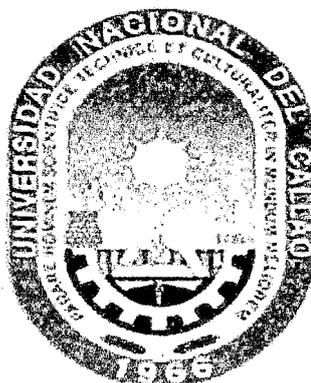


7  
333.71  
V37

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS  
NATURALES



## EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.

### TESIS

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

AUTOR:

**Bach. LILIANA BERENICE VEGA CONDESO**

ASESOR:

**M Ing. MÁXIMO FIDEL BACA NEGLIA**

CALLAO - PERÚ  
2013

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL**

**001-2013-JEDT-FIARN**

Siendo las 11:30 horas del día viernes 11 de enero del 2013 , En el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales ubicado en la Av. Juan Pablo II N° 306, Bellavista-Callao; se da inicio a la Sustentación de la Tesis Titulada "Evaluación y Tratamiento de los Efluentes Industriales generados en la Planta Quimex S.A.", para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de la Bachiller Liliana Berenice Vega Condeso la misma que está presente. Contando con la asistencia del Jurado Evaluador a fin de dar cumplimiento a la Resolución N° 003-2013-D-FIARN los mismos que están integrados por los siguientes docentes:

DR. JORGE QUINTANILLA ALARCÓN	Presidente
ING. AMÉRICO CARLOS MILLA FIGUEROA	Secretario
ING. ABNER JOSUÉ VIGO ROLDÁN	Suplente
MG. ING. MÁXIMO FIDEL BACA NEGLIA	Asesor

Terminada la sustentación, el Jurado Evaluador invita a la tesista y al público en general se retiren del ambiente para las deliberaciones del caso.

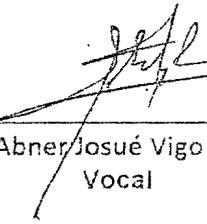
El Jurado Evaluador acuerda: APROBAR POR UNANIMIDAD

Con el Calificativo de MUY BUENO y en consecuencia, da por terminado el acto de sustentación.

En señal de conformidad firman el Jurado Evaluador y Asesor a las 13:10 horas del 11 de Enero de 2013.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jorge Quintanilla Alarcón  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Américo Carlos Milla Figueroa  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Abner Josué Vigo Roldán  
Vocal

*A Dios, Jesucristo y a la Santísima Virgen por alumbrar mi camino.*

*A mi familia por estar en los momento más importante de mi vida.*

*Y a mi guía en todo este proceso de investigación, gracias por su confianza.*

# ÍNDICE

## RESUMEN

INTRODUCCION.....	1
-------------------	---

## CAPITULO I

<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y MARCO CONTEXTUAL.....</b>	<b>3</b>
1.1    Planteamiento del Problema.....	3
<i>Objetivos.....</i>	4
<i>Justificación.....</i>	4
2    Marco Contextual.....	5
<i>Antecedentes.....</i>	5
<i>Ámbito del Proyecto.....</i>	8
<i>Marco Legal.....</i>	8

## CAPITULO II

<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1    Bases Teóricas.....	9
<i>Tratamiento del Efluente Industrial.....</i>	9
<i>Homogenización.....</i>	9
<i>Neutralización.....</i>	10
<i>Floculación.....</i>	10
<i>Coagulación.....</i>	10
<i>Sedimentación.....</i>	10
<i>Gradiente.....</i>	11
<i>Contaminación de los Efluentes Industriales.....</i>	11
2.2    Hipótesis.....	12
2.3    Variables.....	12
<i>Independiente.....</i>	12
<i>Dependiente.....</i>	13
2.4    Indicadores.....	13
<i>Definición de Indicadores.....</i>	14

## CAPITULO III

<b>METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>17</b>
3.1    Tipo de Investigación.....	17
3.2    Nivel de Investigación.....	17
3.3    Diseño de Investigación.....	17
3.3.1 <i>Etapa I: Identificación y Caracterización de la Muestra.....</i>	18
se 1: Identificación y Determinación de Parámetros.....	18
se 2: Recolección de Muestras.....	18
Fase 3: Recepción de Resultados.....	18
Fase 4: Identificación de Parámetros Físicos Químicos.....	18
3.3.2 <i>Etapa II: Planteamiento de Diseño.....</i>	18

Fase 1: Metodología de Análisis .....	19
Fase 2: Elaboración de Diseño .....	19
3.4 Muestra .....	19
3.5 Tamaño .....	19
3.6 Calculo del Tamaño.....	20

#### **CAPITULO IV**

<b>CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE INDUSTRIAL .....</b>	<b>21</b>
4.1 Programa de Monitoreo.....	21
4.1.1 Selección de los Parámetros.....	21
4.1.2 Selección del Punto de Muestreo y Frecuencia.....	22
4.1.3 Muestreo .....	23
4.2 Instrumentos de Recolección de Datos.....	29

#### **CAPITULO V**

<b>PRUEBA DE LABORATORIO.....</b>	<b>32</b>
5.1 Determinación del Coagulante Óptimo .....	32
5.2 Determinación del Neutralizante Óptimo para el pH .....	33
5.3 Determinación de la Dosis Óptimo de Neutralizante .....	34
5.4 Determinación de la Dosis Óptima del Coagulante Neutralizante .....	35
5.5 Determinación de la Gradiente y Tiempo de Mezcla Óptimo.....	37
5.6 Determinación de la Dosis Óptima del Coagulante y Neutralizante con el Tiempo y la Gradiente Óptima .....	38
5.7 Determinación de la Velocidad de Sedimentación.....	39
5.8 Determinación de la Concentración Inicial de la Muestra .....	40
5.9 Determinación de la Concentración Final de la Muestra .....	40
5.10 Instrumentos de Recolección de Datos.....	40

#### **CAPITULO VI**

<b>DISEÑO DE PLANTA .....</b>	<b>41</b>
6.1 Especificaciones Técnicas y Diseño de la Planta de Tratamiento de Efluentes. 41	
6.1.1 Rejillas de Desbaste.....	41
6.1.2 Tanque de Homogeneizador de Caudales .....	42
6.1.3 Sistema de Neutralización de pH.....	43
6.1.4 Flocculadores: Flocculador de Paleta .....	48
6.1.5 Tanque de Sedimentación en Placas Paralelas.....	49

#### **CAPITULO VII**

#### **RESULTADOS**

.....	52
7.1 Resultados de la Caracterización del Efluente Industrial .....	52
7.2 Resultados de los parámetros de la Prueba de Jarras.....	53
7.2.1 Dosis Óptima de Coagulante.....	53
7.2.2 Neutralizante Óptimo .....	54
7.2.3 Dosis Óptimo del Neutralizante .....	56

7.2.4	<i>Dosis Óptimo de Coagulante y Neutralizante</i> .....	57
7.2.5	<i>Gradiente Óptima</i> .....	58
7.2.6	<i>Tiempo de Mezcla Óptima</i> .....	59
7.2.7	<i>Dosis Óptima de Neutralización con la Gradiente y el Tiempo de mezcla Óptima</i>	60
7.2.8	<i>Velocidad de Sedimentación</i> .....	61
7.2.9	<i>Concentración Inicial de la Muestra</i> .....	62
7.2.10	<i>Concentración Final de la Muestra</i> .....	62
7.3	Resultados de la Calidad del Efluente Tratado - Diseño de Planta .....	62

## **CAPITULO VIII**

<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	64
---	----

## **CAPITULO IX**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	74
9.1    Conclusiones.....	74
9.2    Recomendaciones .....	75

## **CAPITULO X**

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	78
---	----

<b>APÉNDICE</b> .....	80
-----------------------	----

<b>ANEXO</b> .....	120
--------------------	-----

### **Índice de Tablas**

Tabla 1. Caudal según tipo de Usuario.....	5
Tabla 2. Indicadores de Medición de la Variable Independiente .....	13
Tabla 3. Indicadores de Medición de la Variable Dependiente.....	14
Tabla 4. Parámetros del Efluente Líquido .....	22
Tabla 5. Recolección, Preservación y Almacenamiento de muestras .....	25
Tabla 6. Metodología y Equipo para Monitoreo de Efluentes Líquidos .....	28
Tabla 7. Resultados de los Parámetros Analizados - EQUAS .....	52
Tabla 8. Resultados del Parámetros Analizados - ENVIROLAB .....	52
Tabla 9. Resultados del Efluente Tratado.....	62

### **Índice de Ilustraciones**

Ilustración 1. Punto de Monitoreo (Vertedero) .....	81
Ilustración 2. Muestra Compuesta del Efluente.....	81
Ilustración 3. Llenado de Muestra .....	81
Ilustración 4. Toma de la Muestra Compuesta .....	81
Ilustración 5. Envases de Monitoreo .....	81
Ilustración 6. Cooler con muestras almacenadas.....	81
Ilustración 7. Aplicación del Multi – Agitador.....	90

Ilustración 8. Uso del Potenciómetro HI9025 .....	90
Ilustración 9. Turbidímetro HI93703.....	90
Ilustración 10. Toma de Efluente Tratada .....	90
Ilustración 11. Mediciones de pH y Turbiedad .....	90
Ilustración 12. Sedimentación de la Muestra.....	90

### **Índice de Apéndice**

Apéndice 1. Esquema – Etapas de la Investigación .....	80
Apéndice 2. Caracterización del Efluente .....	81
Apéndice 3. Resultados de Monitoreo de Caracterización del Efluente .....	82
Apéndice 4. Determinación de Dosis Óptima para el Diseño de la Planta.....	90
Apéndice 5. Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento.....	91
Apéndice 6. Resultados de la Determinación de la Dosis Óptima de Coagulante .....	92
Apéndice 7. Resultados de la Determinación del Neutralizante Óptimo .....	95
Apéndice 8. Resultados de la Determinación de la Dosis Óptima de Neutralizante.....	97
Apéndice 9. Resultados de la Determinación de la Dosis Óptima del Coagulante y Neutralizante.....	100
Apéndice 10. Resultados de la Determinación de la Gradiente Óptima.....	106
Apéndice 11. Resultados de la Determinación del Tiempo de Mezcla Óptima.....	109
Apéndice 12. Resultados de la Determinación de la Dosis Óptima de Neutralización con la Gradiente y Tiempo de Mezcla Óptima.....	112
Apéndice 13. Resultados de la Determinación de la Velocidad de Sedimentación .....	115
Apéndice 14. Resultados del Efluente Tratado después de la Prueba de Laboratorio .	118
Apéndice 15. Diseño Hidráulico de la Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales .....	119

### **Índice de Anexos**

Anexo 1: Tabla de distribución Normal Estándar .....	120
Anexo 2: Equipos de Laboratorio.....	121

## RESUMEN

La caracterización de los efluentes en los parámetros requeridos para el diseño, confirman que estos sobrepasan los Límites Máximos Permisibles de los parámetros controlados a través del Reglamento de Desagües Industriales (D.S. N° 28/60 S.A.P.L), como el caso del pH, sólidos sedimentables. (Antes y posterior a la neutralización).

El proceso adoptado de neutralización del efluente en planta, se efectúa por dosificación en forma proporcional al pH (la uniformidad del pH, se obtendrá en el tanque de Homogeneización, al igual que la uniformización de los caudales generados durante 9 horas de trabajo), el neutralizante suministrado está constituido por solución de Soda Cáustica, en simultaneo se adiciona el Sulfato de Aluminio que actúa como un floculante generando por ello la formación de lodos (341.93 ml/L/h) que es necesario se retire del efluente antes de que el mismo se disponga hacia el alcantarilla.

Identificado los parámetros que no cumplen con el Reglamento de Desagües se ejecutaron la metodología de las pruebas de Jarras las cuales nos servirá para determinar las dosis óptimas y a la vez calcular las dimensiones de las unidades de la planta de tratamiento de efluentes industriales.

## **SUMMARY**

The characterization of the effluents in the parameters required for the design, confirm that these exceed the permissible limits of the parameters controlled by Regulation Industrial Waste (DS N° 28/60 S.A.P.L), as the case of pH, settleable solids. (Before and after neutralization).

The neutralization process adopted in plant effluent is effected by metering in proportion to pH (pH uniformity is obtained in the homogenization tank, as the uniformity of flow generated during 9 hours), the Supplied neutralizing solution consists of caustic soda, are added simultaneously in the aluminum sulfate acts as a flocculant thereby generating sludge formation (341.93 ml / L / h) that is necessary is removed from the effluent before it available to the sewer.

Identified parameters that do not comply with the Waste Regulations were implemented methodology Jugs tests which will help us to determine the optimal dose and simultaneously calculate the dimensions of the floor units industrial effluent treatment.

## **INTRODUCCION**

El trabajo de investigación "EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A." ha sido formulado debido a que las actividades de comercialización de productos químicos que realizan la empresa, conlleva a que se genere efluentes industriales que son descargados a la red de alcantarillado, los cuales en una inspección realizada por SEDAPAL en el año 1995 determino que no cumplían con los LMP's exigidos en el D.S. N° 28/60 S.A.P.L., por tal motivo la empresa vio por conveniente realizar la construcción de 2 pozas las cuales cumplirían la función de homogenización y sedimentación del efluente. Sin embargo, la evaluación del diseño de las pozas dio como resultado que la instalación carece de un diseño técnico que garantice el tratamiento de los efluentes antes de su descarga al alcantarillado.

Ante esta problemática se estableció el objetivo de Determinar la calidad del efluente industrial generado por el lavado de envases en la empresa QUIMEX S.A., cuyas actividades implica: Caracterizar las condiciones físicas y concentraciones químicas de los efluentes industriales generados en las actividades de la operación; Determinar la dosis optima de reactivos apropiados para el tratamiento de efluentes previo a su descarga al alcantarillado y por ultimo Formular propuesta de Diseño de planta para el tratamiento de los efluentes industriales antes de su descarga a la redes del alcantarillado.

El trabajo de investigación se justifica debido a que la empresa quiere adecuarse y cumplir con la legislación ambiental, asimismo los compromisos adquiridos en la Homologación de Calidad emitida por SGS.

La importancia de la investigación implica 3 aspectos; el aspecto Ambiental debido a que contribuirá a reducir parte caudal total que diariamente se descarga a través del Colector Norte hacia el litoral de la costa de Lima. En el aspecto Legal: Cumplirá con

las exigencias que indica el Reglamento de Desagües Industriales D.S. N° 28/60 S.A.P.L. Y por último en el aspecto Industrial mejorará su imagen entre el grupo de industrias que realizan similar actividad.

Las limitaciones para el desarrollo del trabajo de investigación, se enfoca en la parte del diseño de las instalaciones de la empresa, por donde se deberá tomar las muestras del efluente industrial a ser analizadas.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y MARCO CONTEXTUAL**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

El 1ero de Diciembre de 1960 el Ministerio de Fomento: Superintendencia del Agua Potable de Lima (SEDAPAL) promulgó el Reglamento de Desagües Industriales - D.S. N° 28/60 S.A.P.L., cuyos artículos N° 2 y N° 5 estipula lo siguiente:

“Queda terminantemente prohibido descargar en el alcantarillado público residuos que puedan causar el deterioro de sus estructuras u originar obstrucciones” y “Todo residuo industrial que ingrese a las redes públicas de desagüe deberán cumplir sin excepción con los LMP’s”. Las cuales deberán ser aplicadas por el sector industrial del país. (D.S. N ° 28/60 S.A.P.L Reglamento de Desagües Industriales – SEDAPAL)

QUIMEX S.A. es una empresa comercializadora de insumos químicos fiscalizados y no fiscalizados, los cuales son utilizados en las actividades productivas de agricultura, industrial, minería, entre otras.

Debido a las actividades de comercialización a granel de ciertos productos químicos, la empresa vio por conveniente efectuar el lavado de envases (cilindros de plástico) a fin que el cliente reutilizará los cilindros adquiridos anteriormente.

En el año 1995, al llevarse a cabo una inspección por SEDAPAL, el informe determino que los efluentes industriales generados en la empresa Quimex S.A. no cumplían con los LMP’s exigidos en el D.S. N° 28/60 S.A.P.L, provocando así un impacto ambiental; por lo cual la empresa vio por conveniente realizar la construcción de 2 pozas, las cuales cumplirían la función de homogenización y sedimentación del efluente.

Sin embargo, la evaluación del diseño de las pozas dio como resultado que la instalación carece de un diseño técnico que garantice el tratamiento de los efluentes antes de su descarga al alcantarillado.

**¿Los efluentes industriales generados en el lavado de envases en QUIMEX S.A. y vertidos al alcantarillado, cumple con los LMP exigidos por el D. S. N ° 28/60 S.A.P.L.?**

### 1.1.1 Objetivos

#### **Objetivo General**

Determinar la calidad del efluente industrial generado por el lavado de envases en la empresa QUIMEX S.A.

#### **Objetivo Específicos**

- Determinar las condiciones físicas y concentraciones químicas de los efluentes industriales generados en las actividades de operación de QUIMEX S.A.
- Determinar las dosis de reactivos apropiados para el tratamiento de efluentes, previo a su descarga al alcantarillado.
- Formular propuesta para el tratamiento de los efluentes industriales antes de su descarga a la redes del alcantarillado.

### 1.1.2 Justificación

Las razones que justifican el trabajo de investigación, se debe a que la empresa QUIMEX S.A. genera efluentes procedentes del lavado de envases vacíos de insumos químicos, el cual es descargado a la red de alcantarillado público; cabe indicar que la empresa no cuenta con un programa de monitoreo de efluentes industriales que le permita conocer las características físicas químicas del efluente, lo cual hace incierto la necesidad del tratamiento previo para cumplir con la legislación ambiental y los compromisos adquiridos en la Homologación de Calidad.

## **1.2 Marco Contextual**

### **1.2.1 Antecedentes**

Según experiencias similares con respecto al tratamiento de efluentes industriales, los caudales de aguas residuales no domésticas generadas en las diferentes industrias dependen del tipo y tamaño del centro industrial, el grado de reutilización del agua y el pre tratamiento que se dé al agua utilizada, en el caso que exista pre tratamiento alguno. Con el empleo de tanques de retención y regulación es posible hacer frente a las frecuentes puntas de los caudales. Para zonas industriales en las que no se emplean procesos húmedos, los valores típicos de proyecto de los caudales se sitúan en el intervalo de 9 a 14 m<sup>3</sup>/hab/d, para zona de escaso desarrollo industrial, y en torno a los 14 a 28 m<sup>3</sup>/hab/d para zona con un desarrollo industrial medio. En aquellos casos en los que se conozca perfectamente la naturaleza de la actividad industrial que se desarrolla, se puede emplear los valores que se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Caudal según tipo de Usuario**

USUARIO	UNIDAD	CAUDAL (m <sup>3</sup> /día)	
		INTERVALO	VALOR TÍPICO
Apartamento, zona turística	hab	190 – 265	225
Refugio, zona turística	hab	30 – 190	150
Cafetería (cliente o Empleado)	hab	4 – 10	8
	hab	30 – 45	40
Zona de acampada, desarrollada	hab	75 – 150	115
Bar	hab	45 – 95	75
Club de campo (socio o empleado)	hab	225 – 490	380
	hab	40 – 50	50
Campamento de día, sin comidas	hab	40 – 50	50
Comedor	hab	15 – 40	26
Dormitorio, barracón	hab	75 – 190	150

Continúa...

Sigue....

USUARIO	UNIDAD	CAUDAL (m <sup>3</sup> /día)	
		INTERVALO	VALOR TÍPICO
Hotel, zona turística	hab	150 – 225	190
Tienda, zona turística	hab	4 – 15	11
	hab	30 – 45	40
Piscina	hab	20 – 45	40
	hab	30 – 45	40
Cine	hab	8 – 15	10
Centro de visitas	hab	15 – 30	20

Nota: El habitante (hab) puede representar a una persona, cliente, empleador, socio presente, un asiento, un comensal y un visitante en este cuadro.

Para las industrias en las que no se reutiliza internamente el agua, podemos asumir que entre el 85 y el 95 por 100 del agua empleada en los diversos procesos se convierte en agua residual, mientras que en las grandes industrias con sistemas de reutilización de agua es preciso llevar a cabo estudios detallados. En cuanto a la contribución de las industrias a los caudales de agua residuales domésticas, está se sitúa en valores de 30 a 95 L/hab/d.<sup>1</sup>

Los requerimientos de tratamiento para un agua residual, específica, pueden determinarse mediante la comparación entre la carga de residuos permitida y la contaminación de las aguas residuales municipales y de ciertos tipos de industrias. La purificación requerida determina a su vez la selección del método de tratamiento de las aguas residuales, el cual debe adecuarse a la estructura comunal e industrial, específica, así como a las condiciones particulares de los países en vías de desarrollo.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (10.5) - Metcalf & Eddy: Ingeniería de Aguas Residuales - Vol. 1

<sup>2</sup> (10.1) - Cooperación Técnica república Federal de Alemania: Manual de disposición de Aguas Residuales, Tomo II

La depuración de las contaminantes residuales una vez realizados estos esfuerzos fundamentales, el resto de la contaminación inicial deberá tratarse a nivel de los baños usados no recuperables ni valorizables, y de las aguas de aclarado.

Los contaminantes se dividen en cuatro grandes grupos:

- Contaminantes tóxicos tales como cianuros, cromo hexavalente, fluoruros.
- Contaminantes que provocan una modificación del pH, es decir, productos de función ácida o básica.
- Contaminantes cuya presencia aumenta el contenido de material en suspensión, como hidróxidos, carbonatos y fosfatos.
- Contaminantes que son objeto de una reglamentación especial, por ejemplo por que influyen en la DQO (Sulfuros y sales ferrosas)

Los métodos de tratamiento se dividen en cuatro grupos principales:

- Tratamiento por oxidación de los cianuros, del hierro bivalente, de los sulfitos y nitritos.
- Tratamientos por reducción, para el cromo hexavalente.
- Tratamiento de ajuste del pH.
- Tratamiento por precipitación y decantación, seguida eventualmente de filtración.

Las líneas de tratamiento se dividen en dos grandes grupos, los cuales, por otra parte, según los casos, pueden combinarse más o menos.

- Tratamiento al hilo del agua, llamado generalmente en **circuito abierto** o de agua perdida.

- Recirculación de las aguas de aclarado después de depuración por intercambio de iones o **circuito cerrado**.<sup>3</sup>

### 1.2.2 **Ámbito del Proyecto**

La empresa comercializadora QUIMEX S.A, se encuentra ubicada en la Urbanización industrial La Milla, distrito de San Martín de Porres, departamento de Lima. Es una mediana empresa, dedicada a la comercialización de insumos químicos nacionales e importados para el sector producción, agrícola y minero. La empresa está conformada por 4 áreas de trabajo: Logística, Administración, Ventas y Operaciones.

El área de operaciones se subdivide en: Mantenimiento de vehículos y planta, control de calidad, Producción (ejecución del acondicionamiento y Seguridad e Higiene Industrial). En el área de acondicionamiento, se efectúa el lavado, llenado, pesaje, etiquetado y entrega del producto químico.

### 1.2.3 **Marco Legal**

- Constitución Política del Perú. Promulgada el 29-12-93 y ratificada en el referéndum del 31-12-93.
- Ley General del Ambiente. Ley N° 28611 de fecha 13-10-2005.
- Decreto Legislativo N° 1055. Decreto Legislativo que modifica la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 28/60 S.A.P.L. Reglamento de Desagües Industriales – SEDAPAL.
- Protocolo del Monitoreo de Efluentes Líquidos – Resolución Ministerial N° 026-200-ITINCI.

---

<sup>3</sup> (10.2) - DEGREMONT: Manual Técnico del Agua.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Bases Teóricas

Para el trabajo de investigación se utiliza ciertas terminologías, por lo cual a continuación se presenta las definiciones de ellas:

##### 2.1.1 Tratamiento del Efluente Industrial

El principio básico en el tratamiento de los efluentes líquidos industriales es la separación de los constituyentes no deseables. Para tal fin se dispone de procesos físicos, biológicos y químicos los cuales integran el sistema de tratamiento.

El sistema de tratamiento así como la complejidad de este, depende del grado de contaminación de los efluentes industriales y de su procedencia (industria química, papelera, textil, curtiembre, etc.) para lo que se realiza un estudio técnico y económico con el propósito de identificar las operaciones unitarias de tratamiento.<sup>4</sup>

##### 2.1.2 Homogenización

La Homogeneización consiste, simplemente, en amortiguar por laminación las variaciones de caudal, con el objetivo de conseguir un caudal constante o casi constante. Esta técnica puede aplicarse en situaciones diversas, dependiendo de las características de la red de alcantarillado.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> (10.7) - Miguel Rogola Lapeña: Tratamiento de Aguas Industriales.

<sup>5</sup> (10.5) - Metcalf & Eddy: Ingeniería de Aguas Residuales - Vol. 1.

### 2.1.3 Neutralización

Es una reacción química simple. Las aguas ácidas o alcalinas deben ser neutralizadas antes de ser descargadas en un sistema de alcantarillado municipal. Los procesos de neutralización son necesarios principalmente en la industria química y en la siderúrgica, así como en refinerías y otras planas industriales.<sup>6</sup>

### 2.1.4 Floculación

Generalmente, se entiende por “Floculación”, a los procesos que convierten los sólidos suspendidos presente en el agua en forma coloidal, en aglomerados más importantes. En estos procesos, los “flocs” resultantes alcanzan un estado y tamaño que los vuelve sedimentables, flotables o filtrables, permitiendo una separación casi completa de los sólidos suspendidos presente en el agua.<sup>7</sup>

### 2.1.5 Coagulación

El proceso de coagulación se emplean para extraer del agua los sólidos que en ella se encuentran suspendidas siempre que su rapidez natural de asentamiento sea demasiado baja para proporcionar clarificación efectiva. La coagulación desestabiliza los coloides al neutralizar las fuerzas que los mantiene separados. Esto se logra, por lo general, añadiendo coagulantes químicos y aplicando energía de mezclado.<sup>8</sup>

### 2.1.6 Sedimentación

La sedimentación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Esta operación se emplea para la eliminación de

---

<sup>6</sup> (10.1) - Cooperación Técnica república Federal de Alemania: Manual de disposición de Aguas Residuales, Tomo II

<sup>7</sup> (10.1) - Cooperación Técnica república Federal de Alemania: Manual de disposición de Aguas Residuales, Tomo II

arenas y de la materia en suspensión; en la mayoría de los casos, el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado, pero también es necesario producir un fango cuya concentración de sólidos permita su fácil tratamiento y manejo.<sup>9</sup>

#### 2.1.7 Gradiente

La gradiente es la revolución por minuto (rpm) que gira el multiagitador para mezclar el efluente con el reactivo químico.

#### 2.1.8 Contaminación de los Efluentes Industriales

La materia orgánica, nitrato, fosfato, grasas y aceites; aceleran el crecimiento de organismos y pueden producir la eutrofización; la degradación de la materia orgánica, consume el suministro de oxígeno disuelto vital en el agua (DBO<sub>5</sub>, DQO). Como sustancias indeseables se catalogan aquellas que producen color en las aguas, aumentan su turbiedad o cubren su superficie.

Los compuestos químicos son específicamente dañinos para la vida acuática y otros organismos, incluyendo el hombre que puede llegar a estar en contacto con ellos o ingerirlos. Los contaminantes también pueden alterar el pH de las aguas e impartirle olores y sabores indeseables. Además de ser contaminada químicamente el agua puede ser térmicamente afectada y esta forma de contaminación puede traer consecuencias desastrosas tales como la reducción de oxígeno disuelto.

Los efluentes industriales se caracterizan por su composición física, química y biológica. Las principales propiedades físicas del efluente residual así como sus principales constituyentes químicos y biológicos

---

<sup>8</sup> (10.14) – Kemmer Flank: Manual del Agua.

<sup>9</sup> (10.5) - Metcalf & Eddy: Ingeniería de Aguas Residuales - Vol. 1.

son: Color, olor, pH, sólidos totales, temperatura, grasas y aceites, alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, fósforo, sulfuro de hidrogeno, oxigeno, etc.<sup>10</sup>

## **2.2 Hipótesis**

El efluente industrial procedente del lavado de envases no cumple con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de desagües industriales.

## **2.3 Variables**

### **2.3.1 Independiente**

#### **Efluente Industrial**

Definición Conceptual: Es toda descarga líquida generada de una operación y/o proceso productivo. Pueden ser clasificados ampliamente de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, por su comportamiento en el cuerpo receptor y en la forma como afectan al medio ambiente acuático.

Definición Operacional: Es la descarga líquida de la planta caracterizada por las propiedades físico químicas, en términos de su potencial Hidrogeno (pH), Temperatura, DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas, sólidos sedimentables, hidrocarburos totales de petróleo, metales pesados y punto de ignición.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> (10.11) – Ruddy Noriega Pissani, Manual de Tratamiento de Aguas Residuales, (10.12) – R.S. Ramalho, Tratamiento de Aguas Residuales.

<sup>11</sup> (10.13) – Universidad Nacional del Callao: Medio Ambiente: Problemas & Soluciones.

2.3.2 Dependiente

**Límites Máximos Permisibles**

Definición Conceptual: Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.<sup>12</sup>

**2.4 Indicadores**

Los indicadores identificados para cada una de las variables se detallan en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. Indicadores de Medición de la Variable Independiente

<i>Indicadores</i>	<i>Unidad</i>	<i>Escala de Medición</i>
Potencial Hidrogeno (pH)	No tiene unidades	Cuantitativa – Continua
Temperatura (t)	° C	Cuantitativa – Continua
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).	mg /L	Cuantitativa – Continua
Aceites y grasas.	mg/L	Cuantitativa – Continua
Sólidos Sedimentables.	ml / L / h.	Cuantitativa – Continua
Hidrocarburos Totales del Petróleo – TPH.	mg/L	Cuantitativa – Continua
Metales Pesados (Fe)	mg/L	Cuantitativa – Continua
Punto de Ignición	° C	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. Indicadores de Medición de la Variable Dependiente

Indicadores	Relación Operacional	Escala de Medición
% del pH del efluente Industrial que excede al LMP. ( $NE_{pH}$ )	$NE_{pH} = \frac{RM_{[pH]} - LMP_{[pH]}}{LMP_{[pH]}} \times [100]$	Cuantitativa -- Continua
% de la T° del efluente Industrial que excede al LMP. ( $NE_{T°}$ )	$NE_{T°} = \frac{RM_{[T°]} - LMP_{[T°]}}{LMP_{[T°]}} \times [100]$	Cuantitativa -- Continua
% del DBO <sub>5</sub> del efluente Industrial que excede al LMP. ( $NE_{DBO_5}$ )	$NE_{DBO_5} = \frac{RM_{[DBO_5]} - LMP_{[DBO_5]}}{LMP_{[DBO_5]}} \times [100]$	Cuantitativa -- Continua
% de Aceites y Grasas (Ac-Gr) del efluente Industrial que excede al LMP.	$NE_{Ac-Gr} = \frac{RM_{[Ac-Gr]} - LMP_{[Ac-Gr]}}{LMP_{[Ac-Gr]}} \times [100]$	Cuantitativa -- Continua
% de Sólidos Sedimentables (SS) del efluente Industrial que excede al LMP.	$NE_{SS} = \frac{RM_{[SS]} - LMP_{[SS]}}{LMP_{[SS]}} \times [100]$	Cuantitativa -- Continua
% de Hidrocarburos Totales (TPH) del efluente Industrial que excede al LMP.	$NE_{TPH} = \frac{RM_{[TPH]} - LMP_{[TPH]}}{LMP_{[TPH]}} \times [100]$	Cuantitativa -- Continua
% de Metales Pesados (Fe) del efluente Industrial que excede al LMP.	$NE_{Fe} = \frac{RM_{[Fe]} - LMP_{[Fe]}}{LMP_{[Fe]}} \times [100]$	Cuantitativa -- Continua
Punto de Ignición.	NE PI = > 90°C	Cuantitativa

Fuente: Elaboración Propia

NE: % del Elemento que Excede al LMP

RM: Resultado de Monitoreo

LMP: Límite Máximo Permissible

## 2.4.1 Definición de Indicadores

### *Efluente Industrial*

Es toda descarga líquida generada de una operación y/o proceso productivo. Pueden ser clasificados ampliamente de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, por su comportamiento en el cuerpo receptor y en la forma como afectan al medio ambiente acuático.

<sup>12</sup> Glosario D.S. N° 044-98PCM.

*Límite Máximo Permisible (LMP)*

Es el nivel de concentración o cantidades de uno o más contaminantes, por debajo del cual no se prevé riesgo para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas, fijado por la autoridad ambiental competente y legalmente exigible.

*Potencial Hidrogeno (pH)*

Es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como  $pH = \text{Log} (1/[H^+])$ , El cual se interpreta como el Logaritmo de la inversa de Hidrogeno. Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. Se representa en una escala de 0 a 14. El valor de 7 corresponde al estado neutro, el valor cero al más ácido y el valor 14 al más alcalino.

*Temperatura (T °)*

Indica el estado térmico de una sustancia respecto de su capacidad de transmitir calor a su entorno.

*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*

Es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia. El método para determinar la carga contaminante del DBO es mediante la incubación de la muestra por un período de 5 días a una temperatura de 20 ° C. por lo cual se le da la denominación de DBO<sub>5</sub>.

*Aceites y Grasas*

Son sustancias contenidas en el desagüe como resultado de las actividades productivas e industriales.

Su eliminación en el tratamiento de un agua residual o efluente debe ser completa por que alteran los procesos aerobios y anaerobios, forman

películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos de lechos de ríos y lagos degradando el ambiente.

#### *Sólidos Sedimentables*

Cantidad de partículas que se depositan en el fondo de un recipiente después de una hora de reposo. La determinación de los sólidos se efectúa mediante la prueba del Cono Imhoff.

#### *Hidrocarburos Totales del Petróleo - TPH*

Los TPH son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos. Los científicos han dividido a los TPH en grupos de hidrocarburos de petróleo que se comportan en forma similar en el suelo o el agua. Estos grupos se llaman fracciones de hidrocarburos de petróleo. Cada fracción contiene muchos productos químicos individuales.

