



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**“DISEÑO DEL PROCESO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A
NIVEL DE LABORATORIO, PROVENIENTES DE LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE QUÍMICOS PARA LAVANDERÍA DE
UNA PLANTA INDUSTRIAL”**

Margaret Haydeé Soto Velásquez

Asesorado por: Inga. Olga Elisa Conteras Solórzano de Molina

Guatemala, febrero de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“DISEÑO DEL PROCESO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A
NIVEL DE LABORATORIO, PROVENIENTES DE LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE QUÍMICOS PARA LAVANDERÍA DE
UNA PLANTA INDUSTRIAL”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARGARET HAYDEÉ SOTO VELÁSQUEZ

ASESORADO POR LA INGENIERA LORENA VICTORIA PINEDA CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADORA	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

“DISEÑO DEL PROCESO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A NIVEL DE LABORATORIO, PROVENIENTES DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE QUÍMICOS PARA LAVANDERÍA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL,”

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, 28 de noviembre 2005.

Margaret Haydeé Soto Velásquez

AGRADECIMIENTO A

DIOS

Por culminar este trabajo de graduación, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.

MIS PADRES

Quienes me quieren y me apoyaron en mi estudio desde que vine a Guatemala y me dieron el aliento necesario para terminar el presente trabajo de graduación.

FAMILIARES

Con cariño sincero

COMPAÑEROS Y AMIGOS

Por los momentos compartidos, y a mi novio que quiero mucho y me estuvo apoyando en todo momento de mi carrera y de mi trabajo de graduación.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria .

UNIVERSIDAD DE SAN

CARLOS DE GUATEMALA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	1
1.1 Descripción del proceso de producción.....	1
1.2 Inspección del transporte de las aguas residuales que las conduce hacia el pozo de absorción	2
1.3 Análisis F.O.D.A. del proyecto.....	2
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Conceptos generales de aguas residuales.....	5
2.1.1 Causas y definiciones de contaminación de aguas.....	6
2.1.2 Impacto que producen las aguas residuales en el ambiente circundante.....	7
2.1.3 Tipos de aguas residuales.....	8
2.2 Control la calidad de las aguas residuales.....	10
2.3 Tratamiento de aguas residuales.....	11
2.4 Parámetros fisicoquímicos sanitarios.....	16
3. METODOLOGÍA DE LA CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES	19
3.1 Diagrama de flujo de la metodología utilizada.....	18
3.2 Caudal del agua residual generada.....	21
3.2.1 Puntos de aforo.....	21

3.3	Muestreo de agua residual.....	21
3.3.1	Punto de muestreo.....	22
3.3.2	Frecuencia de muestreo.....	22
3.3.3	Características del agua residual generada en el proceso.....	23
4.	RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES.....	25
4.1	Resultado de aforo.....	25
4.1.1	Interpretación de resultados de aforo.....	26
4.2	Características del agua residual	27
4.2.1	Interpretación de las características del agua residual.....	27
5.	DISEÑO DEL PROCESO PROPUESTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, A NIVEL DE LABORATORIO.....	33
5.1	Etapas del proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	34
6.	IMPLEMENTACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO DEL DISEÑO DE PROCESO PROPUESTO.....	39
6.1	Dimensiones de la Etapa No. 1.....	39
6.2	Dimensiones de la Etapa No. 2.....	40
6.2.1	Implementación del proceso del tanque de homogenización.....	41
6.3	Dimensiones de la Etapa No. 3.....	43
6.3.1	Implementación del proceso del decantador de precipitación	43
6.4	Dimensiones de la Etapa No. 4.....	49
6.4.1	Implementación del proceso del filtro de arena y grava.....	49
7.	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	51
7.1	Descripción de las actividades del programa ambiental.....	51
7.1.1	Calidad del agua de alimentación de las instalaciones.....	51
7.1.1.1	Parámetros físicos químicos y bacteriológicos	51

7.1.2	Calidad del agua de salida del sistema de tratamiento	52
7.1.2.1	Parámetros a tomar en cuenta.....	52
7.1.3	Frecuencia de análisis del agua tratada.....	52
7.1.4	Puntos de muestreo	53
7.1.5	Comparación de resultados.....	53
8.	CAPACITACIÓN AL PERSONAL.....	55
8.1	Capacitación del personal de planta.....	55
8.1.1	Capacitación sobre la amortiguación del impacto ambiental que éste proporciona.....	56
8.1.2	Capacitación teórica sobre el diseño propuesto del tratamiento de aguas residuales.....	57
8.1.3	Capacitación sobre el programa de monitoreo ambiental.....	57
	CONCLUSIONES.....	59
	RECOMENDACIONES.....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de flujo de la metodología utilizada	20
2.	Ilustración del punto de muestreo	22
3.	Resultados de la prueba de jarras utilizando sulfato de aluminio y cloruro férrico	30
4.	Diagrama del proceso del tratamiento de aguas residuales	34
5.	Ilustración de la estabilidad de coloides	36
6.	Rejilla colocada en las canaletas en el área de trabajo de la línea de productos químicos para lavandería	39
7.	Tanque de homogenización	40
8.	Equipo de aireación para la homogenización	40
9.	Introducción de las aguas residuales al tanque de homogenización y aireación en el tanque	41
10.	Aireación al tanque de homogenización	42
11.	Decantador de precipitación química	43
12.	Abriendo válvula del tanque de homogenización	44
13.	Medición del pH de las aguas residuales con papel pH	44
14.	Disolviendo el hidróxido de calcio	45
15.	Agregando la solución de hidróxido de calcio al decantador	45
16.	Medición del valor de PH, utilizando papel pH	46
17.	Decantación de los lodos abriendo la válvula de bola	47
18.	Abriendo la válvula de bola para permitir el paso del agua residual al filtro de arena	48
19.	Graduación del caudal que pasa al filtro	48
20.	Filtro de arena y grava	49

TABLAS

I.	Tabla de parámetros fisicoquímicos a evaluar para las aguas residuales.	23
II.	Tabla de resultados de aforo.	25
III.	Tabla de resultados del muestreo del agua residual que no cumplieron con los límites máximos permisibles	27
IV.	Tabla del costo por libra de sulfato de aluminio y cloruro férrico como el costo para tratar 10m ³ como agua residual	32
V.	Tabla de recopilación de resultados de los muestreos del agua residual	70

LISTA DE SÍMBOLOS

1.	AgSO₄	Sulfato de Plata
2.	CaCO₃	Carbonato de Calcio
3.	Ca(OH)₂	Hidróxido de Calcio
4.	DBO	Demanda Bioquímica del Agua
5.	DQO	Demanda Química del Agua
6.	F.O.D.A	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas
7.	GPM	Galón por minuto
8.	H₂O	Agua
9.	HCl	Ácido Clorhídrico
10.	ISO	Organización de estándares internacionales
11.	LMP	Límite Máximo Permisible
12.	m	Unidad de medida de metros
13.	m²	Unidad de medida de metros cuadrados
14.	m³	Unidad de medida de metros cúbicos
15.	mm	Unidad de medida de milímetros
16.	NGO	Normas Coguanor
17.	PH	Potencial de Hidrógeno
18.	PF	Peso de la muestra final
19.	Q	Caudal
20.	SS	Sólidos Suspendidos
21.	%	Porcentaje

GLOSARIO

Afluente	El agua captada por un ente receptor.
Aguas residuales	Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
Caudal	El volumen de agua por unidad de tiempo.
Coliformes fecales	El parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.
Contaminación	Permanencia de cualquier impureza material o energética, en un medio a niveles superiores a los normales.
Contaminación ambiental	Es la contaminación de los medios ambientales con tal magnitud que puede resultar perjudicial para personas, animales, plantas u objetos; produce un deterioro en la calidad de la vida.
Demanda bioquímica de oxígeno	La medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable, durante un período de cinco días y una temperatura de 20°C.
Demanda química de oxígeno	La medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.

Diseño	Trazo o conjunto de líneas de una figura o un edificio.
Efluente de aguas residuales	Las aguas residuales descargadas por un ente generador.
Entes generadores	La persona individual, jurídica pública o privada responsable de generar o administrar aguas residuales y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.
Flóculo	Conjunto de partículas pequeñas aglutinadas en partículas más grandes y con mayor capacidad de sedimentación, que se obtiene mediante tratamiento químico, físico o biológico.
Límite máximo permisible	El valor asignado a un parámetro, el cual debe ser excedido en las etapas correspondientes para las aguas residuales.
Monitoreo	El proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes.
Muestra	La parte representativa a analizar, de las aguas residuales.
Parámetro	La variable que identifica una característica de las aguas residuales, asignándole un valor numérico.
Plug	Es un tapón primario para galones, el cual sella el orificio y luego se coloca el tapón secundario.
Precipitación	Formación de partículas sedimentables por adición de sustancias químicas.
Productos químicos	Resultado material útil que posee un material activo proveniente de un proceso.

Puntos de descarga	El sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.
Residuos industriales	La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.
Sistema	Conjunto de procesos o elementos interrelacionados con un medio para formar una totalidad encauzada hacia un objetivo común.
Tratamiento de aguas residuales	Cualquier tratamiento físico, químico biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

RESUMEN

El agua es un solvente casi universal y en el que prácticamente todas las sustancias son solubles hasta cierto grado. A causa de esta propiedad, se contamina frecuentemente por las sustancias con las que entra en contacto. Debido a estas características, muchas empresas poseen problemas con el agua, provenientes de sus procesos, debido a que salen con altas cargas de contaminantes al ambiente, causando un alto impacto ambiental a nuestra sociedad.

Es por ello que se diseñó el proceso de una planta de tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio, para la línea de lavandería de la planta industrial, para lo cual se determinó, el diagnóstico de la caracterización de efluentes, como es la medición del caudal de las aguas residuales hasta obtener los resultados del muestreo de los parámetros fisicoquímicos del agua residual, obtenidos de los métodos de análisis realizados.

Para posteriormente seleccionar y proponer las etapas del proceso del diseño, junto con la implementación de una planta a nivel de laboratorio, así como un programa de monitoreo ambiental con el fin de garantizar la efectividad de las acciones en cuanto a medidas de mitigación de impacto ambiental se refiere, para la operación y mantenimiento regular del sistema de tratamiento de las aguas residuales y de esta manera poder contribuir con el medio ambiente que nos rodea.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio, con el fin de disminuir el impacto que tienen éstas en el ambiente.

