N/A	N/A	0.0000

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO EN LABORATORIO	PELIKAN COLOMBIA S.A.S. CAJA DE INSPECCIÓN INTERNA		CUMPLIMIENTO NORMATIVIDAD	*Resolución 631/2015 Fabricación de plásticos en formas primarias	CUMPLIMIENTO NORMATIVIDAD	CARGA CONTAMINANTE (Kg/DIA)
			"Resolución 631/2015 Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares"	"Resolución 631/2015 Fabricación de plásticos en formas primarias"				
Bianco (g/l) perleño	mg/L	0.0026	10	10	N/A	Análisis y Reporte	N/A	0.0000
Hydrocarburos Totales	mg/L	<10	10	10	Cumple	10	Cumple	0.0320
Hierro	mg/L	0.82	N.E	3	N/A	3	Cumple	0.0026
Mercurio	mg/L	<0.002	0.01	0.01	Cumple	0.01	Cumple	0.0000
Níquel	mg/L	0.13	0.5	0.5	Cumple	0.5	Cumple	0.0004
Nitrógeno Total	mg/L	11.48	Análisis y Reporte		N/A	N.E	N/A	0.0307
Plata	mg/L	<0.05	N.E	0.2	N/A	0.2	Cumple	0.0002
Plomo	mg/L	0.13	0.2	0.2	Cumple	0.2	Cumple	0.0004
Sólidos Suspensivos Totales V	mg/L	5454	300	120	No cumple	120	No cumple	5.0529
Sulfatos	mg/L	<5.0	N.E	1	N/A	N.E	N/A	0.0160
Temperatura	mg/L	<17.2	N.E	3	N/A	3	Cumple	0.0038
Tensoactivos	mg/L	19.38	Análisis y Reporte		N/A	Análisis y Reporte	Cumple	0.0021
Zinc	mg/L	0.66	N.E	3	N/A	3	N/A	N/A
Caudal	L/s	0.037	N.E	1.5	N/A	1.5	No cumple	N/A
pH	Unidades	7.65-9.68	6.00 a 9.00	6.00 a 9.00	No cumple	6.00 a 9.00	No cumple	N/A
Sólidos Sedimentables	ml/L	0.5-2.0	3	3	Cumple	3	No cumple	N/A
Temperatura	°C	18.7-20.5	40	40	Cumple	40	Cumple	N/A

**Observaciones:**  
El signo "<" Se indica en la columna "Valor Obtenido en Laboratorio", se utiliza cuando el dato obtenido por la técnica analítica reportada es inferior al dato mínimo cuantificable con precisión aceptable.

CC: La carga contaminante diaria, es calculada de conformidad al artículo 4 de la Resolución 395772009 expedido por la SDA Bogotá, tomando como base el tiempo aproximado de la descarga al día. (C=(kg/día)=Ox\*(t/24))

\* Comparación normativa de acuerdo al artículo 13. (Verfimientos realizados por el sector, actividades de fabricación y manufacturas de bienes) Para actividades de fabricación de plásticos en formas primarias, de formas básicas y artículos de plástico. Actividades de fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares.

\*\* No se realiza comparación con el límite establecido por norma debido que la concentración de Sulfatos se encuentra por debajo del límite de detección del método empleado por el laboratorio. Límite de detección de los Sulfatos es <1.2

N.E: Valor No Establecido en Resolución 631/2015; N/A: No Aplica.

Fuente: Informe de Resultados del Laboratorio Analquim Ltda., referencia muestra código No. 115053 con fecha de expedición del 10 de Febrero de 2016.

 <b>ANALQUIM LTDA.</b> <small>SOLUCIONES AMBIENTALES Y LABORIO DEL AGUA</small>	<b>INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL</b>		<b>PELIKAN COLOMBIA S.A.S.</b>
	GERENCIA OPERATIVA	MATRIZ AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO: 1

## 5. CONCLUSIONES

La caracterización de las aguas residuales generadas por la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S., se ejecutó por parte de Analquim Limitada el día 20 de Enero de 2016 mediante un muestreo compuesto de 8 horas, en el horario comprendido entre las 08:00 y las 16:00 horas. Durante el monitoreo ejecutado se recolectaron muestras a través de las metodologías de referencia<sup>3</sup> y en cumplimiento con los lineamientos establecidos para el monitoreo de calidad del agua del IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia y los procedimientos de caracterización, aforo y toma de muestra de agua residual de Analquim Limitada<sup>4</sup> y de conformidad a los procedimientos establecidos por la Resolución 3379 del 20 de Noviembre de 2014 expedida por el IDEAM, ver anexo D.

Los resultados obtenidos en la caracterización del vertimiento en la Caja de Inspección Interna de la empresa PELIKAN COLOMBIA S.A.S., se reportan en el informe de laboratorio código 115905 del 10 de Febrero de 2016, los cuales se presentan en la Tabla 6 y en el Anexo A. Estos resultados fueron comparados con la norma ambiental aplicable para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Por lo anterior, se determinó que los parámetros de Aluminio, DBO, DQO, Sólidos Suspendedos Totales, pH y Sólidos Sedimentables superan el límite permisible en el artículo 13 establecido la Resolución 631 del 17 de Marzo de 2015.

## 6. ANEXOS

Relación de documentos anexo del informe:

### **Anexo A. Informe de Resultados del Laboratorio Analquim Ltda.**

Referencia código No. 115905 con fecha de expedición del 10 de Febrero de 2016.

### **Anexo B. Cadena de custodia de muestra y Caracterización In Situ**

Referencia código No. 115905 de fecha 20 de Enero de 2016.

### **Anexo C. Certificado de calibración de equipos de campo**

Informe de calibración del Potenciómetro No. C.E-052-2015, Analquim Ltda.

### **Anexo D. Acreditación del servicio**

Resolución de calidad del servicio del Laboratorio Analquim Ltda.; Resolución No. 3379 del 20 de Noviembre de 2014, proferida por el IDEAM "Por la cual se extiende el alcance de la acreditación de la sociedad ANALQUIM LTDA., para producir información cuantitativa, física, química y microbiológica, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes".

<sup>3</sup> Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 d Edition 2012.

<sup>4</sup> Documento: ANQ -PR-018, Versión 10, Analquim Limitada

ELABORADO POR: S.C. DOCUMENTO: ANQ-PR-183	APROBADO POR: G.O. NÚMERO VERSIÓN: 02	REVISADO POR: G.G. INFORME APROBADO: G.O.
<b>ANALQUIM LIMITADA</b> E-mail: <a href="mailto:operaciones@analquim.com">operaciones@analquim.com</a> Teléfono: 530 99 45 – 329 18 73 Carrera 24 No. 72 – 80366, Bogotá D.C. – Colombia	<b>CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL</b>	Páginas 13 de 19

**ANEXO C**  
**PRUEBAS DE JARRAS REALIZADAS**

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	5.00	10.0	15.0
<b>Floculante</b>	1143	1143	1143
<b>Dosificación (ppm)</b>	0.40	1.20	2.80
<b>Turbiedad (NTU)</b>			84,4

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Cloruro Férrico	Cloruro Férrico	Cloruro Férrico
<b>Dosificación (ppm)</b>	5.00	10.0	15.0
<b>Floculante</b>	1143	1143	1143
<b>Dosificación (ppm)</b>	0.40	1.20	2.80
<b>TURBIEDAD (NTU)</b>			>800

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	PAC	PAC	PAC
<b>Dosificación (ppm)</b>	100	200	300
<b>Floculante</b>	Poliacrilamida	Poliacrilamida	Poliacrilamida
<b>Dosificación (ppm)</b>	4.00	5.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	240	240	240
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	40.0	40.0	40.0
<b>TURBIEDAD (NTU)</b>			>800

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	100	200	300
<b>Floculante</b>	Poliacrilamida	Poliacrilamida	Poliacrilamida
<b>Dosificación (ppm)</b>	4.00	5.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>TURBIEDAD (NTU)</b>		102.1	95.3

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Cloruro Férrico	Cloruro Férrico	Cloruro Férrico
<b>Dosificación (ppm)</b>	2.00	3.00	4.00
<b>Floculante</b>	1143	1143	1143
<b>Dosificación (ppm)</b>	0.40	1.20	2.80
<b>Turbiedad (NTU)</b>			>800

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	PAC	PAC	PAC
<b>Dosificación (ppm)</b>	100	200	300
<b>Floculante</b>	1143	1143	1143
<b>Dosificación (ppm)</b>	0.40	1.20	2.80
<b>Turbiedad (NTU)</b>			>800

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	100	200	300
<b>Floculante</b>	1143	1143	1143
<b>Dosificación (ppm)</b>	4.00	5.00	6.00
<b>Turbiedad (NTU)</b>			23.5

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	100	200	300
<b>Floculante</b>	1143	1143	1143
<b>Dosificación (ppm)</b>	4.00	5.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>TURBIEDAD (NTU)</b>			<400

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	100	200	300
<b>Floculante</b>	Poliacrilamida	Poliacrilamida	Poliacrilamida
<b>Dosificación (ppm)</b>	4.00	5.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>TURBIEDAD (NTU)</b>			98.7

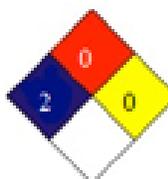
Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	100	200	300
<b>Floculante</b>	Poliacrilamida	1045	1544
<b>Dosificación (ppm)</b>	4.00	5.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>TURBIEDAD (NTU)</b>		45.3	

Variable	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
<b>Coagulante</b>	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio
<b>Dosificación (ppm)</b>	40	100	140
<b>Floculante</b>	1045	1045	1045
<b>Dosificación (ppm)</b>	4.00	5.00	6.00
<b>Metabisulfito de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>Borohidruro de sodio (ppm)</b>	20.0	30.0	40.0
<b>TURBIEDAD (NTU)</b>			>200

**ANEXO D**  
**FICHAS TÉCNICAS DE LOS REACTIVOS UTILIZADOS**

## SULFATO DE ALUMINIO

Pictograma NFPA



### 1. IDENTIFICACION DEL MATERIAL Y DE LA COMPANIA

Nombre Químico:	Sulfato De Aluminio
Sinónimos:	Alumbre, Torta de Alumbre, Salmuera de Alumbre, Alumbre de perla
Formula:	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .14H <sub>2</sub> O
Familia Química:	Salas Inorgánicas
Registro CAS:	10043-01-1
Numero UN:	N/R
Información de la Compañía:	Nombre: Fujian Shan S.A. Dirección: Carretera central de Occidente Km 1.5 Via Funza, Parque Industrial San Carlos, Etapa I Local 4
Teléfono de Emergencia:	5467000 – Funza

### 2. COMPOSICION E INFORMACION SOBRE INGREDIENTES



COMPONENTES	
Ingrediente	Sulfato Aluminio
CAS	10043-01-1
%	98 – 100
Peligroso	Si

### 3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

Inhalación:	El Polvo puede causar carraspera, tos, irritación de la nariz y la garganta.
Ingestión:	Nauseas, Vomito.
Contacto con la Piel:	Irritación.
Contacto Ocular:	Irritación con posibles heridas permanentes.