#### *Punto de Ignición*

Es la mínima temperatura a la cual una sustancia o compuesto puede mantener una combustión auto sostenida, o sea sin ayuda de una fuente externa de calor.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

La presente tesis es de tipo experimental, ello debido a que mediante la caracterización del efluente se identificará los parámetros que incumplen con la normativa ambiental vigente, posterior a ello mediante las pruebas de laboratorio por medio de las pruebas de jarras se determinará cuáles son las dosis optimas a fin de regular las concentraciones de los efluentes antes de su descarga al alcantarillado. Asimismo mediante los datos de concentraciones de dosis y los parámetros de pruebas se formulará un diseño para el tratamiento del efluente que cumpla con lo exigido en la normativa legal.

#### **3.2 Nivel de Investigación**

La tesis está desarrollada a nivel de investigación cualitativa y cuantitativa; debido a que contempla el proporcionar una alternativa para el tratamiento del efluente industrial que cumpla con la normativa ambiental.

#### **3.3 Diseño de Investigación**

La metodología aplicada para la realización del presente proyecto de investigación, está dividida en dos etapas marcadas, la primera es la identificación y caracterización del efluente, y la segunda etapa es para la determinación de la dosis optima y planteamiento de diseño para su respectivo tratamiento.

A continuación se describe la metodología de cada etapa con sus respectivas fases:

### 3.3.1 Etapa I: Identificación y Caracterización de la Muestra

La etapa I consiste en determinar las características físicas químicas del efluente industrial, ello en base a la metodología establecida en el Protocolo del Monitoreo de Efluentes Líquidos – Resolución Ministerial N° 026-200-ITINCI. A continuación describe las siguientes fases:

#### *Fase 1: Identificación y Determinación de Parámetros*

Se procede a identificar y determinar los parámetros físicos químicos a ser analizados. En base a ello se determinara los Límites Máximos Permisibles (LMP), establecidos en el D.S. N° 28/60- S.A.P.L. Reglamento de Desagües Industriales.

#### *Fase 2: Recolección de Muestras*

Comprende la toma de muestras del efluente industrial, la cual debe estar preservada y acondicionada para su posterior entrega a un laboratorio acreditado y registrado en INDECOPI.

#### *Fase 3: Recepción de Resultados*

Comprende la recepción de los Resultados de las muestras, las cuales son proporcionadas por un laboratorio acreditado en INDECOPI.

#### *Fase 4: Identificación de Parámetros Físicos Químicos*

Obtención de los resultados de cada una de la muestras, se procede a identificar los parámetros físicos químicos que no cumple con el Reglamento de Desagües Industriales.

### 3.3.2 Etapa II: Planteamiento de Diseño

La etapa contempla las actividades que permitirán determinar los métodos necesarios a fin de elaborar la propuesta de tratamiento, por lo cual se divide en 2 fases:

*Fase 1: Metodología de Análisis*

Determinación de métodos para lo cual se ha seleccionado los parámetros hidráulicos utilizados en la prueba de jarra y cuya eficiencia nos permitirá modificar la calidad por debajo de los límites máximos exigidos en el Reglamento de Desagües Industriales. El número de observaciones o de pruebas se estimarán para desviaciones estándar menores que uno.

*Fase 2: Elaboración de Diseño*

Final de la etapa que proporcionará a nivel de ingeniería el diseño Hidráulico propuesto para el tratamiento del efluente industrial generado en QUIMEX S.A.

En el Apéndice 1, se muestra un esquema, en la cual se detalla las etapas de la investigación.

### **3.4 Muestra**

Para realizar la investigación de la tesis se determinó que la muestra a analizar es el **efluente industrial**, el cual es generado por el lavado de envases químicos producto de las actividades de la empresa Quimex S.A.

Las mediciones generadas durante una semana como una prueba piloto, indican que el Volumen máximo de efluentes es de 16 840 L /día. Para la ejecución de las pruebas de jarras se requiere 72 litros de efluente por día, por lo cual nos queda la opción de extraer 233 litros por día. La población sería los días en los que se pueda hacer la investigación.

### **3.5 Tamaño**

Por ser la muestra un efluente industrial homogénea se ha calculado que la muestra tiene un tamaño de **21 días**, en el cual se recolectará a diario 72 litros.

### 3.6 Cálculo del Tamaño

Para determinar el tamaño se ha utilizado el Cálculo de tamaño de la muestra para estimar una proporción<sup>13</sup>, cuya fórmula a continuación se detalla:

$$n = \frac{Z_{\infty}^2 \cdot \rho_o \cdot q_o}{d^2}$$

Dónde:

n : Muestra extraída

$\rho_o$  : Estimación puntual

$q_o$  : Error Máximo admitido

d : Precisión

$Z^2_{\alpha}$  : Tabla "Z", Distribución Normal Estándar.

Teniendo en cuenta que la Precisión (d) y la Confianza (1- $\alpha$ ) son establecidas a priori por el investigador, y la Estimación puntual ( $\rho_o$ ) se obtiene de la prueba piloto. Los valores utilizados son los siguientes:

- $\rho_o$  : 20 % (0.20)
- d : 17 % (0.17)
- $Z_{\infty}$  : 1.96 (Uso de tabla Z)
- $q_o$  : 80 % (0.80)

Efectuando el cálculo se determina que el tamaño de muestra es de **21 días**.

En el Anexo 1, se muestra la Tabla de Distribución Normal Estándar.

---

<sup>13</sup> (10.3) – De la Horra: Estadística Aplicada, (10.4) – López Casuso: Cálculo de Probabilidades e Inferencia Estadística, (10.8) – Gómez Villegas: Inferencias Estadísticas, (10,10) – Prieto Valiente: Bioestadística sin Dificultades Matemáticas.



## **CAPITULO IV**

### **CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE INDUSTRIAL**

Según lo indicado en el capítulo anterior la caracterización se ha llevado a cabo en base a lo establecido en el Protocolo del Monitoreo de Efluentes Líquidos – Resolución Ministerial N° 026-200-ITINCI, a continuación se describe las actividades realizadas.

#### **4.1 Programa de Monitoreo**

El Programa de Monitoreo Ambiental realizado en las instalaciones de la Planta de Quimex S.A. tomó 5 días, en el cual se realizaron observaciones, muestreos, mediciones de caudales y análisis de los datos técnicos y ambientales, requeridos para caracterizar a los efluentes y en base a ello, identificar los impactos ambientales generados por los procesos de la planta.

##### **4.1.1 Selección de los Parámetros**

Los parámetros seleccionados en el programa de monitoreo están relacionados directamente con el reglamento de desagües industriales emitido por SEDAPAL.

Cabe señalar que con la finalidad de verificar si el efluente puede ser reutilizado en el proceso de lavado, se está incluyendo el análisis de los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Metales (Fe) y Hidrocarburos Totales del Petróleo – TPH.

Los parámetros y los límites máximos permisibles para el efluente industrial son presentados en la tabla 4.

**Tabla 4. Parámetros del Efluente Líquido**

TIPO DE EFLUENTE	PARAMETROS	LMP	UNIDAD	NORMA DE REFERENCIA
INDUSTRIAL	pH	5 A 8.5	-	D.S. N° 28-60-PL Reglamento de Desagües Industriales.
	Temperatura	35	°C	
	DBO <sub>5</sub>	1000	ppm	
	Aceites y Grasas	100	mg/L	
	Sólidos Sedimentables	8.5	ml/L/h.	
	Sustancias Inflamables	* < 1	gr/L	
	Punto de Ignición	** > 90	° C	
	Demanda Química de Oxígeno	2.5 mg / L Biodegradabilidad DBO <sub>5</sub> /DQO <sub>3</sub> 0.4 ***		
	Metales (Fe)	Verificar presencia de metales para Efecto de Diseño. ***		
	Hidrocarburos Totales del Petróleo - TPH	Máxima remoción permitida por un separador de hidrocarburos. ***		
	Caudal	Parámetro para efecto de Diseño ***		

Fuente: TECSUP, Programa de Capacitación-Parámetros Físico-Químico del Agua.

\* Concentración inferior.

\*\* Punto de ignición superior.

\*\*\* Análisis para evaluar la conveniencia de reutilizar el efluente tratado.

#### 4.1.2 Selección del Punto de Muestreo y Frecuencia

La Planta de Operaciones de Quimex S.A cuenta con un área total de 1,186.65 m<sup>2</sup> (1er Local); y el proceso de lavado se desarrolla en un área de 48.15 m<sup>2</sup>.

Se ha identificado que las actividades de lavado de los envases de PVC y la zona de llenado y pesaje, son las fuentes generadoras que impacta al medio ambiente por las descargas de sus efluentes.

Al respecto, se instaló un vertedero rectangular cuya función consisten establecer un punto fijo para la toma de muestras; para datos de monitoreo tiene la codificación de (ES-1), el cual se ubica al final del almacén, a 2.00 metros de la unión de las canaletas (izquierda y derecha), a 3.70 metros del tanque de Homogeneización actual.

Diariamente se tomaron en intervalos de 1 hora muestras de efluente, y sobre cada una de ellas se realizaron mediciones in situ de pH y Caudal. Este proceso de toma de muestras y mediciones, se realizaron entre las 8.00 hasta 17.00 horas diariamente. En el Apéndice 2, Ilustración N° 1 se muestra la imagen de punto de monitoreo.

Las muestras a ser analizadas fueron remitidas a los laboratorios Certificados EQUAS y ENVIROLAB, tres muestras de efluente para su respectivo análisis físico químicos. Cada una de estas muestras, representa una muestra compuesta que ha sido formada por todas las muestras recolectadas entre las 8.00 hasta las 17.00 horas.

#### 4.1.3 Muestreo

##### A. Actividades de Pre – Muestreo

###### a.1 Equipos e Instrumentos

Los equipos e instrumentos de medición in situ cumplieron con las normas establecidas en el Protocolo de monitoreo, el cual indica que todo equipo a utilizar debe encontrarse limpio y calibrado antes de ir a campo y quedar en las mismas condiciones al final del trabajo. Cabe indicar que las calibraciones de los equipos de análisis son realizadas por los laboratorios certificados.

#### a.2 Tipos de recipientes de Muestreo

Los envases utilizados para la toma de muestra y su posterior análisis fueron proporcionados por el laboratorio EQUAS y ENVIROLAB, estos envases son previamente esterilizados, sellados y etiquetados por los laboratorios mencionados.

#### a.3 Volumen de Muestra

Se recolecto de 1 a 2 L. de muestra, por análisis químicos simples, y de 0.25 a 1 L., para análisis bacteriológicos.

En este caso, por las variaciones de las características del efluente, se tomaron muestras horarias de 2 L., entre las 8 y 17 horas, y posterior a ello, únicamente por 3 días, se realizó la mezcla a fin de extraer una muestra representativa compuesta para transportarlo al laboratorio.

#### a.4 Preservantes químicos y soluciones de calibración

Se conservó adecuadamente las muestras de efluente, a fin de mantener sus condiciones físicas, químicas y biológicas iniciales antes de ser llevadas al laboratorio, con el propósito de garantizar la veracidad de los resultados analíticos en las mismas. Al respecto, para cumplir con lo señalado anteriormente, fue necesario agregarle preservantes y conservarlo en un ambiente frío (Cooler).

Para el caso de los equipos, estos deben estar previamente calibrados antes de realizar las mediciones. Por lo cual el Potenciómetro utilizado en esta etapa ha sido calibrado para rangos altamente ácidos o alcalinos.

#### a.5 Tiempo Máximo de Almacenamiento

La muestra de efluente que ha sido tomada a diario, es preservada y acondicionada a temperaturas menores de 4°C (Refrigerar en el

Cooler), posterior a ello ha sido entregado al Laboratorio EQUAS y ENVIROLAB.

En la tabla 5 se presenta los criterios utilizados para cada parámetro seleccionado en el presente estudio.

**Tabla 5. Recolección, Preservación y Almacenamiento de muestras**

Parámetros Físico-Químicos	Volumen mínimo	Recipiente	Preservación	Tiempo de almacenamiento
pH	100 ml	P o V	-	Inmediato
Temperatura	25 ml	P o V	-	Inmediato
DBO <sub>5</sub>	1000 ml	P o V	Refrigerar	48 h.
DBQ	100 ml	P o V	Refrigerar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH<2	28 días
Aceites y Grasas	500 ml	V	Refrigerar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH<2	28 días
Sólidos Sedimentables	100 ml	P o V	Refrigerar	2-7 días
Caudal	El método a utilizar es por medio de un vertedero rectangular			
Hidrocarburos (TPH)	500 ml	V ámbar	Refrigerar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH<2	28 días
Oligoelementos y metales	Volumen mínimo	Recipiente	Preservación	Tiempo de almacenamiento
Hierro (Fe)	100 ml	P o V	Refrigerar HNO <sub>3</sub> , pH< 2	6 meses
Solventes Orgánicos	500 ml	V	Refrigerar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH<2	28 días
Sustancias Inflamables	500 ml	V	Refrigerar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH<2	28 días

P = Polietileno. V= Vidrio

Fuente: Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos

## B. Actividades de Muestreo y Recolección de la Muestra

### b.1 Toma de Muestra

La muestra de efluente fue tomada a máxima carga y de tipo compuesta, durante la jornada de trabajo se recolecto un total de 20 L., con tomas parciales de 2 litros cada 60 minutos durante 9 horas.

En el Apéndice 2 las ilustraciones 2, 3 y 4 evidencia la toma de muestra.

#### **b.2 Rotulado de las Muestras**

Los recipientes de las muestras fueron rotulados correctamente registrando en las etiquetas la siguiente información antes de ser enviado al Laboratorio para su análisis respectivo:

- Procedencia de la Muestra.
- Nombre de la Fuente y Punto de Muestreo, Código de la Muestra.
- Fecha de Muestreo, Hora de la toma de muestra.
- Técnica de preservación.
- Responsable del Muestreo.
- Condiciones Meteorológicas.

#### **b.3 Conservación y preservación de la muestra.**

La conservación y preservación de las muestras se efectuó de acuerdo a lo indicado en la Tabla 6, donde los envases se preservación de acuerdo al tipo de análisis que le corresponde, asimismo dichas muestras se refrigeración a 4°C.

#### **b.4. Transporte y Almacenamiento.**

Para el transporte y Almacenamiento de los envases se utilizaron cajas térmicas aislantes (Cooler), que ayudaron a la preservación y prevención de rupturas. El Apéndice 2, Ilustración 6, se muestra el cooler con las muestras almacenadas a 4 °C.

Finalizado el monitoreo, se remite las muestras a los laboratorios ubicados en los distritos de Puente Piedra (EQUAS) y San Miguel (ENVIROLAB).

Los Informes de Ensayo en el cual detallan los resultados de monitoreo de la Caracterización del efluente presentados por los laboratorios EQUAS Y ENVIROLAB se muestran en el Apéndice 3.

**b.5. Precauciones durante el muestreo.**

Cuando se preparan y manipulan las muestras de efluente, se ha tenido cuidado con el manejo de los reactivos preservantes ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Soluciones OD I y OD II), que son altamente tóxicos y corrosivos.

**b. 6. Mediciones in Situ.**

Se realizaron mediciones in situ del Potencial Hidrogeno (pH) utilizando el Potenciómetro y las Mediciones de Caudales ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) utilizando el vertedero.

Antes de realizar las mediciones con el equipo es necesario la calibración, para ello se cuenta con las soluciones buffer.

Para medir muestras acidas es necesario calibrar con Soluciones Buffer 4.01 y 7.01, para mediciones de muestras alcalinas se calibra con Soluciones Buffer 7.01 y 10.01.

Después de haber realizado la lectura debe calibrarse el equipo y luego el electrodo guardar en una solución de almacenamiento.

**C. Actividades de Pre – Muestreo**

**c.1. Calibración de Equipos.**

Se revisó que los equipos mantengan la calibración establecida.

**c.2. Análisis Químicos.**

En los métodos de análisis seleccionados para la caracterización del efluente se consideró: límites de sensibilidad, detección y selectividad en los análisis; requisitos de exactitud y precisión, la desviación estándar (DS); y el coeficiente de variación.

c.3. Garantía de Calidad.

Los laboratorios encargados EQUAS y ENVIROLAB utilizados para este proyecto son confiables por cuanto sus resultados son de precisión y exactitud.

En el Tabla 6, se muestran los métodos estándares que el laboratorio ha utilizado, los cuales están de acuerdo a la propuesta por el Ministerio de Producción.

**Tabla 6. Metodología y Equipo para Monitoreo de Efluentes Líquidos**

Parámetros	Norma EPA	ESTANDAR METHODS APHA	Métodos	Equipos	Unidades
PH	150.1	4500-H <sup>-</sup> -B	Electrométrico	Potenciómetro	-
Temperatura	170.1	2550-B	Termométrico	Termómetro	°C
Aceites y Grasas	1664	5520-D	Gravimétrico-Extracción	Peras Extractoras	mg/L
Sólidos Sedimentables	160.5	2540-F	Vol. Cono Inhoff	Cono Inhoff	ml/L/h
Oxígeno Disuelto	-	4500-O C			mg OD/L
DBO <sub>5</sub>	405.1	5210-B	DBO <sub>5</sub> (5 días, 20°C)	Incubadora	mg DBO <sub>5</sub> /L
DQO	410.1	5220-B	Volumétrico Reflujo Abierto	Laboratorio	mg DQO/L
Hidrocarburos Totales del Petróleo – TPH	-	1664	-	-	mg/L
Hierro (Metales Totales)	-	3111-B	Adsorción Atómica – Llamas	Laboratorio	mg/L
Punto de inflamación	-	ASTM D-93	Punto de destello de Pensky-Martens	Laboratorio	°C
Caudal	-	-	Vertedero	Vertedero	m <sup>3</sup> /h

Fuente: Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI: Protocolo del Monitoreo de Efluentes Líquidos.

## 4.2 Instrumentos de Recolección de Datos

En la etapa de Caracterización de efluente, se ha utilizado los siguientes: materiales, y equipos de medición:

### *Equipos*

- **Potenciómetro:** Medidor de pH y Temperatura, Modelo HANNA HI 9025, el cual contiene un electrodo para mediciones de efluentes altamente ácidos o alcalinos y un Sensor de Temperatura.

La escala normal de medición del equipo tiene un rango de lectura de 0.01 a 14 de pH y las lecturas de temperatura a rango de 16°C a 30°C.

- **Vertedero Rectangular:** Cumple la función de realizar mediciones de caudales, para ello se calculó el diseño previo a una medición de caudal en la canaleta.

El vertedero rectangular se instaló en la canaleta existente, y la mediciones de caudal fueron realizadas son cada 60 minutos durante 9 horas, De trabajo por toda una semana.

Fórmula para el Cálculo del Caudal.

$$Q = C L H^{3/2}$$

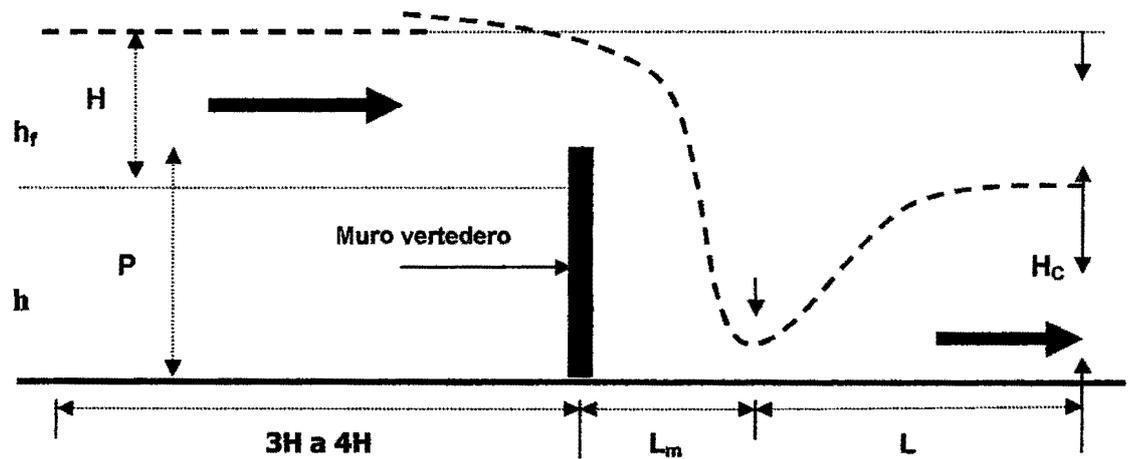
Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/ s)

C = Coeficiente de descarga.

L = Longitud de la cresta entre los lados de la ranura.

H = Cabeza sobre la cresta.



- **Tanque de Almacenamiento de Agua:** Utilizado para realizar mediciones exactas de consumo de agua, tiene una capacidad de  $28.6 \text{ m}^3$ .

#### *Recipientes para la Muestra de Efluente*

- 12 Unidades de botellas de polietileno de 1,000 ml.
- 6 Unidades de botellas de vidrio color ámbar de 1 L.
- 3 Unidades frasco esmerilado Wykler de 300 ml.

En el Apéndice 2 – Ilustración 5, se muestra imagen de los recipientes utilizados para la caracterización del efluente.

#### *Preservantes y Soluciones de Calibración*

- 10.5 ml de Solución de Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) al 1.1
- 3 ml de Solución OD I y OD II.
- 7.5 ml de Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) al 1.1
- 15 ml de Soluciones Buffer de 4.01, 7.01 y 10.01 (Soluciones de Calibración).

#### *Materiales de Apoyo para el Muestreo*

- 2 Vasos precipitados (Backer) de 500 ml.
- 1 Vaso precipitado (Backer) de 200 ml.

- 4 unidades de Probetas de plástico transparente de 50 ml.
- 1 Cilindro PVC de 20 L.
- 1 Embudo pequeño.
- 1 Balde de plástico de 5 L.
- 5 Botellas de polietileno plásticas de 1,000 ml.
- Cadena de custodia.
- Etiquetas para enviar las muestras.
- Cronometro.
- Cooler para refrigerar la muestra.
- 1 Unidad regla de madera de 20 cm.

*Implementos de Seguridad*

- 2 Mandiles o guardapolvo blanco.
- 2 Pares de lentes de laboratorio, 1 Mascarilla de doble filtro.
- 2 Mascarillas desechables, 8 Unidades de guantes quirúrgicos desechables.

## **CAPITULO V**

### **PRUEBA DE LABORATORIO**

La prueba de Laboratorio se realiza con la finalidad de determinar la dosis óptima para el tratamiento del efluente industrial, la cual fue determinada a través de las pruebas del Método de Jarra, se determinó las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación.

Las Etapas de las Pruebas de Laboratorio se detallan a continuación:

#### **5.1 Determinación del Coagulante Óptimo**

El propósito de este ensayo es determinar la dosis óptima del floculante (Sulfato de Aluminio), que ayudara a flocular los sólidos presentes en la muestra.

##### *Procedimiento*

- Se toma la muestra del efluente y se determina el Potencial Hidrogeno (pH) y la Turbiedad inicial.
- Se vierte en 6 vasos de plástico 2 litros de efluente a tratar.
- Iniciar el funcionamiento del Multiagitador Phipps & Bird a 100 rpm (revoluciones por minuto), durante 2 minutos para homogeneizar la muestra. En el Apéndice 4 – Ilustración 7, se aprecia el uso del multiagitador en las pruebas de jarra (laboratorio)
- Aplica dosis de Sulfato de aluminio desde un rango de 10 ppm hasta 60 ppm por cada 2 litros de efluente a tratar, con el fin de obtener una dosis que ayude a flocular los sólidos suspendidos y obtener una turbiedad mínima. Se realiza la mezcla rápida durante 1 minuto.
- Regularizar la gradiente a 40 rpm durante 15 minutos para que se mezcle el coagulante con el efluente, se da el inicio del proceso de floculación.

- Después del tiempo mencionado se retira los 6 vasos del equipo y se deja sedimentar por 15 minutos.
- Culminado el tiempo de sedimentación se extrae muestras de 40 ml a cada jarra mediante las jeringas hipodérmicas.
- Realizar las lecturas correspondientes de pH y Turbiedad a cada muestra, (previa calibración de los equipos).
- La dosis optima es aquella que ha obtenido un rango de Turbiedad de 0.00 a 0.70 FTU.

## **5.2 Determinación del Neutralizante Óptimo para el pH**

El propósito de este ensayo es determinar cuál producto químico es recomendable para el tratamiento del efluente líquido, para ellos se compara la efectividad de la Cal y de la Soda Caustica para regular el pH de la muestra a tratar.

### *Procedimiento*

- Se toma la muestra de efluente y se determina el Potencial Hidrogeno (pH) y la Turbiedad inicial.
- Se realiza una pequeña prueba con 2 vaso precipitado de 250 ml, conectado a un electro (medidor de pH), se agrega dosis de 0.5 ml de Soda Caustica al primer vaso y al segundo vaso dosis de 0.5 ml de cal disuelto hasta que las muestras se encuentren neutras.
- Realizar los cálculos para determinar la dosis de Cal y de Hidróxido de Sodio para una muestra de 2 litros.
- Verter en 6 vasos de plástico 2 litros de agua cruda a tratar.
- En la primera corrida con Cal, verter en el 1er vaso la dosis obtenida e ir agregando 70 ml hasta el 6to vaso.
- En la segunda corrida con la dosis de Hidróxido de Sodio, verter en el 1er vaso la dosis obtenida ir agregando por cada vaso 1 ml hasta el 6to vaso.

- Iniciar el funcionamiento del Multiagitador Phipps & Bird a 100 rpm durante 2 minutos para homogeneizar la muestra.
- Después de un minuto se modifica la gradiente de mezcla a 40 rpm durante 15 minutos.
- Luego se procede a retirar los vasos del equipo y se dejar sedimentar la muestra por 15 minutos (ello será realizado tanto para la Cal y el Hidróxido de Sodio)
- Culminado el tiempo de sedimentación se extrae muestras de 40 ml a las jarras mediante las jeringas hipodérmicas.
- Realizar las lecturas correspondientes de pH y turbiedad a cada muestra, (previa calibración de los equipos). En el apéndice 4 – Ilustración 8 y 9, se muestra la imagen del potenciómetro y el Turbidímetro.
- El dosificador óptimo es aquel que ha dado un resultado neutro y a la vez a necesitado la menor cantidad de producto químico.

**Nota:** Está prueba será realizada con una corrida de 6 vasos para cada producto, a fin de poder adquirir el dosificante óptimo para las pruebas siguientes.

### **5.3 Determinación de la Dosis Óptimo de Neutralizante**

El propósito de este ensayo es determinar la dosis óptima del neutralizante (Soda Caustica), que permitirá regularizar el pH de la muestra a tratar.

#### *Procedimiento*

- Se toma la muestra de agua cruda y se determina el Potencial Hidrogeno (pH) y la Turbiedad inicial.
- Se realiza una pequeña prueba con un vaso precipitado de 250 ml, conectado a un electro (medidor de pH), se agrega dosis de 0.5 ml de soda caustica al vaso precipitado y realizando al mismo tiempo la lectura del potenciómetro, hasta que la muestra se encuentre neutra.

- Realizar los cálculos para determinar la dosis de Hidróxido de Sodio para una muestra de 2 litros.
- Verter en los 6 vasos de plástico 2 litros de agua cruda a tratar.
- Iniciar el funcionamiento del Multiagitador Phipps & Bird a 100 rpm (revoluciones por minuto) durante 2 minutos para homogeneizar la muestra.
- Se aplica las dosis óptimas de Hidróxido de Sodio (Soda Caustica) que va del rango obtenido en previa evaluación (utilizar el dato optimo en la jarra media y alternar las dosis de las jarras que antecede y los que preceden).
- Después de un minuto se modifica la gradiente de mezcla a 40 rpm durante 15 minutos.
- Luego se procede a retirar los 6 vasos del equipo y se dejar sedimentar la muestra por 15 minutos.
- Culminado el tiempo de sedimentación se extrae muestras de 40 ml a cada jarra mediante las jeringas hipodérmicas.
- Realizar las lecturas correspondientes de pH y turbiedad a cada muestra, (previa calibración de los equipos).
- La dosis óptima es aquella que ha obtenido un rango de pH de 7.00 a 7.50.

#### **5.4 Determinación de la Dosis Óptima del Coagulante Neutralizante**

El propósito de este ensayo es determinar la efectividad en conjunto de las 2 dosis obtenidas en las pruebas anteriores, y determinar la dosis optima del Coagulante Floculante + Neutralizante que permita obtener un pH neutro y una turbiedad mínima.

Esta prueba está dividida en 2 partes:

***\* Manteniendo Constante la Dosis de Coagulante Floculante y variando la dosis del neutralizante.***

*Procedimiento*

- Se toma la muestra de agua cruda y se determina el Potencial Hidrogeno (pH) y la Turbiedad inicial.
- Verter en 6 vasos de plástico 2 litros de agua cruda a tratar.
- Iniciar el funcionamiento del Multiagitador Phipps & Bird a 100 rpm (revoluciones por minuto), durante 2 minutos para homogeneizar la mezcla.
- Aplicar dosis diferentes de Soda Caustica a las 6 jarras (la dosis tiene que estar dentro del rango de la dosis optima obtenidas en la prueba anterior).
- Después de un minuto aplicar la dosis óptima de Sulfato de aluminio (coagulante) a cada una de las jarras que se encuentran en proceso de agitación, realizar la mezcla rápida durante 1 minuto.
- Después se gradúa la gradiente a 40 rpm durante 15 minutos para que se mezcle el neutralizante y el coagulante-floculante con la muestra a tratar.
- Realizada la mezcla, se retira las 6 jarras del multiagitador y se deja reposar 15 minutos para que sedimenten los flóculos de las muestras.
- Culminado el tiempo de sedimentación se procede a tomar muestras de cada jarra mediante unas jeringas hipodérmicas.
- Realizar las lecturas de pH y Turbiedad (previa calibración de los equipos).
- La dosis optima es aquella que ha obtenido un pH neutro y una Turbiedad de 0 a 0.70 FTU.

***\* Manteniendo Constante la Dosis del Neutralizante y variando la dosis del Coagulante Floculante.***

#### *Procedimiento*

El procedimiento de esta prueba es igual a la anterior con la diferencia en los siguientes puntos.

- Aplicar dosis optima uniforme de Soda Caustica a las 6 jarras.

- Aplicar dosis diferentes de Sulfato de Aluminio a las 6 jarras (la dosis tiene que estar dentro del rango de la dosis óptima obtenidas en la prueba anterior).
- La dosis óptima es aquella que ha obtenido un pH neutro y una Turbiedad de 0 a 0.70 FTU.

### **5.5 Determinación de la Gradiente y Tiempo de Mezcla Óptimo**

El propósito de este ensayo es la determinación de los parámetros de floculación “G” gradiente y “T” Tiempo, en función de las dosis de coagulantes, siguiendo el método de la prueba de jarras.

#### *Procedimiento*

- Se toma la muestra de agua cruda y se determina el Potencial Hidrogeno (pH) y la Turbiedad inicial.
- Verter 2 litros de agua cruda a tratar a cada uno de los 6 vasos de plásticos.
- Pone en funcionamiento el Multiagitador Phipps & Bird a 100 rpm (revoluciones por minuto).
- Aplicar las dosis óptimas de Soda Caustica (Hidróxido de Sodio) de acuerdo a las dosificaciones determinadas con anterioridad.
- Después de un minuto aplicar la dosis óptima de Sulfato de aluminio y realizar la mezcla rápida durante 1 minuto.
- Al final de la mezcla rápida se inicia el proceso de floculación, para lo cual se modifica la velocidad de acuerdo a los gradientes de velocidad seleccionados. En este caso desde 15 hasta 45 rpm.
- Luego de floculado el agua por 5 minutos, se retira el primer vaso del multiagitador y se deja sedimentar por 15 minutos.
- Los siguientes vasos se retiran en los tiempos que se indican:  
Vaso 2 a los 10 minutos  
Vaso 3 a los 15 minutos

Vaso 4 a los 20 minutos

Vaso 5 a los 25 minutos

Vaso 6 a los 30 minutos

- Se determina el color aparente residual (ca) para la muestra, se calcula la eficiencia remocional:

$$Caf = ca / ca \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde Caf es el color aparente del agua tratada, ca es el color aparente inicial de la muestra y Caf el color aparente residual.

- Realizar las lecturas de pH y Turbiedad (previa calibración de los equipos).
- La gradiente y el tiempo de mezcla optima es aquella en donde se ha obtenido un pH neutro y una Turbiedad de 0 a 0.70 FTU.
- Se repite el ensayo incrementando el gradiente de acuerdo al intervalo seleccionado hasta obtener resultados favorables.
- Se efectuó toda la prueba completa a cada una de las muestras seleccionadas.

#### **5.6 Determinación de la Dosis Óptima del Coagulante y Neutralizante con el Tiempo y la Gradiente Óptima**

El propósito de este ensayo es determinar la dosis óptima final de neutralizante y floculante con el tiempo y gradiente optima con la finalidad que permitirá regularizar el pH de la muestra a tratar.

##### *Procedimiento*

- Se toma la muestra de agua cruda y se determina el Potencial Hidrogeno (pH) y la Turbiedad inicial. En el Apéndice 4 – Ilustración 11, se aprecia cuando se está realizando mediciones de pH y Turbiedad.
- Verter en los 6 vasos de plástico 2 litros de agua cruda a tratar.
- Iniciar el funcionamiento del Multiagitador Phipps & Bird a 100 rpm durante 2 minutos para homogeneizar la muestra.