ESPECÍFICOS

1. Determinar el caudal de las aguas residuales provenientes de la línea de producción de químicos para lavandería.
2. Obtener los resultados de los análisis de las aguas residuales provenientes de la línea de productos químicos para lavandería.
3. Determinar las etapas así como los aditivos necesarios para elaborar el diseño de tratamiento de aguas residuales.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas deben encausar sus acciones hacia el cuidado del medio ambiente, realizando procesos cada vez más productivos y eficientes, que mejoren la calidad del agua que es eliminada, como producto de una actividad realizada dentro de la empresa. Por esta razón, dentro de cualquier empresa existen mejoras en las que se pueden realizar cambios que contribuyan al amortiguamiento del impacto del medio ambiente, obteniendo así un beneficio para el entorno (viviendas, bosques, ríos, etc.). Por consiguiente garantizar la preservación de nuestros recursos naturales.

Tomando en cuenta lo anterior, se diseñó el proceso del tratamiento de aguas residuales a nivel del laboratorio, provenientes de la línea de lavandería de una planta industrial. Y para lograr tal efecto, se realizó una serie de pasos como es el diagnóstico actual de las aguas residuales, muestreo del agua residual, evaluación de la caracterización de los efluentes, determinación de los análisis fisicoquímicos para las aguas residuales, y de esta forma determinar las etapas del tratamiento de aguas residuales para posteriormente proporcionar un programa de monitoreo ambiental del sistema de tratamiento de aguas. Logrando así conocer el proceso para tratar las aguas residuales que provienen de la elaboración de productos para la lavandería, se logró contribuir con el saneamiento y la protección del ambiente circundante.

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1 Descripción del proceso de producción

El proceso de producción es básicamente simple el gerente de producción obtiene los pedidos que están programados. Al obtenerlos el depura los productos comenzando desde la bodega para verificar cuanto tiene de los productos solicitados físicamente. Para luego ver que es lo que no tienen en existencias y poder producirlo en la planta de manufactura. Posteriormente realiza un plan diario, el cual muestra los productos a realizar diariamente indicando en que tanque se formularan y a que hora del día.

Elaborado ya el plan diario, el gerente de producción es el responsable de realizar las ordenes de producción, las cuales contienen la cantidad del batch a elaborar, numero de lote, el nombre de producto, todas las materias primas que constituyen el producto al igual que sus cantidades, toda la información que compone el producto etc. Estas son trasladadas a la planta de producción por el supervisor de producción, las cuales las distribuye a los metrólogos.

Los metrólogos son personas que se encuentran en el área de metrología los cuales tienen la responsabilidad de pesar todas las materias primas para un determinado batch, según lo que menciona la orden de producción colocándola sobre una tarima.

Al ser pesado el batch se traslada al área de formulado, en donde el formulador obtiene la orden de producción y realiza el producto según el tanque indicado y según como indica las guías de formulación. Al terminar su producto este es liberado por aseguramiento de calidad verificando que cumpla con todas las características fisicoquímicas que se encuentran establecidas para cada producto.

Después de ser liberado lo formuladores inician a empacar según la presentación indicada en la orden de producción. Y para finalizar se limpia el tanque internamente como externamente con agua suave para realizar otro batch.

1.2 Inspección del transporte de las aguas residuales que las conduce hacia el pozo.

Se realizó un recorrido en la planta de producción para realizar una auto inspección de los drenajes establecidos dentro de la misma. Y se determinó que en esta planta de producción tiene toda su tubería de aguas residuales conectada y unida hacia un mismo punto de descarte, hablese de todas las aguas residuales generadas por limpieza de pisos, tanques (después de haber realizado un producto), cristalería, tarimas, etc. El conocer que estas aguas residuales poseen un mismo punto de descarte, es de gran importancia ya que nos proporciona un mecanismo accesible para obtener las muestras de agua residual de un solo punto de salida, y conocer que la tubería que transporta las aguas residuales se encuentra unificada facilita el primer paso del diseño ya que para iniciar a diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales, se tiene que tomar en cuenta la tubería.

1.3 Análisis F.O.D.A. del proyecto

FORTALEZAS

- La elaboración de un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales puede ser una herramienta que beneficie al entorno social circundante a empresa, puesto que contribuye a la reducción o amortiguamiento de una posible fuente de contaminación.

- Las aguas residuales se dirigen hacia el pozo sin un previo tratamiento.
- No existe un diseño de tratamiento de aguas residuales.
- El impacto ambiental que tienen estas aguas residuales hacia al medio ambiente es alto, debido que esta empresa se dedica a la elaboración de soluciones químicas.
- Todas las tuberías involucradas en el proceso de manufactura de la planta de producción tienden a unirse a un solo punto, según los planos de la empresa y se observo para verificar el mismo.
- Se tendrá el alcance de los suministros que se requieran siempre y cuando sean estos accesibles y viables.
- La ausencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales causa trastornos al ambiente.

OPORTUNIDADES:

- Contribuir en una pequeña parte con el medio ambiente, mediante la realización de un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Lograr contribuir con la disminución del impacto ambiental que tienen estas aguas residuales hacia el medio ambiente.
- Aplicar los conocimientos adquiridos de la carrera de Ingeniería Química, en el diseño del tratamiento de aguas residuales. Logrando proponer los aditivos, método y equipo para el mismo, basado en un criterio profesional.
- Ampliar los conocimientos y adquirir un criterio propio mediante la elaboración del diseño.
- Involucrarse a las actividades de un ambiente empresarial.

DEBILIDADES

- No se tiene total disponibilidad de equipo adecuado para la realización de los diferentes análisis necesarios.
- Este sistema no es de conocimiento por parte de los operarios de la planta por lo que se tendrá que capacitar personal involucrado para el mantenimiento y el manual del control ambiental.

AMENAZAS

- La actualización constante de métodos de tratamientos de aguas residuales.
- Se cuentan con algunas limitaciones económicas para la realización del proyecto.
- No contar con suficiente personal capacitado para la toma de muestras.

2. MARCO TEÓRICO

El agua es un líquido insípido, incoloro e inodoro. Se trata de un compuesto químico representado por la fórmula H_2O , la cual indica que es la combinación de dos volúmenes de hidrógeno y un volumen de oxígeno. Sin embargo, el agua químicamente pura es un líquido extremadamente escaso y difícil de obtener, debido precisamente a que es un solvente casi universal y en el que prácticamente todas las sustancias son solubles hasta cierto grado. A causa de esta propiedad, el agua se contamina frecuentemente por las sustancias con las que entra en contacto.

Debido a estas características del agua muchas empresas poseen problemas con el agua provenientes de sus procesos, debido que salen con altas cargas de contaminantes al ambiente causando un alto impacto ambiental a nuestra sociedad. Es por ello que se ven con la necesidad de crear sistemas de tratamiento de aguas residuales para tratar el agua, con el fin de expulsarla a una carga a la cual el ambiente puede soportar

2.1 Concepto de aguas residuales

Las aguas residuales son efluentes derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales.

2.1.1 Causas y definiciones de contaminación de aguas

El agua contaminada es la que se le incorporaron materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos. Incluso las hacen inadecuadas para el uso a las que estaban destinadas, es cuando reciben el nombre de aguas contaminadas o residuales.

Existen una serie de causas de la contaminación de agua pero uno de los principales son los que se mencionan a continuación:

- **Desechos que requieren oxígeno:**

Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.

- **Sustancias químicas inorgánicas:**

Ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo) que envenenan el agua.

- **Los nutrientes:**

Vegetales que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta).

- **Sustancias químicas orgánicas:**

Petróleo, plásticos, plaguicidas y detergentes que amenazan la vida.

- **Sedimentos o materia suspendida:**

Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.

- **Calor:**

Ingresos de agua caliente disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables.

2.1.2 Impacto que producen las aguas residuales en el ambiente circundante.

Actualmente la contaminación es un factor importante que ha tomado un gran auge en la sociedad, puesto que conforme pasa el tiempo el deterioro del ambiente también tiende a ir en aumento, por lo cual es necesario tomar en cuenta todo este tipo de factores que contribuyen en una u otra manera a la contaminación ambiental, tal es el caso de las diferentes industrias que se encuentran alrededor de las zonas urbanas, las cuales pueden contaminar el entorno por diferentes vías como la emanación de gases o contaminación por la liberación de aguas residuales, sin contar con un sistema de tratamientos de aguas. El cual permite eliminar las aguas en un estado que no contamine el ambiente, puesto que la liberación de aguas residuales sin tratar puede ocasionar diferentes problemas de contaminaciones.

Con el desarrollo de la urbanización y con la diversificación de los procesos industriales, un sin número de elementos químicos elaborados por la sociedad junto a una mayor cantidad de materias orgánicas son dispuestos en los cursos normales de agua, depositándose en lagunas, lagos, ríos y mar. La Demanda Bioquímica del agua (DBO) aumenta y el limitado oxígeno disuelto no es suficiente para posibilitar la recuperación de dichos elementos

ya que la naturaleza no es capaz por sí sola de realizar el proceso de autopurificación de los cursos de agua. Contribuyendo a la contaminación de los suelos y aguas.

Es por ello que el proyecto que se desea realizar tiene como objetivo ayudar al medio ambiente que nos rodea, disminuyendo el impacto ambiental que tienen las aguas residuales que provienen de la elaboración de productos químicos para lavandería, logrando contribuir en una parte con el saneamiento y la protección del ambiente circundante.

Este es un punto crítico en cuanto a nuestra comunidad, debido que el proteger el medio ambiente constituye uno de los mayores desafíos de nuestra sociedad. De tal manera que el agua que entra en una industria, no tiene la misma calidad al salir, como es el caso de esta empresa en particular que no posee un tratamiento para las aguas residuales que produce. Por lo que se tiene como objetivo principal tratar dichas aguas residuales antes de ser regresadas al ambiente.