#### 4. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la persona abrigada en reposo. Buscar atención médica.
Ingestión:	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir al vómito, si este se presenta inclinar la víctima hacia adelante.
Contacto con la Piel:	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar Atención médica.
Contacto Ocular:	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico.

#### 5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

Peligros de incendio y/o explosión: No inflamable ni combustible.  
Productos de la combustión: Puede desprender gases tóxicos de óxidos de azufre a temperaturas superiores a 760 °C.  
Precauciones: Eliminar toda fuente de calor que lo lleve a la combustión. No inhalar los gases producidos.  
Procedimientos en caso de incendio y/o Explosión: Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Estar a favor del viento. Usar equipo de protección personal.  
Agentes Extintores del Fuego: Usar el agente de extinción adecuado según el tipo de incendio del alrededor.

#### 6. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES Y FUGAS

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición.

#### 7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

Almacenamiento: Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados.

Manipulación: Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto.

## 10. REACTIVIDAD Y ESTABILIDAD

11. INFO RMA CION TOXI CLO GICA	Estabilidad:	Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento.
	Incompatibilidades:	Corrosivo en metales con presencia de agua
	Condiciones a evitar:	Humedad e Incompatibles.
	Productos por descomposición peligrosa:	Se hidroliza para formar ácido sulfúrico diluido. Se pueden formar óxidos de azufre tóxico y corrosivo cuando se
		calienta hasta la descomposición.
	Polimerización Peligrosa	No ocurrirá.

Anhidros

Material: LD50 oral en ratones: 6027 mg/kg; Irritación ojos de conejos 10 mg/24H severa; Ha sido investigado como muta génico, causante de efectos reproductivos.

18-Hydrate: LD50 oral en ratones: > 9 gm/kg; Ha sido investigado como muta génico.

Lista de Cánceres

--Carcinógeno NTP--

Ingrediente	Conocido	Anticipado	Categoría IARC	
Sulfato de Aluminio (10043-01-3)		No	No	Ninguno

## 12. INFORMACION ECOLÓGICA

No tóxico para la vida acuática desde concentraciones bajas.

Tox. Peces = 240 ppm / 48h/pez

## 13. CONSIDERACIONES PARA DISPOSICION

Material peligroso de desecho. El sólido puede ser enterrado en un relleno especial para sustancias químicas.



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES  
-MSDS-**

<b>Código:</b> MSDS001-000112	<b>Área:</b> Gerencia Técnica	
<b>Versión:</b> 02	<b>Fecha Vigencia:</b> 31/07/2013	Página 1 de 3

## SULFATO FERROSO

### 1. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

1.1	Nombre Comercial	Sulfato ferroso
1.2	Uso del producto	Fertilizante soluble a base hierro.
1.3	Nombre de la empresa	Corporación Mist S.A.
1.4	Dirección de la empresa	Calle Monterrey 305, piso 5, Chacarilla del Estanque, Santiago de Surco, Lima - Perú
1.5	Teléfono	(011) 627 0500
1.6	Fax	(011) 627 0502

### 2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN RELATIVA A LOS COMPONENTES

Nombre químico	N. CAS	Concentración
Sulfato ferroso heptahidratado	7706-61-0	30% Fe

### 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Información general:  
Los componentes que forman este producto no están clasificados como peligrosos para la salud humana.  
Es básicamente inofensivo cuando se maneja correctamente.

### 4. PRIMEROS AUXILIOS

- 4.1 Consejo general:  
Retirar al accidentado de la zona expuesta como mantenerlo tumbado. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Sin riesgos que requieran medidas especiales de primeros auxilios. Si una persona vomita y está echada boca arriba, se la debe girar a un lado.
- 4.2 Contacto con los ojos:  
Lavar con abundante agua durante 15 minutos. Llamar a un médico.
- 4.3 Contacto con la piel:  
Lavar con agua y jabón.
- 4.4 Inhalación:  
En caso de inhalación llevar a la persona a un lugar ventilado y llamar al médico.
- 4.5 Ingestión:  
Enjuagar la boca, dar a beber bastante agua. Inducir vómito. Llamar a un médico.

### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

- 5.1 Medios de extinción adecuados:  
Agua por spray o rocío, tipo lluvia, extintores de gas carbónico.
- 5.2 Peligros específicos en la lucha contra incendios:  
No es combustible. Se descompone en y óxidos de azufre por acción del calor.
- 5.3 Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:  
Es necesario utilizar equipos de respiración artificial en caso de permanecer en el área de riesgo.

		<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES -MSDS-</b>	
<b>Código:</b> MSC007-0012	<b>Área:</b> Gerencia Técnica		
<b>Versión:</b> 02	<b>Fecha Vigencia:</b> 31/07/2013	Página 2 de 3	

<b>6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL</b>	
6.1	Precauciones personales: No son necesarias medidas adicionales.
6.2	Precauciones para la protección del medio ambiente: Ver sección 12.
6.3	Métodos de limpieza: Recoger tanto como sea posible mediante el barrido en un contenedor limpio para su reutilización o eliminación. Los restos se limpiarán fácilmente con agua.

<b>7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO</b>	
7.1	Consejos para manipulación segura Utilice mascarilla contra polvo, lentes protectores y guantes.
7.3	Consejos y Condiciones de almacenamiento Lugar fresco y ventilado. Evitar que se deteriore la etiqueta o el envase.
7.4	Instrucciones para almacenamiento conjunto Ver sección 10

<b>8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
8.1	Disposiciones de Ingeniería: Ninguna en especial
8.2	Protección de los ojos: Gafas de seguridad
8.3	Protección de la piel: Ropa normal del trabajo
8.4	Protección respiratoria: Máscara contra polvo

<b>9. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS</b>	
9.1	Estado físico: Sólido
9.2	Apariencia: Cristales
9.3	Color: Verde claro
9.4	Olor: Característico
9.5	Densidad: 1.89 g/cm <sup>3</sup>
9.6	pH: 3 - 4 (1% de solución)
9.7	Peso molecular: 278.02 g/mol
9.7	Solubilidad: 400 g/L (20° C)
9.8	Punto de ebullición: No disponible
9.9	Punto de inflamación: No disponible
9.10	Punto de sublimación: No disponible
9.11	Punto de fusión: 64 ° C
9.12	Temperatura de auto ignición: No aplica
9.13	Temperatura de descomposición: No aplica

<b>10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
10.1	Estabilidad:

		<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES -MSDS-</b>	
<b>Código:</b> MDS07H0012	<b>Área:</b> Gerencia Técnica		
<b>Versión:</b> 02	<b>Fecha Vigencia:</b> 31/07/2013	Página 3 de 3	

- 10.2 Materiales a evitar:  
Levemente corrosivo del acero, aluminio cinc y cobre. No corroe el vidrio ni el acero inoxidable.
- 10.3 Productos de descomposición peligrosos:  
Amoníaco y óxido de fósforo

#### 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

LD<sub>50</sub> (oral) 1520 mg/kg (ratas). Producto de baja toxicidad.

#### 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Siendo un fertilizante, al entrar en contacto con el medio ambiente se pueden observar los efectos característicos de este tipo de productos. Presenta una gran movilidad al ser totalmente soluble en agua. Si no es usado uniformemente en pasturas como fertilizante, podría ser tóxico para animales domésticos. El producto es biodegradable.

#### 13. CONSIDERACIONES SOBRE ELIMINACIÓN

Producto debe eliminarse de acuerdo a las normas legales nacionales.

#### 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

No requiere medidas especiales.

#### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Frasas de riesgo:

- ⊘ No comer, beber o fumar durante su manejo.
- ⊘ Usar siempre equipo de protección, como guantes y lentes protectores.
- ⊘ Lavarse con agua y jabón después de su aplicación.
- ⊘ Puede ser irritante a los ojos.
- ⊘ No dejar al alcance de los niños.
- ⊘ No almacenar junto a alimentos, ropa o forrajes.
- ⊘ No almacenar en viviendas.
- ⊘ No reutilice los envases. Destruyalos.

#### 16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Descargo:

La INFORMACIÓN de esta hoja de seguridad está basada en los conocimientos actuales. El producto no debe utilizarse para fines ajenos a aquellos que se especifican. Las condiciones de trabajo de los usuarios está fuera de nuestro conocimiento y control y siempre responsabilidad de los mismos tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en la legislación vigente. La INFORMACIÓN contenida en esta ficha solo significa una descripción de las medidas de seguridad del producto y no debe



Corporación Química Omega S.A. de C.V.

## CLORURO FERRICO

### HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES

#### 1. COMPOSICIÓN INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

**Composición:**

Solución acuosa de cloruro férrico, cloruro ferroso, ácido clorhídrico.

**Pureza:**

39 - 42 %

**Fórmula química del principio activo:**

$FeCl_3$

**Identificación:**

UN 2582 CAS 7705-08-0

#### PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

- Estado físico: Líquido
- Color: Marrón oscuro
- Olor: Débil, semejante al del ácido clorhídrico
- Temperatura de ebullición: > 100 °C ( depende de la pureza )
- Temperatura de la inflamación: No inflamable. Se descompone por el calor liberando ácido clorhídrico.
- Temperatura de autoignición: No inflamable
- Densidad del líquido: > 1,4g/ml, dependiendo de la pureza y la temperatura.
- Presión de vapor: Sin información
- Solubilidad en agua: 100%

#### 2. RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION

Medio De extinción:  $CO_2$  agua o espuma.

Los bomberos deben usar equipos de respiración autónoma y trajes resistentes al ácido clorhídrico. Utilizar niebla de agua para contener los vapores de ácido clorhídrico.



### 3. RIESGOS DE REACCION CON OTRAS SUSTANCIAS

El cloruro férrico es una sustancia estable.  
Reacciona con metales, cloruro de alio, sodio, potasio, álcalis. Puede formar vapores tóxicos u corrosivos.

### 4. RIESGOS PARA LA SALUD

DL  
50 Oral (RATA)  
900 mg/kg  
TLV  
1mg Fe/m<sup>3</sup>

### 5. RUTAS POTENCIALES DE INGRESO AL ORGANISMO

#### Inhalación:

Muy agresivo sobre las mucosas y el tracto respiratorio superior. Los síntomas pueden incluir sensación y quemazón, tos, laringitis, acotamiento de la respiración, dolor de cabeza, náuseas y vómitos.

#### Ingestión:

Es corrosivo. Puede provocar quemaduras severas de la boca, e incluso estomago. Puede provocar vómitos y diarrea. Es poco tóxico en dosis bajas pero por encima de los 30 mg/kg puede provocar náuseas, vómito y diarrea. La orina de color rosado es un indicador de envenenamiento por hierro. Daño al hígado, y muerte pueden sobrevenir hasta tres días después de la intoxicación.

