



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE LA EMPRESA INDUASH CÍA. LTDA.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero Ambiental en Prevención y Remediación

Profesor Guía
Ing. Antonio Harnisth

Autor
Diego Camilo Miño Brazzero

Año
2014

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Odguil Antonio Harnisth Pinos

Ingeniero

C.I.: 091253851-9

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Diego Camilo Miño Brazzero

C.I.: 171251405-6

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme con unos padres maravillosos que con su esfuerzo, dedicación y cariño, supieron guiarme por un camino lleno de retos, entre ellos los académicos, mismos que no culminan aquí, pero que abren de manera exitosa otra puerta hacia nuevas oportunidades. A mi hermano que con su paciencia y gentileza está presente en cualquier circunstancia sin pedir nada a cambio. A mis amigos y colegas que comparten y respaldan mis años de estudio. Al personal docente, encargado de nutrir mi formación académica, especialmente a mi profesor guía, por su atención exclusiva para el desarrollo del presente estudio.

Diego.

DEDICATORIA

Con todo mi cariño a mis padres, pilares y guías de mi formación académica, quienes con su ejemplo de esfuerzo y dedicación, me han motivado aculminar y continuar nuevas metas. Así mismo a las personas especiales en mi vida, quienes con su cariño, influencia y sabios consejos me motivan hacia la mejor toma de decisiones para ejecutar con éxito mis objetivos personales.

Diego.

RESUMEN

El tratamiento de aguas residuales industriales ha sido temático de preocupación para las mismas en las últimas décadas, sin embargo han sabido tomar decisiones acertadas y adaptarse o incorporar métodos que permitan disponer de manera final y correcta sus descargas líquidas.

En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) las industrias se distribuyen de manera variable e inequitativa, se concentran en zonas industriales, así como en zonas residenciales o comerciales de manera independiente, es por esta razón que en la ciudad de Quito, se ha implementado e incrementado un control continuo en cuanto al manejo y disposición final de los efluentes industriales.

Generalmente los efluentes industriales involucran en su tratamiento de agua residual pre tratamiento, tratamientos primarios y tratamientos secundarios donde predominan los sistemas físico-químicos debido a su eficiencia en cuanto a la disminución de parámetros a cumplir, así como en su beneficio al momento de la operación.

Para poder analizar la eficiencia del tratamiento físico-químico se realizaron ciertos cambios y/o acoplamientos en los procesos de tratamiento que integraban un sistema de tratamiento de agua de los efluentes en la planta procesadora Induash.

El estudio cumple criterios técnicos de tratamiento para agua residual, tales como análisis de laboratorio y también in situ, técnicas experimentales de tratamiento y calibraciones a los procesos independientes desarrolladas en el presente trabajo de investigación, lo cual permitió determinar niveles óptimos de tratamiento durante el sistema integral del agua proveniente del proceso de producción de la planta industrial y mejorar notablemente la calidad del agua de descarga logrando beneficios sociales, ambientales y económicos.

ABSTRACT

Treatment of industrial waste water has been topic of concern for industries in the last few decades, however they have been able for taking the necessary decisions to adapt or incorporate approaches for their correct way of liquid discharges.

In the Metropolitan District of Quito (DMQ), industries are distributed in all the areas of the city independently, from industrial areas to residential or commercial areas. That's the reason why the city of Quito had implemented and increased a continuous control on the handling and disposal of industrial effluents.

Industrial effluents generally involve in their process of treatment; pre-treatment, primary treatment and secondary treatment, dominated by physical and chemical systems due to its efficiency in terms of reduction of legal parameters, as well as the benefit of system operation.

To analyze the efficiency of the physical-chemical treatment, certain changes were studied in treatment processes that originally were part of the system of processing waste water at Induash industry.

This research work had implemented standard techniques of waste water treatment, such as laboratory analysis, in situ experimental techniques of treatment, and calibrations to independent processes developed in the present research work, which allowed to determine and redefine optimum levels of treatment for the water coming from the industrial processes, this techniques had significantly improve the quality of discharge effluent, achieving social, environmental and economic benefits.