2.1.3 Tipos de aguas residuales

Las aguas residuales se pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

Aguas residuales provenientes de una contaminación urbana:

Está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Teniendo como principal objetivo en la eliminación de residuos urbanos reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos

disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas. E incluso se a logrado mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de partículas orgánicas e inorgánicas. El tratamiento secundario, implica la floculación y la sedimentación que implica; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos de filtrado, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado.

Aguas residuales provenientes de una contaminación de una industria:

Pueden diferir mucho tanto dentro de como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

Aguas residuales provenientes de una contaminación de la agricultura, el ganado comercial y las granjas avícolas:

Son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo

que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales.

2.2 Control de calidad de las aguas residuales.

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor.

Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En líneas generales, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas.

Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se han ideado mecanismos de control temprano de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina. Cada país debe tener una institución que se encargue de dicho control.

Es responsabilidad de toda empresa cumplir con los rangos permisibles según el Acuerdo Gubernativo número 236-2006 referente a las aguas residuales. Por lo que cada empresa debe contemplar dentro de su Programa de Control de Calidad el control frecuente del destino final de las aguas residuales generadas en la empresa.

2.3 Tratamientos de aguas residuales

Así como para el caso de las aguas residuales urbanas, agrícolas como para el tratamiento de las aguas residuales industriales podemos hablar de los mismos procesos generales: pretratamiento, tratamientos primarios, secundarios y terciarios, utilizándose sólo los que sean de aplicación al proceso industrial concreto. Los principales tratamientos en cada una de las categorías son:

A) Pretratamientos y Tratamientos Primarios:

Consiste básicamente en una etapa preliminar donde se procede a retirar materiales flotantes o pesados que comúnmente vienen en las aguas residuales colocando una malla u otro mecanismo para lograr separar los desechos de mayor tamaño como palos, piedras y trapos. Debido que el objetivo es mantener en el proceso sustancias de tipo orgánico como ya que los de tipo inorgánico como plásticos, papeles, arenas y demás sólidos no orgánicos, solo disminuyen la eficiencia del proceso.

Algunos de los tratamientos son los siguientes:

- *Homogenización de efluentes:* con el mezclado y homogenización de los distintos efluentes generados en el proceso productivo se consigue disminuir las fluctuaciones de caudal de los diferentes vertidos, consiguiendo una única corriente de caudal y concentración más constante. Se suelen realizar en tanques agitados.
- *Cribado:* Esta etapa sirve para eliminar los sólidos de gran tamaño presentes en el agua residual. Se suelen realizar mediante rejillas.
- *Neutralización:* la neutralización (tratamiento ácido-base del agua residual) puede utilizarse para los siguientes fines:

- *Coagulación-floculación*: para eliminar sólidos en suspensión y material Coloidal y así como fosfatos utilizadas como materia prima.

La *Coagulación* consiste en la desestabilización de las partículas coloidales, empleando productos químicos (coagulantes) que neutralizan la carga eléctrica de los coloides; la *Floculación* consiste en la agrupación de las partículas coloidales desestabilizadas, formando agregados de mayor tamaño denominados "flóculos", los cuales sedimentan por gravedad. Para favorecer la formación de flóculos más voluminosos y su sedimentación, se suelen utilizar determinados productos químicos (floculantes), generalmente de naturaleza polimérica.

Estos floculantes establecen puentes de unión entre los flóculos inicialmente formados. Los cuales podrían tener una opción de poseer un dispositivo que logre girar mucho más lento para conseguir que los microflóculos se encuentren y se agreguen sin romperse. Una vez conseguida la floculación mejora la sedimentación ya que parte de los sólidos coloidales y disueltos pasan a ser sólidos en suspensión sedimentables, y por acción de gravedad sedimenten para posteriormente decantarlo

Los principales compuestos químicos usados como *coagulantes* son:

- Sales de aluminio: sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, policloruro de aluminio (polímero inorgánico de aluminio).
- Sales de hierro: cloruro de hierro (III), sulfato de hierro (III).

Decantación.

Se utiliza para la eliminación de materia en suspensión que pueda llevar el agua

residual, eliminación de los flóculos precipitados en el proceso de coagulación-floculación o separación de contaminantes en un proceso de precipitación química.

Filtración:

La filtración es una operación que consiste en hacer pasar un líquido que contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros.

Separación de fases:

- Separación sólido-líquido: separación de sólidos en suspensión. Se suelen emplear la sedimentación, la flotación (para sólidos de baja densidad) y la filtración.
- Separación líquido-líquido: la separación de aceites y grasas es la aplicación más frecuente.

B) Tratamientos biológicos o secundarios

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

Los procesos biológicos pueden ser de dos tipos principales: aerobios y anaerobios (en ausencia de aire); en general, para aguas con alta carga orgánica se emplean sistemas aerobios y para aguas no muy cargadas, sistemas anaerobios. En la práctica pueden ser empleadas ambas técnicas de forma complementaria. Los tratamientos biológicos engloban

tanto el proceso de reacciones biológicas comentado, como la posterior separación de los fangos por decantación.

- Tratamientos aerobios.

Una opción es la aireación ya que esta actividad hace burbujear aire o en algunos casos oxígeno, desde el fondo del tanque para favorecer el rápido crecimiento de las bacterias y otros microorganismos. Obligando que las bacterias utilicen el oxígeno para descomponer los desechos orgánicos de estas aguas. Otros tratamientos utilizados de bajo costo son: filtros percoladores, biodiscos, biocilindros, lechos de turba, filtros verdes y lagunaje (este sistema se puede considerar como “mixto”, ya que se dan tanto en procesos aerobios como anaerobios, dependiendo de la profundidad). En todos estos procesos, la materia orgánica se descompone 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 (mezcla gaseosa de metano, dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno), que se puede aprovechar para la producción energética, y los lodos de digestión (compuestos no biodegradables y biomasa).

C) 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. Las principales técnicas son:

- *Procesos de membrana:* en estos procesos 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 influente y del tamaño de poro de la membrana.

- *Intercambio iónico:* sirve para eliminar sales minerales, las cuales son eliminadas del agua residual que atraviesa una resina, por intercambio con otros iones (H^+ en las resinas de intercambio catiónico y OH^- en las de intercambio aniónico) contenidos en la misma.

- *Adsorción con carbón activo:* para eliminar compuestos orgánicos. Se puede utilizar en forma granular (columnas de carbón activado granular).

- *Procesos de oxidación:* sirven para eliminar o transformar materia orgánica y materia inorgánica oxidable.

2.4 Parámetros Fisicoquímicos Sanitarios

Demanda química del oxígeno:

Cantidad de oxígeno (medido en mg/L) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales.

Demanda bioquímica del oxígeno:

Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica, de los compuestos orgánicos degradables existentes en el líquido residual. Fijando ciertas condiciones de tiempo y temperatura, por ej. en 5 días y a 20 ° C. Ese contenido se expresa en función de la demanda de oxígeno de los microorganismos participantes en la degradación de la materia orgánica

Sólidos disueltos:

Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración. Estos están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso. Están relacionados con la conductividad del agua ya que un aumento de estos iones aumenta la capacidad conductiva.

Sólidos en suspensión:

Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución. se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua. Este tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante filtración.

Temperatura:

El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. La temperatura se mide con un termómetro, donde el resultado de la medición en °C del agua residual ser semejante al del cuerpo receptor.

pH:

El potencial del hidrógeno mide el pH, que marca el grado de acidez o de alcalinidad que poseen, en una escala que va del 0 al 14, siendo el 7 el que indica un punto neutro (ni ácido ni alcalino) en donde los iones de hidrógeno e hidróxido son iguales. Cuando el pH es menos que 7, la solución es ácida, y cuando es más de 7, es alcalina. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.

3. METODOLOGÍA DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES

A continuación se encuentra la metodología realizada para las aguas residuales generadas en la línea de lavandería, con el fin de poder determinar el tipo de diseño.

El método consistió fundamentalmente en elaborar un diagnóstico de la caracterización de los posibles efluentes de proceso, en cuanto a naturaleza del proceso constituyendo lo que es el caudal y calidad del agua residual proveniente de la línea de lavandería con el objeto de dimensionar el sistema.

De acuerdo con la información proporcionada por la empresa y lo observado dentro de la planta industrial se determino que el agua es el principal consumo para elaborar principalmente los productos (como un constituyente del mismo). Y en cuanto a los consumos de agua en la planta son aproximadamente constantes y son dependientes de los pedidos que ingresan a la planta de manufactura.

En cuanto las aguas residuales generadas se refiere estas no son derivadas de algún proceso de síntesis química, sino por procesos simples de dilución de productos. Por lo cual el agua residual del proceso es básicamente proveniente de las actividades como es el lavado de envases, tanques y áreas de trabajo.