#### Ojos:

Corrosivo. El contacto puede provocar visión borrosa, enrojecimiento, dolor y quemaduras severas.

#### Piel:

Corrosivo. Puede haber enrojecimiento por irritación, dolor y quemaduras severas.



## 6. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN CRÓNICA

- No es considerado cancerígeno, teratógeno ni mutagénico.
- Es considerado tóxico, irritante y corrosivo
- La ingestión repetida puede causar daños al hígado.
- La exposición prolongada de los ojos puede causar decoloración.

## 7. EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS

### **INHALACION:**

Retirar A la víctima del área contaminada llevándola a un lugar ventilado.

Si hay paro respiratorio aplicar respiración artificial u oxígeno húmedo a razón de 10/15 l/min y a una presión inferior a 4cm de agua.

Mantenga a la víctima abrigada y en reposo, consulte a un médico de inmediato.

### **INGESTION:**

Si la persona esta consciente dele a beber agua fría (cuatro litros para adultos y la mitad de dosis para niños ), agua de cal o huevo, leche o leche de magnesia. No induzca el vómito, pero si este ocurre lave y de a beber más agua. Mantenga a la víctima en reposo y caliente, consulte a su médico de inmediato.

### **OJOS:**

Lave los ojos con abundante agua corriente, durante 15 minutos, abriendo y cerrando los párpados y moviendo el globo ocular hacia un lado y otro para lavar toda la superficie del ojo, consulte a su médico de inmediato.

### **PIEL:**

Bajo una ducha de emergencia retire de inmediato la ropa contaminada y lave la piel con abundante agua corriente durante 15 minutos, consulte a su médico de inmediato.



## **8. PROTECCION PERSONAL EN CASO DE EMERGENCIAS**

### **PROTECCION RESPIRATORIA:**

Use protectores respiratorios cuando la concentración en aire supere el valor de  $1\text{mgFe}/\text{m}^3$ .

En caso que se produzca la descomposición térmica puede ser necesario el uso de equipo autónomo.

### **PROTECCION PARA LA PIEL:**

Use guantes, botas y delantal de neopreno, PVC u otros materiales resistentes a los ácidos. Use las botas por dentro del pantalón.

### **PROTECCION PARA LOS OJOS:**

Use lentes y careta facial

### **HIGIENE:**

Evite el contacto con la piel y evite respirar vapores. No coma, no beba, no fume en el área donde se maneja cloruro férrico. Lávese las manos antes de comer, beber o usar el baño. Lave las ropas contaminadas antes de usarlas nuevamente.

### **VENTILACION:**

Debe ser directa al exterior e independiente. En todos los casos debe ser suficiente para mantener la concentración de hierro por debajo de  $2\text{mg}/\text{m}^3$

## **9. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME**

- Restrinja el acceso al área afectada
- Haga que todo el escuadrón de emergencias utilice los elementos de protección personal.
- Trate de controlar el derrame: cierre válvulas, tape orificios, reacomode el envase, trasvase el líquido, etc.
- Use niebla de agua sobre los vapores de ácido clorhídrico para minimizar su dispersión ( siempre que se desprenda ácido ).



**SULFO  
QUIMICA sa**

## Policloruro de Aluminio, PAC Ficha Técnica del Producto



COMERCIO EXTERIOR  
2027  
No Reg. 200



Intertec # 1001-1

### Propiedades Químicas ( AWWA B400-03)

Fórmula Química	$[Al(OH)_2Cl]_{2m}Cl_n$
Densidad a 25 °C, g/ml	1.23 ± 0.05
pH a 25 °C	2.5 ± 0.3
% $Al_2O_3$	10.5 ± 0.5
Relación de Basicidad	70% mín.

\*Vida útil posterior a su fabricación: 3 meses

### Indicaciones

El policloruro de aluminio (PAC) es una sal de alta basicidad con base en anión cloruro. Se diferencia del hidroxloruro de aluminio (ACH) porque presenta especies polinucleares del metal convirtiéndolo en un coagulante de alto desempeño, con excelentes propiedades para el tratamiento de aguas con dificultades especiales y generando bajo volumen de lodos, pues trabaja bien con poco suministro de alúmina.

### Condiciones de Manejo

El producto debe ser almacenado en tanques de fibra de vidrio, polietileno o acero recubierto en caucho y conducido empleando fibra de vidrio, PVC o cualquier otro material termoplástico. También es compatible con EPDM, Caucho Natural y Vitón. El producto no debe estar en contacto con hierro, acero al carbón, acero inoxidable y bronce.

Es deseable que el Policloruro de Aluminio Líquido sea dosificado tal como se recibe del proveedor y no ser contaminados por agua u otra impureza durante el almacenamiento.

Para la dosificación exacta y uniforme, debe ser usada una bomba de desplazamiento positivo. El producto no se deteriora con el tiempo mientras sea manejado bajo las condiciones explicadas. Su vida útil es de 3 meses.

### Precauciones y Seguridad

El producto no presenta alto riesgo en su manejo pero, por ser una sal ácida debe tratarse con cuidado. Evite el contacto con metales que puedan sufrir corrosión tales como hierro, cobre, bronce, aluminio y acero inoxidable. Se recomienda el uso de guantes y gafas protectoras.

En los ojos y mucosas causa irritación; en caso de contacto debe enjuagarse con agua abundante.

El producto no emite gases y por lo tanto no causa efectos nocivos al ser inhalado.



### Oficina Principal y Producción

Medellín: Calle 55 No 46-85 Bagó, Antioquia. Tel: (574)370 1170; Fax: (574)277 5678; [sulfo@sulfoquimica.com](mailto:sulfo@sulfoquimica.com)

### Producción

• Barbosa: Via Divardola - El Huello km. 4 (Vereda Plateno), Barbosa, Antioquia. Tel. (574)289 2480, Fax. (574)289 1234;

[sulfo@sulfoquimica.com](mailto:sulfo@sulfoquimica.com)

• Barranquilla: Via Malambo - Sabanasgrande, km. 3, Parque Industrial PIMSA, Malambo, Atlántico. Tel (575)347 8250; Fax: (575)3478333;

[sulfo@sulfoquimica.com](mailto:sulfo@sulfoquimica.com)

• Caloto: Via Caloto - Santander de Quilichao, km. 7, Caloto, Cauca. Tel (572)550 4344; Fax: (572)550 4343; [sulfo@sulfoquimica.com](mailto:sulfo@sulfoquimica.com)

**EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:** Ninguno en términos de riesgo humanos y ambientales.

#### SECCIÓN 4 : MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

<b>Inhalación:</b>	No se anticipa que el material sea lesivo por inhalación. Retirar la víctima al aire libre.
<b>Contacto Dérmico:</b>	lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón.
<b>Contacto Ocular:</b>	Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos.
<b>Ingestión:</b>	No se anticipa que el material sea lesivo por ingestión. No son necesarias medidas especiales de primeros auxilios.

#### SECCIÓN 5 : MEDIDAS PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS

<b>Agente de Extinción:</b>	Utilizar agua, dióxido de carbono o un agente químico.
<b>Peligros especiales:</b>	El polvo puede ser explosivo si se mezcla con el aire en proporciones críticas y en la presencia de una fuente de ignición.
<b>Equipo de protección para la Emergencia:</b>	Los bomberos y otras personas que pudieran estar expuestas deben usar aparatos respiratorios autónomos.

#### SECCIÓN 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

<b>Precauciones Individuales:</b>	Referirse a la sección II (protección personal/ Controles de exposición) para el equipo de protección personal apropiado.
<b>Método de control y limpieza:</b>	Resbaladizo cuando está mojado. Barrer y colocarlo en recipientes para descarta. Enjuagar con agua el área del derrame. Si permanece resbaladizo, aplicar más compuesto para barrido en seco. Evitar que el líquido ingrese a desagües sanitarios.

### SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

<b>Condiciones de almacenaje:</b>	El material es higroscópico y no deberá exponerse a la humedad objeto de mantener su integridad. Para evitar la degradación del producto y la corrosión del equipo, no utilizar contenedores ni equipo de hierro, cobre o aluminio.
<b>Manipulación:</b>	Mantener buena limpieza para controlar las acumulaciones de polvo.
<b>Otras Precauciones a tomar:</b>	La temperatura de almacenamiento óptima es a temperatura ambiente.

### SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

#### Ácido adipico 124-04-9

Países bajos: MAC (Maximal Aanvaarde Concentratie)	5 mg/m <sup>3</sup> (MAC)
Dinamarca: Graensevaerdler	5 mg/m <sup>3</sup> (TWA)
ACGIH (TLV)	5 mg/m <sup>3</sup> (TWA)

<b>Disposiciones de Ingeniería:</b>	Generalmente no hace falta controles de ingeniería si se siguen buenas prácticas de higiene.
<b>Protección respiratoria:</b>	No se recomienda ninguno
<b>Guantes de protección:</b>	Usar guantes impermeables
<b>Protección de la vista:</b>	Usar protección ocular/ facial
<b>Equipos de protección dérmica:</b>	Evitar contacto con la piel

### SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

<b>Color :</b>	Blancuzco
<b>Apariencia:</b>	Polvo cristalino
<b>Olor:</b>	inoloro
<b>Temperatura de ebullición:</b>	No aplicable
<b>Temperatura de fusión:</b>	No disponible
<b>Presión de vapor:</b>	No aplicable
<b>Gravedad específica:</b>	0.75 (Densidad de volumen, g/ml)
<b>Densidad de vapor:</b>	No aplicable
<b>%VOLATIL (Por peso)</b>	7 - 10
<b>pH:</b>	3-5 (0.5% Solución acuosa)
<b>Saturación en aire (%en Vol.)</b>	No aplicable
<b>Índice de evaporación:</b>	No aplicable
<b>Solubilidad en el agua:</b>	Limitado por la viscosidad
<b>Contenido orgánico volátil:</b>	No aplicable

<b>Punto de inflamación:</b>	No aplicable
<b>Límites de inflamabilidad:</b>	No aplicable
<b>Temperatura de auto ignición:</b>	>150°C
<b>Temperatura de descomposición:</b>	>350°C

#### SECCIÓN 10 : ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

<b>Estabilidad:</b>	Estable
<b>Condiciones a evitar:</b>	Evite el contacto con materiales alcalinos los cuales degradarán el polímero.
<b>Incompatibilidad con otros materiales:</b>	Agentes oxidantes fuertes
<b>Productos peligrosos de descomposición:</b>	Dióxido de carbono, monóxido de carbono, amoníaco, óxido de nitrógeno, óxido de azufre (Incluye di y tri óxido de azufre), cloruro de hidrógeno.
<b>Polimerización Peligrosa:</b>	No ocurrirá

#### SECCIÓN 11 : INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

<b>Toxicidad aguda:</b>	
DL50 (oral, ratas)	>5000 mg/kg
DL50 (dermal, conejo)	>10000 mg/kg
CL50 Inhalación (rata) 4hr	>20.0 mg/l
<b>Efectos locales en piel y ojos</b>	
Irritación aguda (Dermal)	No irritante
Irritación aguda ojo	No irritante
<b>Sensitización alérgica</b>	
Sensibilización Dermal	No sensibilizante
Sensibilización Inhalación	No sensibilizante
<b>Genotoxicidad</b>	
<b>Ensayo para mutaciones genéticas</b>	
Prueba Salmonella Ensayo	No hay datos.
<b>Datos sobre la toxicidad de ingredientes peligrosos</b>	
Acido adipico	
Oral (cebadura) rata DL50 aguda (Actual)	> 11000 mg/kg
Acido Adipico	
Irritación de los ojos aguda conejo picañte	
Irritación dermal aguda	No irritante

#### SECCIÓN 12 : INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Este material no se clasifica como peligroso para el ambiente.  
Los efectos sobre los organismos acuáticos son debido a un modo de acción externo (no sistémico), y dichos efectos se reducen significativamente (por un factor de 7-20) dentro de los 30 min siguientes,

debido al enlace del producto al carbón orgánico disuelto y varios estratos inorgánicos tales como arcillas y cienos.