- Se aplica dosis óptimas de Soda Caustica (Hidróxido de Sodio) que va del rango obtenido de la dosis determinada en la prueba 5.3 (utilizar el dato óptimo en la jarra media y alternar las dosis de las jarras que antecede y los que preceden).
- Se aplica las dosis de Sulfato de aluminio por medio de jeringa, con la dosis obtenida en la prueba 5.3
- Después de un minuto se modifica la gradiente y el tiempo de mezcla obtenido en la prueba 5.5.
- Luego se procede a retirar los 6 vasos del equipo y se dejar sedimentar la muestra por 15 minutos.
- Culminado el tiempo de sedimentación se extrae muestras de 40 ml a cada jarra mediante las jeringas hipodérmicas. Ver Apéndice 4 – Ilustración 10.
- Realizar las lecturas correspondientes de pH y turbiedad a cada muestra, (previa calibración de los equipos).
- La dosis óptima es aquella que ha obtenido un rango de pH de 7.00 a 7.50.

### **5.7 Determinación de la Velocidad de Sedimentación**

El propósito de este ensayo es determinar la velocidad de sedimentación de la partícula del efluente ya tratado mediante el método del Cono Inhoff.

#### *Procedimiento*

- Se toma una muestra de 1 litro de efluente ya tratado mediante la técnica de la prueba de jarra y se vierte en el cono inhoff. Ver Apéndice 4 – Ilustración 12, Sedimentación de la Muestra.
- Agitar el cono inhoff ante de iniciar el tiempo de sedimentación.
- Iniciado la sedimentación realizar las lecturas del tiempo cada 50 ml.
- Realizar la última lectura a los 60 minutos y apuntar el volumen de sólidos sedimentados por ml litro en 1 hora.

- Realizar las lecturas de pH y Turbiedad (previa calibración de los equipos).
- Los resultados obtenidos plasmarlos en grafica para obtener la velocidad de sedimentación promedio.

### **5.8 Determinación de la Concentración Inicial de la Muestra**

El propósito de este ensayo es determinar la concentración inicial de la muestra sin tratamiento, dato importante para el diseño del decantador.

#### *Procedimiento*

- Se toma una muestra de 50 ml de agua cruda y se vierte en una capsula de vidrio o porcelana.
- Se realiza el pesaje de la muestra y anotar el peso.
- Llevarlo al horno hasta que seque en su totalidad la muestra.
- Retirar la porcelana del horno y dejar enfriar.
- Pesar la muestra sacada del horno y Anotar los datos.

### **5.9 Determinación de la Concentración Final de la Muestra**

El propósito de este ensayo es determinar la concentración final de la muestra tratada con las pruebas anteriormente mencionadas.

#### *Procedimiento*

- El procedimiento es similar a la prueba 5.8, con la diferencia que esta vez se pesara y secara una muestra ya tratada en laboratorio.

### **5.10 Instrumentos de Recolección de Datos**

Para la ejecución de la Prueba de Jarra a fin de poder elaborar el Diseño, se ha hecho uso de los siguientes equipos, cuyas características se describen en el Anexo 2.

## CAPITULO VI

### DISEÑO DE PLANTA

#### 6.1 Especificaciones Técnicas y Diseño de la Planta de Tratamiento de Efluentes.

##### 6.1.1 Rejillas de Desbaste

Las rejillas a ser instaladas en la planta son de tipo enrejado que se ubican transversalmente al flujo. Al pasar el agua, el material pequeño y mediano queda retenido en el enrejado y debe ser retirado manualmente o con dispositivos mecánicos adecuados.

*Cálculos de Diseño*

$$H_L = 1/0.7 ((V^2 - v^2) / 2g)$$

Dónde:

$H_L$ : Pérdida de Carga

$V$ : Velocidad del agua, al paso por las barras (m/s)

$v$ : Velocidad media del agua, aguas arriba (m/s)

$g$  : Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Las mediciones realizadas anteriormente, definen que el fluido que se traslada por la canaleta tiene una altura aproximando de 0.16 m.

Las rejillas de desbaste contarán con las siguientes dimensiones:

Largo	:	0.30 m.
Alto	:	0.18 m.
Borde libre	:	0.03 m.
Espacio entre barrotes	:	3/16"
Angulo de inclinación	:	60°.
Número de Barrotes	:	32 und.

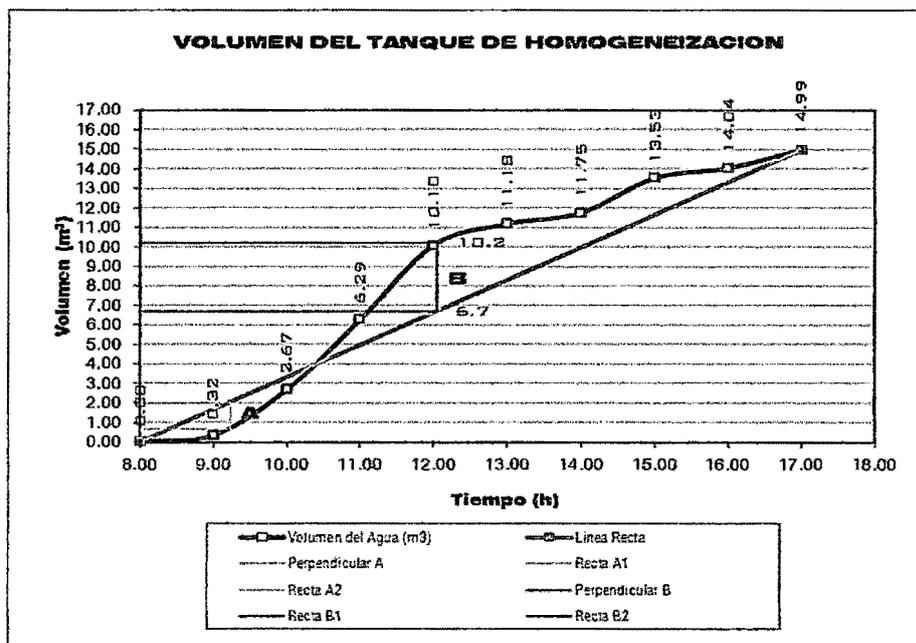
**6.1.2 Tanque de Homogeneizador de Caudales**

La Homogeneización consiste, en amortiguar por laminación las variaciones de caudal, con el objeto de conseguir un caudal constante o casi constante.

*Cálculos de Diseño*

El volumen necesario para la homogeneización del caudal se determina para un periodo de trabajo de 9 h. Debido a que la planta cuenta con un área de lavadora y de pesaje, cuyo consumo diario es de 12 a 18 m<sup>3</sup>. El promedio de agua utilizada es de 15 m<sup>3</sup>/día en un periodo de 9 horas por día, la cual hemos tomado como referencia para el cálculo del diseño. Se obtiene como resultado la capacidad del tanque de 5 m<sup>3</sup> (el resultado es obtenido por medio de la tangente de la curva)

Curva de Volumen de Agua



El tanque contara con una bomba de trasiego que trabajará a un caudal de 1.66 m<sup>3</sup>/h, esta bomba trabajara con una compresora para la inyección de aire.

### 6.1.3 Sistema de Neutralización de pH

El sistema de Neutralización de pH, es un sistema que se ubicará entre el tanque de homogeneización y el floculador. Cumplirá la función de neutralizar el efluente antes de su ingreso al floculador, por ello se cuenta con los siguientes equipos:

#### Bomba Dosificadora para ácido

Bomba dosificadora electrónica construcción IP65, con display digital y lectura de caudal en unidades de ingeniería, para ácido, marca: IWAKI WALCHEM de USA, Modelo EW C20 Y2 VC

Rango de caudal	:	0 – 9 LPH
Presión	:	105 PSI
Cabezal dosificador	:	PVC
Diafragma	:	Teflonado
Bolas check	:	Cerámica
Sellos	:	Viton
Conexiones de succión	:	Con adaptadores para manguera de 1/2" diámetro externo, 3/8" diámetro interno.

Accionamiento: Mediante bobina electromagnética, 22 watts, 0.6A, 230 ± 10% VAC, 60HZ.

#### Bomba Dosificadora para Soda

Bomba dosificadora electrónica construcción IP65, con display digital y lectura de caudal en unidades de ingeniería, para soda, marca: IWAKI WALCHEM de USA, Modelo EW C20 Y2 VC

Rango de caudal	:	0 – 9 LPH
-----------------	---	-----------

**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

Presión	:	105 PSI
Cabezal dosificador	:	PVC
Diafragma	:	Teflonado
Bolas check	:	Cerámica
Sellos	:	Viton
Conexiones de succ. y desc.	:	Con adaptadores para manguera de 1/2" diámetro externo, 3/8" diámetro interno.
Accionamiento:		Mediante bobina electromagnética, 22 watts, 0.6A, 230 ± 10% VAC, 60HZ.

Controlador DUAL

Controlador DUAL en función al PH, marca: IWAKI WALCHEM,  
Modelo: WDP 320- 52N

Especificaciones Técnicas:

Rango de PH	:	-2 a 16
Precisión	:	0.1 PH
Rango de temperatura	:	0 a 100°C con compensación automática.
Suministro Eléctrico	:	220V, 60HZ
Display	:	Digital con luz de fondo.
Programación	:	Mediante Botonera de tacto.
Cubierta	:	Según NEMA 4X.
Señales de entrada	:	2 señal en mv del valor PH (una señal proveniente de sensor de proceso y la otra señal para monitoreo).
Señales de salida	:	2 Salidas proporcionales de control. 2 Salidas ON/OFF de control. 1 Salida analógica 4-20mA.

**Electrodo Sensor de pH**

Electrodo Sensor de PH estacionario de superficie plana, con sensor de temperatura y Preamplificador, Modelo: WEL-PHF-11, para proceso.

Especificaciones Técnicas:

ELECTRODO:

Rango de PH : 0 a 14  
Rango de Temperatura : 10 a 70°C  
Presión de trabajo : Hasta 100PSI

Materiales:

Cuerpo de Electrodo en CPVC, electrodo de referencia en HDPE, electrodo de vidrio y O-rings de Viton.

Sensor de Temperatura: PT100.

CUBIERTA Y PREAMPLIFICADOR:

Potencia : +/- 5vdc, suministrado por el controlador.  
Conexión : 1" NPT

Controlador PID

Marca: TEXMATE, Modelo: VT-4810-LX

Suministro eléctrico : 220V, 60HZ  
Señal de entrada : 4 – 20mA  
Señal de salida : PID de 4 – 20Ma

01 Panel eléctrico de control.

01 Tablero mural soporte en acero inoxidable.

02 Caja protectora de bomba dosificadora.

02 Sensor de nivel tipo Reed Switch, normalmente cerrado.

**Bomba Dosificadora de Sulfato**

Bomba dosificadora electrónica construcción IP65, con display digital y lectura de caudal en unidades de ingeniería, utilizada para

agregar dosis de Sulfato de aluminio a afluentes ácido, marca: IWAKI  
WALCHEM de USA, Modelo EW C20 Y2 PC

Rango de caudal : 0 – 9 LPH

Presión : 105 PSI

Cabezal dosificador : Polipropileno reforzado con fibra de vidrio

Diafragma : Teflonado

Bolas check : Cerámica

Sellos : Viton

Conexiones de succión y desconexión: Con adaptadores para  
manguera de 1/2" diámetro externo, 3/8" diámetro interno.

Accionamiento: Mediante bobina electromagnética, 22 watts, 0.6A,  
230 ± 10% VAC, 60HZ.

#### Bomba de Traslago

La bomba de trasiego de reactivos para flotación de minerales, estará  
ubicada en el tanque de Homogeneización y cumplirá la función de  
impulsar el afluente a un caudal de 0.5 L/s a todo el sistema.

El electrodo elegido es de marca: ALL-FLO de USA Modelo: BK-5

Caudal : 0 a 14 GPM (53.2 LPM)

Temperatura máxima : 93°C

Presión máxima de aire : 100 PSI (6.8 bar)

Capacidad máxima de succión en seco: 3m.

#### Materiales de construcción:

Carcasa : Polipropileno

Diafragma : Teflón

Asiento de válvula : Polipropileno

Bolas check : Teflón

Conexiones de aire : Entrada / salida: 1/4" NPT / 3/8" NPT

Conexiones del fluido : Entrada y salida: 1/2" NPS, rosca interna

Tamaño máximo de sólidos : 3.1 mm

Peso de la bomba : 3.6 Kg.

Electro Agitador

El electro agitador, se encontrará ubicada en el tanque de Floculación, el cual realizara la mezcla del efluente a 1 rpm

Componentes:

01 Motor reductor, marca: SEW

01 Reactancia de línea, marca: SEW

01 Variador de frecuencia, marca: SEW

01 Tablero de control

01 Puente soporte de fierro

01 Chumacera de pared auto alienante

01 Eje agitador, según medidas indicadas, en acero inoxidable

Bomba Sumergible e Inmersible

La electrobomba sumergible estará ubicada en el sumidero, el cual cumple la función de impulsar los lodos hacia la centrifuga.

Marca: HIDROSTAL, Modelo: 2AQ

Diámetro de succión : 2"

Diámetro de descarga : 2"

Pasaje libre de sólidos : 50 mm.

Longitud de cable de bomba : 8 m.

Long. De cable de control de nivel : 3 m.

Impulsor : Fierro fundido nodular

Caja : Fierro fundido gris

Eje : Acero Inoxidable AISI 316

Motor: Trifásico, 2Kw, 2 polos, aislamiento clase F, 3480 RPM, 220/440/380V, 2880 RPM, 220/380V a 60HZ y 50HZ, respectivamente, arranque directo.

#### 6.1.4 Floculadores: Floculador de Paleta

El floculador proporciona a la masa de agua una agitación lenta que debe promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que salgan de ella. Para efectos de diseño se utilizaron los datos obtenidos en laboratorio, y se optó por diseñar una unidad mecánica: Floculador de paletas de eje vertical con paletas paralelas.

#### *Cálculos de Diseño*

Para realizar el diseño del floculador es necesario contar con los siguientes parámetros obtenidos en la fase de Nivel de laboratorio:

Datos	Dimensión	Unidad
Caudal	0.5 *	L/s
Tiempo de Floculación (T)	15	Min
Gradiente	30	s <sup>-1</sup>

\* El Caudal promedio para el trabajo de 9 horas es 0.46 L/s, por cálculos de diseño se ha utilizado el dato de 0.5 L/s

#### Dimensiones del taque floculador

Datos	Dimensión	Unidad
Volumen Total del Floculador ( $\bar{A}$ )	0.45	m <sup>3</sup>
Volumen de cada cámara de floculación ( $\bar{A}^1$ )	0.45	m <sup>3</sup>
Lado de cada cámara de floculación (m)	0.67	M
Diámetro del Tanque Circular	0.80	M
Número de paletas o agitadores horizontales	1	und.

<b>Datos</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Largo de la varilla de la paleta	1	M
Velocidad de rotación de la paleta	1	Rpm

El tanque de Floculación tendrá una capacidad de  $0.45 \text{ m}^3$ , el cual funcionara las 9 horas de trabajo.

#### 6.1.5 Tanque de Sedimentación en Placas Paralelas

Esta operación se utiliza para separar flóculos químicos obtenidos por adición de un coagulante y/o modificador de pH, en la mayoría de los casos, el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado. Para el presente proyecto se ha tenido en cuenta las pruebas de laboratorio las cuales son una simulación de las condiciones de una planta. Las muestras de los efluentes han sido a la vez utilizadas para determinar la concentración inicial (muestra sin tratamiento) y concentración final (muestra tratada), obteniéndose ciertas curvas que permitan determinar la velocidad de sedimentación de los flóculos, concentración de lodos, grado de compactación, porcentaje de remoción, y otros.

##### *Cálculos de Diseño*

Se ha adoptado el sistema de sedimentación acelerada o de “alta rata”, de flujo laminar, mediante el uso de placas de fibra de vidrio con dos compartimientos cada una constituido de  $1.43 \text{ m} \times 1.07 \text{ m}$  y  $4.28$  de profundidad total, separados por un muro centra de ancho  $0.15 \text{ cm}$ , la profundidad cubre cuatro niveles:

Nivel superior o clarificación (profundidad  $0.86 \text{ m}$  incluyendo borde libre  $0.13 \text{ m}$ ), por donde el efluente por rebose se descargara a un

canal de colección de agua sedimentada, con una profundidad total variable entre 0.17 m y 0.35 m.

Nivel central o de sedimentación, zona ocupada por las placas lisas de fibra de vidrio, con un ángulo de inclinación de 60° y de 0.52 m de altura final.

Nivel inferior o zona de lodos con una altura inicial de 1.49 m y pendiente uniforme hasta alcanzar los 1.79 m.

Concentradores de lodos, constituidas por dos tolvas de profundidad 1.0 m.

El Sedimentador propiamente dicho está constituido por la zona de placas de 2.86 m de longitud conformada por placas de fibra de vidrio de 1.43 m x 1.07 m y 6 mm de espesor inclinadas a 60° con relación a la horizontal y con espaciamientos libres de 10 cm en sentido normal a las placas. Los espaciamientos son mantenidos mediante separadores fabricados en perfiles de acero a modo de peines con los dientes inclinados.

Los lodos constituidos por los flóculos serán recolectados por un sistema de dos tolvas de 60° de pendiente transversal que los concentran sobre el manifold longitudinal.

El manifold de 0.10 m de diámetro tiene dos ramales de recolección cada uno de 1.80 m de altura uno por tolva y distancia entre eje de 1.15 m, este permite ascender lo lodos hasta un nivel de -3.00 M.

Para el control del manifold se ha previsto la instalación de una válvula de mariposa de Ø 0.10 m (4"). La cual podrá operarse manualmente evacuándose los lodos sin necesidad de vaciar la unidad

de sedimentación, los lodos serán acumulados en un buzón desde el cual se podrán transvasar al sistema de tratamiento de lodos.

**Dimensionamiento de las tolvas concentradoras de lodos**

1. Cantidad : 2 unidades
2. Capacidad por unidad : 0.35 m<sup>3</sup>.
3. Forma trapezoidal invertida : profundidad 1 m  
Base mayor 1 m  
base menor 0.5 m

El sistema de tratamiento de lodos además de estar constituido del manifold contara con una Centrifuga para lodos que permitirá obtener una torta de lodos en estado sólido.

En el Apéndice 5, se describe los procesos que contempla la planta de tratamiento a través de un Diagrama de Flujo, asimismo el diseño de la Planta de Tratamiento se ubica en el Apéndice 15.

**CAPITULO VII  
RESULTADOS**

**7.1 Resultados de la Caracterización del Efluente Industrial**

Los resultados obtenidos de la caracterización del efluente se detallan a continuación:

**Tabla 7. Resultados de los Parámetros Analizados - EQUAS**

PARAMETROS	UNIDAD	LMP D.L. N° 28-60-SAPL	Días de Monitoreo		
			DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3
Potencial Hidrógeno (pH)	unidades	5 – 8.5	3.49*	2.17*	4.04*
Temperatura	°C	35	26.09*	26.02*	26.69*
Aceites y Grasas	mg /L	< 100	3.1	4.5	94.7
Sólidos Sedimentables	ml /L/h	8.5	1.3	26	10
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días a 20 °C )	mg/L	< 1000	389	479	541
Oxígeno Disueltos	mg/L	**	6.6	6.7	6.4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	**	40	80	380
Hidrocarburos Totales del Petróleo – TPH	mg /L	**	<0.1	<0.1	0.5
Hierro <sup>a</sup>	mg /L	**	10.71	114.13	19.53

Fuente: D.L. N° 28-60-SAPL: Reglamento de Desagües Industriales

(a) -Metales Totales

\* Datos tomados in situ.

\*\* Análisis para evaluar la conveniencia de reutilizar el efluente tratado.

**Tabla 8. Resultados del Parámetros Analizados - ENVIROLAB**

PARAMETROS	UNIDAD	LMP D.L. N° 28-60-SAPL	PARAMETRO		
			DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3
Punto de Inflamación	°C	> 90	> 100	> 100	> 100
Caudal	L/s	---	0,48	0,51	0,49

Fuente: D.L. N° 28-60-SAPL: Reglamento de Desagües Industriales

Los Resultados demuestran que el Potencial Hidrogeno (pH) del efluente tiene lecturas entre 2.17 a 4.04, siendo estas inferiores al límite que está entre el rango de 5.0 a 8.5. Asimismo los resultados de Sólidos Sedimentables sobrepasan en un 305% de lo exigido en el reglamento de desagües industriales, siendo el limite 8.5 ml/l /h.

Los Informes de Ensayo en el cual detallan los resultados de monitoreo de la Caracterización del efluente presentados por los laboratorios EQUAS Y ENVIROLAB se muestran en el Apéndice 3.

## **7.2 Resultados de los parámetros de la Prueba de Jarras**

A partir de las Pruebas de Jarras en el laboratorio, se determina las dosis óptimas para el tratamiento físico químico del efluente, siendo necesario realizar varias pruebas las cuales son detalladas en el Capítulo V.

La dosis óptima es el resultado del promedio obtenido a partir de las 21 pruebas efectuadas durante el periodo de 21 días de trabajo de laboratorio. Asumiendo el criterio que el pH se encuentre dentro de lo exigido por la ley, y la turbiedad sea menor a 9 FTU.

A continuación se detallan los resultados de cada dosis y parámetros, los cuales serán utilizados para el diseño de las operaciones unitarias de la planta de tratamiento.

Las condiciones iniciales de la muestra antes de las pruebas de jarra son:

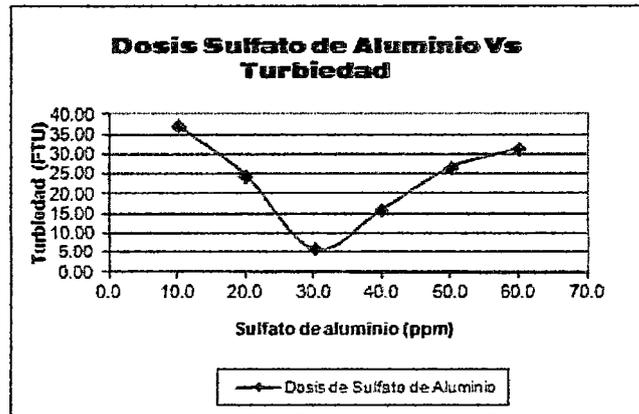
- Un pH inicial promedio de 3.23
- Turbiedad promedio de 656.8 FTU (Unidad de Turbidez de la Formazina, 1 FTU = 1 NTU )
- Presencia de sólidos (etiquetas, papeles)

### **7.2.1 Dosis Óptima de Coagulante**

*Protocolo de la Prueba:*

- 12 litros de efluente industrial
- 210 ppm de Sulfato de Aluminio 1%
- Gradiente a 40 RPM por 15 minutos.

Gráfica:



Resultado óptimo:

Dosis de Sulfato de Aluminio al 1%: 30 ppm, obteniendo un pH de 5.62 y una Turbiedad de 5.93 FTU promedio.

En el Apéndice 6, se adjunta las 21 pruebas realizada para la determinación de la Dosis óptima de Coagulante.

### 7.2.2 Neutralizante Óptimo

Para determinar el Neutralizante óptimo, que se empleará en el tratamiento del efluente industrial, se comparó las funciones de los 2 productos químicos: Soda Caustica y Cal, los cuales son productos comercializados por la empresa Quimex S.A.

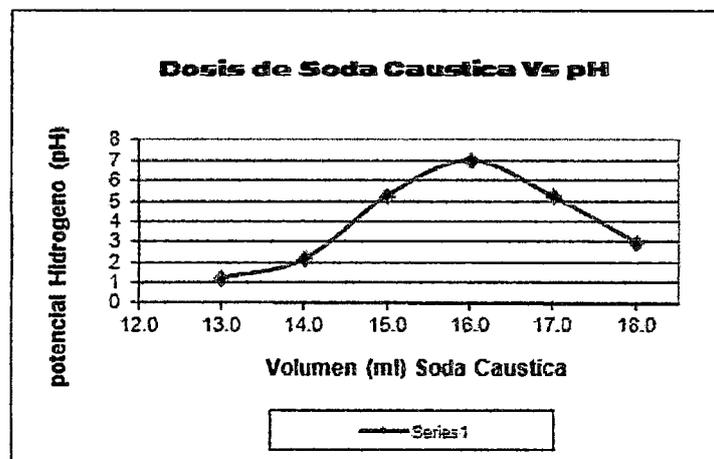
Previo a ello, se realizó una prueba preliminar con la Soda Caustica, en la cual se utilizó solución al: 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60%, a fin de determinar la mejor concentración para el uso de la soda caustica, de esta prueba se comprobó que la Soda Caustica al 50% permitía reducir el pH, el cual se encontraba dentro del rango exigido por la normatividad vigente, asimismo existe experiencias similares en la que se ha trabajado con la soda caustica a concentraciones de 50% para el tratamiento de efluentes de industria textil, farmacéuticas, entre otras.

Para determinar el Neutralizante óptimo, solo se llevó a cabo 1 prueba, y ello debido a que los resultados indicaban que se requería un mayor volumen (ml) de cal para el tratamiento de 1 Litro de efluente, en comparación a lo utilizado con la soda caustica, esto quiere decir que si se usaba un volumen más diluido de cal generaría una distorsión del volumen de prueba que era de un litro, lo cual se vería incrementado en un 25%, distorsionando a la dosis optima de coagulante.

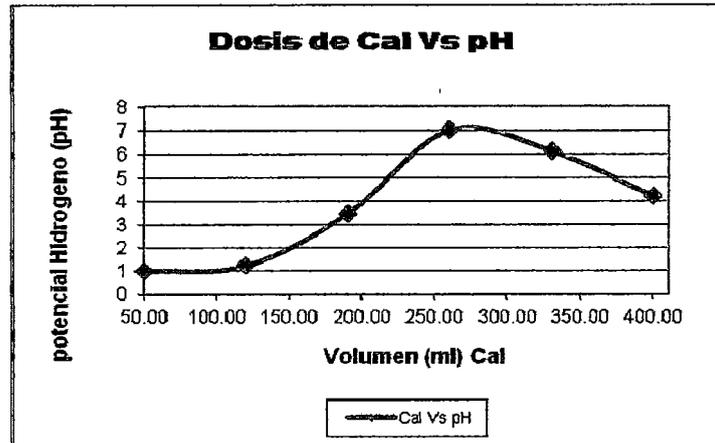
*Protocolo de la Prueba:*

- 12 litros de efluente industrial
- 100 ml de Soda Caustica al 50%
- 1,400 ml de Cal
- Gradiente a 100 RPM por 2 minutos.

Gráfica: Soda Caustica Vs pH



Gráfica: Cal (CaO) Vs pH



Resultado óptimo:

Dosis de Soda Caustica: 16 ml al 50% para obtener un pH de 7.05.

Dosis de CaO (cal): 260 ml, para obtener un pH de 7.01.

Realizando la comparación de los resultados obtenidos, se concluye que es rentable utilizar dosis de Soda Caustica, por lo que solo se necesita volúmenes mínimos, en comparación a la cal.

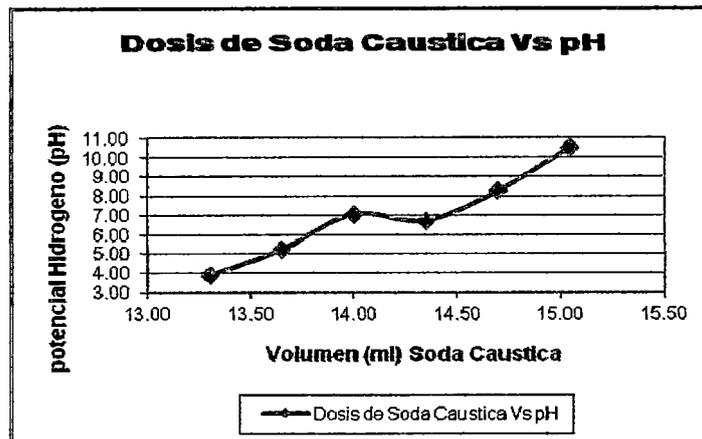
En el Apéndice 7, se adjunta las pruebas realizada para determinar el neutralizante óptimo.

### 7.2.3 Dosis Óptimo del Neutralizante

*Protocolo de la Prueba:*

- 12 litros de efluente industrial
- 90 ml de Soda Caustica al 50%
- Gradiente a 40 RPM por 15 minutos.

Gráfica: Soda Caustica Vs pH



Resultado óptimo:

Concentración de Soda Caustica al 50%, Dosis de 14 ml x 2 L. Para obtener un pH de 7.03 y una turbiedad de 5.09 FTU promedio.

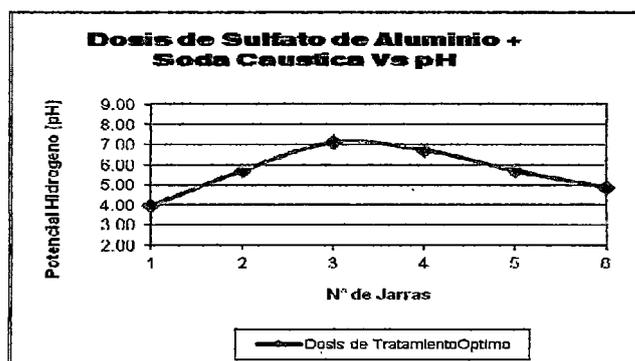
En el Apéndice 8, se adjunta las 21 pruebas realizada para determinar la Dosis óptima de Neutralizante.

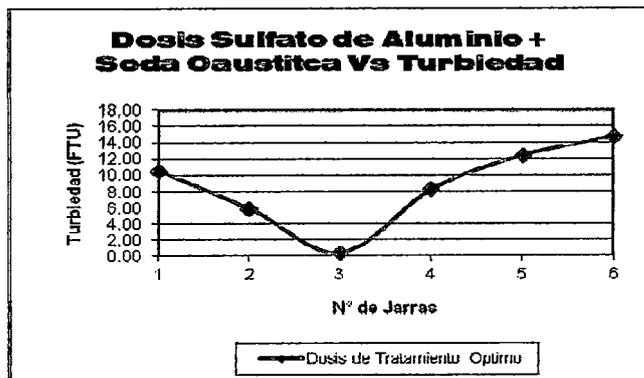
#### 7.2.4 Dosis Óptimo de Coagulante y Neutralizante

*Protocolo de la Prueba:*

- 24 litros de efluente industrial
- 180 ml de Soda Caustica al 50%
- 400 ppm de Sulfato de Aluminio al 1%
- Gradiente a 40 RPM por 15 minutos.

Gráfica:





Resultado óptimo:

Concentración de Soda Caustica al 50%, Dosis de 14 ml x 2 L., y dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm x 2 L. Para obtener un pH de 7.08 y una turbiedad de 0.29 FTU promedio.

Las pruebas se realizaron a 40 rpm y con un tiempo de sedimentación de 15 minutos.

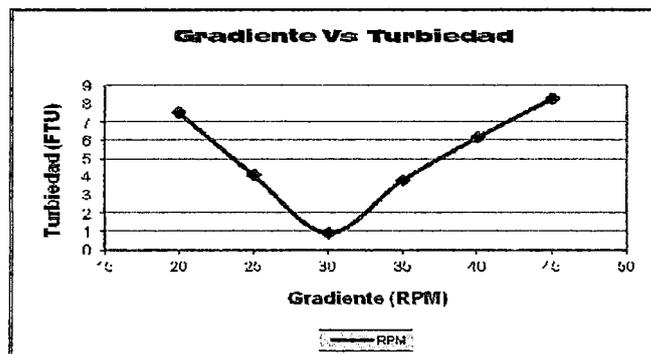
En el Apéndice 9, se adjunta las 21 pruebas realizada para la determinación de la Dosis óptima de Coagulante y Neutralizante.

### 7.2.5 Gradiente Óptima

*Protocolo de la Prueba:*

- 12 litros de efluente industrial
- 90 ml de Soda Caustica al 50%
- 180 ppm de Sulfato de Aluminio al 1%

Gráfica:



Resultado óptimo:

Gradiente optima de 30 RPM, con una Turbiedad de 0.91 NFU y un pH de 6.79 promedio.

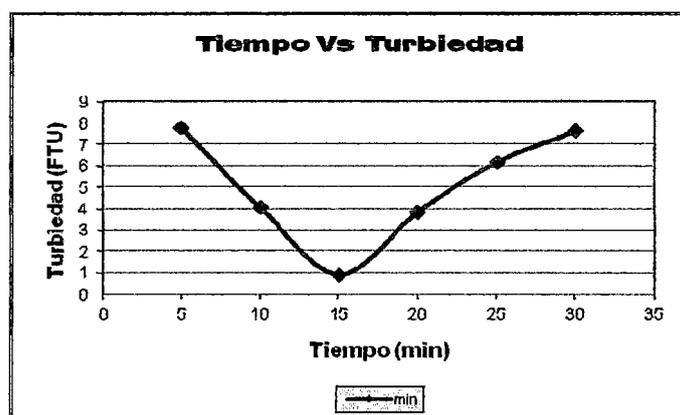
En el Apéndice 10, se adjunta las 21 pruebas realizada para la determinación de la Gradiente Optima.

### 7.2.6 Tiempo de Mezcla Óptima

*Protocolo de la Prueba:*

- 12 litros de efluente industrial
- 90 ml de Soda Caustica al 50%
- 180 ppm de Sulfato de Aluminio al 1%
- Gradiente a 30 RPM

Gráfica:



Resultado óptimo:

Tiempo óptimo de 15 minutos, con una Turbiedad de 0.90 FTU y un pH de 7.08

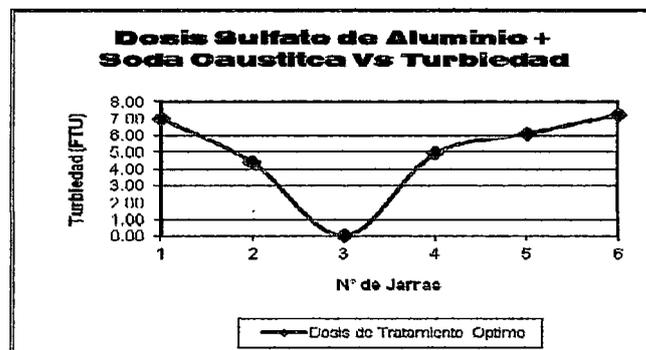
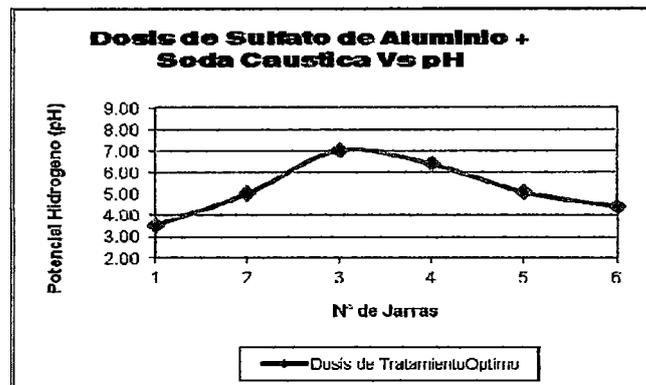
En el Apéndice 11, se adjunta las 21 pruebas realizada para la determinación del Tiempo de Mezcla Optima.