3.1 Diagrama de flujo de la metodología utilizada

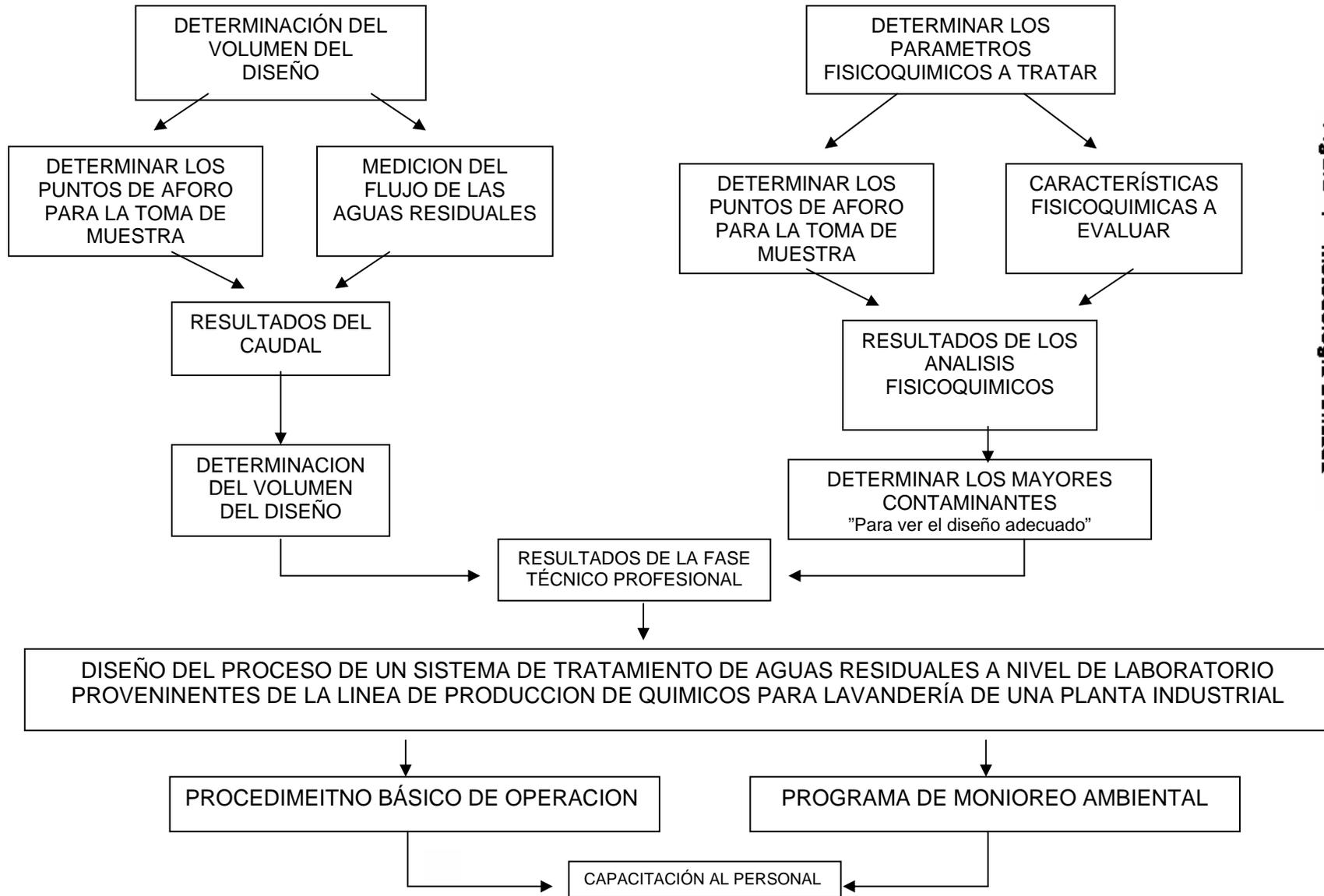


Figura 1 Metodología utilizada

3.2 Caudal del agua residual generada

Para poder lograr conocer la dimensión del diseño para las aguas residuales generadas de la línea de lavandería, es primordial conocer el caudal producido por estas aguas residuales. Y para lograr tal efecto se realizaron una serie de muestreos en ciertos puntos de aforo con el fin de poder obtener una muestra de una población, y de esta forma sea representativa, para la realización del diseño. Tomando en cuenta que se obtuvieron resultados caudal por semana para convertirlos en caudal por mes, tomando en cuenta que son solo 22 días efectivos de operación por mes.

3.2.1 Puntos de aforo

Como partida para evaluar el caudal generado se determinaron los puntos de aforo que se tenían en la línea de lavandería en la planta de manufactura; siendo estos los puntos o lugares que son causantes de la generación de las aguas residuales. Y así realizando una inspección para la línea de lavandería se logro determinar que los puntos de aforo serían el lavado de envases, el lavado de tanques y otros lavados (limpieza de área de trabajo). Y por medio de estos puntos de aforo se obtendra el caudal generado por las aguas residuales.

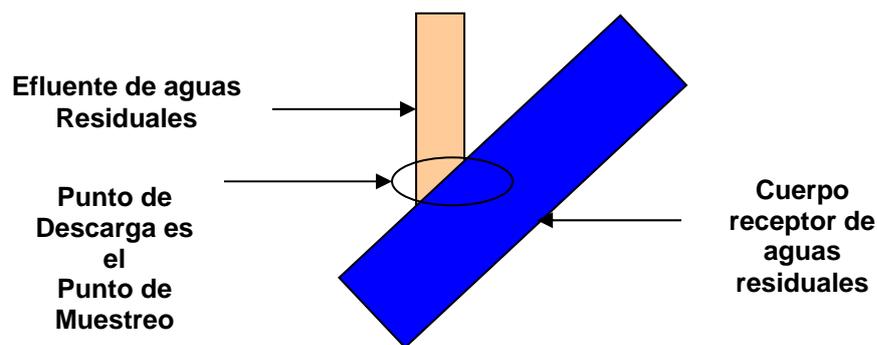
3.3 Muestreo de agua residual

Para lograr el muestreo de las aguas residuales, se eligió un punto de muestreo, para posteriormente analizar las muestras de las aguas residuales y poder interpretar los resultados. Es por ello que para determinar la calidad del efluente, se elaboró un diagnóstico de caracterización de efluentes del proceso, por medio de un monitoreo compuesto y representativo para un día de la semana de operación regular de la planta de manufactura para la línea de lavandería de acuerdo con lo siguiente.

3.3.1 Punto de muestreo

El punto de muestreo es de gran importancia debido que es aquí donde se obtendrá la muestra para posteriormente realizarle los análisis tanto químicos como físicos. El punto de muestreo que se tomo esta ubicado en un lugar accesible para la inspección; este esta ubicado en la parte posterior de la empresa, teniendo como ventaja que el punto de muestreo es la parte en donde se une toda la tubería de aguas residuales provenientes de la planta de producción y estas posteriormente se dirigen hacia el cuerpo receptor.

Figura 2. Ilustración del punto de muestreo



3.3.2 Frecuencia de muestreo

Se estableció una frecuencia del muestreo de las aguas residuales con el fin de poder contar con una serie de resultados obteniendo para ello una muestra por semana con el fin de realizar un promedio mensual de los resultados fisicoquímicos obtenidos con una duración de tres meses para lograr obtener una muestra representativa. Y determinar la calidad del efluente, así como conocer la caracterización de los efluentes.

3.3.3 Características del agua residual generada en el proceso

A las muestras obtenidas en el punto de muestreo seleccionado se tomaron tanto parámetros físicos como químicos, para realizarle sus respectivos análisis y poder obtener un resultado numérico del mismo.

Tabla I. Parámetros fisicoquímicos a evaluar para el agua residual y LMP aceptables

No	PARAMETROS FISICOQUÍMICOS	LMP
1	Sólidos disueltos (mg/l)	1500
2	Sólidos en suspensión (mg/l)	3500
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l DBO ₅)	6500
4	Denada Química de Oxígeno (mg/l DQO)	5000
5	pH (unidades de pH)	6 a 9
6	Temperatura (°C)	22±7
7	Grasas y Aceites (mg/l)	1500
8	Materia Flotante (presencia/ausencia)	Presencia
9	Nitrogeno Total (mg/l)	1400
10	Fósforo Total (mg/l)	700
11	Colifomes Fecales (numero más probable en cien mililitros)	<1X10 ⁸
12	Arsénico (mg/l)	1
13	Cadmio (mg/l)	1
14	Cianuro Total (mg/l)	6
15	Cromo Hexavalente (mg/l)	1
16	Mercurio (mg/l)	0.1
17	Niquel (mg/l)	6
18	Plomo (mg/l)	4
29	Zinc (mg/l)	10
20	Color (Unidades platino cobalto)	1500

Fuente: Datos obtenidos por el reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales

4. RESULTADOS OBTENIDO APARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES

4.1 Resultados del aforo

Tabla II. Resultados de puntos de aforo

PUNTO DE AFORO	CAUDAL (m ³ /semana)	PROMEDIO DEL CAUDAL (m ³ /mes)
Lavado de Envases	3.23	
	3.24	
	3.22	
	3.23	
	Promedio	
Lavado de Tanques	34.73	
	34.72	
	34.73	
	34.74	
	Promedio	
Otros Lavados	5.49	
	5.48	
	5.47	
	5.50	
	Promedio	
CAUDAL TOTAL POR MES		173.79
CAUDAL PROMEDIO DIARIO (m³/día)		7.90
CAUDAL PROMEIDO DIARIO con un aumento del 27% (m³/día)		10

4.1.1 Interpretación de resultados de aforo

Para poder lograr diseñar el proceso de tratamiento de las aguas residuales, es de primordial importancia obtener el caudal diario que produce la empresa de aguas residuales en la línea de lavandería, ya que con el caudal se puede determinar las dimensiones del diseño a proponer. Y para lograr tal efecto, se realizó una medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido, desviando para ello la corriente hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y se determinó el tiempo de las veces que se demoró su llenado en el transcurso de la producción en la línea de lavandería. Tomando en cuenta la disposición de tres puntos de aforo para la medición del caudal como es el lavado de envase, tanques de formulación y otros lavados como es la limpieza del área de trabajo.

Obteniéndose de esta manera caudales de m^3/min y a partir de ello un caudal para cada semana con el fin de poder obtener un caudal promedio mensual siendo este $173.79 \text{ m}^3/\text{mes}$ y respetando que la empresa posee únicamente 22 días efectivos de operación por mes se obtuvo un caudal de por día resultando $7.90 \text{ m}^3/\text{día}$. El caudal se obtiene diario ya que el diseño del proceso a proponer está considerado para realizar por día el tratamiento de las aguas residuales, trabajando el sistema tipo batch intermitente.

La empresa proyecta a aumentar sus ventas en un 27% en cinco años, por consiguiente el caudal de aguas residuales aumentará y tomando en cuenta este dato se estima un aumento de 27% en el caudal. Quedando como dato de diseño un caudal promedio diario de $10 \text{ m}^3/\text{día}$.

4.2 Características del agua residual

Tabla III. Resumen de los resultados del agua residual de los tres puntos de aforo que sobrepasaron los límites máximos permisibles presentados en anexo

No	MES	LMP*	PROMEDIO**	OBSERVACION
1	Sólidos disueltos (mg/l)	1500	2377	No cumple
2	Sólidos en suspensión (mg/l)	3500	3764	No cumple
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l DBO ₅)	6500	7626	No cumple
4	Demanda Química de Oxígeno (mg/l DQO)	5000	5902	No cumple
5	pH (unidades de pH)	6 a 9	9.1	No cumple

* LMP según el reglamento del acuerdo gubernativo 236-2006

** Presenta el promedio de los resultados de las características fisicoquímicas de los 3 puntos de aforo (lavado de envases, lacado de tanques y otros lavados)

*** Es importante mencionar que se extrajeron los plug de las aguas residuales para su respectivo análisis

4.2.1 Interpretación de las características del agua residual

Se obtuvieron resultados promediados de los parámetros fisicoquímicos que sobre pasaron los LMP, debido que se analizó una muestra por semana durante tres meses para obtener datos representativos, a partir de de los tres puntos de aforos (*lavado de envases, tanques y otros lavados*). El motivo del promedio es porque al final de transcurso de las aguas residuales tienden a unirse a un solo y es allí donde iniciara a tratar el agua residual generada de la línea para productos químicos para lavandería.