##### Resultado de pruebas en algas

**Test:** Toxicidad aguda, agua dulce (OECD203)  
**Duración:** 96 hr  
**Especie:** Pez zebra (Brachydanio rerio)  
>1-10 mg/l                      LC50

##### Resultado en pruebas de invertebrados

**Test:** Inmovilización aguda (OECD202)  
**Duración:** 48 hr  
**Especie:** Mosca de agua (Daphnia magna)  
>10-100 mg/l                      EC50

##### Degradación

**Test:** Evolución de CO<sub>2</sub>: Shurm modificada (OECD 301 B)  
**Duración:** 28 días

Este material no es fácilmente degradable (OECD 301B), pero se puede degradar por hidrólisis. La talla grande del polímero es incompatible con transporte a través de la membrana biológicas y de la difusión; el factor de la bioconcentración por lo tanto se considera ser cero.

#### SECCIÓN 13 : CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN

**Tratamientos de residuos:** Tratar según legislación vigente  
**Eliminación de envases:** Lavar y descartar según legislación vigente

#### SECCIÓN 14 : INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

**UN:** no aplica  
**Grupo embalaje/envasado:** no aplica



#### SECCIÓN 15 : INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NDM-018-ST5-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. ST55-053-04

Costa Rica: Decreto N° 28113-5

Panamá: Resolución #124, 30 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

#### SECCIÓN 16 : INFORMACIÓN ADICIONAL

La información indicada en esta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si este es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

#### CONTROL DE REVISIONES Y CAMBIOS DE VERSIÓN:

Febrero 2016. Se actualizó la información en la sección No.1.

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS

<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b> 27-abr-99	<b>FECHA DE REVISIÓN</b> 27-abr-99	<b>NOMBRE DE LA EMPRESA</b> <i>Productos Químicos Monterrey, S.A. de C.V.</i>	
<b>SECCIÓN I.- DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUÍMICA</b>			
1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR:  <i>Productos Químicos Monterrey, S.A. de C.V.</i>		2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A: <b>OFICINAS:</b> TELS: (8) 343-5113, 01-800-021-0900 FAX: (8)142-3606 <b>PLANTA:</b> TELS: (8) 336-1623, 336-3707, 336-2988 FAX: (8)336-1979	
3.- DOMICILIO COMPLETO:			
<b>CALLE</b>  <i>Mirador</i>	<b>No. EXT.</b>  <i># 201</i>	<b>COLONIA</b>  <i>El Mirador</i>	<b>C.P.</b>  <i>64070</i>
<b>DELG / MUNICIPIO</b>  <i>Monterrey</i>	<b>LOCALIDAD O POBLACIÓN</b>  <i>Monterrey</i>	<b>ENTIDAD FEDERATIVA</b>  <i>Nuevo León</i>	
<b>SECCIÓN II.- DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUÍMICA</b>			
1.- NOMBRE COMERCIAL  <b>Borohidruro de Sodio</b>		2.- NOMBRE QUÍMICO  <b>Borohidruro de Sodio</b>	
3.- PESO MOLECULAR  37,82		4.- FAMILIA QUÍMICA  Compuestos de Boro	
5.- SINÓNIMOS  Tetrahidroborato de Sodio		6.- OTROS DATOS  Formula: $\text{H}_4\text{BNa}$	
<b>SECCIÓN III.- COMPONENTES RIESGOSOS</b>			
1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES  98% Borohidruro de Sodio	2.- N° CAS  16940-66-2	3.- N° UN  1426	4.- CANCERÍGENOS O TERATOGENICOS  No disponible
5.- LIMITE PERMISIBLE DE CONCENTRACIÓN  No disponible	6.- IPVS ppm  No disponible	7.- GRADO DE RIESGO:	
		7.1.- SALUD Moderado	7.2.- INFLAMABILIDAD Severo
		7.3.- REACTIVIDAD Moderada	
<b>SECCIÓN IV.- PROPIEDADES FÍSICAS</b>			
1.- TEMPERATURA DE FUSIÓN, °C:  26°C ( se descompone )		2.- TEMPERATURA DE EBULLICIÓN, °C:  400°C	
3.- PRESIÓN DE VAPOR, mmHg A 20°C:  Insignificante		4.- DENSIDAD RELATIVA:  1,074	
5.- DENSIDAD DE VAPOR (AIRE=1):  No se dispone de información		6.- SOLUBILIDAD EN AGUA, g/ml:  Soluble	
7.- REACTIVIDAD EN AGUA:  Es muy reactivo en agua		8.- ESTADO FÍSICO, COLOR Y OLORES:  Sólido, Polvo o granulo Blanco cristalino sin olor	
9.- VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN (BUTIL ACETATO=1):  No se dispone de información		10.- PUNTO DE INFLAMACIÓN:  no se dispone de información	
11.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C):  250°C		12.- PORCIENTO DE VOLATILIDAD, % :  no se dispone de información	
13.- LÍMITES DE INFLAMABILIDAD (%): INFERIOR: No se dispone de información SUPERIOR: No se dispone de información			

SECCIÓN V.-RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN				
1.- MEDIO DE EXTINCIÓN:				
NEBLA DE AGUA	ESPUMA	HALÓN:	CO2	POLVO QUÍMICO SECO Usar Tipo " D "
2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCIÓN (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO: Mascarilla con suministro de oxígeno y ropa protectora para prevenir contacto con la piel y ojos.				
3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO: No use agua en caso de incendio ya que este producto reacciona con el agua generando humos y vapores tóxicos e inflamables Usar extinguidor tipo D o Bicarbonato de sodio				
4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN NO USUALES: No se dispone de información				
5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN: Humos y vapores tóxicos e inflamables.				

SECCIÓN VI.- DATOS DE REACTIVIDAD		
1.- SUSTANCIA		2.- CONDICIONES A EVITAR
ESTABLE <input checked="" type="checkbox"/>	INESTABLE	Agua y materiales incompatibles
3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR): Ácidos, Alcoholes, Materiales combustibles, Sales metálicas, Oxidantes fuertes. Se libera hidrógeno en contacto con el agua		
4.- DESCOMPOSICIÓN DE COMPONENTES PELIGROSOS: Óxido de carbono, Óxido de Boro, Gas Hidrógeno		
5.- POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:		6.- CONDICIONES A EVITAR:
PUEDE OCURRIR	NO PUEDE OCURRIR <input checked="" type="checkbox"/>	No se dispone de información

SECCIÓN VII.- RIESGOS PARA LA SALUD		
VÍAS DE ENTRADA	SÍNTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
1.- INGESTIÓN ACCIDENTAL	Puede causar irritación severa en el sist. digestivo con náuseas, vómito y posibles quemaduras.	De a beber inmediatamente agua o leche. Nunca de nada por la boca a una persona que se encuentre inconsciente. Solicitar asistencia médica de inmediato.
2.- CONTACTO CON LOS OJOS	El contacto con los ojos causa irritación severa y posibles quemaduras. Puede causar daño irreversible en los ojos	Lavar suavemente con agua corriente durante 15 min. abriendo ocasionalmente los párpados. Solicitar atención médica de inmediato.
3.- CONTACTO CON LA PIEL	Puede causar irritación severa y posibles quemaduras especialmente si está húmeda la piel.	Lavar con agua corriente durante 15 min. al mismo tiempo quitarse la ropa contaminada y calzada. Solicite atención médica
4.- ABSORCIÓN	No identificado	No se dispone de información
5.- INHALACIÓN	Irritación severa en las vías tractorespiratorias, con dificultad para respirar, tos y en casos graves estado de coma.	Traslade a un lugar con ventilación adecuada, Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Solicite atención médica de inmediato
6.- SUSTANCIA QUÍMICA CONSIDERADA COMO CANCERÍGENA: STPS (INST. No.18) SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/> OTROS _____ SI _____ NO _____ ESPECIFICAR		

#### SECCIÓN VIII.- INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:

Aislar el área de peligro (acordonar el área).

ELIMINAR todas las fuentes de ignición.

Para la disposición del material seguir el siguiente procedimiento:

Usar equipo de protección personal (Sec. IX); con una pala limpia (plástica), coloque cuidadosamente el material dentro de un recipiente limpio (cubeta de plástico y/o bolsa de polietileno) y seco, cubra; retire del área.

#### SECCIÓN IX.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:

##### 1.- ESPECIFICAR TIPO:

Utilizar Guantes de Neopreno, Botas de Hule, Goggles y Pechera de Vinilo.

Mascarillas con cartuchos para vapores ácidos y polvos aprobados por OSHA en 29 CFR 1010.134, o bien utilizar

Equipo de respiración autónoma.

##### 2.- PRACTICAS DE HIGIENE:

Después de estar en contacto con este producto lavar con agua y jabón todo su equipo de seguridad.

Bañarse y lavar su uniforme para evitar que este contaminada con residuos del producto.

#### SECCIÓN X.- INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN (De acuerdo con la reglamentación del transporte):

Material clasificado como: Peligro cuando está mojado ( 4.3 )

Pictogramas:

Riesgo secundario: *Corrosivo*

UN: 1428

Envase y embalaje: Grupo I

NFPA: Salud ( 2 ), Inflamabilidad ( 2 ), Reactividad ( 2 ), Indic. Especial ( No mojar con agua )

Referencia: ( NDM-002-SCT2-1994)



#### SECCIÓN XI.- INFORMACIÓN ECOLÓGICA (De acuerdo con las reglamentaciones ecológicas)

Ecotoxicidad: No se dispone de información

#### SECCIÓN XII.- PRECAUCIONES ESPECIALES

##### 1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:

\* El lugar de almacenamiento debe estar ventilado "sin humedad"

\* Se debe almacenar y/o transportar por compatibilidad.

\* Estar debidamente etiquetado (Adherido, sin rayaduras e información clara )

\* Tener el color de almacenaje

\* Indicaciones de primeros auxilios.