### 7.2.7 Dosis Óptima de Neutralización con la Gradiente y el Tiempo de mezcla Óptima

*Protocolo de la Prueba:*

- 12 litros de efluente industrial
- 90 ml de Soda Caustica al 50%
- 180 ppm de Sulfato de Aluminio al 1%
- Gradiente a 30 RPM por 15 minutos.

Gráfica:



Resultado óptimo:

Concentración de Soda Caustica al 50%, Dosis de 14 ml x 2 L. Y dosis de Sulfato de Aluminio 30 ppm x 2 L. Para obtener un pH de 7.02 y una turbiedad de 0.02 FTU.

Las pruebas se realizaron a 30 rpm y con un tiempo de sedimentación de 15 minutos

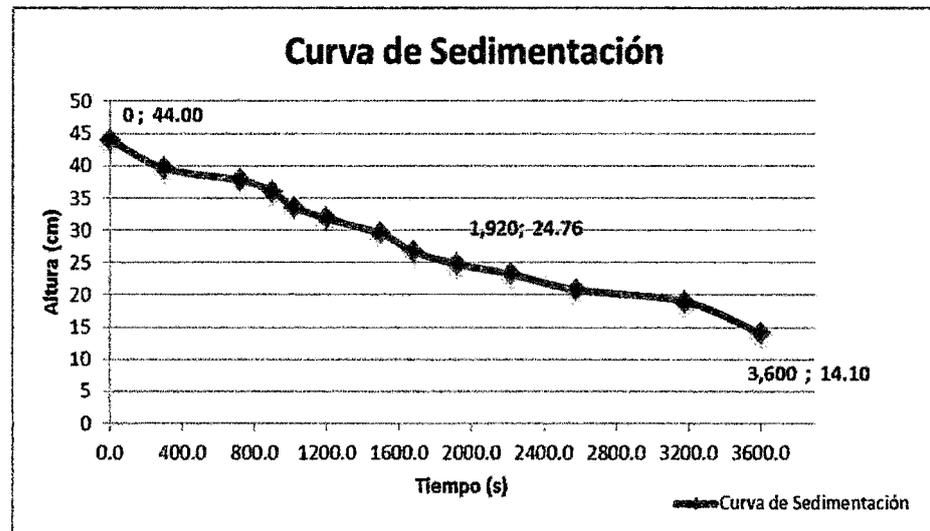
En el Apéndice 12, se adjunta las 21 pruebas realizada para la determinación de la Dosis Optima de Neutralización, con la gradiente y tiempo de mezcla óptima.

### 7.2.8 Velocidad de Sedimentación

*Protocolo de la Prueba:*

- 1 litro de efluente industrial
- 14 ml de Soda Caustica al 50%
- 30 ppm de Sulfato de Aluminio al 1%
- Gradiente a 30 RPM por 15 minutos.
- 60 minutos para la sedimentación

Gráfica:



Resultado:

Durante 1 hora de sedimentación se obtuvo 330 ml / L/ h

En el Apéndice 13, se adjunta las 21 mediciones realizadas para determinar la Velocidad de Sedimentación de la Muestra.

### 7.2.9 Concentración Inicial de la Muestra

Resultado:

El efluente generado en los Procesos de Acondicionamiento tiene las siguientes características:

- un pH inicial promedio de 0.346 y una turbiedad de 656.8 FTU.
- Presencia de sólidos (etiquetas, papeles)
- Concentración inicial promedio de 55.55 gr/ L.

### 7.2.10 Concentración Final de la Muestra

Resultado:

El efluente tratado químicamente tiene las siguientes características:

- un pH final promedio de 7.06 y una turbiedad de 0.03 FTU.
- Concentración final promedio de 85.54 gr/L.

## 7.3 Resultados de la Calidad del Efluente Tratado - Diseño de Planta

La muestra tratada por las pruebas de Jarra del día 21, fue enviada a laboratorio para su análisis respectivo. De ello se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 9. Resultados del Efluente Tratado

PARAMETROS	UNIDAD	LMP D.L. N° 28-60-SAPL	RESULTADOS
Potencial Hidrógeno (pH)	unidades	5 – 8.5	7.1
Cloro Residual	mg /L	----	< 0.1
Turbidez	FTU	----	1,04
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	mg / L	----	344
Sólidos Sedimentables	ml /L/h	8.5	< 0.1
Oxígeno Disueltos (OD)	mg /L	----	7.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (5 días a 20 °C )	mg/L	< 1000	4.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	----	12.5

Fuente: D.L. N° 28-60-SAPL: Reglamento de Desagües Industriales

La dosificación y el tratamiento aplicado dieron como resultado la disminución de la turbiedad y la neutralización del pH.

En el Apéndice 14, se presenta El Informe de Ensayo en el cual se detalla los resultados obtenidos del efluente tratado a través de la Prueba de Laboratorio.

Cabe indicar que las dosis óptimas obtenidas en Laboratorio han sido utilizadas para elaborar el Diseño Hidráulico de la Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales (Apéndice 15).

## **CAPITULO VIII**

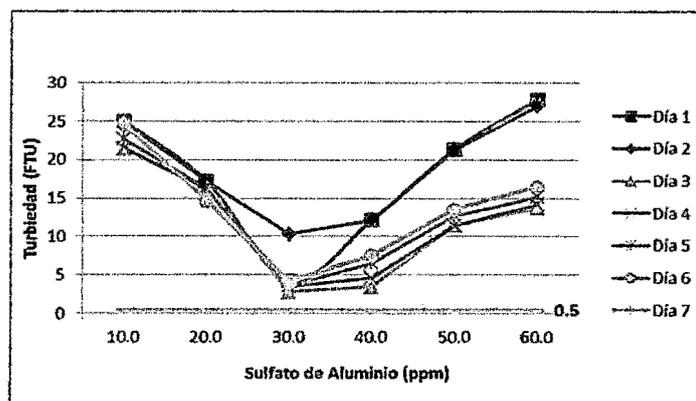
### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

- ❖ A partir de los resultados obtenidos en la caracterización del efluente a la empresa Quimex S.A, se obtuvo como resultado que los parámetros de Potencial Hidrogeno (pH) y Sólidos Sedimentables sobrepasan los LMP exigidos por el Reglamento de desagüe industriales., según se muestra en el ítem 7.1. Se concluye que la Hipótesis formuladas es correcta, debido a que el efluente no cumple con los parámetros exigidos por ley.
- ❖ El nivel de presión utilizado en el trabajo de investigación ha sido del 17 %, la Estimación puntual del 20 % y el Error Máximo admitido es del 80%, efectuando los cálculos a fin de determinar la muestra extraída da como resultado 21 días, lo cual significa que en estos 21 días deberá realizarse las pruebas a fin de obtener resultados confiables.
- ❖ Los resultados de la caracterización del efluente en cuanto al pH indica valores entre 2.17 a 4.04, lo cual no cumple con LMP que es del rango de 5 a 8.5, ello se debe al contenido residual de los envases que son sometidos al lavado previo a sus reutilización.
- ❖ Asimismo durante la caracterización del efluente, se determinó presencia de solidos sedimentables con un pico mayor de 26 ml/L/ h, el cual sobrepasa en un 305% de los exigido por el reglamento de desagües industriales que es de 8.5 ml/ L / h.
- ❖ Asimismo, debido a la gran variedad de envases que se lavan en la empresa, se genera efluentes con diferentes lecturas de pH, el cual se encuentra en el rango de 2.0 a 12 según lecturas obtenidas en las pruebas de laboratorio las cuales se muestran en los apéndices 6 al 12; por lo cual de una manera el tanque de homogeneización permitirá que las concentraciones de pH se homogenicen al igual que el caudal.

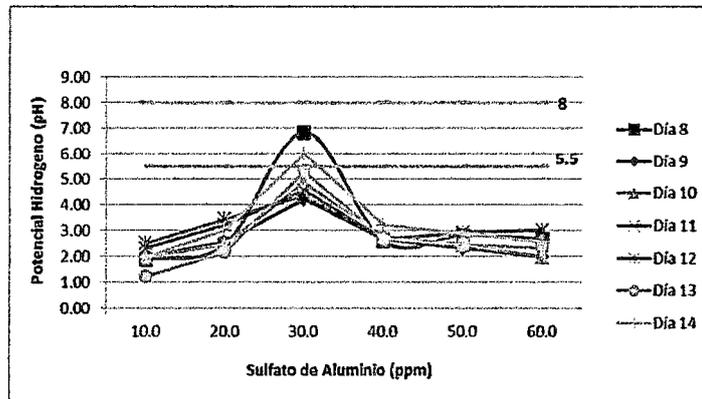
- ❖ El cálculo estadístico determinó que el tamaño de la muestra es de 21 días, la cual está definida a un 20% de Estimación puntual y una precisión del 17%, como se demuestra en el ítem 3.6
- ❖ Las pruebas de Jarras realizadas en el laboratorio durante 21 días, ha permitido obtener las dosis óptimas del coagulante y neutralizante, asimismo se ha obtenido el tiempo, la gradiente y la velocidad de sedimentación promedio para el tratamiento del efluente industrial.
- ❖ A fin de establecer la dosis óptima se ha visto necesario establecer rango para verificar si el efluente cumpliría con los LMP, por lo cual en el trabajo de investigación se ha asumido el criterio que: el pH se encuentre en el rango de 5 a 8.5 y la turbiedad sea menor a 9 FTU
- ❖ Para determinar el Neutralizante óptimo, solo se llevó a cabo 1 prueba, y ello debido a que los resultados indicaban que se requería un mayor volumen (ml) de cal para el tratamiento de 1 Litro de efluente, en comparación a lo utilizado con la soda caustica, esto quiere decir que si se usaba un volumen más diluido de cal generaría una distorsión del volumen de prueba que era de un litro, lo cual se vería incrementado en un 25%, distorsionando a la dosis óptima de coagulante.
- ❖ Si bien es cierto durante la ejecución de la tesis se tenía como base legal el D.L. N° 28-60-SAPL, por lo cual todos los LMP analizados ha sido en base a esta legislación; sin embargo se tiene conocimiento que entro en vigencia el D.S. N° 003-2011-VIVIENDA que aprobó el Reglamento del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA: Aprueba Valores Máximos Admisibles (VMA) de las Descargas de Aguas Residuales no Domesticas en el Sistema de Alcantarilla Sanitario; por lo cual se ha analizado las 2 normas, encontrando que el parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) actualmente exigen una descarga con VMA de 500 mg/L, en comparación con lo exigido por el D.L. N° 28/60-SAPL que manifiesta que el límite de descarga es menor a 1000 ppm (1 ppm= 1 mg/L) ello implica una reducción del 50% en la concentración de descarga permitida, asimismo la legislación ha visto

conveniente reducido el VMA del efluente, con la finalidad de tratar el efluente de manera homogénea y quizás a un menor costo.

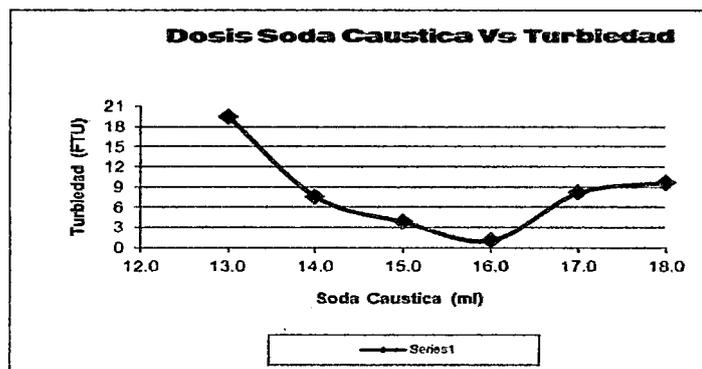
- ❖ El Reglamento del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA: Aprueba Valores Máximos Admisibles (VMA) de las Descargas de Aguas Residuales no Domesticas en el Sistema de Alcantarilla Sanitario; ha efectuado una variación con los límites establecidos en el pH, el nuevo D.S. indica que se puede descargar efluente con pH que oscilan entre el rango de 6 a 9, en comparación con lo que exigía el D.L cuyo rango era de 5 a 8.5.
- ❖ Es necesario indicar que los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio del efluente tratado, se ha verificado que los resultados se encuentran dentro de los Valores Máximos Admisibles para descarga de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarilla sanitaria.
- ❖ Los resultados obtenidos del efluente tratado, muestra que se tiene un pH de 7.1, presencia de solidos sedimentable menor a 0.1 ml/L/h y un DBO<sub>5</sub> de 4 mg/L, por lo cual el efluente tratado cumple con los LMP exigidos por la ley, asimismo cumple con los VMA del Decreto Supremo Aprobado en el año 2011.
- ❖ En la Prueba para determinar la Dosis Optima del Coagulante, el cual dura 21 días se obtuvo como resultado que el efluente tratado con 30 ppm de sulfato de aluminio reduce la turbiedad, asimismo el valor más bajo de turbiedad obtenido durante la prueba fue de 2.85 FTU del día 3, el cual cumple por lo exigido en ley. Se adjunta grafica donde visualiza lo descrito.



- ❖ En la Prueba para determinar la Dosis Optima del Coagulante el cual duró 21 días, se obtuvo como resultado que el efluente tratado con 30 ppm de sulfato de aluminio aumenta el pH, siendo el valor más alto obtenido durante la prueba de 6.85 el cual se registro el día 8, cabe señalar que la lectura obtenida cumple con lo exigido por ley. Se adjunta grafica donde visualiza lo descrito.

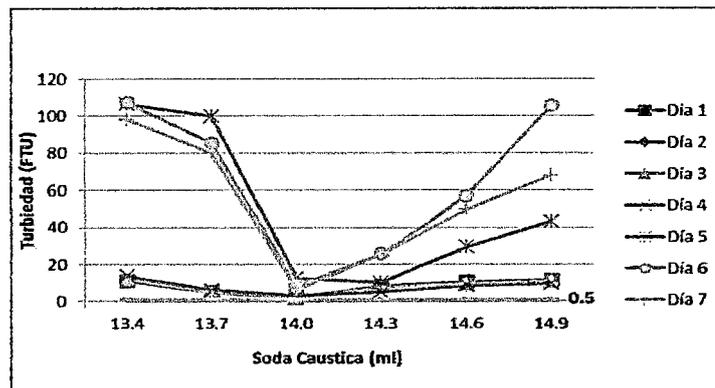


- ❖ En la Prueba para determinar el Neutralizante Optimo, fue desarrollado en un solo día, en el cual se comparó las funciones de los 2 productos químicos: Soda Caustica y Cal; obtenido como resultado que la Soda Caustica permite incrementar el pH y reducir la turbiedad del efluente tratado, el resultado se obtuvo al utilizar 16 ml de Soda Caustica al 50 %, el cual dio como resultado un 5.26 de pH y 1.04 FTU de turbiedad. Se adjunta grafica donde visualiza lo descrito.

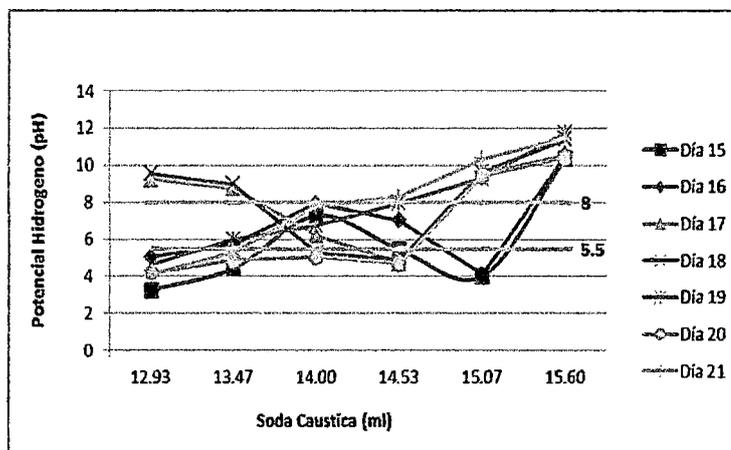


- ❖ En la Prueba para determinar la Dosis Optima del Neutralizante el cual duró 21 días, se obtuvo como resultado que el efluente tratado con 14 ml de Soda Caustica al 50% reduce la turbiedad a 1.94 FTU el cual fue registrado en la

prueba del día 3, cabe señalar que la lectura obtenida cumple con lo exigido por ley. Se adjunta grafica donde visualiza lo descrito.

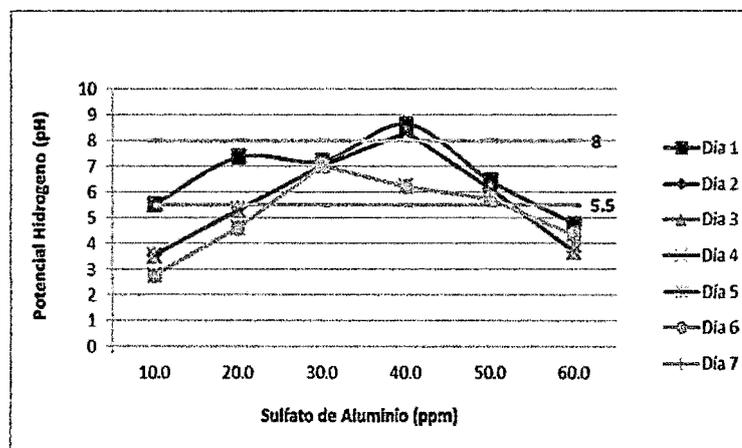
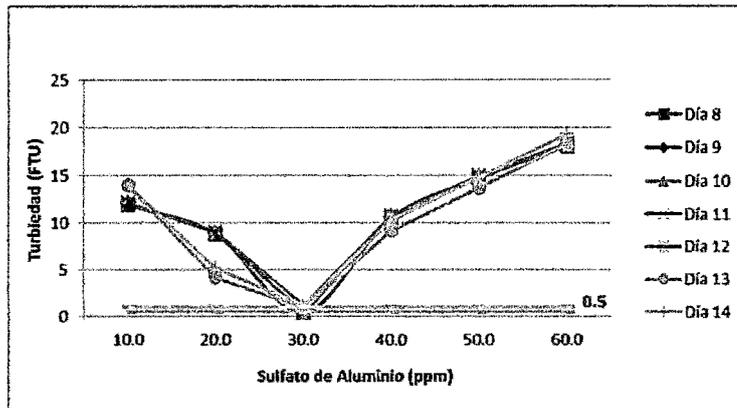


❖ En la Prueba para determinar la Dosis Optima del Neutralizante el cual duró 21 días, se obtuvo como resultado que el efluente tratado con 14 ml de Soda Caustica al 50% incrementa la lectura de pH a 7.93 cual fue registrado en la prueba del día 16, cabe señalar que la lectura obtenida cumple con lo exigido por ley. Se adjunta grafica donde visualiza lo descrito.

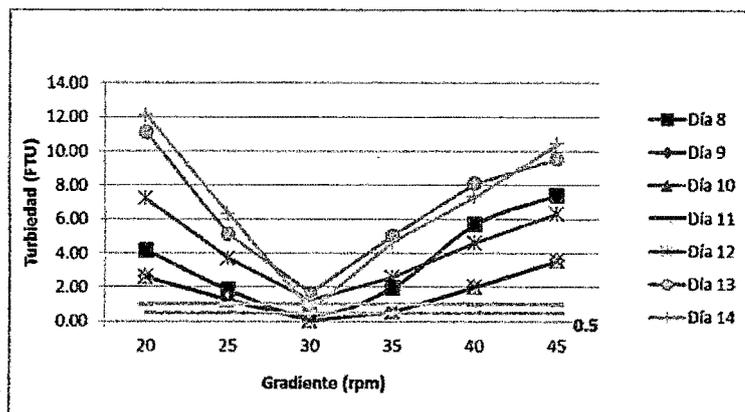


❖ En la Prueba para determinar la Dosis Optima del Coagulante y Neutralizante el cual duró 21 días, en la primera fase se mantuvo constante la dosis de Soda Caustica al 50 % en 14 ml, y se efectuó variaciones del Sulfato de Aluminio al 1 %, obteniendo resultados favorables en la reducción de la turbiedad a 1.14 FTU en el día 14 de la prueba con una dosis de 30 ppm de Coagulante, asimismo el efluente tratado incremento su pH entre el rango 7.02 a 8.02 durante los 21 días de prueba. Se adjunta graficas donde visualiza lo descrito.

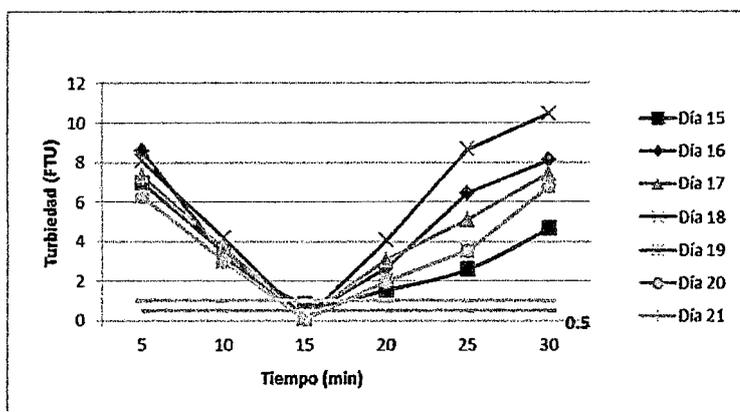
**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**



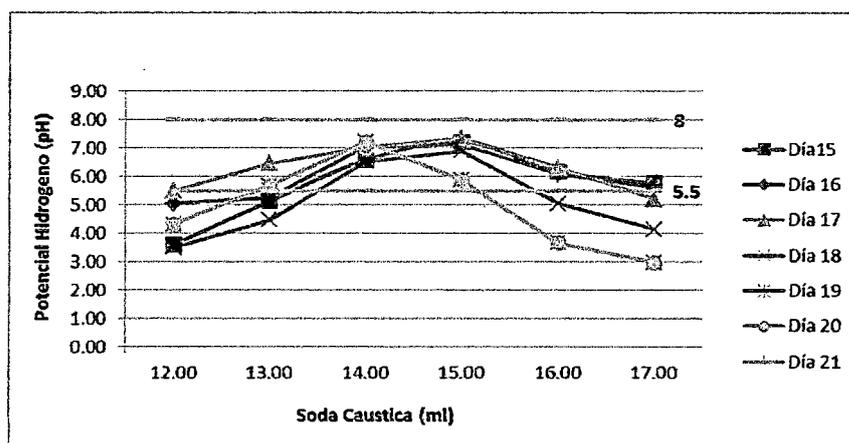
❖ En la Prueba para determinar la Gradiente Optima, se realizo con la dosis optima de Soda Caustica al 50 % y Sulfato de Aluminio al 1 %, durante los 21 días de prueba; el resultado más bajo de turbiedad se tuvo en la Semana 2 específicamente los días 10 y 11, obteniendo una lectura de 0.05 FTU a una gradiente de 30 rpm. La grafica indica que las pruebas realizadas una gradiente de 30 rpm permitirá que la turbiedad se reduzca.

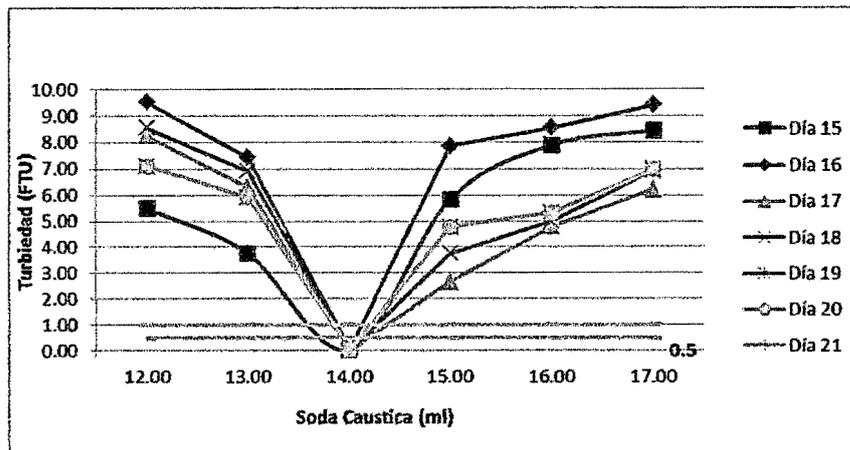


- ❖ En la Prueba para determinar el Tiempo Optimo de Mezcla se utilizo 14 ml de Soda Caustica al 50 % y 30 ppm de Sulfato de Aluminio al 1 %, durante los 21 días de prueba; el resultado más bajo de turbiedad se tuvo en la Semana 3 específicamente los días 20 y 21, obteniendo una lectura de 0.05 FTU con un tiempo de mezcla de 15 min. La grafica indica que las pruebas realizadas con 15 minutos de mezcla permitirá que la turbiedad se reduzca y el pH se encuentre en el rango de 5.5 a 8.

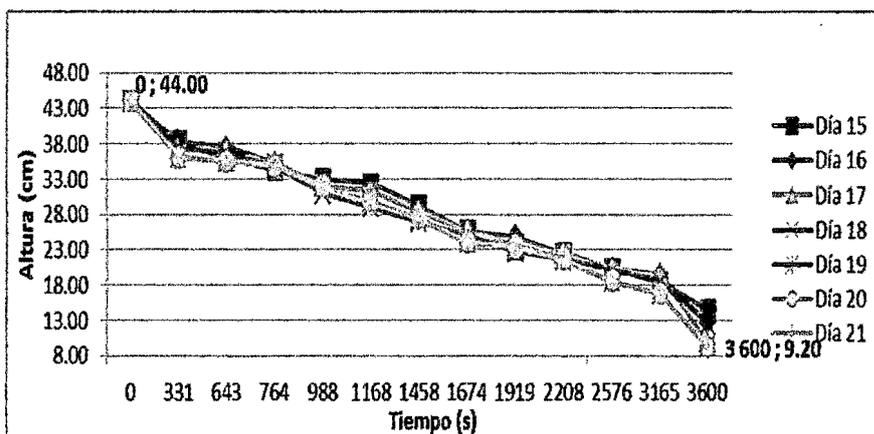


- ❖ Al realizar la prueba para determinar la dosis optima de Neutralizante con la gradiente y el tiempo optimo de mezcla, se empleo Soda Caustica al 50 % y 30 ppm de Sulfato de Aluminio al 1 % a 30 rpm y con un tiempo de mezcla de 15 minutos; durante los 21 días de prueba se obtiene como resultado que se reduce la turbiedad hasta 0.03 FTU y el pH puede llegar a 6.58, todo ello con un volumen de 14 ml de Soda Caustica. En la graficas siguiente se visualiza el comportamiento de la muestra tratada a la concentración indicada.





❖ Al realizar la prueba para determinar la Velocidad de Sedimentación, se utilizo las dosis optima de 14 ml de Soda Caustica al 50 %, 30 ppm de Sulfato de Aluminio al 1 %, a una gradiente de 30 rpm y con un tiempo de mezcla de 15 minutos; durante los 21 días de prueba se obtiene que la velocidad de sedimentación disminuye, siendo el resultado optimo obtenido el de 9.20 cm a 1 hora, la cual equivale a 330 ml /L /h promedio. En la siguiente grafica se visualiza el comportamiento de la muestra tratada en la semana 3.



❖ La simulación del proceso de tratamiento permitió obtener un efluente tratado óptimamente. Para ello se envió una muestra a un laboratorio certificado para su correspondiente análisis físico químico de los parámetros en estudio. El reporte de estos resultados indicaron lo siguiente: pH: 7.1, Turbidez: 1.04 FTU, Sólidos Sedimentables:<0.1 ml/L/h., Dureza Total: 344 mg/L, Cloro

Residual: <0.1 mg/L, Sulfatos: 236 mg/L, Oxígeno Disuelto (OD): 7.4 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): 4.0 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO): 12.5 mg/L. Esto indica el cumplimiento del reglamento de desagües y así mismo garantiza la reutilización de las aguas para el lavado exclusivo de envases de plástico.

- ❖ Existen experiencia exitosas con respecto al tratamiento de efluentes, el caso de la Aplicación de las Ecuaciones Alternativas utilizadas para representar el proceso de Floculación como herramienta de apoyo en la Operación de Planta de Potabilización, que fue difundida en el Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental en México, año 2002; en el cual manifiesta la importancia de la floculación en el proceso de clarificación del agua y la importancia de establecer modelos matemáticos que describan este proceso.
- ❖ El tratamiento Primario Avanzado (TPA) de Aguas Residuales – Diagrama de Coagulación – Floculación y Variables Operativas realizado por Juan Carlos Escobar, manifiesta la ausencia de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cali, la cual de una manera origina problemas ambientales y de salud pública, asimismo manifiesta que la tecnología del TPA ha sido ya implementada en países de Europa, Asia y Norteamérica, la cual ha contribuido a beneficios económicos y ambientales con respecto a otras alternativas de tratamiento de aguas residuales; asimismo recalca la importancia de realizar pruebas de laboratorio a fin de determinar el diseño correcto para el tipo de efluente a ser tratado.
- ❖ En el Perú existe empresa del rubro industrial, tal como Papelera Altas S.A. que sus actividades genera efluentes a diferente caudales y con presencia de sólidos, ellos a fin de cumplir con la legislación vigente, ha construido una planta de tratamiento que está compuesta de: Poza de recepción, tamiz, tanque de homogenización, Coagulación y/o Floculación, Sedimentador y poza de lodos; el cual ha permitido que se reduzca los sólidos sedimentables y a la vez el efluente tratado sea reutilizado para el proceso productivo.

- ❖ La empresa Consorcio ROBRISA S.A. de rubro textil que se dedica a la elaboración de hilos acrílicos y teñidos de los mismos, su actividad genera efluentes con un pH de 3.9 antes de su descarga (Dato obtenido del Diagnóstico Ambiental Preliminar), por lo cual la empresa ha implementado el Sistema de Neutralización del pH, el cual permitirá que sus efluente se encuentren dentro del rango exigido por ley 5.5 a 8, asimismo el neutralizante utilizado para el tratamiento es a base de Soda Caustica, la cual también ha sido utilizada en el presente proyecto de investigación.

## **CAPITULO IX**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **9.1 Conclusiones**

- 9.1.1 Se realizó la caracterización del efluente industrial generado del lavado de envases, el cual ha permitido identificar cuáles son los parámetros físico y químicos que se incumple con la legislación ambiental vigente.
- 9.1.2 Los efluentes generados en el proceso de Acondicionado de la Empresa QUIMEX S.A, no están sometidos a un tratamiento apropiado para el cumplimiento del Reglamento de Desagües Industriales emitidos por SEDAPAL.
- 9.1.3 La concentración físico química de los efluentes, procedentes de la planta varían constantemente entre ácido y básico. Esto se debe principalmente a la variabilidad de las sustancias que contiene los envases que son sometidos al proceso de lavado.
- 9.1.4 El programa de monitoreo consistió en tomar muestras compuestas recolectadas durante 9 horas consecutivas con el fin de mezclar y obtener al final del día una muestra representativa. Este procedimiento se realiza sobre la base de la razón anteriormente expuesta en la conclusión número 2.
- 9.1.5 El Análisis de la concentración físico química de los efluentes del proceso de acondicionamiento, indican que ciertos parámetros no cumplen con el Reglamento de Desagües Industriales. Estos parámetros son: Potencial Hidrogeno (pH) y Sólidos Sedimentables (SS).
- 9.1.6 El reporte de los análisis realizados por el laboratorio certificado arrojaron los siguientes resultados: día 1 (pH=3.49 y SS=1.6), día 2 (pH=2,17 y SS=26) y día 3 (pH=4,03 y SS=10). Estos resultados indican el no cumplimiento de la Normativa Legal Ambiental vigente, encontrándose expuesta a las sanciones que establece el sector competente.

- 9.1.7 La Pruebas de Jarra, realizada en el laboratorio, ha permitido determinar las dosis óptimas del neutralizante y coagulante, que será utilizado para el tratamiento del efluente industrial, previo a su descarga al alcantarillado.
- 9.1.8 El efluente industrial generado de las actividades de Quimex S.A., es variable, por lo cual para su respectivo tratamiento es necesario la elaboración de propuestas para el tratamiento del efluentes industriales antes de su descarga a la redes del alcantarillado.
- 9.1.9 El diseño de la planta de tratamiento consistió inicialmente en el desarrollo del Sistema de Simulación (Pruebas de Jarras), mediante el cual se obtuvo los parámetros básico de diseño, estos son: dosis optima de la sustancia neutralizante, dosis optima de la sustancia floculante, gradiente y tiempo de mezcla óptima.
- 9.1.10 La construcción del Tanque de Homogeneización, como un componente más de la planta de tratamiento se justifica debido a las variaciones de lectura de caudales generados durante las 9 horas de trabajo en el proceso de Acondicionado.
- 9.1.11 El Sistema de Floculación y el Sistema de Decantación como parte de los procesos unitarios de la planta de tratamiento de los efluentes industriales, garantizarán el cumplimiento de la normativa legal vigente. Esto debido a que el diseño de la planta ha sido elaborado utilizando estrictamente la metodología requerida y asimismo, la implementación progresiva de los datos obtenidos durante la Prueba de Jarras.