ÍNDICE

Introducción	1
1. Marco Teórico	5
1.1. Industrias de elaboración de productos alimenticios, cárnicos y derivados	5
1.1.1. Aguas residuales.....	5
1.1.2. Aguas residuales industriales.....	6
1.1.3. DBO5.....	10
1.1.4. DQO	10
1.1.5. Sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	11
1.2. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	11
1.3. Tipos de tratamiento para aguas residuales en industrias alimenticias	12
1.4. Tratamiento físico-químico para industrias alimenticias	14
1.4.1. Generalidades	14
1.4.2. Coloides en el agua.....	16
1.4.3. Coagulación	16
1.4.4. Policloruro de Aluminio (PAC) como coagulante.....	18
1.4.5. Floculación	19
1.4.6. La poliacrilamida (PAM) como floculante	19
1.4.7. Reguladores de pH	20
2. Situación actual	22
2.1. Descripción de la situación actual de la empresa	22
2.2. Levantamiento de la información	25
3. Metodología	28
3.1. Georeferenciación y toma de muestras de agua cruda previa al ingreso del sistema actual de tratamiento	28

3.2. Caracterización físico-química de agua de descarga previa al sistema de tratamiento y posterior al sistema de tratamiento bajo métodos experimentales de estudio.....	28
3.3. Determinación de las variables ideales de tratamiento.	29
3.3.1. Variables de investigación.....	29
3.3.2. Indicadores.....	30
3.3.4. Población de estudio	31
3.3.5. Tipo de investigación.....	31
3.3.6. Identificación de procesos	32
3.3.7. Técnicas e instrumentos.....	33
3.3.8. Cálculos de tratamiento.....	35
3.4. Calibración al sistema actual de tratamiento	43
3.5. Optimización del sistema de tratamiento	50
4. Resultados	53
4.1. Resultados de agua residual cruda y tratada.....	53
4.1.1. Muestras de agua residual cruda previa al STAR. Induash. Cía. Ltda.	53
4.1.2. Muestras de efluente posterior al STAR. INDUASH. Cía. Ltda.	55
4.2. Representación de variables corregidas en el sistema de tratamiento.....	56
4.2.1. Capacidad respuesta STAR y PTAR.....	56
4.2.2. Resultados de pruebas de jarras.....	58
4.2.3. Diseño factorial 2^3 con respuesta turbidez.....	68
4.2.4. Diseño factorial 2^3 con respuesta tiempo sedimentación.	69
4.3. Caracterización al sistema de tratamiento calibrado.....	72

5. Análisis de resultados	74
5.1. Efectos representativos en variables calibradas.....	74
5.1.1. Gráficas para respuesta turbidez	74
5.1.2. Gráficas para respuesta tiempo de sedimentación	82
5.2. Análisis de la Varianza de diseño factorial 2^3 , para turbidez y tiempo de sedimentación.	91
5.2.1. Análisis de la varianza de un solo factor: Turbidez NTU	91
5.2.2. Análisis de la varianza de un solo factor: Tiempo de sedimentación.	93
5.3. Eficiencia del proceso de reingeniería del sistema de tratamiento de aguas residuales	94
6. Análisis económico	97
6.1. Análisis costo/beneficio.....	97
6.2. Estudio económico de la propuesta	98
6.3. Implementación del proyecto	100
7. Conclusiones y Recomendaciones	102
7.1. Conclusiones	102
7.2. Recomendaciones	103
REFERENCIAS	105
ANEXOS	109

Introducción

Las aguas residuales han significado un importante reto a ser solucionado desde hace siglos pasados, pero es en los años de la revolución industrial donde se inician propuestas para dar respuesta a esta problemática, sin embargo el desafío desde hace ciertas décadas hasta la actualidad ha sido identificar, enfatizar y priorizar el tratamiento de las aguas residuales industriales, gracias al desarrollo de diversos sistemas de tratamiento y tecnologías que recuperen las mismas.

En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), la preocupación a nivel industrial en cuanto al tratamiento de aguas residuales surge hace aproximadamente una década cuando el ex alcalde de Quito, Jamil Mahuad, ya pensaba en descontaminar el río Machángara y mencionaba lo siguiente:

"De acuerdo con los estudios, las industrias son las contaminantes más grandes. Si logramos que ellas limpien el agua antes de botarla, dentro de poco tiempo tendremos un altísimo porcentaje del río descontaminado" declaró el ex alcalde de Quito, Jamil Mahuad (Diario El Hoy, 1992).