Al analizar los resultados de los parámetros fisicoquímicos mencionado en la Tabla I. de las cuatro primeras muestras obtenidas en el primer mes de las

aguas residuales se determinó que no todos los parámetros evaluados sobre pasaban el límite máximo permisible, ya que sus valor era tan mínimo y no era tan apreciable para tomar cuenta en el diseño del proceso propuesto para tratar las aguas residuales. Debido a lo anterior no se continuó analizando las aguas residuales para los parámetros de la Tabla I. del No. VI al XX .

Pero en cuanto a la Tabla III. se refiere muestra los resultados de los parámetros donde sobrepasaron los límites máximos permisibles establecidos, por lo que se continuo analizando los mismos obteniendo resultados muy representativos y precisos ya que entre ellos mostraron pequeñas variaciones insignificativas. Determinando así que el grado de pureza del agua residual proveniente de la línea de lavandería de productos químicos (sólidos en suspensión, DBO, DQO, etc.), se encuentra pobre en pureza al comparar los valores obtenidos con los que determina la normativa del Acuerdo Gubernativo número 236-2006.

Es de gran importancia mencionar que para la realización de los análisis fisicoquímicos de las aguas residuales fueron extraídos los plug de plástico, que se encontraban flotando en el agua residual. Pero se tomaron en cuenta para la realización del diseño del proceso. Para ello se tomaron medidas con el fin de proponer una forma de impedir el paso a la salida de las aguas residuales. Su medidas son: grosor es de 0.5cm y el diámetro del plug es de 3.5 cm, donde posteriormente se mencionan como tratar este material.

Obteniendo que la **demanda bioquímico de oxígeno (DBO)** sobre paso el límite máximo permisible con valor de 7626 mg/l, y este mide la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno sea necesario para la depuración de esas aguas.

En cuanto al parámetro químico, demanda química del oxígeno (DQO), también sobre paso el límite máximo permisible con un valor de 5902 mg/l, el cual mide la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual.

Se puede observar que el valor de DBO es superior al de la DQO, esta es una gran ventaja ya que esto expresa que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse biológicamente y no químicamente. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia con carga orgánica de aguas residuales que, o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

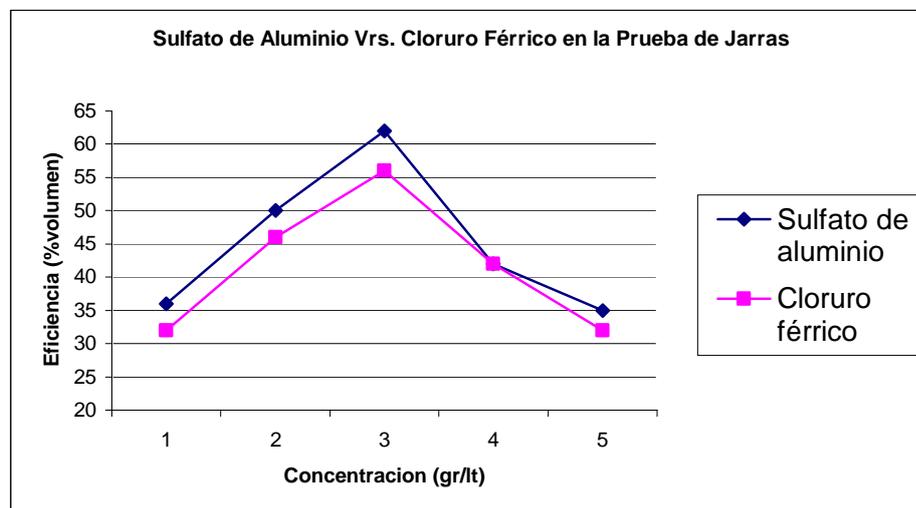
En cuanto los parámetros obtenidos tanto de la demanda química como la bioquímica del oxígeno sobre pasaron el LMP, esto se debe porque en la línea de productos químicos para lavandería se utilizan una serie de materias primas para la realización de productos, tanto de tipo orgánico como inorgánico. Dentro de los más destacados tipo orgánico son los surfactantes como los *glucopones* tipo poli glucósidos los cuales poseen un alto movimiento, así como la *carboximetilcelulosa* esta es una materia prima polisacárida constituyente de la madera y de todas las estructuras, el *alcohol* una materia orgánica ya que se obtiene de la fermentación de la glucosa de los jugos de las frutas o diversas plantas o la madera y un empaque secundario que utilizan orgánico es el cartón que se utiliza en el proceso.

Y en cuanto las materias primas tipo inorgánico son las que se encuentran en mayor cantidad entre los estos esta el carbonato de sodio, gluconato de sodio, sulfato de sodio hidróxido de sodio, hidróxido de potasio.

Los **sólidos en suspensión** están por encima del LMP con un valor de 3764 mg/l, la causa de la suspensión de estos sólidos en el agua es su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua. Este

tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante decantación. Para determinar cual es el coagulante adecuado se realizo una prueba de jarras contra dos diferentes coagulantes como es el sulfato de aluminio y el cloruro férrico, a diferentes concentraciones y a una misma velocidad de 40 revoluciones por minuto obteniendo la siguiente gráfica:

Figura 3. Resultados de la prueba de jarras utilizando sulfato de aluminio y cloruro férrico



Y posteriormente se realizo una cotización por libra de cada coagulante tanto para el sulfato de aluminio como el cloruro férrico según su dosis óptima para poder conocer el costo total para tratar los 10m^3 que se tienen como agua residual. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla IV Costo por libra de sulfato de aluminio y cloruro férrico como el costo para tratar 10m³ como agua residual

Tipo de Coagulante	Dosis Óptima	Costo por libra (Q/lb)	Libras a utilizar para 10m ³ (Q)	Costo para tratar 10m ³ (Q)
Sulfato de aluminio	4gr/lt	1.29	88.18	113.75
Cloruro Férrico	3gr/lt	2.17	66.14	143.52

Nota: Las cotizaciones fueron realizadas en empresas externas grado industrial

Y de esta manera según el costo del coagulante y su dosis optima es mejor el sulfato de aluminio que el cloruro férrico para este tipo de aguas residuales provenientes del la línea de productos químicos para lavandería.

Ahora bien ya seleccionado el coagulante, dentro de la materias primas que se tienen en esta línea de productos químicos para lavandería que contribuyan al factor de sólidos en suspensión se tienen los siguientes: gluconato de sodio, acido dodecil bencen sulfonico (no es soluble a pH mayores de 7.5), fragancias, dehydopen (surfactante aniónico), no toleran pH elevados.

De igual forma los **sólidos disueltos** sobre pasaron el limite máximo permisible con un valor de 2377 mg/l y estos valores obtenidos están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso.. Estos pueden ser eliminados por medio de coagulación química. Dentro de las materias primas que tienen alto movimiento para la fabricación de productos químicos para lavandería que contribuyen a este factor que es sólidos en suspensión son los metasilicatos de sodio, carbonato de calcio, tripolifosfato de sodio. Pero en la mayoría de productos que se realizan en esa línea poseen en gran porcentaje fosfatos, y estos inciden también en los sólidos disueltos.

Tomando en cuenta los resultados expuestos en la tabla III se realizó el diseño del proceso para la planta de tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio.

5. DISEÑO DEL PROCESO PROPUESTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A NIVEL DE LABORATORIO

Derivado de los resultados expuestos en la sección anterior el diseño propuesto se orienta a tratar la totalidad del caudal actual de los efluentes de la empresa, estimándose para el diseño un excedente de alrededor de un 27% más del caudal residual por futuros cambios del proceso.

NATURALEZA DEL SISTEMA

El proceso de tratamiento propuesto, obedece a un proceso fisicoquímico de homogenización y de oxidación del efluente, neutralización y precipitación, con decantación y filtración en línea, para mayor eficiencia del proceso.

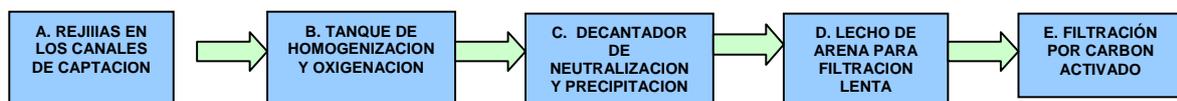
El agua tratada, podrá ser descargada hacia el cuerpo receptor o bien si se desea utilizar para tareas de limpieza de pisos en planta o posible riego de áreas verdes, se recomienda complementar el tratamiento descrito con una cloración simple para desinfección del agua. El sistema podrá ser implementado por etapas y monitoreadas cada una de estas, para mayor rendimiento del mismo, así como poder determinar los tiempos de operación, mantenimiento y limpieza.

Básicamente el diseño del proceso del sistema de tratamiento de aguas residuales elegido consta básicamente de 4 etapas:

5.1 Etapas del proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales

A continuación se encuentran las etapas del diseño del proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio:

Figura 4. Diagrama del proceso del tratamiento de aguas residuales



A. REJILLAS EN LOS CANALES DE CAPTACIÓN

Se colocara una rejilla en los canales que se encuentran en el área de trabajo para la línea de lavandería para poder eliminar los plug presentes en las aguas residuales. Así de este modo al entrar el agua residual al primer tanque de homogenización no entrara con plug, ya que estos ya fueron recogidos en el área de trabajo.