## **9.2 Recomendaciones**

- 9.2.1 Se recomienda la implementación de la planta de tratamiento de efluentes industriales de tal modo que no solo sirva para cumplir con la normativa legal vigente, sino también representar un modelo a seguir por empresas dedicadas a actividades similares en el sector industrial que deseen mejorar sus operaciones y enfocarse hacia los procesos de Producción Más Limpia

- 9.2.2 Se recomienda implementar un sistema de lavado óptimo que ayude a optimizar el consumo de agua y la calidad del envase a ser reutilizado. Esto significaría disminuir el consumo de insumos como agua y reactivos químicos, optimizando su uso y reduciendo la cantidad de residuos o subproductos sin valor.
- 9.2.3 En caso la empresa QUIMEX S.A, opte por la implementación de la planta propuesta para el tratamiento de efluentes industriales, se recomienda tener precauciones y mayor control con los tipos de envases a ser lavados, debido a que el ingreso de un producto desconocido (aceites y grasas, petróleo, combustible, etc.) podría alterar el tratamiento del efluente.
- 9.2.4 Se recomienda considerar el sistema de tratamiento de efluentes industriales como un proyecto ambiental de adecuación obligatoria a la normativa legal vigente, el cual no permite según su propia concepción el establecimiento de beneficios económicos debido a que no se considera como proyecto de inversión, pero que sin embargo goza de otras ventajas como son: mejorar la imagen de la empresa, evitar sanciones económicas, adquirir el concepto de producción más limpia, adoptar nuevas prácticas para hacer más eficiente el proceso productivo y servir como ejemplo en el sector industrial, entre otras ventajas importantes.
- 9.2.5 Debido a que la Hipótesis indica que el efluente no cumple con los LMP, se ve por conveniente plantear alternativas de tratamiento que proporcione una solución para que el efluente industrial cumpla con los LMP antes de su descarga.
- 9.2.6 Debido a la variedad de caudales generados en el proceso de lavado, se ha visto por conveniente realizar el diseño de un tanque de Homogeneización, que tendrá una capacidad de 5 m<sup>3</sup>, el cual permitirá homogeneizar el efluente y generar un caudal constante para el proceso de tratamiento del efluente previo a su disposición final.
- 9.2.7 Con los resultado obtenidos del efluente tratado, se puede plantear la alternativa de reutilizar el efluente tratado en el proceso de lavado de envases,

lo cual de una manera generaría un ahorro en el consumo del agua como ahorro de recursos natural, asimismo se reduciría la descarga de efluente que iría al alcantarillado.

## **CAPITULO X**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- (10.1) COOPERACION TECNICA REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA**, Manual de Disposición de Aguas Residuales: Origen, Descarga, Tratamiento y Análisis de las Aguas Residuales - Tomo II, 1ª Ed., CEPIS, 1991.
- (10.2) DEGREMONT**, Manual Técnico del Agua, 4ª Ed., Editorial Urmo, 1979.
- (10.3) DE LA HORRA NAVARRO JULIAN**, Estadística Aplicada, 3ª Ed., Ediciones Díaz de Santos S.A, Impreso en España, 2003.
- (10.4) LÓPEZ CASUSO RAFAEL**, Cálculo de Probabilidades e Inferencia Estadística 4ª Ed., Edición Universidad Católica Andrés Bello, Impreso en Venezuela, 2006.
- (10.5) METCALF AND EDDY**, Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización, 3ª Ed., Mc Graw-Hill, Impreso en España, 1995.
- (10.6) METCALF AND EDDY**, Ingeniería de Aguas Residuales: Redes de Alcantarillado y Bombeo, 2ª Ed., Mc Graw-Hill, Impreso en España, 1995.
- (10.7) RIGOLA LAPEÑA MIGUEL**, Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Proceso y Residuales, 1ª Ed., Editorial Alfa Omega Marcombo, 1989.
- (10.8) GOMEZ VILLEGAS MIGUEL ANGEL**, Inferencias Estadísticas, 1ª Ed., Ediciones Díaz de Santos, Impreso en España, 2005.
- (10.9) OROZCO JARAMILLO ALVARO**, Bioingeniería de Aguas Residuales – Teoría y Diseño, 1ª Ed., Edición Acodal – Bogotá, 2005

**(10.10) PRIETO VALIENTE LUIS, HERRANZ TEJEDOR INMACULADA,** Bioestadística Sin Dificultades Matemáticas – Análisis estadísticos de datos en Investigación médica y sociológica, 1ª Ed., Ediciones Díaz de Santos, Impreso en España, 2010.

**(10.11) NORIEGA PISSANI RUDDY,** Manual de Tratamiento de Aguas Residuales – Tomo 1, 1ª Ed., Editorial Talleres de la Imprenta del Ejercito, Lima – Perú, 1999.

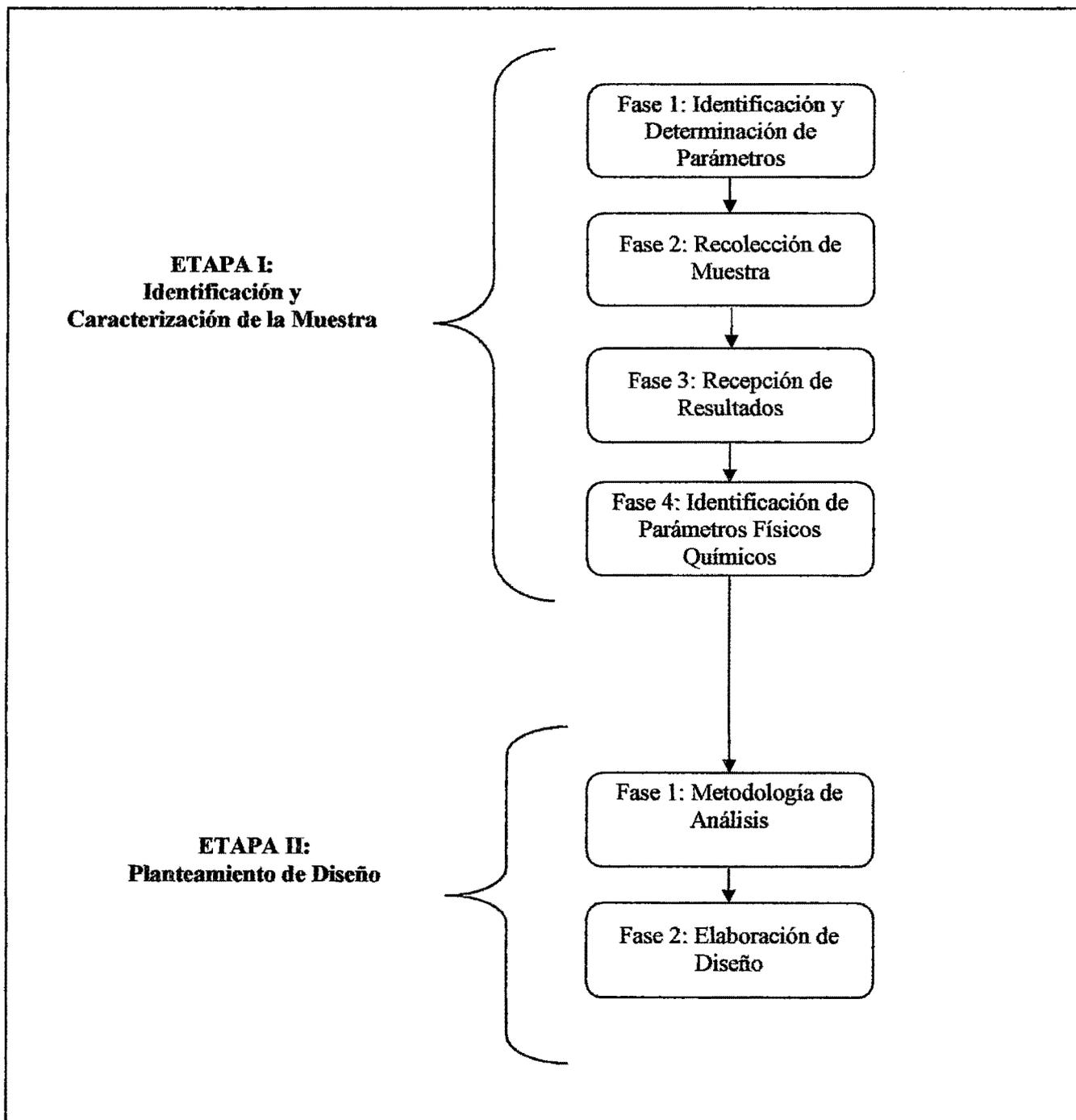
**(10.12) R. S. RAMALHO,** Tratamiento de Aguas Residuales, Edición Revisada, Editorial Reverté S.A., Reimpreso –España, 2003.

**(10.13) UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO,** Medio Ambiente Problemas & Soluciones, 2ª Ed., Impreso en Perú. 2001.

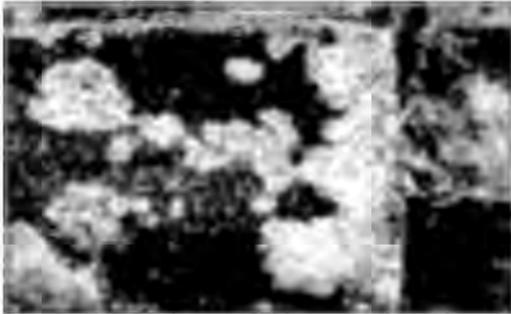
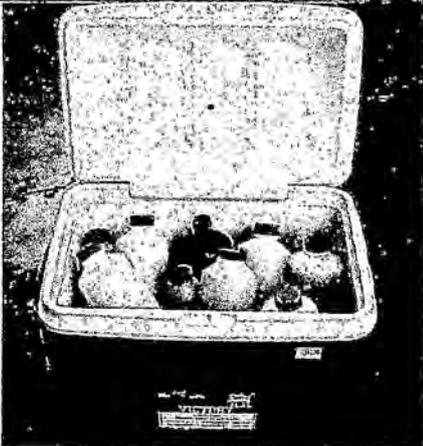
**(10.14) KEMMER FRANK N.- NALCO CHEMICAQL COMPANY,** Manual del Agua: Su Naturaleza, Tratamiento y Aplicaciones, 1ª Ed., Mc Graw-Hill, Impreso en México, 1989.

## APÉNDICE

Apéndice 1. Esquema – Etapas de la Investigación



**Apéndice 2. Caracterización del Efluente**

	
<p><b>Ilustración 1. Punto de Monitoreo (Vertedero)</b></p>	<p><b>Ilustración 2. Muestra Compuesta del Efluente</b></p>
	
<p><b>Ilustración 3. Llenado de Muestra</b></p>	<p><b>Ilustración 4. Toma de la Muestra Compuesta</b></p>
	
<p><b>Ilustración 5. Envases de Monitoreo</b></p>	<p><b>Ilustración 6. Cooler con muestras almacenadas</b></p>

**Apéndice 3. Resultados de Monitoreo de Caracterización del Efluente**



**Environmental Quality  
Analytical Services S.A.**

**EQUAS S.A.** Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental



**INFORME DE ENSAYO Nº 0191/05**

Solicitante : QUIMEX S.A.  
 Dirección : Calle "A" Mz. A Lt. 2 - Urb. Industrial - La Milla  
 Procedencia : PROCESO DE LAVADO DE ENVASES  
 Matriz de la Muestra : Agua Residual  
 Fecha de Muestreo : Lo que se indica  
 Responsable del Muestreo : Ing. Liliana Vega Condeso - Quimex S.A.  
 Fecha de Recepción : 18 Marzo del 2 005  
 Fecha de ejecución del ensayo : 18 al 30 Marzo del 2 005

Orden de Servicio : EQA-095/05

PARÁMETROS	A0361	A0362	Método de Análisis	Expresado en:
	P-1 A 3.7 mt de las pozas, antes del efluente descarga a las Redes de Alcantarillado (Sedapal)	P-1 A 3.7 mt de las pozas, antes del efluente descarga a las Redes de Alcantarillado (Sedapal)		
Fecha de muestreo	14/03/05	16/03/05	---	---
Aceites y Grasas	3,1	4,5	APHA 5520 D	mg/L
Sólidos Sedimentables	1,3	26	APHA 2540 F	ml/L
Oxígeno Disueltos	6,6	6,7	APHA 4500 O C	mg OD/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días a 20 °C)	389	479	APHA 5210 B	mg DBO/L
Demanda Química de Oxígeno	40	80	APHA 5220 B	mg DQO/L
Hidrocarburos Totales del Petróleo - TPH	<0,1	<0,1	EPA 1664	mg/L
Hierro*	10,71	114,13	APHA 3114 B	mg/L

(\*) Código de EQUAS S.A.

(\*\*) Código del Solicitante

(a) Metales Totales

**REFERENCIA DE METODOS ANALITICOS.-**

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 20<sup>th</sup> Edic. APHA AWWA WEF 1998.
- MANUAL OF METHODS FOR CHEMICAL ANALYSIS OF WATER AND WASTES, US - EPA 600/4-79-020, March 1983

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-**

- Las muestras llegaron refrigeradas, y preservadas para los parámetros de Aceites y Grasas, Metales Totales y Demanda Química de Oxígeno.

**OBSERVACION:**

- El resultados de Sólidos Sedimentables corresponde al tiempo de 1 hora.

Lima, 30 Marzo del 2 005

**EQUAS S.A.**

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
Director Gerente



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código FIEN : Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb. Naranja - Fuente Piedra, a/c. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
 Teléfono: 548 0460 - Telefax: 548 3566 - E-mail: equas@labinfo.com.pe

**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**

Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental



**INFORME DE ENSAYO N° 0191/05**

Solicitante : QUIMEX S.A.  
 Dirección : Calle "A" Mz. A Lt. 2 Urb. Industrial – La Milla  
 Procedencia : PROCESO DE LAVADO DE ENVASES  
 Matriz de la Muestra : Agua Residual  
 Fecha de Muestreo : Lo que se indica  
 Responsable del Muestreo : Ing. Liliana Vega Condeso - Quimex S.A.  
 Fecha de Recepción : 18 Marzo del 2 005  
 Fecha de ejecución del ensayo : 18 al 30 Marzo del 2 005

Orden de Servicio : EQA-095/05

PARÁMETROS	A0363	Método de Análisis	Expresado en:
	P-1 A 3.7 mt de las pozas, antes del efuente descarga a las Redes de Alcantarillado (Sedapa)		
Fecha de muestreo	18/03/05	---	---
Aceites y Grasas	94.7	APHA 5520 D	mg/L
Sólidos Sedimentables	10	APHA 2540 F	ml/L
Oxígeno Disueltos	6.4	APHA 4500-O G	mg OD/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días a 20 °C)	541	APHA 5210 B	mg DBO/L
Demanda Química de Oxígeno	380	APHA 5220 B	mg DQO/L
Hidrocarburos Totales del Petróleo - TPH	0.5	EPA 1664	mg/L
Hierro <sup>3</sup>	19.53	APHA 3111 B	mg/L

(\*) Código de EQUAS S.A.

(\*\*) Código del Solicitante

(a) Metales Totales

**REFERENCIA DE METODOS ANALITICOS:-**

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER: 20<sup>th</sup> Edic. APHA AWWA WEF 1998.
- MANUAL OF METHODS FOR CHEMICAL ANALYSIS OF WATER AND WASTES, US.- EPA 600/4-79-020, March 1983

**ESTADO Y CONDICION DE LA MUESTRA:-**

- Las muestras llegaron refrigeradas, y preservadas para los parámetros de Aceites y Grasas, Metales Totales y Demanda Química de Oxígeno.

**OBSERVACION:**

- El resultados de Sólidos Sedimentables corresponde al tiempo de 1 hora.

Lima, 30 Marzo del 2 005

**EQUAS S.A.**

Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo  
 Director Gerente



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código FIEN Dirección de Laboratorio: Mz. I Loté 74, Urb Naranjo - Puente Piedra, al. del Km 28.5 de la Pan. Norte  
 Teléfono: 540 0100. Telefax: 540 2560. e-mail: equas\_lab@telefonos.com.pe



**ENVIROLAB-PERU S.A.C.**

**Environmental Laboratories Peru S.A.C.**

**QUIMEX S.A.**

**INFORME DE ENSAYO**  
**“ Nº 503129 ”**

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Tel: (51) 578-1186 Telefax: (51) 578-1063 E-Mail: [envirolab@envirolabperu.com.pe](mailto:envirolab@envirolabperu.com.pe) Web: [www.envirolabperu.com.pe](http://www.envirolabperu.com.pe)



**ENVIROLAB-PERU S.A.C.**

**Environmental Laboratories Perú S.A.C.**

**INFORME DE ENSAYO**

**N° 503129**

**Solicitante:** QUIMEX S.A.  
**Domicilio Legal:** Calle "A" Mz. A - Lote 2 Urb. Industrial La Milla - San Martín de Porres  
**Tipo de Muestra:** Agua Residual  
**Plan de Muestreo:** ---  
**Solicitud de Análisis:** MAR-129  
**Procedencia de la Muestra:** Proceso de lavado de Envases  
**Fecha de Ingreso:** 05/03/16  
**Código ENVIROLAB PERU:** 503129  
**Referencia:** Muestra proporcionada por el Cliente.

Código de Lab.: 503129-01		Fecha de Muestreo: 05/03/14-16			
Análisis	Método de Referencia	Límite de detección	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
*Punto de Inflamación	ASTM D-93-02	---	> 100	°C	05/03/17

\*\*\*

Código de Lab.: 503129-02		Fecha de Muestreo: 05/03/14-16			
Análisis	Método de Referencia	Límite de detección	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
*Punto de Inflamación	ASTM D-93-02	---	> 100	°C	05/03/17

\*\*\*

**Condición y Estado de la Muestra Ensayada:** Las muestras llegaron preservadas al Laboratorio.  
**Nota:** La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.  
**Pto. de Inflamación:** ASTM D-93 La muestra fue llevada hasta 100 °C, no alcanzando el punto de inflamación.

**J. LUIS BUENO CARBAJAL**  
 Gerente General  
 C.I.P. N° 6618  
 Lima, Perú. 05/03/21

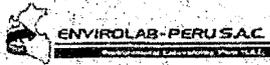


**Nota:** -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.  
 -Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

Page 1 / 1

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Tel: (51) 578-1186 Telefax: (51) 578-1063 E-Mail: [envirolab@envirolabperu.com.pe](mailto:envirolab@envirolabperu.com.pe) Web: [www.envirolabperu.com.pe](http://www.envirolabperu.com.pe)



Solicitud de análisis N°

MAR-129

**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA**

- | <input type="checkbox"/> SI         | <input type="checkbox"/> NO         | CARACTERÍSTICAS   |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | La muestra llegó con su respectiva cadena de custodia   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Todas las muestras están dentro del tiempo de vida para el análisis confiable                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | La muestra es proporcionada por el cliente  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | El envase es proporcionado por Envirolab-Perú S.A.C.  |
| <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | El envase es proporcionado por el cliente   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para metales disueltos están filtrados   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para metales están preservados con HNO <sub>3</sub> (1:1)                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para análisis físico Químico están preservados en frío                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para nutrientes están preservados con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)       |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para aceites y grasas están preservados con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para DQO están preservados con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)              |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | La muestra para DBO está completamente lleno y preservada en frío                             |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | La muestra para el análisis de cianuro está preservado con NaOH                               |

Si existen preguntas que no están descritas anteriormente, describa por favor

Cualquier discrepancia, comunicar al cliente

**Condiciones y Tipo de Embalaje**

Las muestras llegaron en óptimas condiciones embaladas en una caja.

York Dueñas Boada

05/03/16 – 19:36

Responsable

Fecha

Código: GG-3.1-01      Revisión: Set-02      Formato: GG-13



**ENVIROLAB-PERU S.A.C.**

**Environmental Laboratories Perú S.A.C.**

**QUIMEX S.A.**

**INFORME DE ENSAYO**

**“ N° 503154 ”**

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU

Tel: (51) 573-1186 Telefax: (51) 573-1053 E-Mail: [envirolab@envirolabperu.com.pe](mailto:envirolab@envirolabperu.com.pe) Web: [www.envirolabperu.com.pe](http://www.envirolabperu.com.pe)



**ENVIROLAB - PERU S.A.C.**

**Environmental Laboratories Perú S.A.C.**

**INFORME DE ENSAYO**

**N° 503154**

**Solicitante:** QUIMEX S.A.  
**Domicilio Legal:** Calle "A" Mz. A - Lote 2 Uda. Industrial La Silla - San Martín de Porres  
**Tipo de Muestra:** Agua Residual  
**Plan de Muestreo:** ---  
**Solicitud de Análisis:** MAR-154  
**Procedencia de la Muestra:** Proceso de lavado de Envases Químicos  
**Fecha de Ingreso:** 05/03/18  
**Código ENVIROLAB PERU:** 503154  
**Referencia:** Muestra proporcionada por el Cliente.

Código de Lab.:		Fecha de Muestreo:		Descripción:	
Análisis	Método de Referencia	Límite de detección	Resultado	Unidad	Fecha de Análisis
*Prueba de Inflamación	ASTM D-93-02	---	100	%	05/03/18

**Condiciones y Estado de la Muestra (Muestra)**

La muestra llegó preservada al 100%.

**Nota:**

La fecha de muestreo es la proporcionada por el Cliente.

**Pr. de Inflamación:**

ASTM D-93 La Muestra fue llevada hasta 100 °C, no alcanzando el punto de Inflamación.

**JUAN HUENGO GARRAJAL**  
 Gerente General  
 C.I.P. N° 6618  
 Lima, Perú

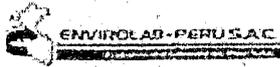
05/03/18

**Nota:** Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con los requisitos del producto.

Página 1/1

Av. La Marina 3059 - San Miguel - Lima 32 PERU

Teléfono (51) 578-1066 - Telefax (51) 578-1063 - E-Mail: [envirolab@envirolabperu.com.pe](mailto:envirolab@envirolabperu.com.pe) - Web: [www.envirolabperu.com.pe](http://www.envirolabperu.com.pe)



Solicitud de análisis N°

MAR-154

**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA**

- | <input type="checkbox"/> SI         | <input type="checkbox"/> NO         | CARACTERÍSTICAS   |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | La muestra llegó con su respectiva cadena de custodia   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Todas las muestras están dentro del tiempo de vida para el análisis confiable                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | La muestra es proporcionada por el cliente  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | El envase es proporcionado por Envirolab-Perú S.A.C.  |
| <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | El envase es proporcionado por el cliente   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para metales disueltos están filtrados   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para metales están preservados con HNO <sub>3</sub> (1:1)                        |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para análisis físico Químico están preservados en frío                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para nutrientes están preservados con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)       |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para aceites y grasas están preservados con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Las muestras para DBO están preservados con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)              |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | La muestra para DBO está completamente lleno y preservada en frío                             |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | La muestra para el análisis de cianuro está preservado con NaOH                               |

**Si existen preguntas que no están descritas anteriormente, describa por favor**

**Cualquier discrepancia, comunicar al cliente**

**Condiciones y Tipo de Embalaje**

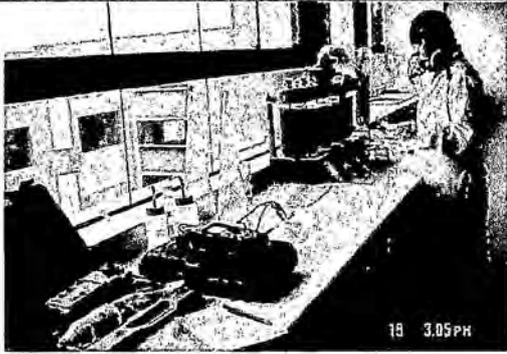
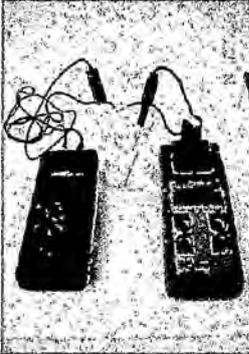
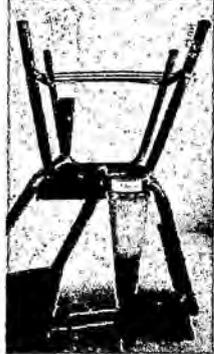
Las muestra llega en óptimas condiciones refrigerada y embalada en cooler.

York Dueñas  
Responsable

05/02/18 19:42  
Fecha

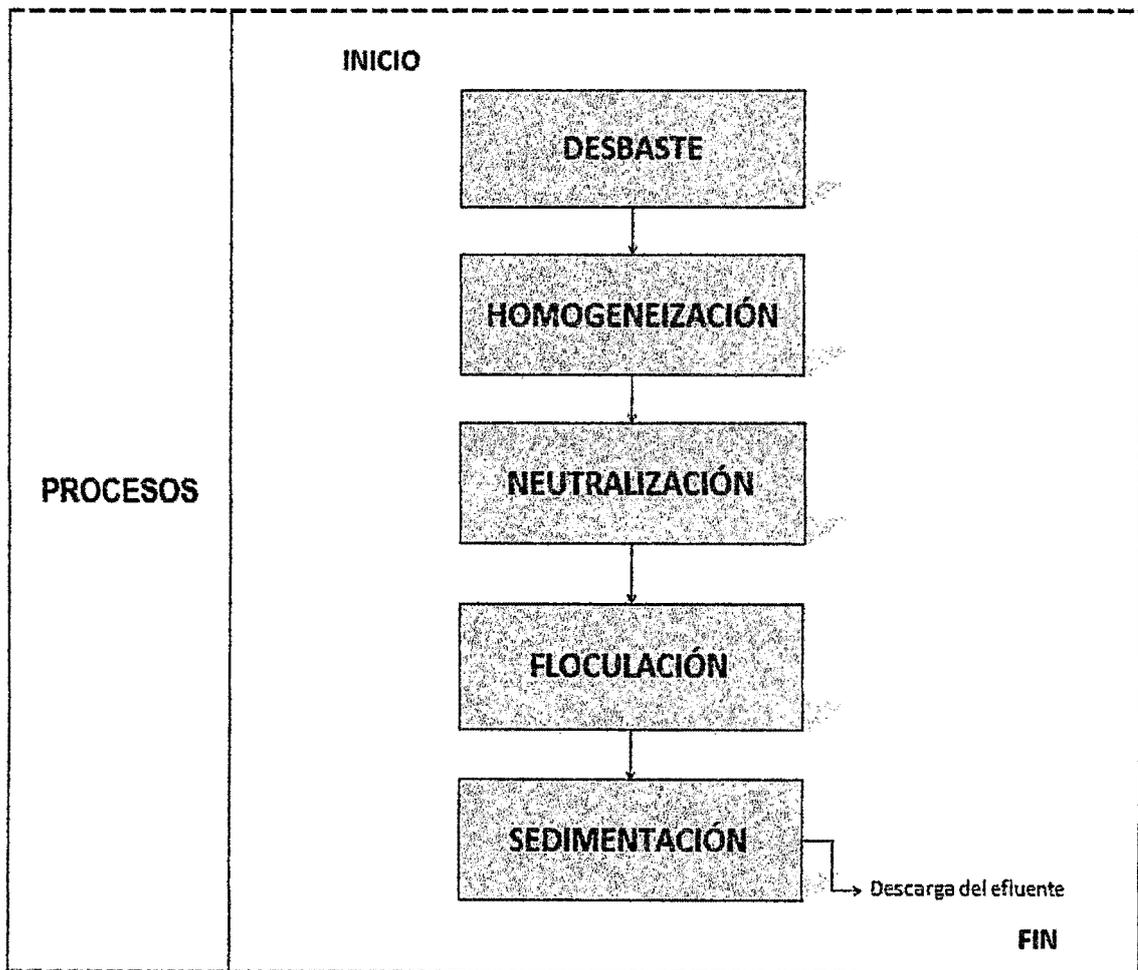
Código: GG-3.1-01	Revisión: Set-02	Formato: GG-13
-------------------	------------------	----------------

**Apéndice 4. Determinación de Dosis Óptima para el Diseño de la Planta**

 <p>19 3.05PH</p>	 <p>19 1.30PH</p>
<p><b>Ilustración 7. Aplicación del Multi – Agitador</b></p>	<p><b>Ilustración 8. Uso del Potenciómetro HI9025</b></p>
	 <p>18 2.05PH</p>
<p><b>Ilustración 9. Turbidímetro HI93703</b></p>	<p><b>Ilustración 10. Toma de Efluente Tratada</b></p>
	
<p><b>Ilustración 11. Mediciones de pH y Turbiedad</b></p>	<p><b>Ilustración 12. Sedimentación de la Muestra</b></p>

Apéndice 5. Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento

## DIAGRAMA DE BLOQUE PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración Propia



**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

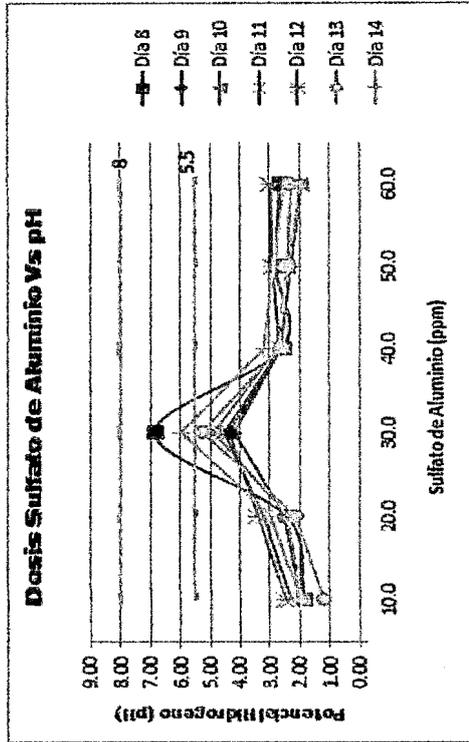
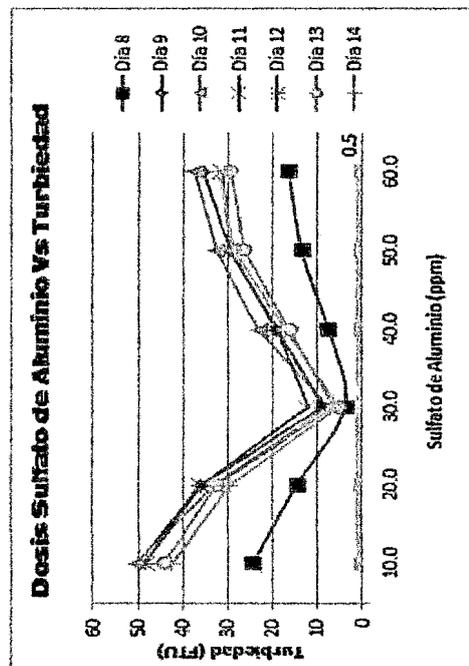
Prueba:	Dosis optima de Coagulante
Fecha:	Semana 2 (Día 8 al 14)
Elaborado:	Liliana Vega Condeso

**Datos:**

Dosis de Sulfato de Aluminio 1 %  
 40 rpm  
 Gradiente de mezcla 15 mm  
 Tiempo de mezcla 15 mm  
 Tiempo de Sedimentación 15 mm

Nº de Jarra	Volumen (ppm) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 8			Resultados de la Prueba día 9			Resultados de la Prueba día 10			Resultados de la Prueba día 11			Resultados de la Prueba día 12			Resultados de la Prueba día 13			Resultados de la Prueba día 14		
		T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad
Leet Inicial	0	23	157	686	23.2	1.95	816	23.2	1.95	816	23.2	1.95	816	23.2	2.34	816	23.2	1.17	817	24.32	1.84	822
1	10.0	22.90	1.87	24.34	23.20	1.98	49.89	23.20	1.99	50.52	23.20	2.31	48.32	23.20	2.49	48.32	23.20	1.23	41.32	24.00	1.95	42.43
2	20.0	22.90	2.46	14.65	23.10	2.54	35.87	23.15	2.44	32.97	23.10	3.21	35.87	23.10	3.42	35.87	23.10	2.16	32.43	24.00	3.02	29.48
3	30.0	21.80	6.85	3.99	23.00	4.22	5.71	23.15	4.87	7.32	23.00	4.55	12.12	23.00	4.35	5.71	23.00	5.29	6.32	23.80	5.99	5.39
4	40.0	21.50	2.39	7.54	23.10	2.64	19.07	23.10	2.75	23.11	23.10	2.64	19.07	23.10	2.64	19.07	23.10	2.69	16.32	23.80	3.21	17.07
5	50.0	21.50	2.81	13.34	23.10	2.51	29.47	23.10	2.44	32.48	23.10	2.91	29.47	23.10	2.91	29.47	23.10	2.43	26.47	23.65	2.90	28.47
6	60.0	21.45	2.68	16.43	23.33	1.98	35.65	23.15	1.97	37.43	23.15	3.01	31.44	23.15	3.01	31.44	23.15	2.32	29.43	25.67	2.56	32.12

\* La muestra utilizada es de 2L. En cada jarra.