Hoy en día, gracias a reformas y nuevas políticas públicas, se obligan a las industrias a cumplir parámetros de descarga, esto se debe a que no existe tratamiento de aguas residuales de ningún tipo por parte municipal. Cabe recalcar que existen programas a futuro para un manejo integral y adecuado de descargas líquidas tanto domésticas como industriales. El DMQ presenta las siguientes cifras promedio en cuanto a cobertura de los servicios a cargo de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS, 2013):

- 97,39% en Agua Potable
- 92,73% en Alcantarillado
- 0% en cobertura de Tratamiento de Aguas Residuales

En la actualidad las exigencias de control y monitoreo en las descargas líquidas industriales en el DMQ, son llevadas por parte de la Secretaría de Ambiente de Quito y se rigen estrictamente a parámetros establecidos en la Ordenanza 404 del Distrito Metropolitano de Quito (Ordenanza Sustitutiva del Título V “Del Medio Ambiente”, Libro Segundo del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito).

La planta procesadora INDUASH CIA LTDA se encuentra ubicada en la ciudad de Quito, en el sector de El Recreo, en las calles José Peralta S14-192 y Joaquín Gutiérrez, posee un área de construcción de 1700 m² y es la encargada de la producción, almacenamiento y distribución de alimentos hacia los locales de comida rápida CARAVANA FAST FOOD (INDUASH, 2012, p.3)

Se debe tener presente que un estudio preliminar siempre es necesario y primordial antes de la ejecución de cualquier sistema de tratamiento, para poder identificar y caracterizar problemas, de esta manera se podrá valorizar y potencializar soluciones acordes, esto evitará que las industrias incumplan parámetros de descarga de efluentes que desembocan en multas y sanciones.

El alcance de este trabajo de titulación es realizar la reingeniería en el sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de la compañía INDUASH Cía. Ltda., para lograr esto, es necesario caracterizar adecuadamente las descargas líquidas de la empresa, valorizar su problemática y fortalecer el funcionamiento de su sistema.

De esta manera, se logrará determinar las variables de tratamiento que previamente no fueron consideradas en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR), para poder plantear opciones de mejora en su STAR y llegar a proponer soluciones que permitirán a la compañía rectificar sus procesos actuales de tratamiento y descarga de efluentes industriales.

La intención de la compañía es cumplir con los parámetros de descarga establecidos por el DMQ, con los estudios respectivos y una línea base establecida se podrá continuar de manera adecuada con el establecimiento de soluciones a implementar, además conclusiones que permitan a la industria rectificar el funcionamiento de su STAR para desempeñar sus actividades de manera uniforme.

Para lograr lo antes mencionado, es necesario realizar estudios in situ y análisis de laboratorio respectivos para poder caracterizar el agua que ingresará en el sistema, posteriormente se determinarán valores para el tratamiento del agua residual y se planteará una reingeniería del proceso que demuestre el costo-beneficio del STAR implementado.

La mayoría de las aguas residuales industriales se vierten en cuerpos de agua o alcantarillados sin ser tratadas o con un tratamiento ineficiente, dejando que estos sistemas se encarguen de degradar de manera natural la carga contaminante, muchas veces con menor eficacia y con un alto riesgo.

La falta de conocimiento y la presión por parte del DMQ, es un aspecto fundamental para la indebida implementación de sistemas de tratamiento, motivo por el cual se ha desarrollado un incentivo de planteamiento de soluciones en este trabajo de titulación.

La prevención de la contaminación del agua solo es posible definiendo técnicas apropiadas de tratamiento o disposición de las aguas residuales. Para definir estas técnicas es necesario un estudio base del agua a tratar que demuestre resultados guías para elegir el sistema idóneo de tratamiento.

La meta del tratamiento de aguas residuales es reducir la carga contaminante del vertido y convertirlo en inocuo para el medio ambiente, de esta manera proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de una sociedad.

Para cumplir estos fines se usarán tratamientos específicos analizados en laboratorio que dependen de los contaminantes que arrastra el agua y de otros factores más generales, como carga contaminante y caudal diario de producción de la industria para contrarrestar los primordiales parámetros de incumplimiento (DBO5 Y DQO).