##### 2.- OTRAS:

Residuos del producto pueden permanecer en el recipiente "vacio" pero con sus etiquetas para identificar el residuo.

Para el manejo de los recipientes vacíos y residuos se deben de tomar las mismas precauciones que en el manejo del producto.

Limpia antes de volver a usar o alterar el contenido de un envase. (Usar solo en el mismo producto)

	<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PRODUCTOS QUÍMICOS</b>  <b>BISULFITO DE SODIO</b>	
---	---	---

**Sección 1: Identificación del Producto y del Proveedor**

Nombre del Producto : Bisulfito de Sodio  
 Código del Producto : Bisulfito de Sodio  
 Proveedor : Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Nueva Aldea,  
 Kilometro 21 Ruta Itata, Nueva Aldea  
 Fono Emergencia : Planta Celulosa Arauco : 41-2609412  
 : Planta Celulosa Nueva Aldea : 41-2602222

**Sección 2: Composición / Ingredientes**

Nombre Químico : Bisulfito Sódico  
 Fórmula Química : NaHSO<sub>3</sub>  
 Sinónimos : Removedor de Cloro  
 Número CAS: : 7631-90-5  
 Número N.U.: : 2693

**Sección 3: Identificación de los Riesgos**

Marca en etiqueta : 8.- Corrosivo



Clasificación de Riesgos del Producto Químico : Salud=2 Inflamabilidad=0 Reactividad=0

a) Peligros para la Salud de las Personas:

Efectos sobreexposición aguda : Una revisión de los datos disponibles no identifica síntomas debido a la exposición previamente no mencionados

Inhalación : Irritante de los órganos respiratorios. Causa signos y síntomas asmáticos en individuos hipereactivos.

Contacto con la piel	: Puede causar una irritación leve
Contacto con los Ojos	: Puede causar una irritación leve
Ingestión	: No es una ruta probable de exposición. Puede causar ataques del tipo asmático
Efectos sobreexposición crónica	: La ingestión de sulfito puede causar una reacción alérgica severa en asmáticos y en algunos individuos sensibles a los sulfitos. Los síntomas incluyen: dificultad respiratoria, piel enrojecida y erupción. La exposición crónica a sulfitos puede causar síntomas de malestar en el tracto respiratorio superior y afectar los sentidos de olfato y gusto.
Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición al producto	Una revisión de los datos disponibles no registra un empeoramiento de las condiciones existentes.
b) Peligros para el Medio Ambiente	:
c) Peligros especiales del Producto	:

#### **Sección 4: Medidas de Primeros Auxilios**

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con: Inhalación	: Llévelo al aire fresco, reposar, y tratar sintomáticamente. Si la respiración se dificulta, administrar oxígeno. Obtener atención médica.
Contacto con la piel	: Lavar inmediatamente con mucha agua durante por lo menos 15 minutos. Si los síntomas persisten, llamar al médico
Contacto con los ojos	: Enjuague inmediatamente sus ojos con agua durante por lo menos 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Si la irritación persiste, repetir el enjuague. Obtener atención médica inmediata
Ingestión	: Provocar el vómito, sólo si el paciente está completamente consciente. Si está consciente, lavar la boca y dar de beber 1 a 2 vasos de agua. Obtener atención médica.
Notas para el médico tratante	: Basado en la reacción individual del paciente, se debe seguir el criterio médico para controlar los síntomas y la situación clínica

### Sección 5: Medidas para la lucha contra el fuego

Agentes de extinción	: No se espera que este producto arda a menos que toda el agua hierva y se evapore. El remanente orgánico puede ser inflamable. Mantener los contenedores fríos, rociándolos con agua. Use medios extintores adecuados para el fuego de los alrededores
Procedimientos especiales para combatir el fuego	:
Equipos de protección personal para el combate del fuego	: En caso de fuego, usar aparato de respiración autónoma y traje protector

### Sección 6: Medidas para el Control de derrames o fugas

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame de material	: Restringir el acceso al área de forma apropiada hasta que las operaciones de limpieza se hayan completado. Asegurar que la limpieza sea llevada a cabo únicamente por personal entrenado. Asegurar ventilación adecuada. No tocar el material derramado. Detener o reducir cualquier fuga siempre y cuando que no sea peligroso.
Equipo de protección personal para atacar la emergencia	: Utilice equipo de protección personal recomendado en la Sección 8
Precauciones a tomar para evitar daños al ambiente	:
Método de limpieza	: <b>DERRAMES PEQUEÑOS:</b> Contener el derrame con material absorbente (arolla, tierra, etc). Colocar los residuos en un contenedor apropiado, cubierto y correctamente etiquetado. Lavar el área afectada. <b>DERRAMES GRANDES:</b> Contener el líquido usando material absorbente, cavando zanjas o con diques. Recuperar en tambores reciclados o usados o en un camión cisterna para su desecho apropiado. Lavar cuidadosamente las inmediaciones del derrame.
Método de eliminación de desechos	:

### Sección 7: Manipulación y Almacenamiento

Recomendaciones técnicas	:
Precauciones a tomar	:
Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas	: Evitar el contacto con piel y ojos. No ingerir. No poner en los ojos, la piel y la ropa. Tener al alcance equipo de emergencia (para incendios, derrames, goteos, etc.). Asegurarse de que todos los contenedores estén etiquetados. Mantener los

Condiciones de Almacenamiento	recipientes cerrados cuando no se usen. Usar con ventilación adecuada. Para mayor información sobre prevención durante el manejo del producto, consultar la sección 8
Embalajes recomendados y no adecuados	: Almacenar los recipientes bien cerrados. Almacenar en contenedores apropiados etiquetados. Los productos que contengan aminos y sulfidos no se deben almacenar muy cerca uno del otro ya que los vapores que resulten pueden formar partículas en el aire que son visibles en forma de neblina : Polietileno de alta densidad, La compatibilidad con materiales plásticos puede variar. Por lo tanto, recomendamos probar la compatibilidad antes de utilizar el producto

### Sección 8: Control de exposición / Protección especial

Medidas para reducir la posibilidad de exposición

Parámetros para control	: TLV Bisulfito sódico TWA = 5 mg/m <sup>3</sup> Dióxido de azufre TWA = 2 ppm , 5,2 mg/m <sup>3</sup> STEL = 5 ppm , 13 mg/m <sup>3</sup>
	: PEL Bisulfito sódico TWA = 5 mg/m <sup>3</sup> Dióxido de azufre TWA = 2 ppm , 5 mg/m <sup>3</sup> STEL = 5 ppm , 13 mg/m <sup>3</sup>

Límites permisibles ponderado (LPP) y Temporal (LPT)  
Protección respiratoria

: En caso de formarse cantidades significativas de nieblas, vapores o aerosoles, utilizar mascarilla. Utilizar una mascarilla adecuada en caso de que se sobrepasen los límites de exposición autorizados

Guantes de protección

: Guantes de neopreno, Guantes de caucho nitrilo, Guantes de caucho butilo, Guantes de PVC

Protección de la vista

: Llevar gafas de seguridad química (ajustadas al contorno del rostro).

Otros equipos de protección

: Usar ropa de protección estándar

Ventilación

: Se recomienda ventilación general. Se puede necesitar aspiración local cuando se generen polvos o nieblas

### Sección 9: Propiedades Físicas y Químicas

Estado Físico

: Líquido.

Apariencia y olor

: Amarillo. Olor penetrante.

Concentración	: 30%
Viscosidad	: 2.8 cps a 25°C
pH	: 4.1
Temperatura de descomposición	: T° de congelación = 1,1 °C T° de ebullición = 104 °C
Punto de inflamación	: Ninguno
Temperatura de Autoignición	:
Propiedades explosivas	:
Peligros de fuego y explosión	:
Presión de vapor a 25°C	: 32 mmHg
Densidad de vapor	: 2.2 (aire =1)
Densidad relativa a 25°C	: 1,37 gr/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua y otros solventes	: completamente soluble

#### Sección 10: Estabilidad y Reactividad

Estabilidad	: Estable en condiciones normales.
Condiciones que deben evitarse	: Temperatura de congelación
Incompatibilidad (materiales que deben evitarse)	: El contacto con oxidantes fuertes (por ej. cloro, peróxidos, cromatos, ácido nítrico, perclorato, oxígeno concentrado, permanganatos) puede generar calor, fuego, explosiones y/o vapores tóxicos. El contacto con ácidos fuertes (por ej. sulfúrico, fosfórico, nítrico, clorhídrico, crómico, sulfónico) puede generar calor, salpicaduras o ebullición, y vapores tóxicos. El SO <sub>2</sub> puede reaccionar con los vapores de las aminas neutralizantes y puede producir una nube visible de partículas de sal de amina
Productos peligrosos de la descomposición	:
Productos peligrosos de la combustión	: Bajo condiciones de incendio: Óxidos de Azufre.
Polímerización peligrosa	: No ocurre polimerización peligrosa

#### Sección 11: Información Toxicológica

Toxicidad aguda	: Toxicidad Oral Aguda LD50 = 4,1 g/kg (Ratas)
-----------------	--

	Toxicidad Dérmica Aguda LD50 = 3 g/kg (Ratas)
Toxicidad crónica o de largo plazo	:
Efectos locales	:
Sensibilización alérgica	: Los sulfidos pueden causar una reacción alérgica en individuos sensibilizados
Información adicional	: Ninguno de los componentes del producto figura como cancerígeno en la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, International Agency for Research on Cancer), en el Programa Nacional de Toxicología (NTP, National Toxicology Program), o en la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

#### Sección 12: Información Ecológica

Inestabilidad	:
Persistencia / Degradabilidad	:
Bioacumulación	: Se espera que este preparado o material que no genere bioacumulación
Efectos sobre el ambiente	: Toxicidad aguda en peces = Esencialmente no tóxico Toxicidad aguda en invertebrados = Esencialmente no tóxico
	De acuerdo con nuestra caracterización de peligro, el potencial de peligro para el medio ambiente es: <b>Bajo</b>
	Basado en nuestra recomendación para la aplicación del producto y en las características del mismo, el potencial de exposición para el medio ambiente es: <b>Alto</b> .