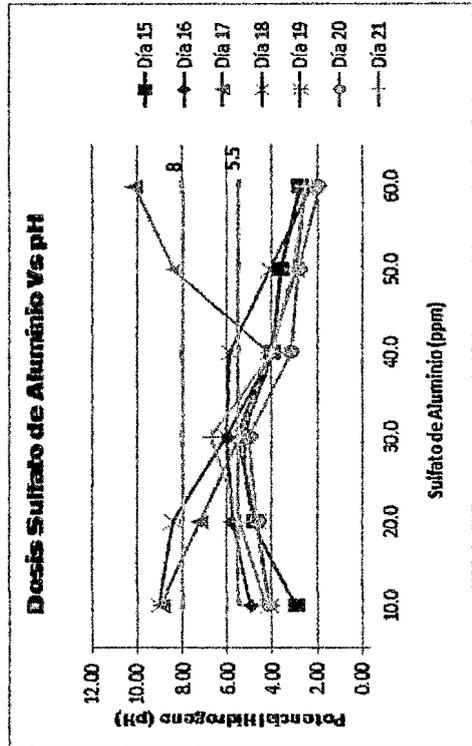
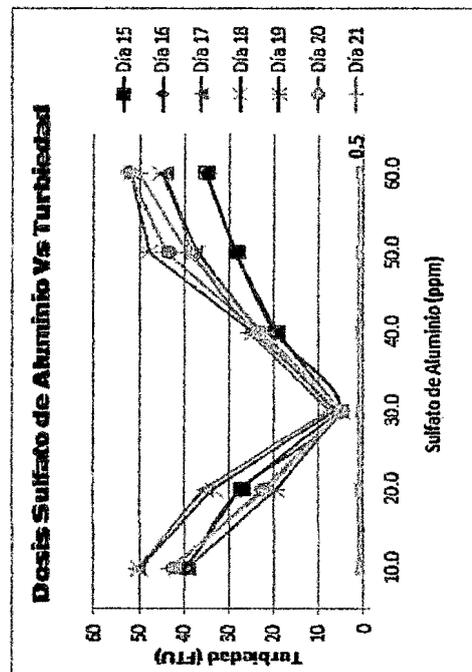
Prueba:	Dosis optima de Coagulante
Fecha:	Semana 3 (Día 15 al 21)
Elaborado:	Liliana Vega Condeso

**Datos:**

Dosis de Sulfato de Aluminio 1 %  
 Gradiente de mezcla 40 rpm  
 Tiempo de mezcla 15 min  
 Tiempo de Sedimentación 15 min

Nº de Jarra	Volumen (ppm) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 15			Resultados de la Prueba día 16			Resultados de la Prueba día 17			Resultados de la Prueba día 18			Resultados de la Prueba día 19			Resultados de la Prueba día 20			Resultados de la Prueba día 21					
		T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad			
1	10.0	24.32	2.96	822	24.32	4.95	835	23.2	9.04	763	23.2	10.43	718	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132
2	20.0	24.20	4.78	27.43	24.20	5.77	27.40	23.05	7.23	35.47	23.07	8.41	33.52	23.10	4.67	19.47	23.08	4.66	22.47	23.05	5.44	42.48	23.05	5.44	21.34
3	30.0	23.70	5.22	5.45	23.70	6.02	5.21	23.95	5.45	7.39	22.92	6.03	6.43	23.00	5.63	4.84	22.99	5.05	4.98	22.95	6.72	4.77	22.95	6.72	4.77
4	40.0	23.70	4.02	19.76	23.70	3.97	19.46	23.15	4.12	25.47	23.12	5.87	23.21	23.00	4.13	24.59	22.98	3.19	23.59	22.95	4.02	22.95	4.02	22.43	
5	50.0	23.55	3.62	28.43	23.55	3.59	28.40	23.10	8.32	38.16	23.08	4.12	37.12	23.00	2.95	47.89	23.02	2.84	43.86	23.07	3.05	39.32	23.07	3.05	39.32
6	60.0	23.57	2.79	35.23	23.57	2.76	34.93	23.23	10.11	44.52	23.43	2.31	45.21	23.00	2.55	51.89	23.02	1.97	52.43	23.07	2.58	50.21	23.07	2.58	50.21

\*La muestra utilizada es de 2L. En cada jarra.



**Apéndice 7. Resultados de la Determinación del Neutralizante Optimo**

Prueba:	Neutralizante Soda Caustica
Fecha:	Dia 1
Elaborado:	Liliana Vega Condeso

**Datos:**

Dosis de Soda Caustica 50%

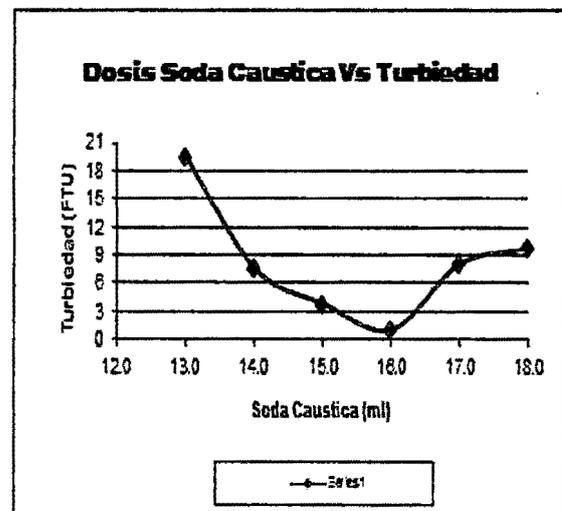
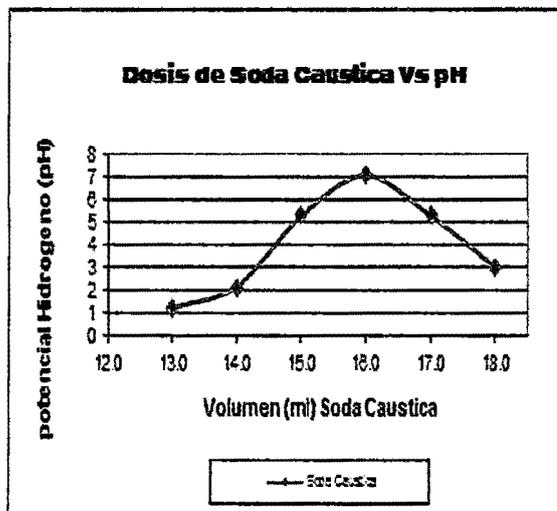
Gradiente de mezcla 40 rpm

Tiempo de mezcla 15 min

Tiempo de Sedimentación 15 min

N° de Jarra *	Volumen (ml) de Soda Caustica	Resultados de la Prueba		
		T°	pH	Turbiedad
Lect inicial	0	23.2	0.95	711
1	13.0	21.3	1.24	19.47
2	14.0	21.4	2.16	7.54
3	15.0	21.3	5.26	3.78
4	16.0	21.6	7.05	1.04
5	17.0	21.3	5.27	8.12
6	18.0	21.0	3.01	9.65

\* La muestra utilizada es de 2 Lt. En cada jarra.



**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

Prueba: Dosis de Cal

Fecha: Día 1

Elaborado: Liliana Vega Condeso

**Datos:**

Dosis de Cal (10gr/ 1 lt)

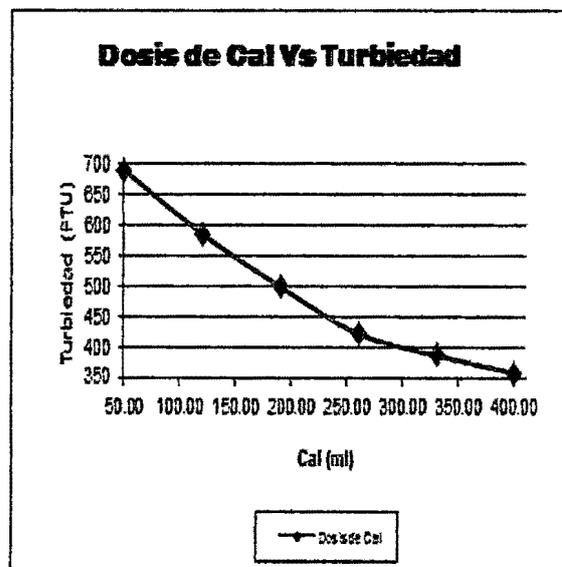
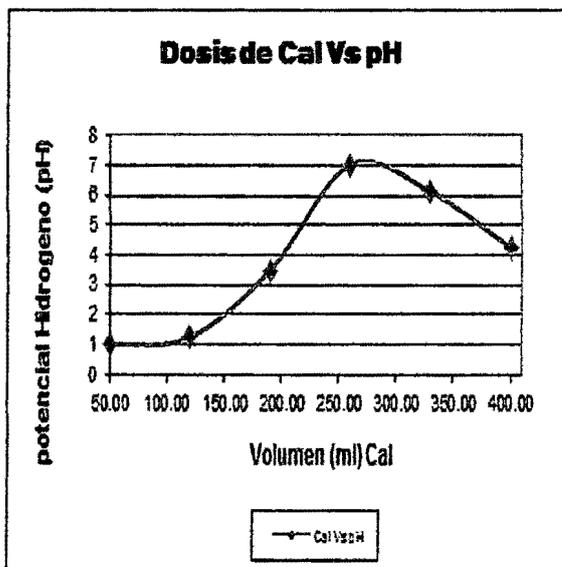
Gradiente de mezcla 40 rpm

Tiempo de mezcla 15 min

tiempo de Sedimentación 15 min

Nº de Jarra *	Volumen (ml) de Cal	Resultados de la Prueba		
		T°	pH	Turbiedad
Lect inicial	0	23.2	0.95	711
1	50.00	21.3	0.99	689.47
2	120.00	21.4	1.23	584.63
3	190.00	21.3	3.47	498.13
4	260.00	21.6	7.01	421.53
5	330.00	21.3	6.12	386.42
6	400.00	21.1	4.23	357.54

\* La muestra utilizada es de 2 Lt. En cada jarra.



Apéndice 8. Resultados de la Determinación de la Dosis Óptima de Neutralizante

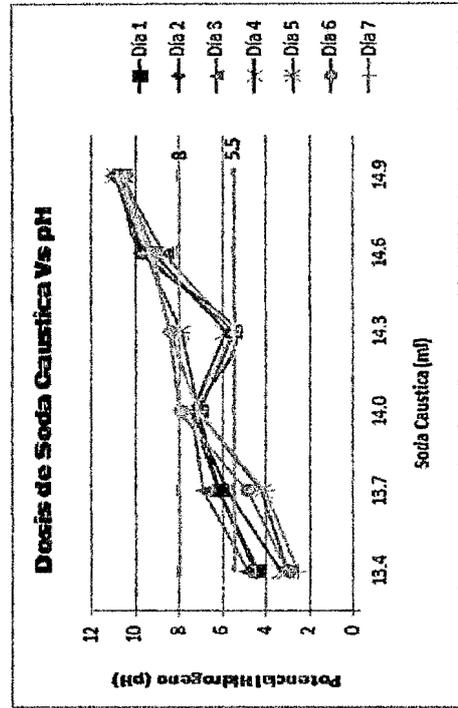
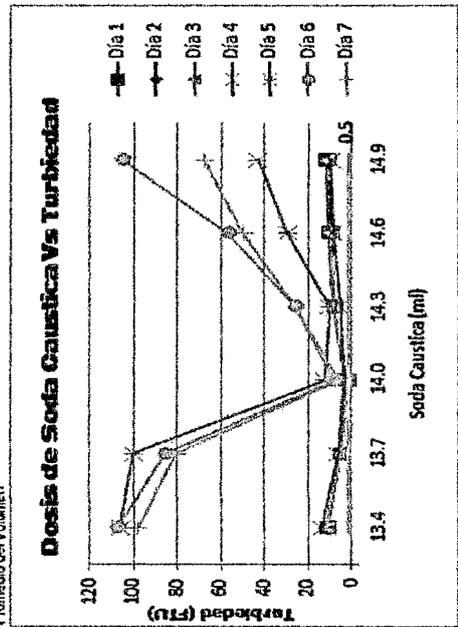
Prueba:	Dosis óptima de Neutralizante
Fecha:	Semana 1 (Día 1 al 7)
Elaborador:	Liliana Vega Condeso

Datos:  
 Dosis de Soda Caustica: 50 %  
 Gradiente de mezcla: 40 rpm  
 Tiempo de mezcla: 15 min  
 Tiempo de Sedimentación: 15 min

Nº de Jarra + Volumen (ml) de Soda Caustica **	Resultados de la Prueba día 1			Resultados de la Prueba día 2			Resultados de la Prueba día 3			Resultados de la Prueba día 4			Resultados de la Prueba día 5			Resultados de la Prueba día 6			Resultados de la Prueba día 7						
	T (°C)	pH	Turbiedad																						
Leot inicial	23.2	0.95	711	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	
1	13.4	21.3	4.5	11.11	21.2	4.40	11.10	21.3	4.87	11.11	21.3	3.51	13.54	21.3	3.04	106.34	21.3	3.02	107.34	21.5	2.54	98.03	21.5	2.54	98.03
2	13.7	21.4	6.15	5.11	21.3	6.14	5.10	21.4	6.87	5.11	21.4	5.78	6.11	21.4	4.17	99.87	21.4	4.87	85.44	21.5	4.02	80.21	21.5	4.02	80.21
3	14.0	21.3	7.10	2.82	21.2	7.09	2.81	21.3	7.43	1.94	21.3	7.45	3.21	21.3	7.09	12.41	21.3	7.97	8.32	21.0	7.15	6.23	21.0	7.15	6.23
4	14.3	21.6	5.47	8.12	21.5	5.46	8.10	21.6	5.47	8.12	21.6	5.87	5.21	21.6	7.91	10.17	21.6	8.43	25.78	21.5	8.43	25.77	21.5	8.43	25.77
5	14.6	21.3	9.68	10.34	21.2	9.63	9.23	21.3	8.63	9.45	21.3	9.12	8.49	21.3	9.56	39.41	21.3	9.15	56.76	21.2	9.34	49.54	21.2	9.34	49.54
6	14.9	21.2	10.69	11.56	21.1	10.97	10.86	21.2	10.64	10.94	21.2	10.57	9.76	21.2	10.95	43.12	21.2	10.57	105.43	21.1	10.87	67.87	21.1	10.87	67.87

\* La muestra utilizada es de 2L. Encodajara.

\*\* Promedio del Volumen



**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA OUMEX S.A.**

<b>Pruebas:</b>	Dosis optima de Neutralizante
<b>Fecha:</b>	Semana 2 (Día 8 al 14)
<b>Elaborador:</b>	Liliana Vega Condeso

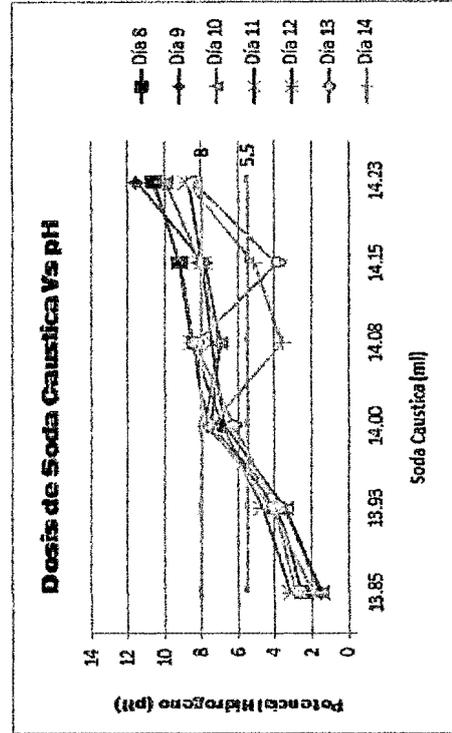
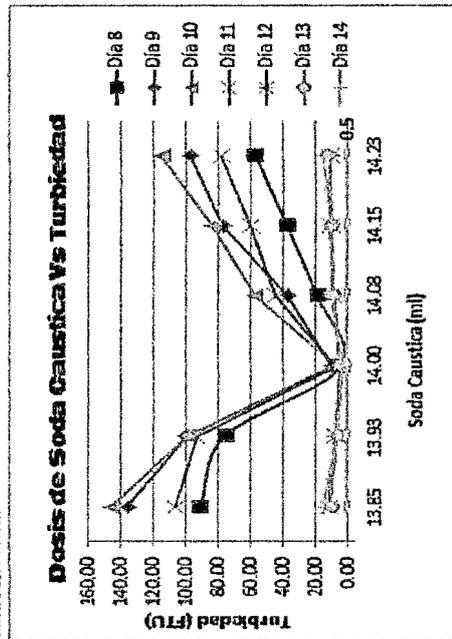
**Datos:**

Dosis de Soda Caustica 50 %  
 Gradiente de mezcla 40 rpm  
 Tiempo de mezcla 15 min  
 Tiempo de Sedimentación 15 min

Nº de Jarra	Volmen (ml) De Soda Caustica **	Resultados de la Prueba día 8			Resultados de la Prueba día 9			Resultados de la Prueba día 10			Resultados de la Prueba día 11			Resultados de la Prueba día 12			Resultados de la Prueba día 13			Resultados de la Prueba día 14		
		T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad
1	13.85	21.5	2.56	91.21	21.3	1.56	196.17	21.2	1.54	146.07	21.2	1.53	106.43	21.9	3.12	11.56	22.9	2.85	10.56	22.11	1.95	14.76
2	13.93	21.5	4.02	76.32	21.4	3.48	99.87	21.3	3.46	99.77	21.3	3.44	99.21	21.8	4.67	7.51	22.9	3.98	6.31	22.08	4.21	7.27
3	14.00	21.0	7.43	4.49	21.3	7.49	9.52	21.2	7.38	7.33	21.2	6.82	7.42	21.6	6.89	4.99	21.9	6.73	3.59	21.45	7.54	3.54
4	14.08	21.5	8.45	19.32	21.6	7.01	37.16	21.5	7.03	57.42	21.5	7.43	44.52	21.9	8.54	9.43	21.9	8.34	9.87	21.21	3.38	9.11
5	14.15	21.2	9.22	37.90	21.3	7.84	77.32	21.2	8.12	83.57	21.2	7.96	60.21	22.2	9.16	10.83	22.9	3.87	10.48	21.05	5.13	10.43
6	14.23	21.1	10.65	57.43	21.0	11.54	97.11	20.9	9.97	114.81	20.9	8.75	78.32	22.4	10.54	11.03	22.8	8.45	12.21	21.11	8.82	14.87

\* La muestra utilizada es de 2 L. En cada jarra.

\*\* Promedio del Volmen



**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

Prueba:	Dosis óptima de Neutralizante
Fecha:	Semana 3 (Día 15 al 21)
Elaborado:	Liliana Vega Condeso

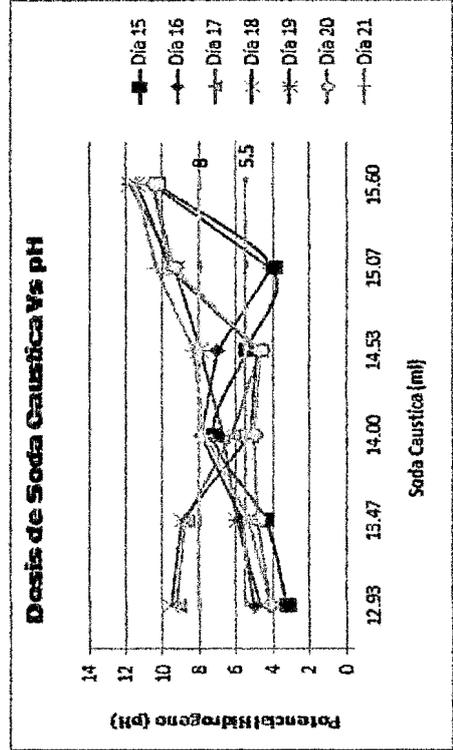
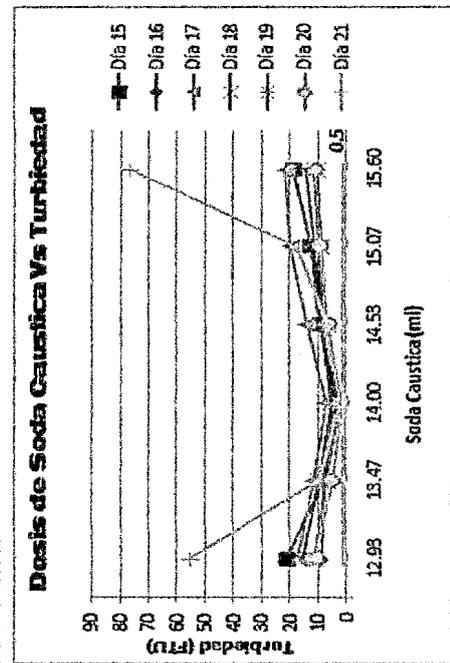
**Datos:**

Dosis de Soda Caústica 50 %  
 40 rpm  
 Gradiente de mezcla 15 min  
 Tiempo de mezcla 15 min  
 Tiempo de Sedimentación 15 min

Nº de Jarra *	Volumen (ml) de Soda Caústica **	Resultados de la Prueba día 15			Resultados de la Prueba día 16			Resultados de la Prueba día 17			Resultados de la Prueba día 18			Resultados de la Prueba día 19			Resultados de la Prueba día 20			Resultados de la Prueba día 21		
		T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad
1	12.93	23.11	3.26	21.54	23.9	5.05	9.21	23.15	9.25	17.32	23.15	9.55	15.87	23.08	4.65	11.34	23.2	4.16	23.1	23.14	4.09	55.74
2	13.47	23.08	4.45	8.74	23.8	5.73	7.94	23.15	9.76	11.54	23.15	8.96	9.54	23.08	5.98	7.12	23.1	4.92	23.14	5.32	9.43	
3	14.00	22.45	7.28	3.98	23.5	7.93	4.38	22.36	6.23	7.43	22.56	5.26	5.57	22.86	6.76	2.50	22.9	5.03	2.02	22.87	7.78	
4	14.53	22.21	5.45	9.58	22.9	7.03	8.54	22.45	4.72	14.09	22.45	4.92	9.22	22.86	7.98	7.23	22.9	4.67	6.38	22.87	8.32	
5	15.07	21.05	4.02	12.78	22.9	4.09	9.86	21.95	9.56	19.89	21.95	9.62	11.76	20.43	9.32	9.11	22.7	9.43	9.38	21.45	10.35	
6	15.60	23.34	10.34	19.21	22.4	10.36	11.43	21.93	10.55	21.63	21.93	11.4	14.63	20.59	11.74	10.34	22.7	10.45	11.82	21.45	11.47	

\* La muestra utilizada es de 2L. Encadajara.

\*\* Promedio del Volumen



Apéndice 9. Resultados de la Determinación de la Dosis Óptima del Coagulante y Neutralizante

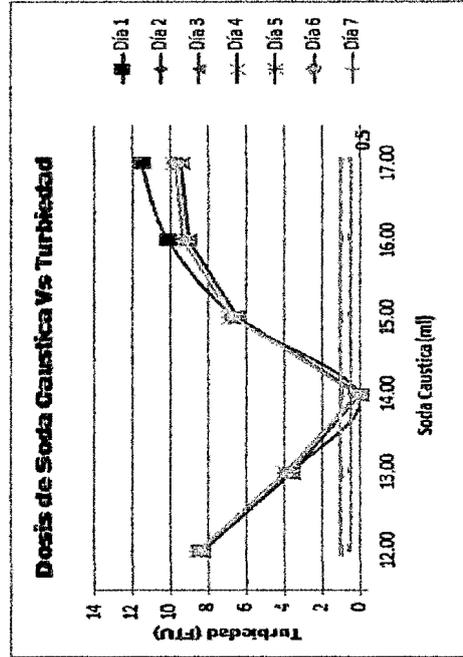
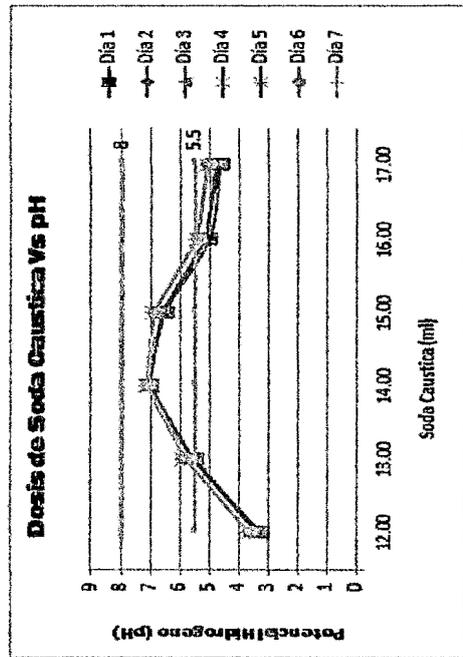
Prueba:	Dosis óptima del Coagulante y Neutralizante
Fecha:	Semana 1 (Día 1 al 7)
Elaborado:	Liliana Vega Condeso

Datos:

Dosis de Soda Caustica 30%  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% (Manteniendo constante esta dosis)  
 40 ppm  
 Gradiente de mezcla 15 min  
 Tiempo de mezcla 15 min  
 Tiempo de Sedimentación 15 min

Nº de Jarra + Lect Inicial	Volumen (ml) De Soda Caustica	Volumen (ppm) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 1			Resultados de la Prueba día 2			Resultados de la Prueba día 3			Resultados de la Prueba día 4			Resultados de la Prueba día 5			Resultados de la Prueba día 6			Resultados de la Prueba día 7											
			T (°C)	pH	Turbiedad																											
1	12.00	30.0	22.0	3.26	8.43	22.0	3.36	8.33	22.0	3.35	8.32	22.0	3.35	8.32	22.8	3.65	8.52	22.8	3.65	8.52	22.8	3.65	8.52	22.8	3.65	8.52	22.8	3.65	8.52	22.8	3.65	8.52
2	13.00	30.0	22.1	5.49	3.72	22.1	5.59	3.62	22.1	5.58	3.61	22.1	5.58	3.61	22.4	5.85	3.91	22.4	5.85	3.91	22.4	5.85	3.91	22.4	5.85	3.91	22.4	5.85	3.91	22.4	5.85	3.91
3	14.00	30.0	22.1	7.06	0.05	22.1	7.06	0.02	22.1	7.06	0.02	22.1	7.06	0.02	22.1	7.11	0.89	22.1	7.11	0.89	22.1	7.11	0.89	22.1	7.11	0.89	22.1	7.11	0.89	22.1	7.11	0.89
4	15.00	30.0	22.2	6.49	6.57	22.2	6.59	6.47	22.2	6.58	6.46	22.2	6.58	6.46	22.0	6.88	6.76	22.0	6.88	6.76	22.0	6.88	6.76	22.0	6.88	6.76	22.0	6.88	6.76	22.0	6.88	6.76
5	16.00	30.0	22.0	5.01	10.14	22.0	5.11	9.04	22.0	5.10	9.03	22.0	5.10	9.03	22.0	5.40	9.33	22.0	5.40	9.33	22.0	5.40	9.33	22.0	5.40	9.33	22.0	5.40	9.33	22.0	5.40	9.33
6	17.00	30.0	21.7	4.65	11.57	21.7	4.75	9.47	21.7	4.74	9.46	21.7	4.74	9.46	21.7	5.04	9.76	21.7	5.04	9.76	21.7	5.04	9.76	21.7	5.04	9.76	21.7	5.04	9.76	21.7	5.04	9.76

\* La muestra utilizada es de 2L. Errosol jarra

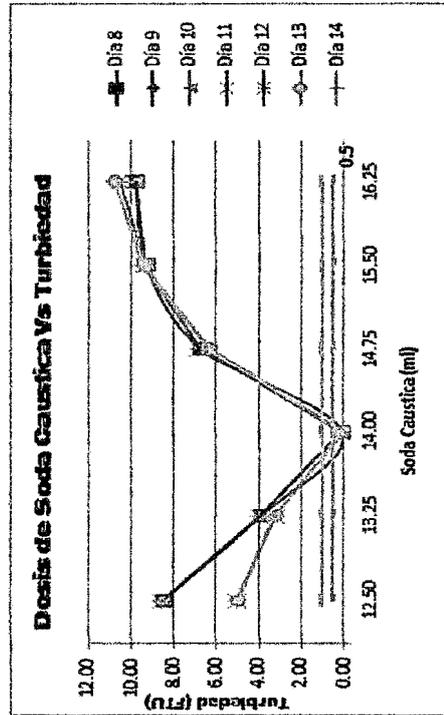
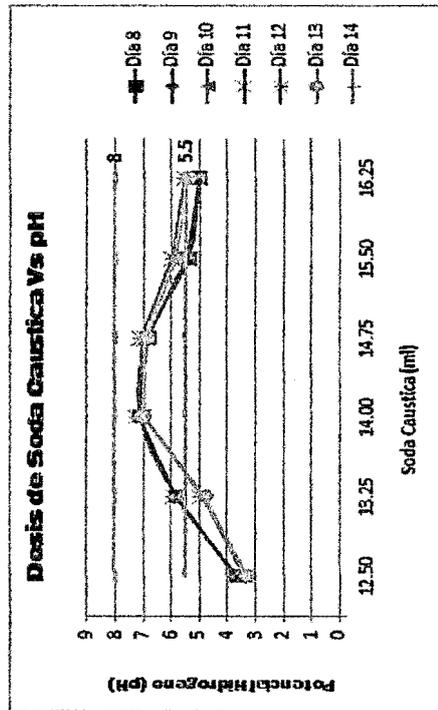


Prueba:	Dosis óptima del Coagulante y Neutralizante
Fecha:	Semana 2 (Día 8 al 14)
Elaborado:	Liliana Vega Condeso

**Datos:**  
 Dosis de Soda Caustica 50%  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% (Manteniendo constante esta dosis)  
 Gradiente de mezcla 40 rpm  
 Tiempo de mezcla 15 min  
 Tiempo de Sedimentación 15 min

N° de Jarra	Volumen (ml) De Soda Caustica	Volumen (ppm) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 8			Resultados de la Prueba día 9			Resultados de la Prueba día 10			Resultados de la Prueba día 11			Resultados de la Prueba día 12			Resultados de la Prueba día 13			Resultados de la Prueba día 14		
			T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad
Leet Inicial	0	0	23	1.57	686	23.2	1.95	816	23.2	1.95	816	23.2	1.95	816	23.2	2.34	816	23.2	1.17	817	24.32	1.84	822
1	12.50	30.0	22.8	3.64	8.50	22.80	3.63	8.55	22.8	3.68	8.55	22.9	3.67	8.56	22.0	3.38	5.04	22.0	3.78	4.97	22.0	3.30	5.00
2	13.25	30.0	22.4	5.84	3.89	22.40	5.88	3.94	22.4	5.88	3.94	22.5	5.87	3.96	22.1	4.91	3.21	22.1	4.81	3.22	22.1	4.83	3.25
3	14.00	30.0	22.1	7.11	0.09	22.10	7.21	0.13	22.1	7.21	0.19	22.1	7.21	0.13	22.1	7.02	0.04	22.1	7.02	0.04	22.1	7.02	0.08
4	14.75	30.0	22.0	6.87	6.74	22.00	6.91	6.79	22.0	6.91	6.79	21.9	6.89	6.81	22.2	7.09	6.77	22.2	6.90	6.32	22.2	6.92	6.35
5	15.50	30.0	22.0	5.99	9.31	22.00	5.43	9.36	22.0	5.43	9.36	21.9	5.42	9.38	22.0	5.96	9.34	22.0	5.86	9.43	22.0	5.88	9.46
6	16.25	30.0	21.7	5.03	9.74	21.65	5.04	9.79	21.7	5.04	9.79	21.6	5.03	9.81	21.5	5.54	10.54	21.5	5.44	10.77	21.5	5.46	10.79

\* La muestra utilizada es de 2L. En cada jarra.





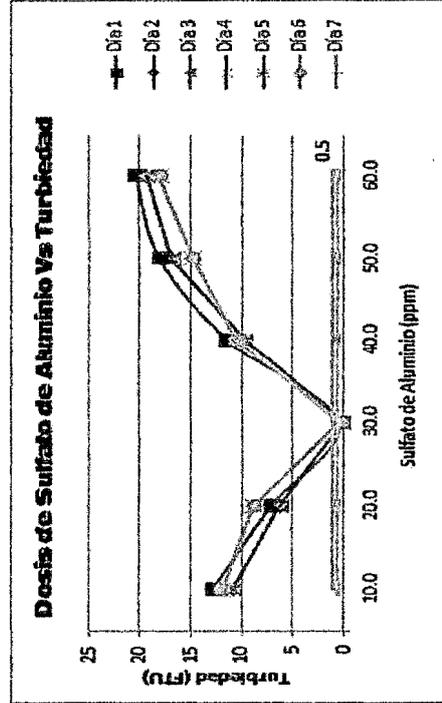
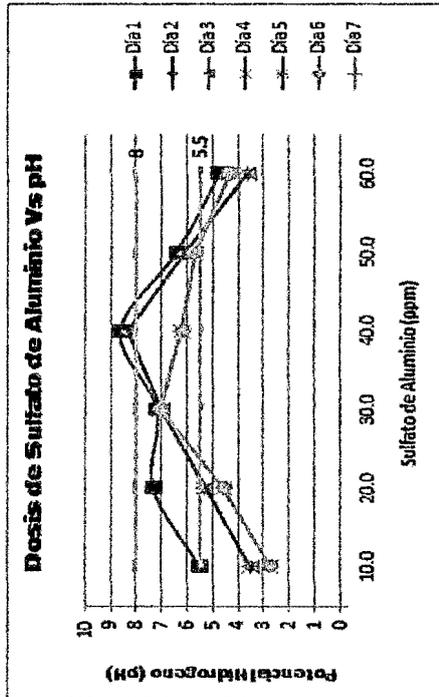
**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

<b>Pruebas:</b>	Dosis optima del Coagulante y Neutralizante
<b>Fecha:</b>	Semana 1 (Día 1 al 7)
<b>Elaborador:</b>	Liliana Vega Condeso

**Datos:**  
 Dosis de Soda Causitica 50% (Manteniendo constante esta dosis)  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 40 ppm  
 Gradiente de mezcla 15 min  
 Tiempo de mezcla 15 min  
 Tiempo de Sedimentación 15 min

N° de Jarra	Volúmenes (ml) De Soda Causitica	Volúmenes (gpa) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 1			Resultados de la Prueba día 2			Resultados de la Prueba día 3			Resultados de la Prueba día 4			Resultados de la Prueba día 5			Resultados de la Prueba día 6			Resultados de la Prueba día 7								
			T (°C)	pH	Turbiedad																								
1	14.00	0	23.2	0.95	711	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23	1.57	686	23	1.57	686	23	1.57	686	23	1.57	686	23	1.57	686
2	14.00	10.0	22.0	5.33	12.84	22.0	3.54	10.84	22.0	3.54	10.84	22.0	3.54	10.84	22.5	2.76	11.94	22.5	2.76	11.94	22.5	2.76	11.94	22.5	2.76	11.94	22.5	2.76	11.94
3	14.00	20.0	22.1	7.36	7.13	22.1	5.32	6.32	22.1	5.32	6.32	22.1	5.32	6.32	22.5	4.61	8.82	22.5	4.61	8.82	22.5	4.61	8.82	22.5	4.61	8.82	22.5	4.61	8.82
4	14.00	30.0	22.1	7.21	0.54	22.1	7.04	0.14	22.1	7.04	0.14	22.1	7.04	0.14	22.1	7.03	0.43	22.1	7.03	0.43	22.1	7.03	0.43	22.1	7.03	0.43	22.1	7.03	0.43
5	14.00	40.0	22.2	8.64	11.41	22.2	8.32	9.72	22.2	8.32	9.72	22.2	8.32	9.72	22.1	6.21	10.54	22.1	6.21	10.54	22.1	6.21	10.54	22.1	6.21	10.54	22.1	6.21	10.54
6	14.00	50.0	22.0	6.44	18.14	22.0	6.12	16.88	22.0	6.12	16.88	22.0	6.12	16.88	21.6	5.73	14.77	21.6	5.73	14.77	21.6	5.73	14.77	21.6	5.73	14.77	21.6	5.73	14.77
6	14.00	60.0	22.0	4.76	20.45	22.0	3.67	19.33	22.0	3.67	19.33	22.0	3.67	19.33	21.6	4.32	18.11	21.6	4.32	18.11	21.6	4.32	18.11	21.6	4.32	18.11	21.6	4.32	18.11

\* La muestra utilizada es de 2L En cada jarra.