Objetivo general

Implementar una reingeniería al Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la empresa INDUASH Cía. Ltda., para cumplir con los parámetros de descarga, establecidos en la normativa vigente del DMQ.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el afluente y efluente del STAR.
2. Identificar las variables actuales que componen el STAR.
3. Determinar las variables ideales de tratamiento bajo un modelo de diseño experimental.
4. Calibración del STAR
5. Aplicar una reingeniería a las variables del STAR
6. Cumplir con los límites permisibles de descarga de DBO5, DQO y Sólidos en suspensión, establecidos en la normativa vigente del DMQ
7. Evaluar el impacto económico de la reingeniería del STAR, determinando el beneficio económico del proyecto.

1. Marco Teórico

1.1. Industrias de elaboración de productos alimenticios, cárnicos y derivados

Las industrias de elaboración de productos alimenticios son aquellas cuyo objetivo primario es la producción de bienes comestibles para el consumo humano o animal, en este grupo se incluyen las industrias cárnicas y subproductos de los mismos (Nemerrow, Dasgupta. 1998, p. 441).

Generalmente sus procesos de producción consisten en: recepción de materia prima, eliminación de la parte no comestible, preparación del producto y conservación del mismo (Nemerrow, Dasgupta. 1998, p. 441). Son estas las razones por las cuales los vertidos a considerar provienen de las operaciones del lavado de la materia prima, preparación y partes no utilizables del producto, proceso de limpieza de áreas y maquinaria y por último la congelación y conservación del producto terminado (Cámara, Hernández, Paz. 2010, p.3).

1.1.1. Aguas residuales

Las Aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado.

Generalmente se consideran aguas residuales domésticas a las aguas provenientes de viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan aguas residuales municipales los residuos líquidos de una ciudad o población, y se llaman aguas residuales industriales las aguas provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

También se acostumbra a denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de las descargas que transportan excrementos humanos y orina,

ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y aguas grises a las aguas residuales provenientes de duchas, tinas, lavadoras y lavamanos, es decir las aguas domésticas excluyendo las descargas de inodoros, estas aguas son a portantes en DBO, sólidos suspendidos, fósforo y grasa (Romero. 2005, p.17).

1.1.2. Aguas residuales industriales

Se entiende por aguas residuales industriales las aguas vertidas desde sectores productores de cualquier actividad comercial o industrial y que las mismas no sean domésticas o pluviales (Aquagroup, 2013, Aguas Residuales Industriales).

Las características de los vertidos procedentes de la elaboración de productos alimenticios son muy variables, pero generalmente contienen materia orgánica sea disuelta o en estado coloidal, en distintos estados de concentración, resultando así recomendable nuevas líneas de tratamiento, nuevas tecnologías y en general nuevos procesos, así como modificaciones de los antiguos (Nemerrow, Dasgupta. 1998, p. 441-442). Estas operaciones tanto físicas como químicas, deben diseñarse exclusivamente para cada caso de agua residual, es el caso de las industrias alimenticias donde influyen componentes netos en el agua cruda previa a su tratamiento (Ramalho.1996, p.3)

En el DMQ las industrias en general deben cumplir con parámetros establecidos en sus descargas líquidas para evitar entrar en sanciones o multas futuras que impidan el funcionamiento normal de las mismas. El control y monitoreo de estos, varía de acuerdo a la actividad productiva (Derecho Ambiental. 2013. Ordenanza 404. Capítulo V), y para industrias alimenticias presentamos en la siguientes tablas.

Tabla 1. Ordenanza 404, Norma técnica para el control de descargas líquidas, límites máximos permisibles por cuerpo receptor.

Parámetros	Expresado como	Unidad	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			Alcantarillado	Cauce de agua
Aceites y Grasas	AYG	mg/l	70	30
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Arsénico Total	As	mg/l	0,1	0,1
Bario	Ba	mg/l	-	2
Boro Total	B	mg/l	-	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02	0,02
Cianuro Total	CN ⁻	mg/l	1,0	0,1
Cloro activo	Cl	mg/l	-	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1	0,1
Cloruros	CL ⁻¹	mg/l		1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml		Remoción > al 99,9%
Color real	Color real	Unidades de color		Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2	0,2
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	170	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	350	160
Estaño	Sn	mg/l		5,0
Fluoruros	F	mg/l		5,0
Fósforo Total	P	mg/l	15	10
Hierro	Fe	mg/l	25	10

Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	20	20
Materia Flotante	Visible	-	Ausencia	Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	10,0	2,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l		30
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	60,0	50,0
Compuestos organoclorados	Organoclorados Totales	mg/l	0,05	0,05
Organofosforados y carbamatos	Organofosforados Totales	mg/l	0,1	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH	-	6-9	6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5	0,1
Sulfuros	S	mg/l	1,0	0,5
Sólidos suspendidos	SS	mg/l	100	80
Sulfatos	SO ₄	mg/l	400	1000
Temperatura	-	°C	<40	<35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	1	0,5
Turbidez	-	NTU	-	No se incrementará en 5 unidades
Zinc	Zn	mg/l	2,0	2,0

Tomado de Secretaría de Ambiente, 2013, p. 25.