**Sección 13: Consideraciones sobre disposición final**

Método de eliminación del producto en los residuos :  
Eliminación de envases y embalajes contaminados :

**Sección 14: Información sobre transporte**

Nch 1290, marcas aplicables : 6.- Corrosivo  
Nº Naciones Unidas (NU) : 2093

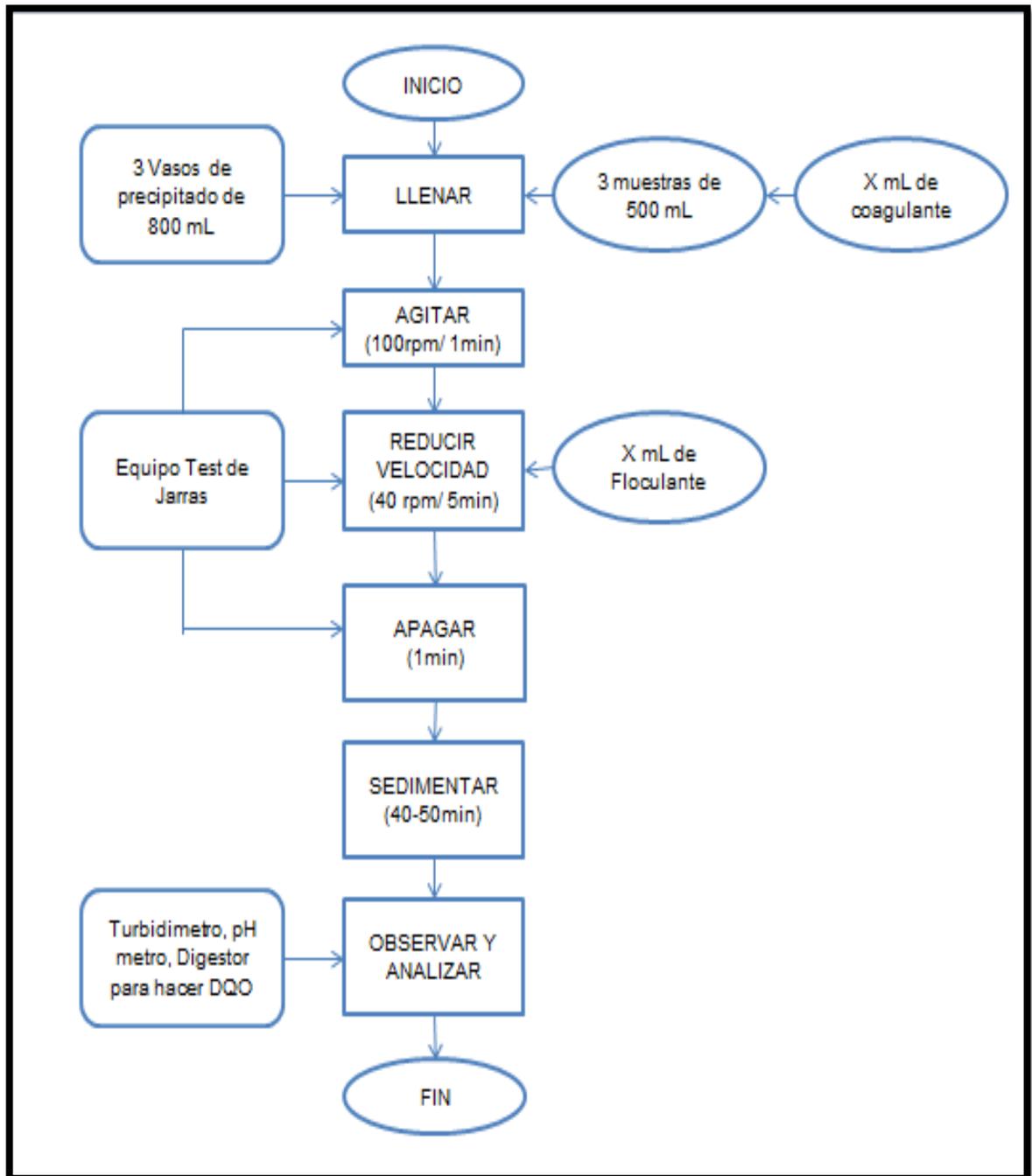
**Sección 15: Normas Vigentes**

Normas internacionales aplicables :  
Normas nacionales aplicables :  
Marca en etiqueta : Corrosivo

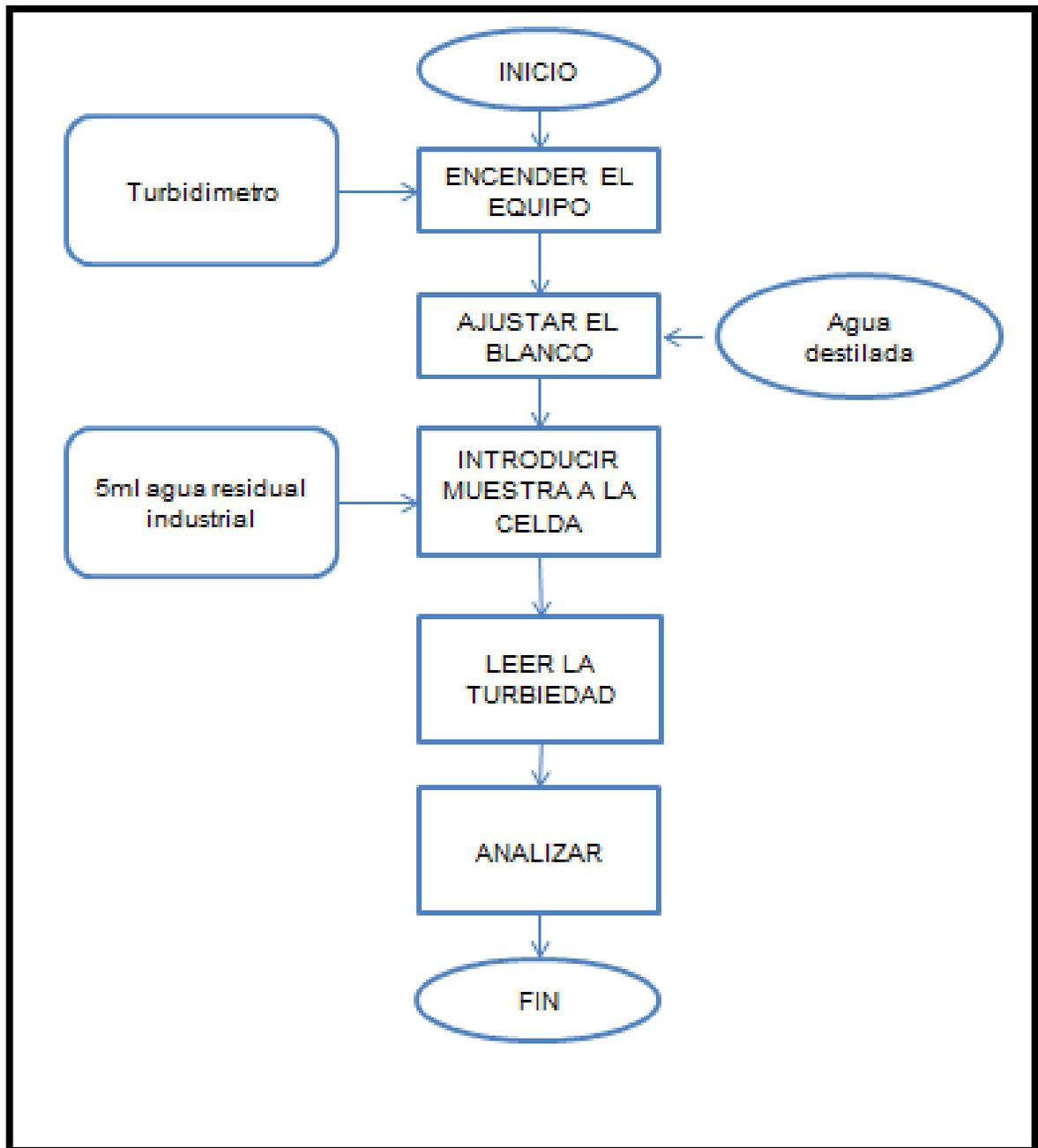
**Sección 16: Otras Informaciones**

**ANEXO E**  
**PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS**

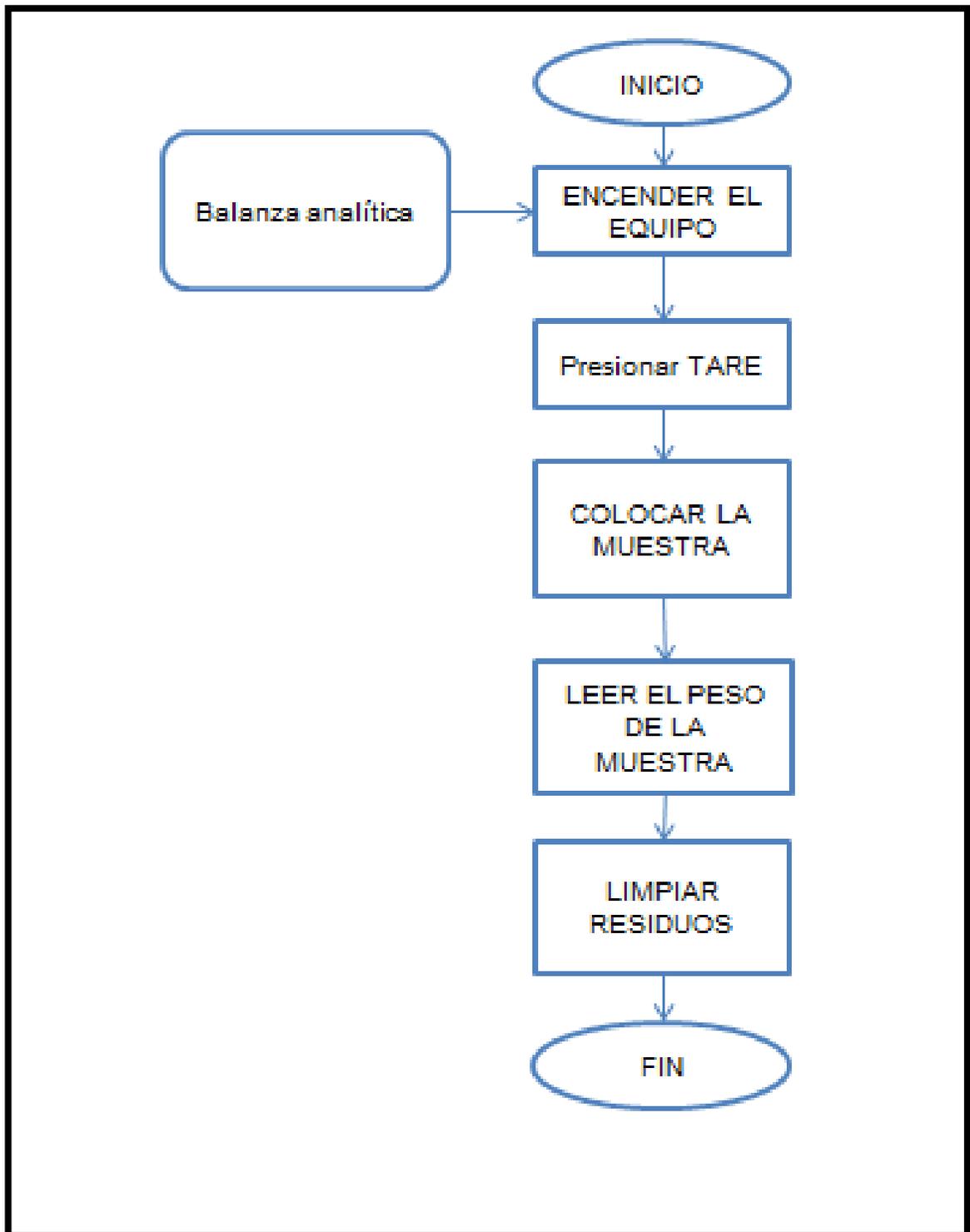
## EQUIPO DE JARRAS



## TURBIDIMETRO



## BALANZA ANALÍTICA



## **ANEXO E**

### **RESULTADOS DE LABORATORIO POST TRATAMIENTO**

El informe de resultados de laboratorio post tratamiento, fue realizado y brindado por el Laboratorio Ingeniería Medio Ambiental IMA.