**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

<b>Prueba:</b>	Dosis optima del Coagulante y Neutralizante
<b>Fecha:</b>	Semana 2 (Día 8 al 14)
<b>Elaborado:</b>	Liliana Vega Condoso

**Datos:**

Dosis de Soda Caustica 50% (Manteniendo constante esta dosis)

Dosis de Sulfato de Aluminio al 1%

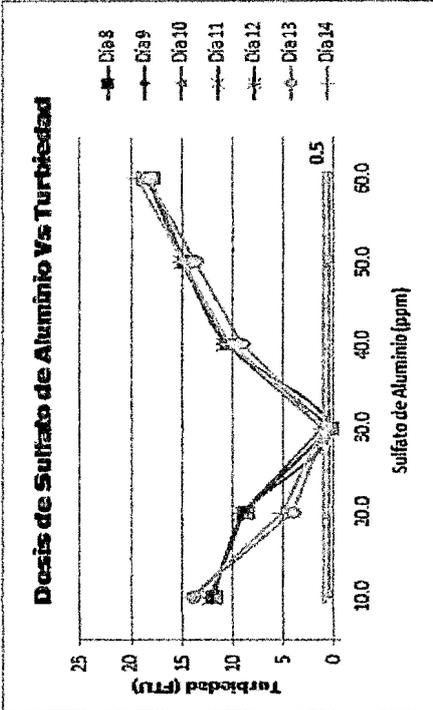
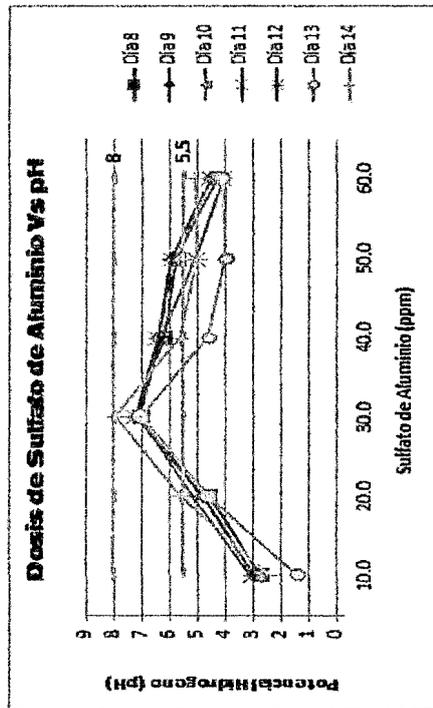
Gradiente de mezcla 40 rpm

Tiempo de mezcla 15 min

Tiempo de Sedimentación 15 min

Nº de Jarra + Leet inicial	Volumen (ml) de Soda Caustica	Volumen (ppm) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 8			Resultados de la Prueba día 9			Resultados de la Prueba día 10			Resultados de la Prueba día 11			Resultados de la Prueba día 12			Resultados de la Prueba día 13			Resultados de la Prueba día 14		
			T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad
1	14.00	10.0	23	1.57	686	23.2	1.95	616	23.2	1.95	616	23.2	1.95	616	23.2	2.34	816	23.2	1.77	817	24.32	1.84	822
2	14.00	20.0	22.5	2.75	11.93	22.5	2.95	12.13	22.5	2.95	12.13	22.5	2.95	12.14	3.05	12.14	22.00	1.39	13.98	22.00	2.39	14.00	
3	14.00	30.0	22.1	4.60	8.81	22.1	4.80	9.01	22.1	4.80	9.01	22.1	4.80	9.02	5.21	9.02	22.10	4.61	4.17	22.10	5.61	5.19	
4	14.00	40.0	22.1	7.02	0.43	22.1	7.22	0.55	22.1	7.22	0.55	22.1	7.22	0.66	7.06	1.14	21.90	7.02	0.90	21.90	7.93	1.13	
5	14.00	50.0	21.6	6.20	10.53	22.1	6.40	10.73	22.1	6.40	10.73	22.1	6.40	10.73	22.1	6.32	10.74	21.89	4.61	9.14	21.89	5.61	10.24
6	14.00	60.0	21.6	5.72	14.76	21.6	5.92	14.96	21.6	5.92	14.96	21.6	5.92	14.96	5.06	14.97	22.00	3.98	13.74	22.00	4.98	14.84	
			21.6	4.31	18.10	21.6	4.51	18.30	21.6	4.51	18.30	21.6	4.51	18.30	4.09	18.31	21.60	4.09	18.31	21.60	5.09	19.36	

\* La muestra utilizada es de 2L. En cada jarra.

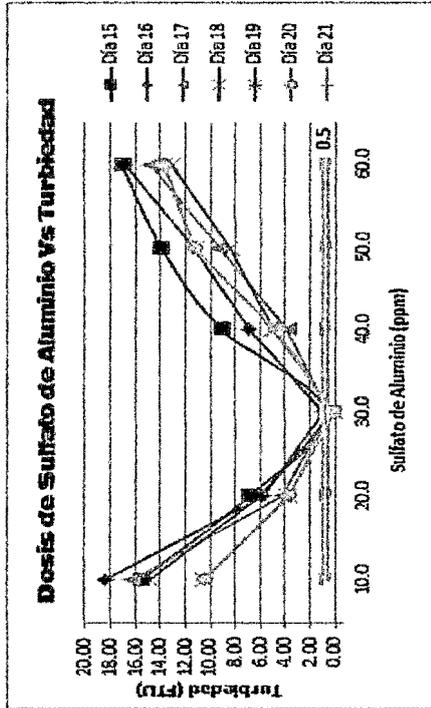
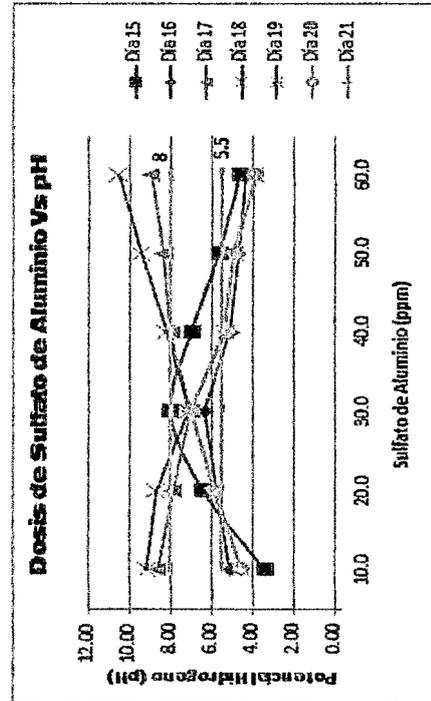


<b>Prueba:</b>	Dosis optima del Coagulante y Neutralizante
<b>Fecha:</b>	Semana 3 (Día 15 al 21)
<b>Elaborado:</b>	Liliana Vega Condoso

**Datos:**  
 Dosis de Soda Caustica 50% (Manteniendo constante esta dosis)  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 40 ppm  
 Gradiente de mezcla 15 min  
 Tiempo de mezcla 15 min  
 Tiempo de Sedimentación 15 min

Nº de Jarra	Volumen (ml) de Soda Caustica	Volumen (ppm) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 15			Resultados de la Prueba día 16			Resultados de la Prueba día 17			Resultados de la Prueba día 18			Resultados de la Prueba día 19			Resultados de la Prueba día 20			Resultados de la Prueba día 21		
			T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad
1	14.00	0	24.32	2.96	822	24.32	4.95	895	23.2	9.84	763	23.2	10.43	718	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132
2	14.00	20.0	23.00	3.39	15.54	23.50	5.06	18.44	22.50	8.61	16.32	22.50	9.16	14.87	22.00	4.55	10.55	22.00	4.55	10.55	22.00	4.55	10.55
3	14.00	30.0	23.10	6.43	5.87	23.50	5.78	5.78	22.50	7.96	4.22	22.50	8.68	5.98	22.10	5.87	3.76	22.10	5.87	3.76	22.10	5.87	3.76
4	14.00	40.0	22.90	8.02	0.76	22.90	6.34	0.97	21.80	7.01	0.56	21.80	7.10	0.21	21.90	7.02	0.12	21.90	7.02	0.12	21.90	7.02	0.12
5	14.00	50.0	22.89	6.98	9.11	22.80	5.06	6.89	21.80	7.99	3.79	21.80	8.19	4.97	21.90	5.33	4.76	21.90	5.33	4.76	21.90	5.33	4.76
6	14.00	60.0	22.60	5.65	13.98	22.30	4.69	11.34	20.50	8.35	9.34	20.50	9.45	8.45	22.00	4.91	11.34	22.00	4.91	11.34	22.00	4.91	11.34
			22.60	4.65	17.09	22.30	4.32	16.87	20.50	8.93	14.81	20.50	10.55	13.13	20.50	3.87	13.74	20.50	3.87	13.74	20.50	3.87	13.74

\* La muestra utilizada es de 2L. Encacia jarra.



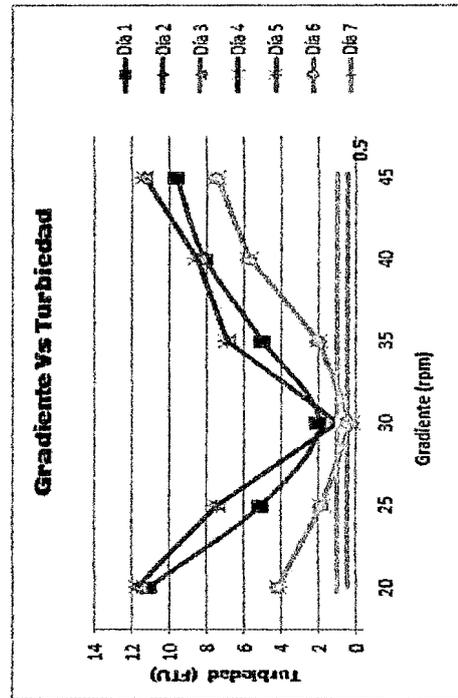
Apéndice 10. Resultados de la Determinación de la Gradiente Óptima

Prueba:	Gradiente Óptima
Fecha:	Semana 1 (Día 1 al 7)
Elaborado:	Liliana Vega Condoso

**Datos:**  
 Dosis de Soda Caustica 50% 14 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm  
 Tiempo de mezcla 15 min

Nº de Jarra *	Resultados de la Prueba día 1			Resultados de la Prueba día 2			Resultados de la Prueba día 3			Resultados de la Prueba día 4			Resultados de la Prueba día 5			Resultados de la Prueba día 6			Resultados de la Prueba día 7			
	T(°C)	pH	Turbiedad																			
Leet inicial	0	23.2	0.95	711	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23	1.57	686	23	1.57	686	23	1.57	686
1	20	21.3	2.82	11.11	21.3	3.17	11.76	21.3	3.17	11.76	21.3	3.17	11.76	21.3	12.32	4.18	21.3	12.32	4.18	21.3	12.32	4.18
2	25	21.4	3.17	5.11	21.4	4.67	7.43	21.4	4.67	7.43	21.4	4.67	7.43	21.4	10.42	1.84	21.4	10.42	1.84	21.4	10.42	1.84
3	30	21.3	4.67	2.01	21.3	7.09	1.03	21.3	7.09	1.03	21.3	7.09	1.03	21.3	7.12	0.33	21.3	7.12	0.33	21.3	7.12	0.33
4	35	21.6	2.89	5.02	21.6	3.54	6.93	21.6	3.54	6.93	21.6	3.54	6.93	21.6	9.10	1.97	21.6	9.10	1.97	21.6	9.10	1.97
5	40	21.3	3.12	8.12	21.3	2.43	8.54	21.3	2.43	8.54	21.3	2.43	8.54	21.3	11.40	5.69	21.3	11.40	5.69	21.3	11.40	5.69
6	45	21.3	3.28	9.65	21.3	1.98	11.32	21.3	1.98	11.32	21.3	1.98	11.32	21.3	12.43	7.43	21.3	12.43	7.43	21.3	12.43	7.43

\* La muestra utilizada es de 2 L. En cada jarra.



**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

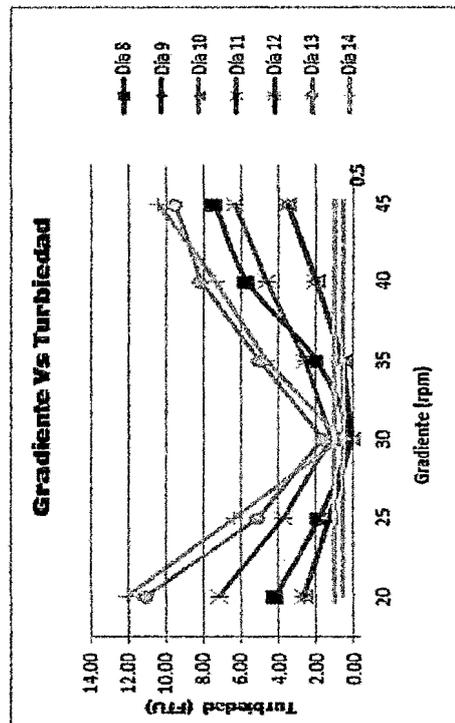
Prueba:	Gradiente Optima
Fecha:	Semana 2 (Día 8 al 14)
Elaborado:	Liliana Vega Condeso

**Datos:**

Dosis de Soda Causica 50%      14 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1%      30 ppm  
 Tiempo de mezcla      15 min

Nº de Jarra	Gradiente (ppm)	Resultados de la Prueba día 8			Resultados de la Prueba día 9			Resultados de la Prueba día 10			Resultados de la Prueba día 11			Resultados de la Prueba día 12			Resultados de la Prueba día 13			Resultados de la Prueba día 14		
		T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad
Lect inicial	0	23	1.57	686	23.2	1.95	816	23.2	1.95	816	23.2	1.95	816	23.2	2.34	816	23.2	1.17	817	24.32	1.84	822
1	20	21.3	12.32	4.18	21.3	10.20	2.38	21.3	10.20	2.38	21.3	10.20	2.58	22.4	10.12	7.21	22.3	2.92	11.11	22.3	2.98	12.11
2	25	21.4	10.42	1.84	21.4	9.45	1.25	21.4	9.45	1.25	21.4	9.45	1.25	22.4	9.56	3.68	22.4	3.77	5.11	22.4	5.95	6.33
3	30	21.3	7.12	0.33	21.3	7.24	0.05	21.3	7.24	0.05	21.3	7.24	0.05	21.8	7.43	1.21	21.3	6.98	1.65	21.3	7.02	0.66
4	35	21.6	9.10	1.97	21.6	8.69	0.34	21.6	8.69	0.34	21.6	8.69	0.34	21.8	8.32	2.56	21.6	4.12	5.02	21.6	4.34	4.66
5	40	21.3	11.49	5.69	21.3	10.47	1.99	21.3	10.47	1.99	21.3	10.47	1.99	20.5	9.37	4.60	20.5	3.89	8.12	20.5	4.12	7.32
6	45	21.3	12.43	7.43	21.3	13.43	3.36	21.3	13.43	3.36	21.3	13.43	3.36	20.5	10.43	6.32	20.5	3.23	9.55	20.5	5.88	10.43

\* La muestra utilizada es de 2 L. En cada jarra.



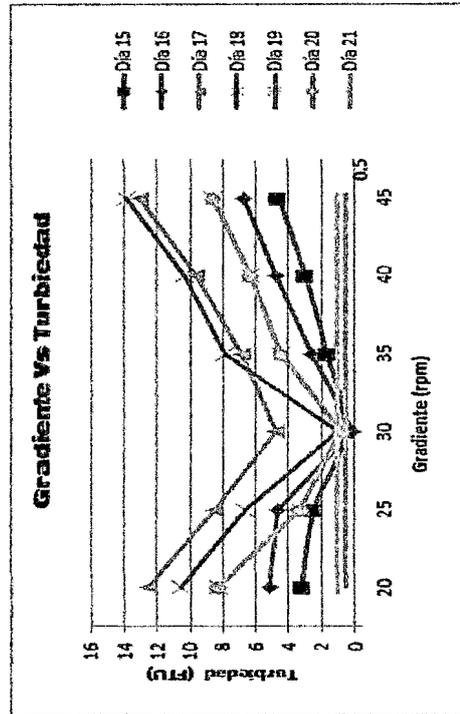
Prueba:	Gradiente Óptimo
Fecha:	Semana 3 (Día 15 al 21)
Elaborador:	Liliana Vega Condeso

**Datos:**

Dosis de Soda Caustica 50% 14 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm  
 Tiempo de mezcla 15 min

Nº de Jarra *	Gradiente (REM)	Resultados de la Prueba día 15			Resultados de la Prueba día 16			Resultados de la Prueba día 17			Resultados de la Prueba día 18			Resultados de la Prueba día 19			Resultados de la Prueba día 20			Resultados de la Prueba día 21		
		T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad
1	0	24.32	2.96	822	24.32	4.95	835	23.2	9.84	763	23.2	10.43	718	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132
2	1	23.5	11.33	3.21	23.5	12.87	5.21	23.5	9.52	12.54	23.5	10.22	10.24	23.5	13.33	8.33	23.5	13.33	8.33	23.5	13.33	8.33
3	2	25.5	9.43	2.48	23.5	8.32	4.66	23.5	8.52	8.51	23.5	9.45	6.65	23.5	9.55	3.33	23.5	9.55	3.33	23.5	9.55	3.33
4	3	33.0	7.32	0.56	23.0	6.22	0.12	23.0	6.12	4.76	23.0	6.25	1.03	23.0	6.35	0.82	23.0	6.35	0.82	23.0	6.35	0.82
5	4	23.0	8.43	1.67	23.0	9.11	2.61	23.0	7.99	6.89	23.0	7.22	7.91	23.0	8.98	4.41	23.0	8.98	4.41	23.0	8.98	4.41
6	5	22.5	10.54	2.99	22.5	10.76	4.81	22.5	8.21	9.65	22.5	9.44	10.33	22.5	10.52	6.33	22.5	10.52	6.33	22.5	10.52	6.33
6	6	22.5	11.40	4.61	22.5	13.65	6.77	22.5	9.33	13.05	22.5	10.30	13.87	22.5	12.99	8.61	22.5	12.99	8.61	22.5	12.99	8.61

\* La muestra utilizada es de 2 L. En cada jarra.



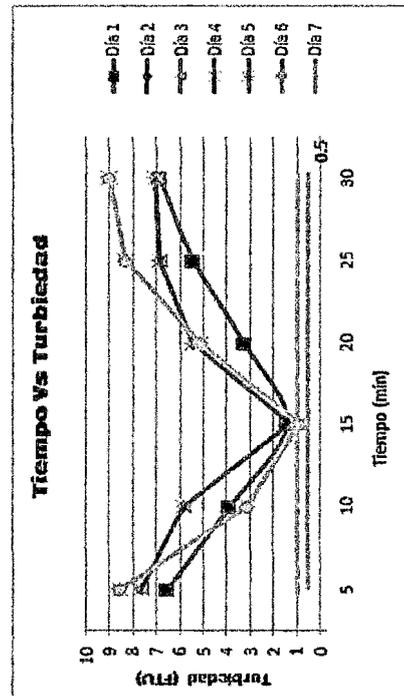
Apéndice 11. Resultados de la Determinación del Tiempo de Mezcla Óptima

Pruebas:	Tiempo de Mezcla Óptimo
Fecha:	Semana 1 (Día 1 al 7)
Elaborador:	Liliana Vega Condoso

Datos:  
 Dosis de Soda Caustica 30% 14 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm  
 Gradiente 30 rpm

Nº de Jarra *	Tiempo de Mezcla	Resultados de la Prueba día 1			Resultados de la Prueba día 2			Resultados de la Prueba día 3			Resultados de la Prueba día 4			Resultados de la Prueba día 5			Resultados de la Prueba día 6			Resultados de la Prueba día 7		
		T (°C)	pH	Turbiedad																		
Leet inicial	0	23.2	0.95	711	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23.2	3.02	633.67	23	1.57	686	23	1.57	686	23	1.57	686
1	5	22.5	2.07	654	22.5	3.37	7.66	22.5	3.37	7.66	22.5	3.37	7.66	22.5	1.94	8.55	22.5	1.94	8.55	22.5	1.94	8.55
2	10	22.8	5.44	3.87	22.8	4.52	5.87	22.8	4.52	5.87	22.8	4.52	5.87	22.8	2.16	3.13	22.8	2.16	3.13	22.8	2.16	3.13
3	15	21.6	7.53	1.46	21.6	7.01	1.32	21.6	7.01	1.32	21.6	7.01	1.32	21.6	7.24	0.90	21.6	7.24	0.90	21.6	7.24	0.90
4	20	21.4	8.23	3.27	21.4	6.21	5.43	21.4	6.21	5.43	21.4	6.21	5.43	21.4	8.27	5.16	21.4	8.27	5.16	21.4	8.27	5.16
5	25	21.8	4.89	5.44	21.8	5.03	6.87	21.8	5.03	6.87	21.8	5.03	6.87	21.8	4.43	8.33	21.8	4.43	8.33	21.8	4.43	8.33
6	30	22.2	3.11	6.88	22.2	4.27	7.07	22.2	4.27	7.07	22.2	4.27	7.07	22.2	3.85	9.04	22.2	3.85	9.04	22.2	3.85	9.04

\* La muestra utilizada es de 2L. En cada jarra.



**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

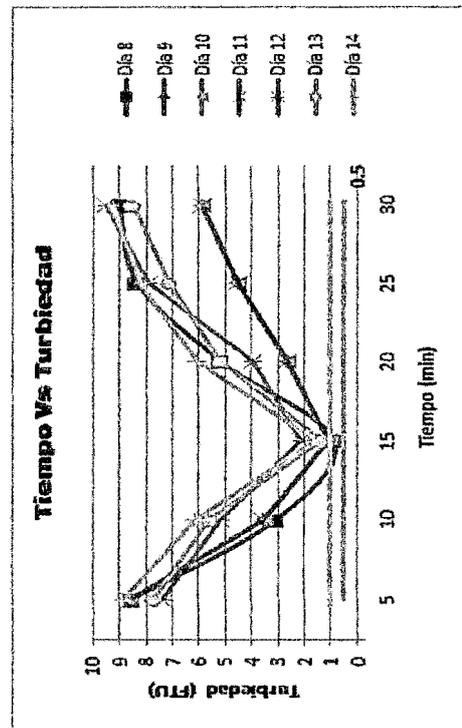
<b>Prueba:</b>	Tiempo de Mezcla Optimo
<b>Fecha:</b>	Semana 2 (Día 8 al 14)
<b>Elaborado:</b>	Liliana Vega Condeso

**Datos:**

Dosis de Soda Caustica 50%      14 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1%      30 ppm  
 Gradiente      30 rpm

Nº de Jarra*	Tiempo de Mezcla	Resultados de la Prueba día 8			Resultados de la Prueba día 9			Resultados de la Prueba día 10			Resultados de la Prueba día 11			Resultados de la Prueba día 12			Resultados de la Prueba día 13			Resultados de la Prueba día 14		
		T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad
1	5	22.5	1.94	8.55	22.5	2.35	8.65	22.5	2.35	8.65	19.80	11.47	7.40	22.5	3.04	7.68	22.5	3.54	8.36	24.32	1.84	8.22
2	10	22.8	2.16	3.13	22.8	4.77	3.34	22.8	4.77	3.34	10.90	5.17	22.8	4.75	5.61	22.8	4.82	6.16	22.8	4.82	6.16	
3	15	21.6	7.24	0.90	21.6	7.03	1.10	21.6	7.03	1.10	19.40	7.34	2.14	21.6	6.77	1.36	21.6	7.07	1.69	21.6	7.07	1.69
4	20	21.4	8.27	5.16	21.4	7.43	2.65	21.4	7.43	2.65	19.10	10.65	3.95	21.4	7.92	5.21	21.4	8.42	6.12	21.4	8.42	6.12
5	25	21.8	4.43	8.33	21.8	3.32	4.54	21.8	3.32	4.54	18.75	11.46	7.88	21.8	5.83	7.12	21.8	6.33	8.21	21.8	6.33	8.21
6	30	22.2	3.85	9.04	22.2	2.11	5.87	22.2	2.11	5.87	22.2	2.11	5.87	22.2	2.11	5.87	22.2	2.11	5.87	22.2	2.11	5.87

\* La muestra utilizada es de 2 L. En cada jarra.



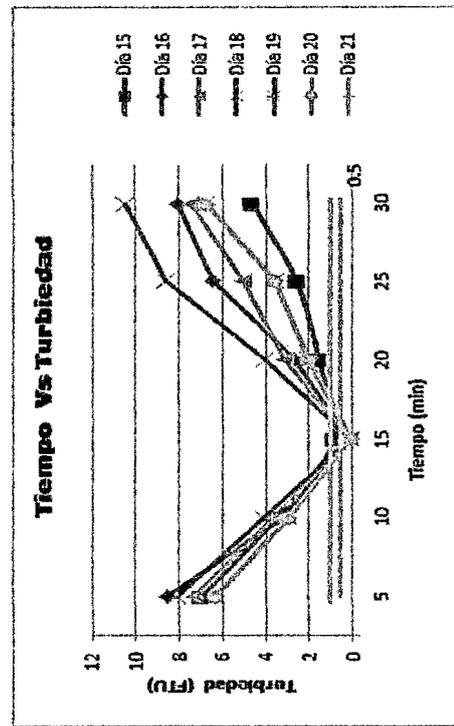
**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS AFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

Prueba:	Tiempo de Mezcla Optimo
Fecha:	Semana 1 (Día 15 al 21)
Elaborado:	Liliana Vega Condoso

**Datos:**  
 Dosis de Soda Caustica 30% 14 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm  
 Gradiente 30 rpm

N° de Jarra	Tiempo de Mezcla	Resultados de la Prueba día 15			Resultados de la Prueba día 16			Resultados de la Prueba día 17			Resultados de la Prueba día 18			Resultados de la Prueba día 19			Resultados de la Prueba día 20			Resultados de la Prueba día 21			
		T(°C)	pH	Turbiedad																			
Lect inicial	0	24.32	2.96	822	24.32	4.95	835	23.2	9.84	763	23.2	10.43	718	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132	
1	5	24.0	10.67	6.98	24.0	11.32	8.56	24.0	9.34	7.33	24.0	10.06	8.06	24.0	12.56	6.27	24.0	12.56	6.27	24.0	12.56	6.27	
2	10	24.5	9.32	3.51	24.5	8.34	3.21	24.5	8.67	3.65	24.5	9.32	4.15	24.5	9.32	2.97	24.5	9.32	2.97	24.5	9.32	2.97	
3	15	24.5	7.04	0.86	24.5	6.59	0.24	24.5	7.05	0.15	24.5	7.06	0.09	24.5	7.05	0.05	24.5	7.05	0.05	24.5	7.05	0.05	0.05
4	20	23.0	9.47	1.54	23.0	8.76	2.65	23.0	8.33	3.07	23.0	7.06	4.05	1.98	9.88	1.98	23.0	9.88	1.98	23.0	9.88	1.98	
5	25	23.0	10.79	2.58	23.0	9.59	6.43	23.0	9.89	5.09	23.0	9.65	8.65	23.0	10.42	3.54	23.0	10.42	3.54	23.0	10.42	3.54	
6	30	22.7	12.43	4.65	22.7	11.45	8.11	22.7	10.44	7.43	22.7	10.32	10.47	22.7	11.89	6.76	22.7	11.89	6.76	22.7	11.89	6.76	

\* La muestra utilizada es de 2 L. En esta jarra.



Apéndice 12. Resultados de la Determinación de la Dosis Óptima de Neutralización con la Gradiente y Tiempo de Mezcla Óptimo

**Prueba:** Dosis Óptima de Neutralización - Coagulant, con la Gradiente y el Tiempo de Mezcla Óptimo

**Fecha:** Semana 1 (Día 1 al 7)

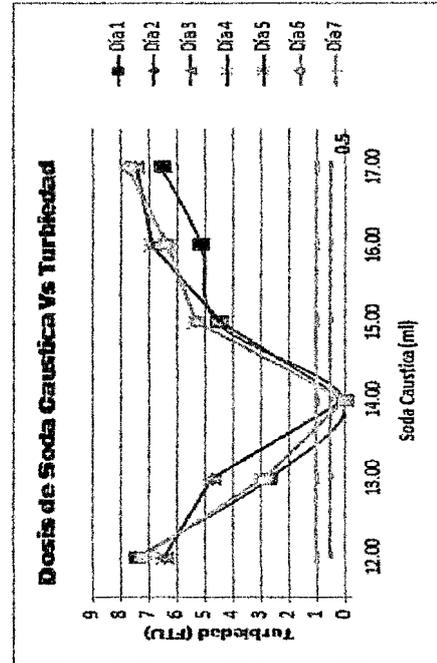
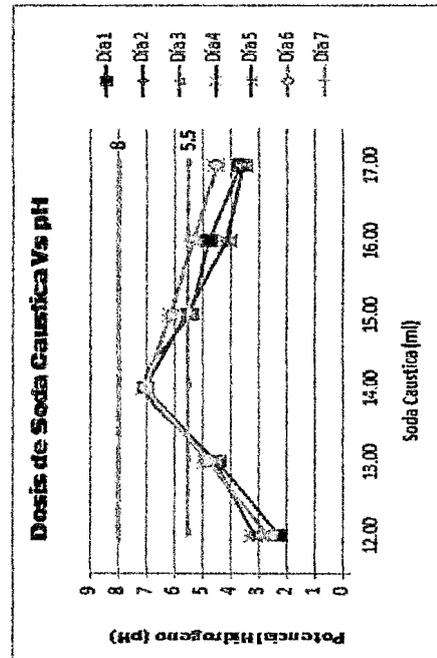
**Elaborado:** Liliana Vega Condeso

**Datos:**

- Dosis de Soda Caustica 50% 14 ml.
- Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm
- Gradiente de mezcla 30 rpm
- Tiempo de mezcla 15 min

Nº de Jarra*	Volumen (ml) De Soda Caustica	Volumen (ml) De Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 1			Resultados de la Prueba día 2			Resultados de la Prueba día 3			Resultados de la Prueba día 4			Resultados de la Prueba día 5			Resultados de la Prueba día 6			Resultados de la Prueba día 7		
			T (C)	pH	Turbiedad																		
Lectencia	0	0	23.2	0.95	711	23.20	3.02	633.67	23.20	3.02	633.67	23.20	3.02	633.67	23.00	1.57	686.00	23.00	1.57	686.00	23.00	1.57	686.00
1	12.00	30.0	22.0	2.26	7.43	22.0	3.16	6.43	22.0	3.16	6.43	22.0	3.16	6.43	22.8	2.65	7.25	22.8	2.65	7.25	22.8	2.65	7.25
2	15.00	30.0	22.1	4.49	2.73	22.1	4.59	4.76	22.1	4.59	4.76	22.1	4.59	4.76	22.4	4.85	2.91	22.4	4.85	2.91	22.4	4.85	2.91
3	14.00	30.0	22.1	7.05	0.02	22.1	7.05	0.01	22.1	7.05	0.01	22.1	7.05	0.01	22.1	7.05	0.03	22.1	7.05	0.03	22.1	7.05	0.03
4	14.00	30.0	22.2	5.49	4.57	22.2	5.59	4.47	22.2	5.59	4.47	22.2	5.59	4.47	22.0	6.11	5.32	22.0	6.11	5.32	22.0	6.11	5.32
5	16.00	30.0	22.0	4.76	5.14	22.0	4.11	6.89	22.0	4.11	6.89	22.0	4.11	6.89	22.0	5.35	6.33	22.0	5.35	6.33	22.0	5.35	6.33
6	17.00	30.0	21.7	3.65	6.57	21.7	3.55	7.46	21.7	3.55	7.46	21.7	3.55	7.46	21.7	4.52	7.76	21.7	4.52	7.76	21.7	4.52	7.76

\*La muestra utilizada es de 2L. Encada jarra



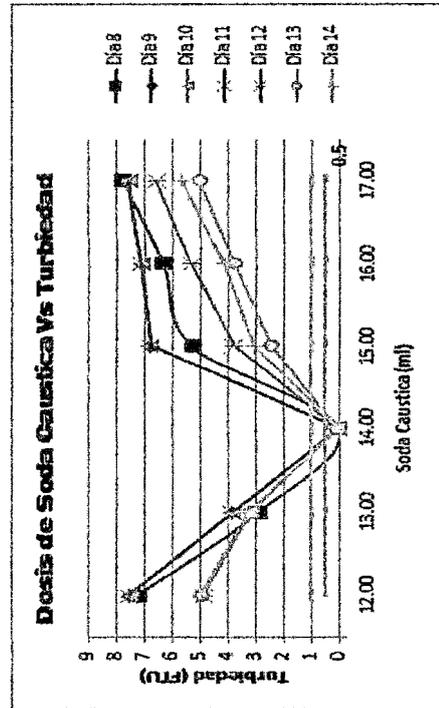
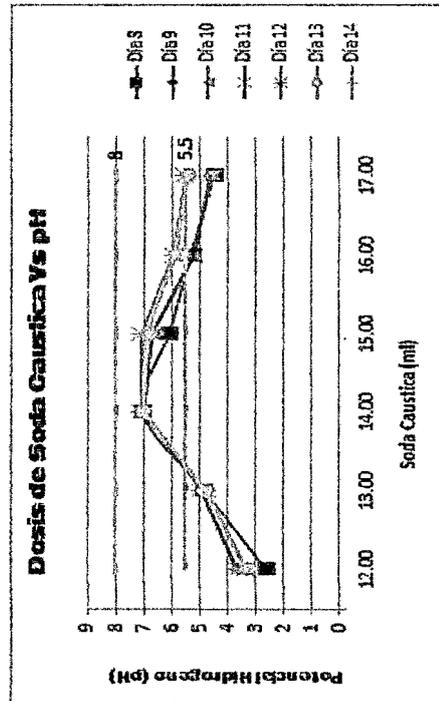
<b>Prueba:</b>	Dosis Optima de Neutralización con la Gradiente y el Tiempo de Mezcla Optimo
<b>Fecha:</b>	Semana 2 (Día 8 al 14)
<b>Elaborador:</b>	Liliana Vega Condoso

**Datos:**

Dosis de Soda Caustica 30% 14 ml.  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm  
 Gradiente de mezcla 30 rpm  
 Tiempo de mezcla 15 min

Nº de Jarra + Lect inicio	Volumen (ml) De Soda Caustica	Volumen (ppm) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 8			Resultados de la Prueba día 9			Resultados de la Prueba día 10			Resultados de la Prueba día 11			Resultados de la Prueba día 12			Resultados de la Prueba día 13			Resultados de la Prueba día 14		
			T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad	T (°C)	pH	Turbiedad
1	12.00	30.0	22.8	2.65	7.25	22.8	3.66	7.55	22.8	3.66	7.55	22.9	3.66	7.55	22.9	3.38	4.87	23.0	3.28	4.97	22.0	3.50	5.00
2	13.00	30.0	22.4	4.85	2.91	22.4	4.99	3.84	22.4	4.99	3.84	22.5	4.99	3.84	22.1	4.76	3.21	22.1	4.81	3.22	22.1	4.83	3.25
3	14.00	30.0	22.1	7.05	0.03	22.1	7.04	0.02	22.1	7.04	0.02	22.1	7.04	0.02	22.1	7.11	0.04	22.1	7.06	0.04	22.1	7.01	0.02
4	15.00	30.0	22.0	6.11	5.32	22.0	6.71	6.76	22.0	6.71	6.76	21.9	6.71	6.76	22.2	7.09	3.77	22.2	6.90	2.45	22.2	6.92	3.05
5	16.00	30.0	22.0	5.35	6.35	22.0	5.23	7.12	22.0	5.23	7.12	21.9	5.23	7.12	22.0	5.96	5.32	22.0	5.80	3.76	22.0	5.93	4.12
6	17.00	30.0	21.7	4.52	7.76	21.7	4.65	7.54	21.7	4.65	7.54	21.6	4.65	7.54	21.5	5.54	6.54	21.5	5.44	5.03	21.5	5.43	5.64

\* La muestra utilizada es de 2L. En cada jarra.