Comparando la tabla 1 con la tabla 2 se puede apreciar un aumento en la tolerancia de valores permisibles en ciertos parámetros, así como se han incluido parámetros que en la ordenanza 213 no eran tomados en cuenta. Hay que recalcar que aunque se hayan incrementado los valores de descarga en la

ordenanza 404, el distrito metropolitano de quito aun cuenta con una normativa muy exigente en cuanto a límites máximos permisibles por cuerpo receptor.

Tabla 2. Ordenanza 213, resolución N°002, tabla B1, para todos los sectores productivos, exceptuando el sector textil y al sector de bebidas gaseosas, embotelladoras y cervecería.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			Junio 2006 a mayo 2008	Junio 2008 a mayo 2010	Junio 2010
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5 DÍAS)	D.B.O ₅	mg/l	172 (A) 122(C)	146(A) 96(C)	120(A) 70(C)
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	D.Q.O	mg/l	344(A) 214(C)	292(A) 168(C)	240(A) 123(C)
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SS	mg/l	137(A) 92(C)	116(A) 72(C)	95(A) 53(C)
CAUDAL	Q	l/s	4,5 ^a	4,5 ^a	4,5 ^a

Tomado de Secretaría de Ambiente, 2013, p. 23.

Para lograr cumplir con estos parámetros; las grandes, medianas y pequeñas industrias deben adoptar sistemas de tratamiento que les permitan tratar sus efluentes líquidos. No obstante existen industrias que poseen sistemas de tratamiento que cumplen con los principios del proceso de tratamiento en sus descargas líquidas, sin embargo no logran cumplir a totalidad las fases de un STAR o a su vez el funcionamiento en sus sistemas presenta deficiencias técnicas que impiden el cumplimiento de los parámetros establecidos y por lo tanto estas industrias se ven obligadas en adecuar los procesos de tratamiento existentes para poder dar solución a sus efluentes, acoplándose o mejorando su sistema.

1.1.3. DBO5

Se denomina DBO5, demanda bioquímica (o biológica) de oxígeno a la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones anaerobias (Romero. 2005, p.17).

Originalmente, este parámetro se medía determinando la cantidad de oxígeno utilizado por microorganismos acuáticos apropiados durante un período de cinco días. También se puede dejar el tiempo necesario para que todo el material biodegradable se descomponga y a esa variable se le conoce como DBO última (Manahan. 2007, p.163).

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para diseñar unidades de tratamiento biológico, evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en las distintas fuentes receptoras (Romero. 2005, p.38).

1.1.4. DQO

La demanda química de oxígeno se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, es decir la totalidad de oxidantes específicos que reaccionan con una muestra bajo condiciones controladas (Romero. 2005, p.54).

Para las muestras de una fuente específica el DQO puede relacionarse con el DBO, el carbono orgánico o la materia orgánica. La prueba es útil para monitorear y controlar después de haber establecido la correlación. Se prefiere el método de reflujo con dicromato de potasio en un medio ácido y a alta temperatura, debido a su mayor capacidad oxidante, su aplicabilidad a un mayor número de muestras y a su fácil manipulación (Clesceri.2005, p. 5 – 14).

Generalmente se espera que la DQO sea aproximada a la DBO última, sin embargo en aguas residuales industriales existen factores que alteran dichos resultados, estos factores pueden ser:

- Muchos compuestos orgánicos oxidables por dicromato no son oxidables biológicamente.
- Ciertos compuestos inorgánicos como sulfuros, sulfitos, tiosulfatos y nitritos son oxidados por el dicromato pero introducen una DQO inorgánica en el resultado.
- Ciertos compuestos orgánicos (hidrocarburos aromáticos) no son oxidados por el dicromato.
- El tiempo de reflujo debe ser siempre de 2 horas, debido a que el resultado de la DQO se basa en función al tiempo de digestión

(Romero. 2005, p.54-55).