**INFORME REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO  
PRUEBA DE JARRAS TRATABILIDAD**

INFORMACIÓN CLIENTE							
Empresa:	Pelikan Colombia SAS						
Dirección:	Cr 65 B # 18 A 17 Bogota						
NIT:	865,001,789-7						
Contacto:	Angie Camacho/Mauricio Noy Ortiz						
Teléfono:	3811711						
Fax:	N.E.						
E-mail:							
Departamento/Municipio:	Cundinamarca/Bogota						
IDENTIFICACIÓN DE LA							
Muestra IMA No.:	2900						
Matriz:	Agua Residual Industrial						
Responsable de Muestreo:	El Cliente						
Plan de Muestreo IMA No.:	N.A.						
Procedimiento de Muestreo:	N.E.						
Tipo de Muestreo:	Puntual						
Fecha y Hora de Toma:	2016-08-02 10:00						
Fecha y Hora de Recep.:	2016-08-02 17:00						
Lugar de Muestreo:	Agua residual procesos						
Departamento/Municipio:	Cundinamarca/Bogota						
Fecha de Análisis:	2016-08-02 @ 2016-09-01						
Prueba de Jarras #1							
MUESTRAS DE 500 ml	producto 1 ml	producto 2 ml					
Jarra 1	0,25	0,1					
Jarra 2	0,5	0,3					
Jarra 3	0,75	0,5					
Jarra 4							
Jarra 5							
Jarra 6							
Jarra 7							
Jarra 8							

Producto 1: sulfato Al 10%  
Producto 2: polimero 1143 0,2%

RESULTADOS	Turbiedad sin fenton NTU	Turbiedad con fenton NTU	DQO mg/L
Agua Sin Tratar	>800		8900
Jarra 1			
Jarra 2			
Jarra 3			
Jarra 4			
Jarra 5			
Jarra 6			
Jarra 7			
Jarra 8			

Prueba de Jarras #2				
MUESTRAS DE 500 ml	pto 1 en ml	pto 2 en ml	pto 3 en ml	pto 4 en ml
Jarra 1	0,25			1
Jarra 2		15		1
Jarra 3			15	1
Jarra 4				
Jarra 5				
Jarra 6				
Jarra 7				
Jarra 8				

Producto 1: cloruro ferrico 10%  
Producto 2: PAC 10 %

producto 3: sulfato Aluminio 10%  
producto 4: polimero 1143 0,2%

RESULTADOS	Turbiedad sin fenton NTU	Turbiedad con fenton NTU	DQO mg/L
Agua Sin Tratar	>800		8900
Jarra 1	error	error	
Jarra 2	error	error	
Jarra 3	104,9	134,1	
Jarra 4			
Jarra 5			
Jarra 6			
Jarra 7			
Jarra 8			

Prueba de Jarras #3						
MUESTRAS DE 500 ml	pto 1 en ml	pto 2 en ml	pto 3 en ml	pto 4 en ml	pto 5 en ml	pto 6 en ml
Jarra 1	15	1,2	2	1,5		
Jarra 2	15		2	1,5	1	
Jarra 3	15		2	1,5		1
Jarra 4	5		2	1,5		1
Jarra 5						
Jarra 6						
Jarra 7						
Jarra 8						

Producto 2: poliacrilamida 0,2%  
Producto 3: metabisulfito sodio 10%

producto 1: sulfato Aluminio 10%  
producto 4: borohidruro sodio 10%

producto5: polimero 15440,2%  
producto6: polimero 1045 0,2%

RESULTADOS	Turbiedad sin fenton NTU	Turbiedad con fenton NTU	DQO mg/L
Agua Sin Tratar	>800		8900
Jarra 1	49,1	94,1	
Jarra 2	107	147	
Jarra 3	35,6	40,8	
Jarra 4	54,6	92,1	
Jarra 5			
Jarra 6			
Jarra 7			
Jarra 8			

Prueba de Jarras #4					
MUESTRAS DE 500 ml	pto 1 en ml	pto 2 en ml	pto 3 en ml	pto 4 en ml	pto 5 en ml
Jarra 1	15	1,5	2	1,5	
Jarra 2	15		2	1,5	1,5
Jarra 3					
Jarra 4					
Jarra 5					
Jarra 6					
Jarra 7					
Jarra 8					

producto 1: sulfato Aluminio 10%  
Producto 2: poliacrilamida 0,2%

producto 3: metabisulfito sodio 10%  
producto 4: borohidruro sodio 10%

producto 5: polimero 1045 0,2%

RESULTADOS	Turbiedad sin fenton NTU	Turbiedad con fenton NTU	DQO mg/L
Agua Sin Tratar	>800		8900
Jarra 1			<=000
Jarra 2			<=000
Jarra 3			
Jarra 4			
Jarra 5			
Jarra 6			
Jarra 7			
Jarra 8			

Prueba de Jarras #5					
MUESTRAS DE 500 ml	pto 1 en ml	pto 2 en ml	pto 3 en ml	pto 4 en ml	pto 5 en ml
Jarra 1	15		2	1,5	1,5
Jarra 2	15				1,5
Jarra 3	15				1,5
Jarra 4	15		2	1,5	1,5
Jarra 5	15	1,5			
Jarra 6	15	1,5	2	1,5	
Jarra 7	15	1,5			
Jarra 8	15	1,5	2	1,5	

producto 1: sulfato Aluminio 10%  
Producto 2: poliacrilamida 0,2%

producto 3: metabisulfito sodio 10%  
producto 4: borohidruro sodio 10%

producto 5: polimero 1045 0,2%

RESULTADOS	Turbiedad sin fenton NTU	Turbiedad con fenton NTU	DQO sin fenton mg/L	DQO con fenton mg/L
Agua Sin Tratar	>800		8900	
Jarra 1	77		6384	
Jarra 2	63,2		7100	
Jarra 3		176		7400
Jarra 4		120		>8000
Jarra 5	55,3		7010	
Jarra 6	74,4		8290	
Jarra 7		157		7045
Jarra 8		183		>8000



Prueba de Jarras # 8						
MUESTRAS DE 500 ml	pto 1 en ml	pto 2 en minutos	pto 3			
Jarra 1	5		x			
Jarra 2	5	5	x			
Jarra 3	5	5	x			
Jarra 4						
Jarra 5						
Jarra 6						
Jarra 7						
Jarra 8						

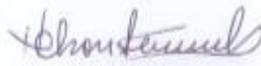
producto 1: chemifloc 0,3%  
Producto 2: centrifugacion

producto 3: filtracion carbon activado

RESULTADOS	Turbiedad sin fenton NTU	Turbiedad con fenton NTU	DQO sin osmosis mg/L	DQO con osmosis mg/L	conductivi permeado	conductivi rechazo
Agua Sin Tratar	251,0		5971			
Jarra 1			3670			
Jarra 2			3021			
Jarra 3		2,6		550	152	595
Jarra 4						
Jarra 5						
Jarra 6						
Jarra 7						
Jarra 8						

Para la muestra analizada se encontro que el tratamiento Quimico adecuado es la prueba **jarras #8**, consiste en adicionar polimero chemifloc, seguido de centrifugacion a 1800 rpm 5 minutos y filtración sobre carbon activado, posteriormente pasar por microfiltracion y osmosis inversa.

**Nota:** El procedimiento recomendado esta dado para un fluido en iguales o similares características a la muestra suministrada. Todo tratamiento quimico ejecutado en planta debe contar con los equipos requeridos para reproducir dicho tratamiento, con el fin de obtener las condiciones de laboratorio reproducibles en planta



NELSON FERNANDEZ B  
TP 4482 CPMQ DIRECTOR LABORATORIO



**INFORME REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO  
AGUA SALIDA TRATAMIENTO**

INFORMACIÓN CLIENTE	
Empresa:	PELIKAN COLOMBIA SAS
Dirección:	Cr 66 B # 18 A 17
Nit:	860,001,789-7
Contacto:	Angie Camacho/Mauricio Noy Ortiz
Teléfono:	2611711
Fax:	NA
E: mail:	
Departamento/Municipio:	Cundinamarca/Bogotá D.C.
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
Muestra IMA No. :	2900
Matriz:	Agua Residual Industrial
Responsable de Muestreo:	El Cliente
Plan de Muestreo IMA No. :	N.A.
Procedimiento de Muestreo:	N.E.
Tipo de Muestreo:	Puntual
Fecha y Hora de Toma:	2016-08-02 10:00
Fecha y Hora de Recop:	2016-08-02 17:00
Lugar de Muestreo:	Agua residual tratada despues de osmosis inversa, jarra #8
Departamento/Municipio:	Cundinamarca/Bogota
Fecha de Análisis	2016-08-02 @ 2016-10-04

Análisis en Agua			
PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDAD	Resultado Muestra
DBO5	SM 5210 B	mg/L	352
Sólidos Sedimentables	SM 2540 F	ml/L	<0.1
Sólidos suspendidos totales	SM 2540 D	mg/L	24.1
Sólidos totales	SM 2540 B	mg/L	930
Sólidos totales disueltos	SM 2340 C	mg/L	70,0

S.M. (Standard Methods 2005 21<sup>st</sup>), N.A. : No Aplica, N.E. No Especifica

**OBSERVACIONES:**  
El resultado corresponde únicamente a la muestra analizada y bajo condiciones de prueba.  
SM Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual. Prohibida la reproducción total o  
Parcial de este documento sin autorización del Laboratorio

NELSON FERNÁNDEZ B  
TP 4482 CPIQ DIRECTOR LABORATORIO



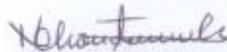
**INFORME REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO  
AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL**

INFORMACIÓN CLIENTE	
Empresa:	PELIKAN COLOMBIA SAS
Dirección:	Cr 65 B # 18 A 17
Nit:	860.001.789-7
Contacto:	Angie Camacho/Mauricio Noy Ortiz
Teléfono:	2611711
Fax:	NA
E-mail:	
Departamento/Municipio:	Cundinamarca/Bogotá D.C.
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
Muestra IMA No. :	2958
Matriz:	Agua Residual Industrial
Responsable de Muestreo:	El Cliente
Plan de Muestreo IMA No. :	N.A.
Procedimiento de Muestreo:	N.E.
Tipo de Muestreo:	Puntual
Fecha y Hora de Toma:	2016-10-24 10:20
Fecha y Hora de Recop:	2016-10-24 11:25
Lugar de Muestreo:	Agua residual
Departamento/Municipio:	Cundinamarca/Bogotá
Fecha de Análisis	2016-10-24 @ 2016-10-25

Análisis en Agua			
PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDAD	Resultado Muestra
Aluminio (Cruda)	SM 3111 B	mg/L	7,856
Aluminio(tratada)	SM 3111 B	mg/L	1,02
DQO (cruda)	SM 5220 C	mg/L	6948
DQO (calentamiento 60°C 1 hora)	SM 5220 C	m/L	1510
DQO (tratada y filtrada)	SM 5220 C	mg/L	704

S.M. :Standard Methods 2005 21ª, N.A. : No Aplica, N.E. No Especifica

**OBSERVACIONES:**  
El resultado corresponde únicamente a la muestra analizada y bajo condiciones de prueba SM Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual. Prohibida la reproducción total o Parcial de este documento sin autorización del Laboratorio

  
**NELSON FERNANDEZ B**  
TP 4482 CPIO DIRECTOR LABORATORIO

**INGENIERÍA medio ambiental**  
Nit. 830.042.240-2

## ANEXO F

### LISTA DE PRECIOS Y COTIZACIONES

Las cotizaciones de los equipos y los reactivos propuestos para la alternativa planteada para el tratamiento del agua residual, se encuentran adjuntos a continuación.