B. SISTEMA DE HOMOGENIZACIÓN Y OXIGENACIÓN

En virtud de que la calidad y cantidad del agua descargada durante el día no es constante, se hace necesario homogenizar el efluente. Y para mejorar la homogenización del agua y su oxigenación, se contará con un equipo de aireación en el tanque, el cual, además de auxiliar la mezcla, promoverá la oxigenación del efluente para depurar la carga orgánica; ocasionando la muerte de las bacterias anaerobias generando el crecimiento de las bacterias aerobias, las cuales contribuyen mucho más a la disminución de la carga orgánica. Seguidamente, el

proceso continúa por medio de un proceso de neutralización y precipitación de acuerdo con lo que se indica a continuación.

C. SISTEMA DE NEUTRALIZACION Y PRECIPITACION QUÍMICA

El tanque de neutralización y precipitación corresponderá a una unidad donde se pretende disminuir aún más, la carga orgánica lentamente y que puede estar presente en el agua, a través de hidrólisis en medio alcalino.

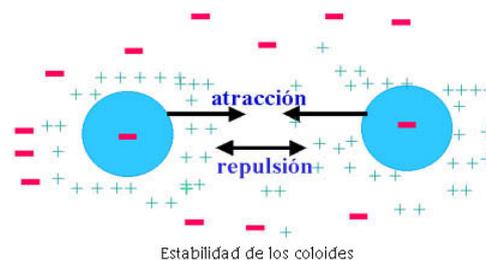
En esta parte se realizará primeramente la degradación de la materia orgánica presente así como formar fosfatos de calcio (sales insolubles) a partir de los fosfatos que se encuentran en disolución en el agua a través de la adición de cal hidratada o apagada Ca(OH)_2 .

En el tratamiento de aguas residuales la cal es usada para la floculación y precipitación de metales. Dentro de algunos iones metálicos se encuentra K^+ , y Na^+ , provenientes de las materias primas que se utilizan así como Fe^+ proveniente de las partes oxidadas del soporte de los tanques cuando realizan su limpieza del área. También se encuentran Ca^+ , Mg^+ , estos son provenientes del agua dura de la empresa que utilizan para la limpieza de tanques, área y lavado de envases esto es debido por la ubicación geográfica del empresa. La cal viva u otro material alcalino es agregado a las aguas residuales con el fin de incrementar también el pH a 12.0 por un período mínimo de 30 minutos, y luego ajustar el pH a 7.00 con ácido sulfurico.

Seguidamente se procede a tratar los sólidos suspendidos (*posible materia remanente*). Estas partículas se encuentran con cargas eléctricas similares repelándose mutuamente siendo unos de los principales factores que contribuyen a su permanencia en estado de fina división, hasta que las cargas se neutralizan. Pero para ello es necesario la adición de una sal coagulante, como el sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)$), cuyas cargas neutralizan las cargas de los coloides,

permitiendo que las partículas se unan formando aglomerados pequeños denominados flóculos. Estos son de masa relativamente grandes con gravedad específica suficientemente alta para causar su deposición en un periodo corto, para posteriormente decantarlos

Figura 5. Ilustración de la estabilidad de coloides



Una vez decantados los sólidos, se trasladará el líquido a la próxima unidad de tratamiento. Pero antes se debe de ajustar el pH entre 6.5 a 7.5, es decir, el álcali remanente se neutraliza a través de la a adición de ácido clorhídrico (HCl) diluido (ácido muriático), para que el agua tratada y neutralizada se acondicionada en el proceso siguiente.

D. LECHO DE ARENA PARA FILTRACION LENTA

Luego de realizar la precipitación química y neutralización del agua, se contará con un filtro de arena y grava, con el propósito de remover posibles sólidos finos que pueda contener, el agua y que no hayan decantado.

La filtración lenta es un proceso mediante el cual, se separa el agua de la materia en suspensión, material coloidal y posibles microorganismos, empleando lecho filtrante poroso, con las consecuentes transformaciones físicas y químicas de la calidad del agua.

E. FILTRACIÓN POR CARBON ACTIVADO

La filtración de carbón activado, tiene por objetivo remover sustancias orgánicas muy finas y que no hayan sido retenidas en el proceso anterior, así como turbiedad, colores y posibles olores remanentes.

El filtro será a base de carbón activado granulado, con carcasa de plástico comercial y resistente a impactos. Deseable el empleo de filtros que permiten reestablecer sus condiciones de operación originales a través del cambio de bujías (cartuchos), encontrándose en el mercado varias empresas que distribuyen los filtros y que a su vez ofrecen sus servicios de mantenimiento.

6. IMPLEMENTACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO EL DISEÑO DE PROCESO PROPUESTO

Con el fin de poder operar el diseño del proceso propuesto este esta orientado de una forma práctica y explicativa para lograr dimensionar las fases que se requieren para realizar la ejecución del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales planteado.

6.1 Dimensiones de la Etapa No. 1

REJILLAS EN LOS CANALES DE CAPTACIÓN

En el caso de las canaletas que se encuentran en el área de trabajo debe de poseer malla con el fin de impedir el paso de los plug a la planta de las aguas residuales, ya que al final lo que se tratará es el agua residual y no los plug. Por lo que deben de colocarse rejillas en las canaletas de tamaño de 2mm X 2mm a modo que cubra la superficie superior de la canaleta, y así al obtener los plug en la parte superior de la malla y poder ser recogerlos y descártalos en el dispensador de desechos de plástico.

Figura 6. Rejilla colocada en las canaletas en el área de trabajo de la línea de productos químicos para lavandería



Colocación de la malla en la canaleta



Retención de plug por la malla



Malla de 2mm X2 mm

6.2 Dimensiones de la Etapa No. 2

HOMOGENIZACIÓN DEL AGUA (tanque de $0.02m^3$ de capacidad)

A continuación se encuentra las dimensiones del tanque de homogenización así como las partes que lo constituyen:

Figura 7. Tanque de homogenización



Diámetro: 0.26m

Altura: 0.36m

**Capacidad: $0.02m^3$ equivalente a
 0.2% v/v para $10m^3$**

Figura 8. Equipo de aireación para la homogenización



Longitud de cada tubo: 9 cm

Cant. de tubos de $\frac{1}{2}$ pulg : 4

Cant. de selladores de $\frac{1}{2}$ pulg: 4

Cant. de orificios por tubo: 5

Diámetro del orificio: 2mm

6.2.1 Implementación del proceso del tanque de homogenización

1. Primeramente se debe de asegurar que la salida del tanque de homogenización debe de estar cerrada para evitar que el agua residual colocada en el tanque salga.
2. Se introduce al tanque 0.02m^3 equivalente a 5 galones de agua residual proveniente del proceso de la línea de producción de químicos para lavandería. (ver figura 9.)

Figura 9. Introducción de las aguas residuales al tanque de homogenización y la aireación en el tanque



3. Una vez lleno el tanque, se iniciará con la aireación del efluente. El proceso de aireación del tanque, deberá de ser de por lo menos 2 horas al día a 15 psi. (ver figura 10.)

Figura 10. Aireación al tanque de homogenización



4. Una vez homogenizada el agua se traslada al tanque de precipitación química.

6.3 Dimensiones de la Etapa No. 2:

NEUTRALIZACIÓN Y PRECIPITACIÓN QUÍMICA (Tanque de $0.02m^3$ de capacidad)

A continuación se encuentra las dimensiones del decantador de precipitación química así como las partes que lo constituyen:

Figura 11. Decantador de precipitación química



Diámetro: 0.26m

Altura: 0.36m

Capacidad: $0.02m^3$ equivalente a
 0.2% v/v para $10m^3$

Válvulas de bola de $\frac{1}{2}$ pulg.: 2

6.3.1 Implementación del proceso del decantador de precipitación química

1. Antes de introducir las aguas residuales provenientes del tanque de homogenización se deberá cerrar las dos válvulas de salida tanto la de lodos como la que conduce a las agua residuales al filtro de arena. Para evitar la salida de agua sin ser tratada.

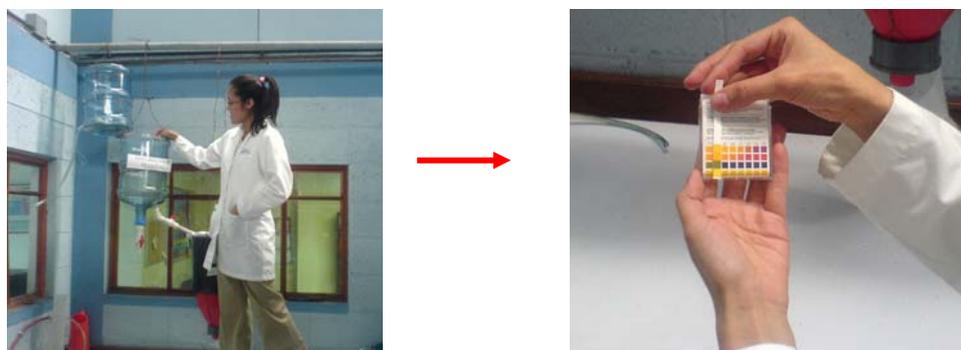
2. Se abre la válvula del tanque de homogenización para pasar las aguas residuales a tanque de precipitación. (ver Figura 12.)

Figura 12. Abriendo la válvula de del tanque de homogenización



3. Ya que se tienen el agua residual en el decantador se mide el pH para determinar la cantidad de hidróxido agregar. Se mide el valor de pH, utilizando para ello una cinta verificadora. (ver Figura 13.)

Figura 13. Medición del pH de las aguas residuales con papel pH



4. Si el valor se encuentra por debajo de $\text{pH}=12$, se debe de preparar una solución concentrada de hidróxido de calcio para elevar el pH (alcalinizar); para ello se tiene una dosis de 1.25 gr por cada litro a tratar pero como se tiene 5 galones equivalente a 18.9lt. Entonces se tiene que preparar una solución concentrada en un beacker, usando para ello 23.68 gr de hidróxido de calcio agua suave en un donde se debe de disolver el hidróxido de calcio. (ver Figura 14.)

Figura 14. Disolviendo el hidróxido de calcio



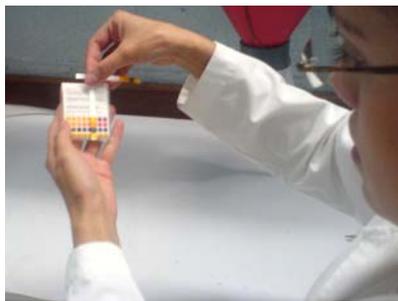
5. Ya disuelto el hidróxido de calcio se agrega en el tanque, como se indica más adelante y se vuelve a verificar el pH . Agitándolo por 20 minutos a 40 rpm. (ver Figura 15.)