Prueba: Dosis Óptima de Neutralización con la Gradiente y el Tiempo de Mezcla Óptimo

Fecha: Semana 3 (Día 15 al 21)

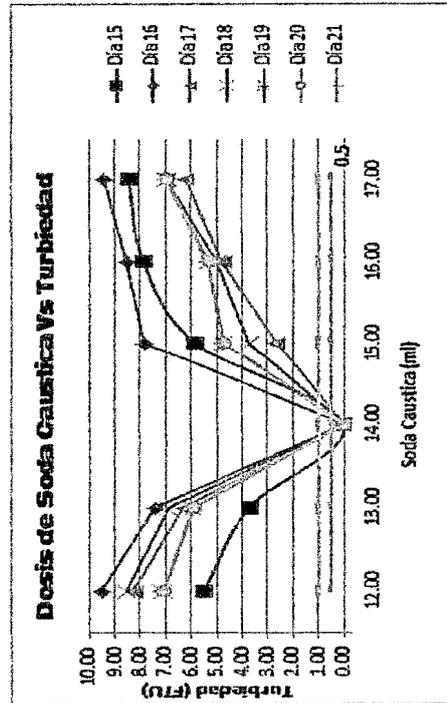
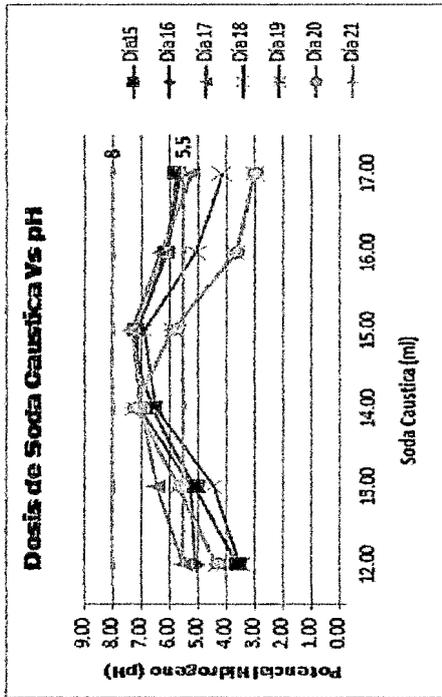
Elaborado: Lilibiana Vega Condeso

Datos:

- Dosis de Soda Caustica 50% 14 ml
- Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm
- Gradiente de mezcla 30 rpm
- Tiempo de mezcla 15 min

Nº de Jarra *	Volúmen (ml) De Soda Caustica	Volúmen (ppm) de Sulfato de Aluminio	Resultados de la Prueba día 15			Resultados de la Prueba día 16			Resultados de la Prueba día 17			Resultados de la Prueba día 18			Resultados de la Prueba día 19			Resultados de la Prueba día 20			Resultados de la Prueba día 21		
			T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad	T(°C)	pH	Turbiedad
Leet inicial	0	0	24.32	2.96	822	24.32	4.95	835	23.2	9.84	763	23.2	10.43	718	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132	23.2	4.04	132
1	12.00	30.0	22.0	3.60	5.50	23.0	5.05	9.50	23.0	5.50	8.25	23.0	3.50	8.54	22.0	4.32	7.11	22.0	4.32	7.11	22.0	4.32	7.11
2	13.00	30.0	22.1	5.13	3.75	22.5	5.25	7.43	22.5	6.46	6.32	22.5	4.46	6.91	22.1	5.63	5.93	22.1	5.63	5.93	22.1	5.63	5.93
3	14.00	30.0	22.1	6.58	0.03	22.0	7.05	0.04	22.0	7.02	0.02	22.0	6.53	0.01	22.1	7.21	0.03	22.1	7.21	0.03	22.1	7.21	0.03
4	15.00	30.0	22.2	7.22	5.85	22.0	7.11	7.85	22.0	7.34	2.65	22.0	6.89	3.74	22.2	5.87	4.76	22.2	5.87	4.76	22.2	5.87	4.76
5	16.00	30.0	22.0	6.18	7.89	21.0	6.08	8.54	21.0	6.32	4.79	21.0	5.04	4.99	22.0	3.66	5.33	22.0	3.66	5.33	22.0	3.66	5.33
6	17.00	30.0	21.5	5.76	8.44	21.0	5.63	9.39	21.0	5.22	6.21	21.0	4.14	6.92	22.0	2.98	6.98	22.0	2.98	6.98	22.0	2.98	6.98

\* La muestra utilizada es de 2L. En cada jarra.



Apéndice 13. Resultados de la Determinación de la Velocidad de Sedimentación

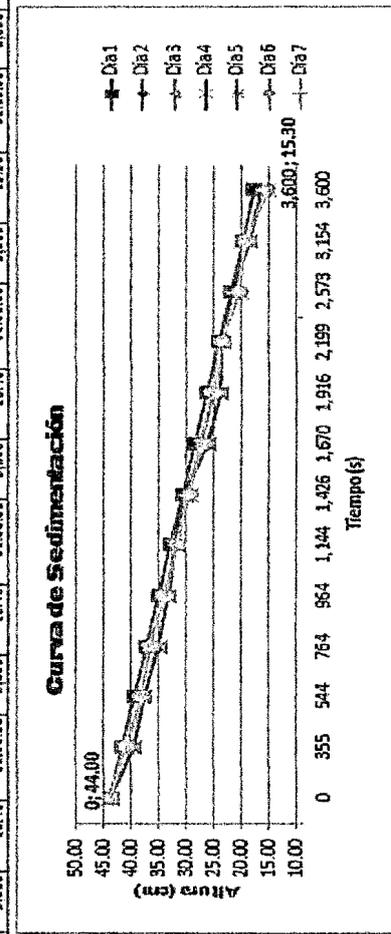
Prueba: Velocidad de Sedimentación  
 Fecha: Semana 1 (Día 1 al 7)  
 Elaborado: Liliانا Vega Condeso

Datos:  
 Dosis de Soda Caustica 50% 14 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm  
 Tiempo de mezcla 15 min

Gradiente 30 ppm  
 Tiempo de Sedimentación 60 min  
 Volumen de Muestra Tratada 12 L

Volumen de Muestra para la Prueba 1 000 ml

Volumen Promedio (ml)	Resultados de la Prueba día 1			Resultados de la Prueba día 2			Resultados de la Prueba día 3			Resultados de la Prueba día 4			Resultados de la Prueba día 5			Resultados de la Prueba día 6			Resultados de la Prueba día 7		
	Tiempo (h·min·s)	Altura (cm)	Tiempo (h·min·s)	Tiempo (h·min·s)	Altura (cm)	Tiempo (h·min·s)	Tiempo (h·min·s)	Altura (cm)	Tiempo (h·min·s)	Tiempo (h·min·s)	Altura (cm)	Tiempo (h·min·s)	Tiempo (h·min·s)	Altura (cm)	Tiempo (h·min·s)	Tiempo (h·min·s)	Altura (cm)	Tiempo (h·min·s)	Tiempo (h·min·s)	Altura (cm)	
1000.0	00:00:00	0	44:00	00:00:00	0	44:00	00:00:00	0	44:00	00:00:00	0	44:00	00:00:00	0	44:00	00:00:00	0	44:00	00:00:00	0	44:00
950.0	00:05:55	355	41:30	00:05:55	355	39:70	00:05:55	355	39:70	00:05:55	355	39:70	00:05:55	355	41:10	00:05:55	355	41:10	00:05:55	355	41:10
900.0	00:09:04	544	39:60	00:09:04	544	37:50	00:09:04	544	37:50	00:09:04	544	37:50	00:09:04	544	38:10	00:09:04	544	38:10	00:09:04	544	38:10
850.0	00:12:44	764	37:40	00:12:44	764	35:10	00:12:44	764	35:10	00:12:44	764	35:10	00:12:44	764	36:80	00:12:44	764	36:80	00:12:44	764	36:80
800.0	00:16:04	964	35:20	00:16:04	964	33:40	00:16:04	964	33:40	00:16:04	964	33:40	00:16:04	964	34:10	00:16:04	964	34:10	00:16:04	964	34:10
750.0	00:19:04	1144	33:00	00:19:04	1144	32:10	00:19:04	1144	32:10	00:19:04	1144	32:10	00:19:04	1144	31:80	00:19:04	1144	31:80	00:19:04	1144	31:80
700.0	00:23:46	1426	30:30	00:23:46	1426	30:50	00:23:46	1426	30:50	00:23:46	1426	30:50	00:23:46	1426	29:30	00:23:46	1426	29:30	00:23:46	1426	29:30
650.0	00:27:50	1670	28:60	00:27:50	1670	26:30	00:27:50	1670	26:30	00:27:50	1670	26:30	00:27:50	1670	27:40	00:27:50	1670	27:40	00:27:50	1670	27:40
600.0	00:31:56	1916	26:40	00:31:56	1916	24:10	00:31:56	1916	24:10	00:31:56	1916	24:10	00:31:56	1916	25:30	00:31:56	1916	25:30	00:31:56	1916	25:30
550.0	00:36:39	2199	24:20	00:36:39	2199	23:60	00:36:39	2199	23:60	00:36:39	2199	23:60	00:36:39	2199	23:60	00:36:39	2199	23:60	00:36:39	2199	23:60
500.0	00:42:53	2573	22:00	00:42:53	2573	21:90	00:42:53	2573	21:90	00:42:53	2573	21:90	00:42:53	2573	20:40	00:42:53	2573	20:40	00:42:53	2573	20:40
450.0	00:52:34	3154	19:80	00:52:34	3154	18:70	00:52:34	3154	18:70	00:52:34	3154	18:70	00:52:34	3154	19:60	00:52:34	3154	19:60	00:52:34	3154	19:60
342.3	01:00:00	3600	17:90	01:00:00	3600	16:40	01:00:00	3600	16:40	01:00:00	3600	16:40	01:00:00	3600	15:30	01:00:00	3600	15:30	01:00:00	3600	15:30



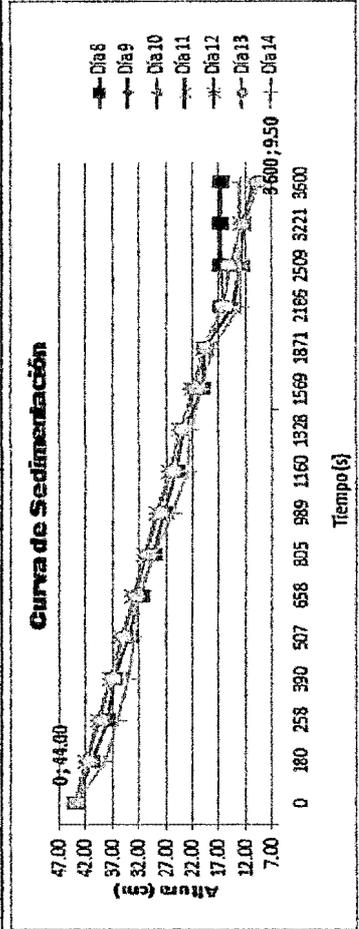
**EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES GENERADOS EN LA PLANTA QUIMEX S.A.**

<b>Prueba:</b> Velocidad de Sedimentación
<b>Fecha:</b> Semana 2 (Día 8 al 14)
<b>Elaborado:</b> Liliانا Vega Condoso

**Datos:**

Dosis de Soda Caustica 30% 1 000 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% Volumen de Muestra para la Prueba  
 Tiempo de mezcla 30 rpm  
 Gradiente 60 min  
 Tiempo de Sedimentación 12 L  
 Volumen de Muestra Tratada

Volumen Promedio (ml)	Resultados de la Prueba día 8			Resultados de la Prueba día 9			Resultados de la Prueba día 10			Resultados de la Prueba día 11			Resultados de la Prueba día 12			Resultados de la Prueba día 13			Resultados de la Prueba día 14		
	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	Tiempo (h min s)	Altura (cm)	
1000.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00
850.00	00:05:55	355	41.10	00:01:50	110	41.80	00:01:30	110	41.80	00:01:30	110	41.80	00:01:30	110	41.80	00:01:50	110	41.80	00:05:55	355	38.40
900.00	00:09:04	544	38.10	00:02:24	144	39.60	00:02:24	144	39.60	00:02:24	144	39.60	00:02:24	144	39.60	00:02:24	144	39.60	00:09:04	544	36.10
850.00	00:12:44	764	36.80	00:04:00	240	37.40	00:04:00	240	37.40	00:04:00	240	37.40	00:04:00	240	37.40	00:04:00	240	37.40	00:12:44	764	34.30
800.00	00:16:04	964	34.10	00:05:24	324	35.20	00:05:24	324	35.20	00:05:24	324	35.20	00:05:24	324	35.20	00:05:24	324	35.20	00:16:04	964	33.00
750.00	00:19:04	1,144	31.80	00:07:44	464	33.00	00:07:44	464	33.00	00:07:44	464	33.00	00:07:44	464	33.00	00:07:44	464	33.00	00:19:04	1,144	32.30
700.00	00:23:46	1,426	29.50	00:09:17	557	30.80	00:09:17	557	30.80	00:09:17	557	30.80	00:09:17	557	30.80	00:09:17	557	30.80	00:23:46	1,426	29.20
650.00	00:27:50	1,670	27.40	00:11:56	716	28.60	00:11:56	716	28.60	00:11:56	716	28.60	00:11:56	716	28.60	00:11:56	716	28.60	00:27:50	1,670	25.70
600.00	00:31:56	1,916	25.30	00:14:17	857	26.40	00:14:17	857	26.40	00:14:17	857	26.40	00:14:17	857	26.40	00:14:17	857	26.40	00:31:56	1,916	23.10
550.00	00:36:35	2,199	23.60	00:16:19	979	24.20	00:16:19	979	24.20	00:16:19	979	24.20	00:16:19	979	24.20	00:16:19	979	24.20	00:36:35	2,199	22.50
500.00	00:42:53	2,573	20.40	00:19:27	1,167	22.00	00:19:27	1,167	22.00	00:19:27	1,167	22.00	00:19:27	1,167	22.00	00:19:27	1,167	22.00	00:42:53	2,573	20.30
450.00	00:52:34	3,154	19.60	00:22:38	1,338	19.80	00:22:38	1,338	19.80	00:22:38	1,338	19.80	00:22:38	1,338	19.80	00:22:38	1,338	19.80	00:52:34	3,154	18.30
394.23	01:00:00	3,600	16.70	00:27:13	1,633	14.50	00:27:13	1,633	14.50	00:27:00	1,600	16.30	00:27:00	1,600	16.30	00:27:00	1,600	16.30	01:00:00	3,600	13.00
358.57	01:00:00	3,600	16.70	00:34:54	2,094	13.10	00:34:54	2,094	13.10	00:34:00	2,040	15.10	00:34:00	2,040	15.10	00:34:00	2,040	15.10	01:00:00	3,600	13.00
322.86	01:00:00	3,600	16.70	00:51:09	3,069	12.60	00:51:09	3,069	12.60	00:51:09	3,069	12.60	00:51:09	3,069	12.60	00:51:09	3,069	12.60	01:00:00	3,600	13.00
271.43	01:00:00	3,600	16.70	01:00:00	3,600	10.40	01:00:00	3,600	10.40	01:00:00	3,600	9.50	01:00:00	3,600	9.50	01:00:00	3,600	9.70	01:00:00	3,600	13.00

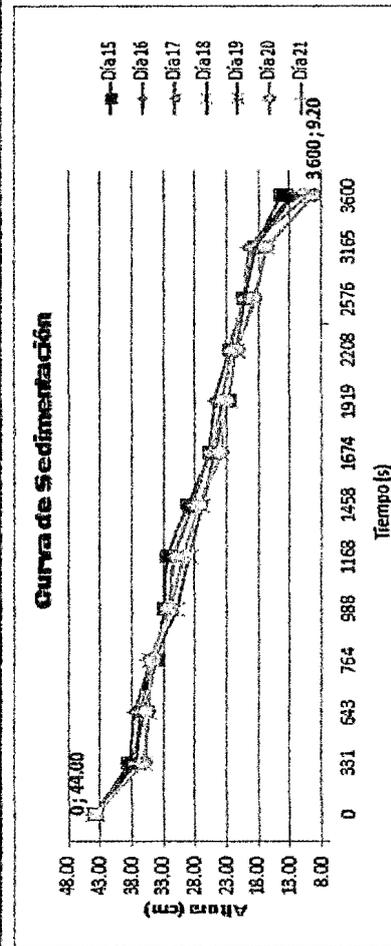


Prueba:	Velocidad de Sedimentación
Fecha:	Semana 3 (Día 15 al 21)
Elaborador:	Liliana Vega Condoso

Datos:

Dosis de Soda Caustica 30% 14 ml  
 Dosis de Sulfato de Aluminio al 1% 30 ppm  
 Tiempo de mezcla 15 min  
 Gradiente 30 rpm  
 Tiempo de Sedimentación 60 min  
 Volumen de Muestra Tratada 12 L  
 Volumen de Muestra para la Prueba 1 000 ml

Volumen Probadío (ml)	Resultados de la Prueba día 15			Resultados de la Prueba día 16			Resultados de la Prueba día 17			Resultados de la Prueba día 18			Resultados de la Prueba día 19			Resultados de la Prueba día 20			Resultados de la Prueba día 21				
	Tiempo (h: min: s")	Altura (cm)	Tiempo (h: min: s")	Tiempo (h: min: s")	Altura (cm)	Tiempo (h: min: s")	Tiempo (h: min: s")	Altura (cm)	Tiempo (h: min: s")	Tiempo (h: min: s")	Altura (cm)	Tiempo (h: min: s")	Tiempo (h: min: s")	Altura (cm)	Tiempo (h: min: s")	Tiempo (h: min: s")	Altura (cm)	Tiempo (h: min: s")	Tiempo (h: min: s")	Altura (cm)	Tiempo (h: min: s")		
1000.00	00:00:00	0	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00	00:00:00	0	44.00
950.00	00:05:53	355	00:05:53	355	39.40	00:05:53	355	37.30	00:05:53	355	37.30	00:05:53	300	36.00	00:05:00	300	36.00	00:05:00	300	36.00	00:05:00	300	36.00
900.00	00:09:04	544	00:10:00	600	37.50	00:10:00	600	36.80	00:10:00	600	36.80	00:12:44	764	35.50	00:12:00	720	35.50	00:12:00	720	35.50	00:12:00	720	35.50
850.00	00:12:44	764	00:12:44	764	33.30	00:12:44	764	33.30	00:12:44	764	33.30	00:12:44	764	33.30	00:15:00	764	33.30	00:15:00	764	33.30	00:15:00	764	33.30
800.00	00:16:04	964	00:16:04	964	32.00	00:16:04	964	32.00	00:16:04	964	32.00	00:16:04	964	32.00	00:17:00	1020	32.00	00:17:00	1020	32.00	00:17:00	1020	32.00
750.00	00:19:04	1144	00:19:04	1144	31.40	00:19:04	1144	31.40	00:19:04	1144	31.40	00:19:04	1144	29.00	00:20:00	1200	29.00	00:20:00	1200	29.00	00:20:00	1200	29.00
700.00	00:23:46	1426	00:23:46	1426	28.40	00:23:46	1426	28.40	00:23:46	1426	28.40	00:23:46	1426	27.00	00:24:00	1500	27.40	00:25:00	1500	27.40	00:25:00	1500	27.40
650.00	00:27:50	1670	00:27:50	1670	25.70	00:27:50	1670	25.70	00:27:50	1670	25.70	00:27:50	1670	25.00	00:28:00	1680	24.00	00:28:00	1680	24.00	00:28:00	1680	24.00
600.00	00:31:56	1916	00:32:00	1920	24.90	00:32:00	1920	24.70	00:32:00	1920	24.70	00:32:00	1920	23.50	00:32:00	1920	23.50	00:32:00	1920	23.50	00:32:00	1920	23.50
550.00	00:36:39	2199	00:36:39	2199	22.50	00:36:39	2199	22.50	00:36:39	2199	22.50	00:36:39	2199	21.60	00:37:00	2220	21.50	00:37:00	2220	21.50	00:37:00	2220	21.50
500.00	00:41:53	2573	00:42:53	2573	20.30	00:42:53	2573	20.30	00:42:53	2573	20.30	00:42:53	2573	20.10	00:43:00	2580	18.60	00:43:00	2580	18.60	00:43:00	2580	18.60
450.00	00:52:34	3154	00:52:34	3154	18.30	00:52:34	3154	19.40	00:52:34	3154	19.60	00:52:34	3154	18.50	00:53:00	3180	16.80	00:53:00	3180	16.80	00:53:00	3180	16.80
302.65	01:00:00	3600	01:00:00	3600	14.50	01:00:00	3600	10.00	01:00:00	3600	10.00	01:00:00	3600	12.50	01:00:00	3600	9.20	01:00:00	3600	9.20	01:00:00	3600	9.20



**Apéndice 14. Resultados del Efluente Tratado después de la Prueba de Laboratorio**



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**

Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental



**INFORME DE ENSAYO N° 0776/05**

**Solicitante :** QUIMEX S.A.  
**Dirección :** Calle "A" Mz. A Lt. 2 Urb. Industrial La Milla San Martín de Porres  
**Procedencia :** Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales  
**Matriz de la Muestra :** Agua residual  
**Fecha de Muestreo :** 15 Octubre 2005  
**Responsable del Muestreo :** Liliana Vega - Quimex S.A.  
**Fecha de Recepción :** 17 Octubre 2005  
**Fecha de ejecución del ensayo :** 17 - 24 Octubre 2005

Orden de Servicio : EQA-452/05

PARÁMETROS	* A1623	Método de Ensayo	Expresado en:
	** 1 Efluente Industrial		
pH	7,1	APHA H+ B	Unidad de pH
Cloro Residual	<0,1	APHA-CL C	mg/L
Turbidez	1,04	APHA 2130 B	NTU
Sólidos Totales Disueltos (180 °C)	8 780	APHA 2540 C	mg/L
Dureza Total	344	APHA 2340 C	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Sulfatos	236	APHA 4500-SO <sub>4</sub> E	mg SO <sub>4</sub> /L
Oxígeno Disuelto	7,4	APHA 4500-O C	mg OD/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días - 20 °C)	4,0	APHA 5210 B	mg DBO/L
Demanda Química de Oxígeno	12,5	APHA 5220 B	mg DQO/L
Sólidos Sedimentables	<0,1	APHA 2540 F	mL/L

(\*) Código de EQUAS S.A.

(\*\*) Código del Solicitante

**REFERENCIA DE METODOS ANALITICOS.-**

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 20<sup>th</sup> Edic. APHA AWWA WEF 1998.
- MANUAL OF METHODS FOR CHEMICAL ANALYSIS OF WATER AND WASTES, US - EPA 600/4-79-020, March 1983

**ESTADO Y CONDICION DE LA MUESTRA.-**

Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas para los parámetros de DQO, Dureza Total.

Lima, 24 Octubre 2005

**EQUAS S.A.**

*[Firma manuscrita]*

**Ing. Eusebio Victor Condor Evaristo**  
 Director Gerente



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente - EQUAS S.A.  
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como estandarte del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código: F-IEN Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb. Naranjilla - Puente Piedra, alt. del Km.28.5 de la Pan. Norte  
 Revisión: 01 Teléfono: 548-0180 Telefax: 548-3696 e\_mail: equas\_lab@infonegocio.net.pe  
 Fecha: 01/10/04

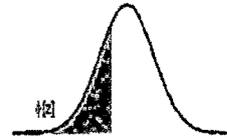
Página 1 de 1

**Apéndice 15. Diseño Hidráulico de la Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales**

ANEXO

Anexo 1: Tabla de distribución Normal Estándar

Tabla de valores de probabilidad acumulada ( $\Phi$ ) para la Distribución Normal Estándar



z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3	0.0013	0.0010	0.0007	0.0005	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5238	0.5278	0.5319	0.5359
-2.9	0.0019	0.0018	0.0019	0.0017	0.0015	0.0013	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014	0.1	0.5399	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5597	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
-2.8	0.0023	0.0023	0.0024	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019	0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0029	0.0027	0.0026	0.3	0.6175	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6369	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036	0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048	0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7089	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064	0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084	0.7	0.7590	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110	0.8	0.7891	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8105	0.8133
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143	0.9	0.8152	0.8168	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
-2	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183	1	0.8413	0.8439	0.8461	0.8485	0.8509	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233	1.1	0.8643	0.8665	0.8688	0.8709	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294	1.2	0.8669	0.8690	0.8709	0.8728	0.8746	0.8764	0.8782	0.8800	0.8817	0.8835
-1.7	0.0449	0.0440	0.0432	0.0424	0.0416	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0377	1.3	0.8692	0.8711	0.8729	0.8746	0.8763	0.8779	0.8796	0.8812	0.8828	0.8844
-1.6	0.0548	0.0537	0.0528	0.0519	0.0510	0.0501	0.0492	0.0483	0.0474	0.0465	1.4	0.8712	0.8729	0.8746	0.8762	0.8778	0.8793	0.8809	0.8824	0.8839	0.8854
-1.5	0.0658	0.0645	0.0634	0.0624	0.0614	0.0604	0.0594	0.0584	0.0574	0.0564	1.5	0.8732	0.8748	0.8763	0.8778	0.8792	0.8807	0.8821	0.8836	0.8850	0.8864
-1.4	0.0808	0.0793	0.0779	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0706	0.0691	0.0676	1.6	0.8752	0.8767	0.8781	0.8795	0.8809	0.8823	0.8837	0.8851	0.8864	0.8878
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823	1.7	0.8772	0.8786	0.8799	0.8812	0.8825	0.8838	0.8851	0.8864	0.8877	0.8890
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1058	0.1040	0.1022	0.1004	0.0987	1.8	0.8791	0.8804	0.8817	0.8829	0.8841	0.8853	0.8865	0.8877	0.8889	0.8901
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170	1.9	0.8811	0.8823	0.8835	0.8847	0.8858	0.8869	0.8880	0.8891	0.8902	0.8913
-1	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379	2	0.8831	0.8842	0.8853	0.8864	0.8875	0.8886	0.8896	0.8907	0.8917	0.8927
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1738	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611	2.1	0.8851	0.8861	0.8871	0.8881	0.8891	0.8901	0.8911	0.8921	0.8931	0.8941
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867	2.2	0.8871	0.8881	0.8891	0.8901	0.8911	0.8921	0.8931	0.8941	0.8951	0.8961
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2149	2.3	0.8891	0.8901	0.8911	0.8921	0.8931	0.8941	0.8951	0.8961	0.8971	0.8981
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451	2.4	0.8911	0.8921	0.8931	0.8941	0.8951	0.8961	0.8971	0.8981	0.8991	0.9001
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776	2.5	0.8931	0.8941	0.8951	0.8961	0.8971	0.8981	0.8991	0.9001	0.9011	0.9021
-0.4	0.3448	0.3400	0.3372	0.3338	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121	2.6	0.8951	0.8961	0.8971	0.8981	0.8991	0.9001	0.9011	0.9021	0.9031	0.9041
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483	2.7	0.8971	0.8981	0.8991	0.9001	0.9011	0.9021	0.9031	0.9041	0.9051	0.9061
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859	2.8	0.8991	0.8999	0.9007	0.9015	0.9023	0.9031	0.9039	0.9047	0.9055	0.9063
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4285	0.4247	2.9	0.9011	0.9018	0.9025	0.9032	0.9039	0.9046	0.9053	0.9060	0.9067	0.9074
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641	3	0.9077	0.9082	0.9087	0.9092	0.9097	0.9102	0.9107	0.9112	0.9117	0.9122

1. Si una variable normal X no es estándar, entonces sus valores deben ser estandarizados mediante la transformación:  $Z=(X-\mu)/\sigma$  es decir,  $P(X<x)=\Phi[(x-\mu)/\sigma]$
2. Para valores de  $z>4$ ,  $\Phi(z)=1$ , a una precisión de cuatro decimales; para valores de  $z<-4$ ,  $\Phi(z)=0$ , con cuatro decimales significativos.
3. Aquellos valores al lado del valor de 3 corresponden a las probabilidades acumuladas de z igual a 3.0, 3.1, 3.2, etc.

## Anexo 2: Equipos de Laboratorio

- **Multi-Agitador Phipps & Bird o Agitador:** Es el equipo utilizado para aplica la técnica de la prueba de jarras.

El equipo constan de los siguientes elementos: Un agitador mecánico provisto de 6 agitadores planos (capaz de operar a velocidades variables de 0 a 100 rpm), vasos de 2 litros de capacidad.

- **Medidor de pH:** El equipo utilizado para la caracterización del efluente y las pruebas de jarra, es el Potenciómetro HANNA Modelo HI 9025 impermeable con microprocesador.

El equipo consta de un electrodo de vidrio (para medir muestras altamente ácidas y alcalinas), un sensor de temperatura, una botella de 750 ml de Solución Buffer 4.01, una botella de 750 ml de Solución Buffer 7.01, una botella de 750 ml de Solución Buffer 10.01, una botella de Solución de Almacenamiento de electrodos. Cuenta con 5 valores de calibrado estándar memorizados (pH 4.01; 6.86; 7.01; 9.18 y 10.01).

- **Turbidímetro:** El equipo utilizado para las mediciones de turbiedad es el HI 93703 - Turbidímetro Portátil con RS 232, registro y conexión a PC. Mide por infrarrojos un rango de 0 a 1000 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) y dos escalas de medición, de 0 a 50 y de 50 a 1.000. El equipo está conformado por: Un Microprocessor Turbidity meter HI 93703, 2 cubetas de vidrio de 10 ml con tapa rosca, 1 botella de 30 ml. Solución HI93703-0 para calibración (AMCO-AEPA-1 at 0 FTU), 1 botella de 30 ml. De Solución HI93703-10 para calibración (AMCO-AEPA-1 at 10 FTU).

- **Cono Inhoff:** Es un Cono transparente graduado de 50 cm. De largo, que contiene un tapón en la parte inferior que facilita el vaciado y limpieza del equipo,

mediante la aplicación del instrumento se determinó la velocidad de sedimentación de los sólidos presentes en el efluente.

- **Horno de Laboratorio:** El Horno de laboratorio de convección natural, tiene una capacidad de 12 L. y un rango de 40 a 200 °C. ha sido utilizado para el secado de la muestra.
  
- **Balanza de Laboratorio:** la balanza analítica utilizada en las pruebas es de acero con sistema digital, que proporciona valores de precisión de lectura de 0.01 a 99 gr. El equipo es de calibración automática