Insumo	Referencia	Características	Precio	Empresa
<b>Acero al carbón</b>	Calibre 3/6	Se considera un acero compuesto al no tener ningún contenido mínimo de cromo, cobalto, níquel, molibdeno o titanio. Es maleable, de alta resistencia y baja aleación.	7450.750COP/m <sup>2</sup>	MEDINA INOX
<b>Acero Inoxidable</b>	304	El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro.	625.061COP/m <sup>2</sup>	MEDINA INOX
<b>Lecho de arena</b>	Lecho de arena de cuarzo de 0,4mm	La filtración se lleva a cabo haciendo pasar el agua residual a través del lecho de arena. El tamaño promedio de los granos de arena y su distribución han sido escogidos para obtener las distancias mínimas entre granos, sin causar pérdidas de altas presiones.	1500COP/kg	DOBER OSMOTEC H
<b>Lecho de carbón</b>	SYBRON importado	Las propiedades de este medio filtrante hacen que las materias orgánicas y las causantes de olores y sabores sean absorbidas en las superficies del medio.	15.000COP/kg	DOBER OSMOTEC H
<b>Rompedor inverso de emulsión</b>	CHEMIFLOC-500	Rompedor-floculante catiónico de alto peso molecular, su concentración máxima es de 0,3% y el tiempo de maduración es de 1,5 horas.	15.000COP/20L	CHEMIPO L
<b>Equipo de osmosis inversa</b>		Para un caudal de entrada de 0,0035m <sup>3</sup> /min, y un caudal de permeado del 65%	30'000.000	OSMOVIC

# Lista de Precios

Productos para  
Sistemas de Bombeo

Agosto 26, 2015

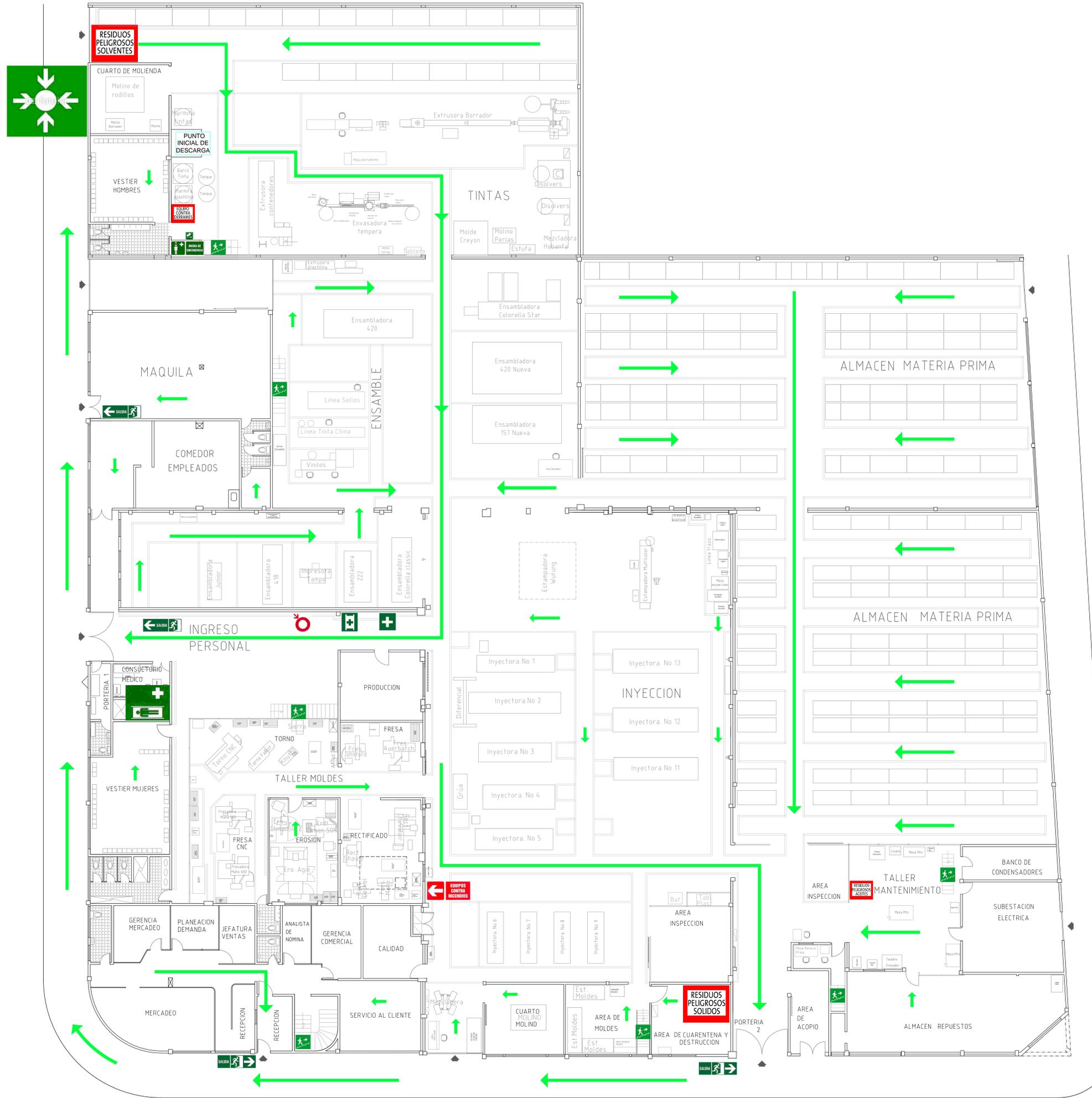


**BOMBAS**

BOMBAS CENTRIFUGAS AQUEX®		Desc.	E
  	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO MN</b>
	ACM50	Bomba Centrífuga Aquex 0.5 HP 1/60/115V	2,275.00
	ACM100	Bomba Centrífuga Aquex 1 HP 1/60/115V	2,760.00
	ACM150	Bomba Centrífuga Aquex 1.5 HP 1/60/115V	3,890.00
	ACM200	Bomba Centrífuga Aquex 2 HP 1/60/115V	4,200.00
BOMBAS CENTRIFUGAS AQUEX® INOX.		Desc.	E
  	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO MN</b>
	AQMS50	Bomba Centrífuga Inox Aquex 0.5HP 1/60/115V	6,235.00
	AQMS100	Bomba Centrífuga Inox Aquex 1HP 1/60/115V	6,675.00
	AQMS150	Bomba Centrífuga Inox Aquex 1.5HP 1/60/115V	9,135.00
	AQMS200	Bomba Centrífuga Inox Aquex 2HP 1/60/115V	9,850.00
BOMBAS CENTRIFUGAS STA-RITE		Desc.	E
	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO MN</b>
	JHC	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 0.5 HP 1/60/115-230V	10,370.00
	JHD	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 0.75 HP 1/60/115-230V	11,220.00
	JHE	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 1 HP 1/60/115-230V	12,005.00
	JHE3	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 1 HP 3/60/230-480V	13,630.00
	JHF	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 1.5 HP 1/60/115-230V	12,880.00
	JHF3	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 1.5 HP 3/60/230-480V	14,555.00
	JHG	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 2 HP 1/60/115-230V	16,150.00
	JHG3	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 2 HP 3/60/230-480V	19,145.00
	JHHG	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 2.5 HP 1/60/115-230V	19,430.00
JHHG3	Bomba centrífuga Alta carga Sta-Rite 2.5 HP 3/60/230-480V	21,475.00	

<p><b>3</b></p>	<p><b>BOMBA DOSIFICADORA DE DIAFRAGMA</b></p> <p>Modelo: MILENIO          Tipo: Dosificadora a diafragma          Valvulas: Polipropileno          Presión: 7 bar (102 P.S.I)          Succión: 3/8" (6.35 Mm)          Descarga: 3/8" (6.35 Mm)          Motor: 0,33 H.P          Revoluciones: 3350 RPM          Tensión: 110 V          Fases: 1          Frecuencia: 60 HZ 40 Amperios.          Frecuencia de Bombeo: 86 (Strokes) Carreras por/Min          Peso: 3.1 kilos - Altura: 29.5 Cm          Ancho: 14.7 Cm - Largo: 19.5 Cm</p> <p><b>Incluye:</b>          Filtro con válvula de pie – válvula de contrapresión y          antisifón para punto de inyección – grifo de purga y          juego de mangueras y Tanque de Producto de 80          Litros.</p> <p><b>BOMBA DOSIFICADORA PARA 30 GPD</b></p> 	<p>1</p>	<p>\$ 1.200.000</p>
-----------------	--	----------	---------------------

Calle 18A



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

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros **Angie Julieth Cristancho Bello** y **Andrés Mauricio Noy Ortiz** en calidad de titulares de la obra **Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para Pelikan Colombia S.A.S.**, elaborada en el año **2015**, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad de 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 de 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.

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Agosto - 2016

- 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 autor(es) establezco (establecemos) las siguientes condiciones de uso de mí (nuestra) obra de acuerdo con la **Licencia Creative Commons** que se señala a continuación:



Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.



Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.



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.

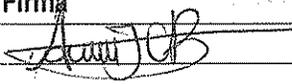
Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

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 sus autores.

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C, a los 5 días del mes de noviembre del año 2016.

#### LOS AUTORES:

##### Autor 1

<b>Nombres</b>	<b>Apellidos</b>
Angie Julieth	Cristancho Bello
<b>Documento de Identificación No.</b>	<b>Firma</b>
1016066121	

##### Autor 2

<b>Nombres</b>	<b>Apellidos</b>
Andrés Mauricio	Noy Ortiz
<b>Documento de Identificación No.</b>	<b>Firma</b>
1010204775	