Figura 15. Agregando la solución de hidróxido de calcio al decantador



6. Se deja continuar la reacción por espacio de 2 horas más como mínimo.
7. Seguidamente se debe de ajustar el valor de pH de 6.5-7.5 con ácido muriático o sulfúrico grado comercial, preferente libre de impurezas. (ver Figura 16.)

Figura 16. Medición del valor de pH, utilizando papel pH.



8. Después se agrega el coagulante de reconocido prestigio, como es del sulfato de aluminio, tomando como dosis óptima 4gr por cada litro a tratar pero como se tiene 5 galones equivalente a 18.9lt. Entonces se tiene que agregar al agua tratada 75.6 gr de sulfato de aluminio. Agitándolo por 20 minutos a 40 rpm la cual precipitará al fondo del tanque donde será recolectada.

9. Una vez tratado el líquido con sulfato de aluminio se decanta el residuo, abriendo la válvula de bola de lodos a manera que salgan y luego cerrarla al decantarlos. (ver Figura 17.)

Figura 17. Decantación de los lodos abriendo la válvula de bola.



10. Ya decantado los lodos se agrega ácido muriático o sulfúrico para ajustar si fuera necesario el pH como se ha indicado con anterioridad. Utilizando cinta medidora de pH, el valor del efluente neutralizado debe de estar aproximadamente de un valor cercano a 7. Es de gran importancia que cuando el líquido se vaya a decantar directamente al filtro, primero hay que purgar el lodo decantado y luego neutralizar. Si no se hace de esta manera, puede ser que al neutralizar, se disuelva buena parte del material decantado.

11. Después se abre la válvula de bola para conducir el agua tratada hacia el filtro lento. (ver Figura 18.)

Figura 18. Abriendo la válvula de bola para permitir el paso del agua tratada al filtro lento



12. Graduar el caudal que pasa al filtro para que sea lo mas lento posible. (ver Figura 19.)

Figura 19. Graduación del caudal que pasa al filtro



6.4 Dimensiones de la Etapa No. 4

FILTRO ARENA Y GRAVA

(Filtro de $0.01m^3$ de capacidad)

A continuación se encuentra las dimensiones del filtro de arena así como las partes que lo constituyen:

Figura 19. Filtro de arena y grava (cilindro negro)



FILTRO LENTO DE ARENA Y GRAVA

Diámetro: 0.20m

Altura: 0.32m

Capacidad: $0.01m^3$ equivalente a
0.1% v/v para $10m^3$

Nota: El cálculo del embudo no es necesario debido que se utilizó con el fin de obtener el agua en un punto reducido y así conducirlo al carbón activado

6.4.1 Implementación del proceso del filtro de arena y grava

1. Antes de iniciar la operación regular del filtro, es necesario llenar el lecho filtrante con agua limpia, de abajo hacia arriba, para expulsar las burbujas de aire presentes en los intersticios de la arena. Luego se admite el agua al filtro de arena.

2. El período de operación del filtro dependerá de la calidad del efluente que sea objeto de filtración, por lo cual se tiene que tener cuidado que se sature ya que cuando suceda esto se tienen que cambiar el medio filtrante por otro nuevo y se recomienda que se revise semanalmente la calidad del efluente, regularmente y por espacio de varias semanas (4-5 semanas o mas).

3. Cuando se sature o se desea realizar su limpieza, se debe cerrar la válvula de entrada de agua al filtro y se empieza a drenar el agua sobrenadante y se hace descender el nivel del agua hasta una distancia de 0.08m aproximadamente, por debajo de la superficie del medio filtrante. Luego se separa cuidadosamente la costra depositada en la parte superior de lecho (de 15 a 50 mm), usando una pala de punto plana; la arena extraída puede ser desechada o lavada para ser usada nuevamente.

7. PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

7.1 Descripción de las actividades del programa ambiental

Con el objeto de garantizar la efectividad de las acciones en cuanto a medidas de mitigación de impacto ambiental se refiere, para la operación y mantenimiento regular del sistema de tratamiento de las aguas residuales de Alkemy S.A, se recomienda atender al presente plan de monitoreo.

7.1.1 Calidad del agua de alimentación de las instalaciones

Según la Norma Coguanor NGO 29001 y sus modificaciones. En cuanto a parámetros físicos químicos y bacteriológicos se tienen que realizar con ciertos análisis para unos parámetros a evaluar.

7.1.1.1 Parámetros físicos químicos y bacteriológicos

Los parámetros a evaluar para el agua de alimentación son los siguientes:

Características Físicas:	Color, olor y turbiedad
Características Químicas:	Cloro residual libre, cloruro, conductividad, dureza total (CaCO ₃), pH sólidos totales disueltos, sulfato, temperatura, aluminio, calcio, zinc, cobre, hierro y magnesio.
Características Bacteriológicas:	Microorganismos del tipo coliforme y fecales.

7.1.2 Calidad del agua de salida del sistema de tratamiento

La calidad de agua de salida debe de medirse para tener un estándar de los datos del sistema de tratamiento a la hora de salir el agua residual tratada. Ya que si los resultados del promedio de estos parámetros aumentarán tomar como punto de partida o indicio que el sistema de tratamiento requiere limpieza o mantenimiento.

7.1.2.1 Parámetros a tomar en cuenta

Los parámetros a evaluar para el agua de salida son los siguientes:

T= Temperatura

pH = Potencial de hidrógeno

DBO5 = Demanda Bioquímica de oxígeno

DQO= Demanda Química del Oxígeno

SS= Sólidos Sedimentables

7.1.3 Frecuencia de análisis del agua tratada

Se recomienda que el muestreo se realice como mínimo una vez al mes para análisis, con el objeto de tener un registro del comportamiento estacionario de los valores de calidad del agua. Y después realizar una interpretación a los mismos.

7.1.4 Puntos de Muestreo

Para el caso del agua, se recomienda muestrear tanto en la acometida del abastecimiento de agua hacia el interior de las instalaciones, como en el punto de descarga de aguas residuales antes de tratamiento y después con el objeto de poder comparar resultados. La selección de puntos deberá ser lo más representativa posible.

7.1.5 Comparación de Resultados

Los resultados deberán compararse con las normas nacionales y en el caso de carencia de las mismas, con las Normas De La Organización Mundial De La Salud. Cuando en un determinado muestreo, los resultados obtenidos excedieran los límites requeridos deberá analizarse las posibles causas e implementarse medidas de corrección, las cuales deberán ser recomendadas por una persona especializada en el ramo.

8. CAPACITACIÓN AL PERSONAL

8.1 Capacitación del personal de planta

8.1.1 Capacitación sobre la amortiguación del Impacto ambiental que este proporciona.

La realización de la capacitación se realizó en la cafetería de la empresa Alkemy S.A. con una duración de dos horas capacitando para ello a 3 personas que participan activamente y se encuentran involucrados en el proceso de las aguas residuales que generan la planta de producción para la línea de producción de químicos para lavandería. Capacitándose a dos personas que pertenecen al departamento de investigación y desarrollo y otra persona pertenece al departamento de manufactura siendo el supervisor de producción.

Se les capacito sobre el amortiguamiento del impacto ambiental que produciría al tener un diseño propuesto. Haciendo conciencia que la mayoría de las empresas deben encausar sus acciones hacia el cuidado del medio ambiente realizando procesos cada vez mas productivos y eficientes, que mejoren la calidad del agua que es eliminada por, producto de una actividad realizada dentro de la empresa. Mencionándoles que es por ello que dentro de cualquier empresa existen mejoras en las que se pueden realizar cambios que contribuyan al amortiguamiento del impacto del medio ambiente, obteniendo así un beneficio para el entorno (viviendas, bosques, ríos, etc). Por consiguiente garantizar la preservación de nuestros recursos naturales, y es mediante el diseño de un tratamiento de aguas residuales que se pretende devolver a nuestro ambiente una pequeña parte que contribuya a la reducción de la contaminación de las aguas residuales expulsándolas al ambiente (pozo). a niveles que la naturaleza pueda manejar ayudando a la amortiguación del impacto ambiental que estas producen.

Haciendo mención sobre la contaminación que este es un factor importante que ha tomado un gran auge en la sociedad, puesto que conforme pasa el tiempo el deterioro del ambiente también tiende a ir en aumento, por lo cual es necesario tomar en cuenta todo este tipo de factores que contribuyen en una u otra manera a la contaminación ambiental. Tal es el caso de las diferentes industrias que se encuentran alrededor de las zonas urbanas, las cuales pueden contaminar el entorno por diferentes vías como la emanación de gases u contaminación por la liberación de aguas residuales, sin contar con un sistema de tratamientos de aguas, el cual permite eliminar las aguas en un estado que no contamine el ambiente.

Ya que hoy en día el medio ambiente requiere que nosotros contribuyamos en la medida de las posibilidades en cuidar nuestros recursos naturales.

8.1.2 Capacitación teórica sobre el diseño y operación propuesto del tratamiento de aguas residuales.

Se presento el diseño propuesto de tratamiento de aguas residuales provenientes de la línea de producción de químicos para lavandería, con el fin de poder transmitirles objetivo del proyecto. Se explico tanto el tamaño como las fases donde recorre el agua residual generada y la función que tiene cada una de ella. Para ello se realizo un ejemplo por medio de una realización de una planta piloto del diseño propuesto en pequeña escala para que observaran en su totalidad la función y como se realiza cada tratamiento resolviendo dudas al respecto.

8.1.3 Capacitación sobre el programa de monitoreo ambiental.

Se explico el objetivo que tiene un monitoreo ambiental haciendo conciencia siempre que mediante el diseño de un tratamiento de aguas residuales devolverá a nuestro ambiente una pequeña parte que contribuya a la reducción de la contaminación de las aguas residuales expulsándolas al ambiente (pozo), a niveles que la naturaleza pueda manejar ayudando a la amortiguación del impacto ambiental que estas producen.

Y este es de gran importancia debido que esta empresa solo cuenta con un pozo en el cual se dirigen todas las aguas residuales, tomando como otro factor importante de la contaminación por aguas residuales no tratadas dirigidas al suelo; promocionando la conservación de los recursos naturales.

También se destaco que por medio de un programa de monitoreo ambiental se puede tomar como indicador la necesidad del mantenimiento que peda tener el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Ya que al tomar los datos del agua de alimentación y el efluente de la salida del sistema, nos proporciona una forma de medir la eficiencia del sistema. Así como en el caso que los parámetros del agua tratada en la salida del sistema sean directamente proporcionales al tiempo puede tomarse como un indicador que el agua de alimentación haya tenido alguna variación o aumento en los parámetros fisicoquímicos evaluados. Y bien el problema del aumento de los parámetros en la salida sean el agua de alimentación, por lo que se tiene que corregir desde ese punto. Y si al agua de alimenticio no a sufrido ninguna variación en sus parámetros, el problema es que el sistema de tratamiento de aguas residuales requiere un mantenimiento. Y de esta manera se promovió la participación del personal que tenga una relación en el proceso de tratamiento de aguas residuales con el fin de poder conocer el diseño, su funcionamiento, operación y la importancia del programa de monitoreo ambiental.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales, con el fin de disminuir el impacto que tienen éstas en el ambiente.
2. Se determinó que el caudal diario para las aguas residuales para el diseño es de 10 m³/día.
3. Se analizaron las aguas residuales provenientes de la planta de producción, determinando los parámetros fisicoquímicos que sobrepasaron los límites máximos posibles, como son DBO, DQO, sólidos disueltos, sólidos en suspensión y pH.
4. Se determinaron las etapas del diseño, siendo éstos la homogenización y oxidación, neutralización y precipitación química, filtración lenta y filtro de carbón activado. Así como sus respectivos aditivos, como lo es hidróxido de calcio, sulfato de aluminio, ácido clorhídrico.
5. Se elaboró un programa de monitoreo ambiental para medir los parámetros fisicoquímicos tanto para el agua de alimentación como en la salida del sistema.
6. Se capacitó a dos personas del departamento de investigación y desarrollo, así como el supervisor de producción, sobre la operación y planos del diseño seleccionado, y sobre la utilización del programa de monitoreo ambiental.

RECOMENDACIONES

1. Asegurar la calibración de los utensilios, es una práctica necesaria para garantizar los análisis de las aguas residuales, para evitar cualquier error permisible en el resultado obtenido.
2. Tener un registro de estudio técnico con el fin de llevar registrados los resultados obtenidos en los análisis del agua tratada para ser presentados al Ministerio de Ambiente y tengan un respaldo al cual puedan referirse.
3. El mantenimiento general del sistema de tratamiento, deberá realizarse como mínimo mensualmente, siendo deseable que se realicen inspecciones de forma quincenal, para determinar los períodos óptimos de limpieza.
4. Dar el mantenimiento pertinente al drenaje industrial de las instalaciones, con el objeto de evitar taponamientos y obstrucciones, durante la operación regular.
5. Lograr realizar una producción más limpia con el fin de poder disminuir el caudal de los efluentes de las aguas residuales, y por ende disminuir los costos del tratamiento.
6. Contar con la presencia del comité de seguridad e higiene industrial de la planta, para cumplir las normas establecidas al momento de la construcción del diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, para lograr el bienestar y seguridad del trabajador.

7. Que el personal capacitado esté en la disposición de capacitar al nuevo personal, para divulgar no sólo el diseño seleccionado, sino además su operación y como complemento el programa ambiental proporcionado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Skoog Douglas A., West Donald M., Holler F. James, **Química Analítica**, Sexta edición , 1985 Editorial Mc Graww Hill.
2. Powell Sheppard t., **Acondicionamiento de Aguas para la industria** 1979. Editorial Limusa
3. Clesceri Lenore S., Eaton Andrew D., Greenberg Arnold E., **Standard Methods for Examination of Water & Wastewater**. 1999. 20th ed. Amer Public Health Assn.
4. **Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos**. Acuerdo Gobernativo número 236-2003, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

ANEXOS

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Acuérdese emitir el REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS
RESIDUALES Y DE LA DISPOSICION DE LODOS

ACUERDO GOBERNATIVO NÚMERO 236-2006

Guatemala, 5 de mayo de 2006

CONSIDERANDO

Que por imperativo constitucional el estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga el impacto adverso del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, para lo cual es necesario dictar normas que garanticen la utilización y el aprovechamiento racional de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, evitando su depredación.

CONSIDERANDO

Que la ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

CONSIDERANDO

Que de conformidad con la ley protección y mejoramiento del medio ambiente, se deben emitir las disposiciones y reglamento correspondientes para ejercer el control, aprovechamiento y uso de las aguas; así como prevenir, controlar y determinar los niveles

de contaminación de los ríos, lagos, y mares y cualquier otra causa o fuente de contaminación hídrica.

CONSIDERANDO

Que es necesario contar con un instrumento normativo moderno que ofrece certeza jurídica para la inversión, permita la creación de empleo, propicie el mejoramiento progresivo de la calidad de las agua y contribuya a la sostenibilidad del recurso hídrico; coordinando para el efecto los esfuerzos de los rangos de la administración pública con la municipalidades y la sociedad.

POR TANTO:

En uso de las funciones que le confieren el artículo 183 literal e) de la constitución Política de la República de Guatemala.

ACUERDA

Emitir el siguiente:

REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICION DE LODOS

Artículo 1. OBJETO: El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de las aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- a.) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- b.) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- c.) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También se objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de valuación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueve la conservación y mejoramiento de los recursos hídrico.

Artículo 2. APLICACIÓN:

- a.) Los entes generadores de aguas residuales
- b.) Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público.
- c.) Las personas que produzcan aguas residuales para reuso
- d.) Las personas que reusen parcial o totalmente aguas residuales; y
- e.) Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

Artículo 3. COMPETENCIA: Compete la aplicación del presente Reglamento al Ministerios de Ambiente y Recursos Naturales, Las municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho ministerio los hechos contrarios a estas disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

CAPÍTULO V

Artículo 16. PARÁMETROS DE AGUAS RESIDUALES. Los parámetros de medición para determinar las características de las agua residuales so los siguientes.

- a.) Sòlidos disueltos
- b.) Sòlidos en suspensiòn
- c.) Demanda Bioquímica de Oxígeno
- d.) Denada Química de Oxígeno
- e.) Potencial de Hidrógeno
- f.) Temperatura
- g.) Grasas y Aceites
- h.) Materia Flotante
- i.) Nitrogeno Total
- j.) Fósforo Total

- k.) Coliformes Fecales
- l.) Arsénico
- m.) Cadmio
- n.) Cianuro Total
- o.) Cromo Hexavalente
- p.) Mercurio
- q.) Niquel
- r.) Plomo
- s.) Zinc (mg/l)
- t.) Color (Unidades platino cobalto)

Artículo 20. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES A CUERPO RECEPTORES. Lo límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores son:

PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALORES INICIALES	FECHA MÁXIMA DE CUMPLIMIENTO			
			Dos de mayo del 2011	Dos de mayo del 2015	Dos de mayo del 2020	Dos de mayo del 2024
			ETAPA			
			UNO	DOS	TRES	CUATRO
Sólidos disueltos	Miligramos por litro	1500	1000	500	250	200
Sólidos en suspensión	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Miligramos por litro DBO	6500	6000	5500	5000	4000
Demanda Química de Oxígeno	Miligramos por litro DQO	5000	4500	4000	3500	3000
pH	Unidades potenciales de hidrogeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Temperatura	Grados Celsius	TCR ± 7	TCR ± 7	TCR ± 7	TCR ± 7	TCR ± 7
Grasas y Aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	20
Materia Flotante	Presencia/ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Nitrogeno Total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo Total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Coliformes Fecales	Numero más probable en cien mililitros	<1X10 ⁸	1X10 ⁵	1X10 ⁴	1X10 ⁴	1X10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro Total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3

Cromo Hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.02
Niquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR= Temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius

Tabla 5. Recopilación de resultados de los muestreos del agua residual

No	MES	LMP	ENERERO				FEBRERO				MARZO				PROMEDIO
	SEMANA		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
1	Sólidos disueltos (mg/l)	1500	2520	2210	2230	2000	2115	2421	2428	2510	2650	2502	2430	2509	2377
2	Sólidos en suspensión (mg/l)	3500	3758	3769	3657	3756	3852	3682	3746	3759	3784	3823	3787	3765	3764
3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l DBO ₅)	6500	7800	7502	7925	7898	7425	7521	7541	7640	7532	7455	7385	7890	7626
4	Denada Química de Oxígeno (mg/l DQO)	5000	5820	5925	5931	5960	5924	5821	5901	5922	5981	5988	5821	5831	5902
5	pH (unidades de pH)	6 a 9	8.8	9.8	8.1	7.9	8.9	9.1	8.8	9.3	9.3	9.8	10	9.8	9.1
6	Temperatura (°C)	22±7	20.4	21.3	19.8	20.6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7	Grasas y Aceites (mg/l)	1500	0.12	0.11	0.11	0.12	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8	Materia Flotante (presencia/ausencia)	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
9	Nitrogeno Total (mg/l)	1400	2	5	2	8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10	Fósforo Total (mg/l)	700	17	20	10	55	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
11	Coliformes Fecales (numero más probable en cien mililitros)	<1X10 ³	1X10 ¹	1X10 ³	1X10 ³	1X10 ⁴	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12	Arsénico (mg/l)	1	0.1	0.1	0.1	0.1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
13	Cadmio (mg/l)	1	0.2	0.3	0.1	0.1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14	Cianuro Total (mg/l)	6	0.9	1.5	1.3	1.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
15	Cobre (mg/l)	4	0.81	2.1	0.98	0.76	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16	Cromo Hexavalente (mg/l)	1	0.2	0.1	0.1	0.1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
17	Mercurio (mg/l)	0.1	0	0	0	0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
18	Niquel (mg/l)	6	0.9	1.2	1.0	0.8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
19	Plomo (mg/l)	4	0.5	0.8	0.6	0.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
20	Zinc (mg/l)	10	0.1	0.4	0.2	0.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
21	Color (Unidades platino cobalto)	1500	250	290	225	258	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente: Datos obtenidos por análisis fisco-químicos