1.1.5. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento en las industrias de elaboración de productos alimenticios, cárnicos y derivados son amplios, sin embargo los más comunes y empleados son sistemas que abarcan tratamiento primario como trampas de grasa, tratamiento secundario (físico-químico) y en caso de requerirse tratamientos terciarios de desinfección para recirculación o aprovechamiento del agua tratada en ciertos procesos de producción.

1.2. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Como resultado de la gran variedad de procesos industriales, se han comenzado a producir aguas residuales de muy diverso tipo, lo que requiere tratamientos más complejos que han ido apareciendo sucesivamente. Actualmente la mayoría de municipios deben manejar una combinación de aguas residuales domésticas e industriales, debido a problemas de logística y

económicos, muchos prefieren realizar tratamientos diferenciados de aguas industriales para su descarga en la acometida principal (Ramalho.1996, p.3)

La selección del mejor tipo de tratamiento para cualquier industria será guiado por dos aspectos; volumen y naturaleza de los vertidos, y el otro, las condiciones especiales de número y duración de los periodos de producción (Cámara, Hernández, Paz. 2010, p.3).

Los métodos de tratamiento son amplios, sin embargo se deben ajustar a la actividad industrial, presupuesto económico y espacio, estos aspectos muchas veces llevan a las pequeñas y medianas industrias a tomar decisiones improvisadas de tratamiento.

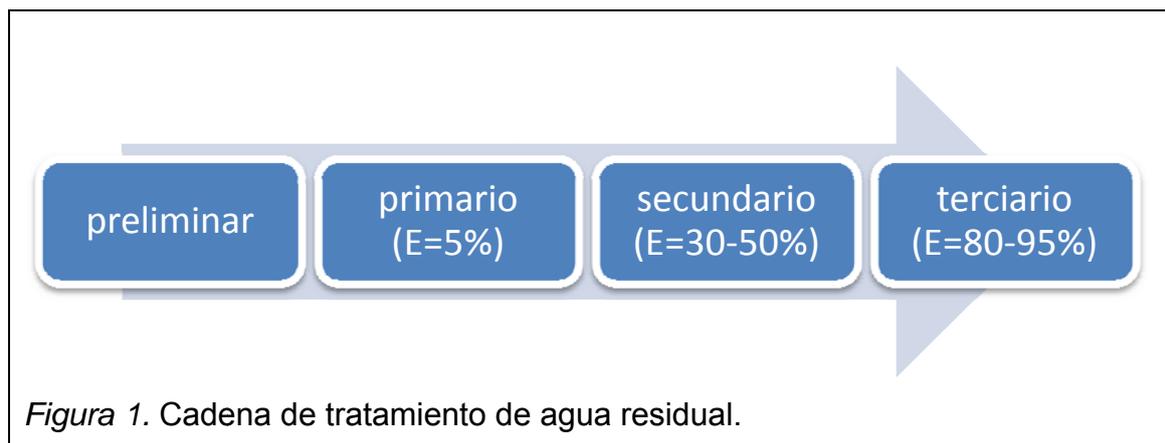
1.3. Tipos de tratamiento para aguas residuales en industrias alimenticias

Los tipos de tratamiento dependen de las características del agua a tratar, el grado de tratamiento según la disposición final, la disponibilidad de espacio y los costos de implementación y operación (Collazos.2008, p.16)

Por esta razón los tipos de tratamiento en industrias alimenticias son como cualquier industria en general.

- Procesos físicos
- Procesos químicos
- Procesos biológicos

Según el grado de contaminación, el proceso de tratamiento de aguas residuales para una industria alimenticia es implementado secuencialmente de la manera indicada en la Figura 1.



Tratamientos preliminares

En el tratamiento preliminar se incluyen métodos como mallas, cribas, desarenadores de remoción manual o mecánica de acuerdo al efluente y calidad del agua. Además en el tratamiento preliminar se incluyen los tanques de homogenización con el fin de regular o disminuir los efectos de la variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales (Collazos.2008, p.19-27)

Tratamientos Primarios

En el tratamiento primario las industrias alimenticias han optado por métodos de sedimentación y separación de grasa de acuerdo a la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas en suspensión.

Aunque existen otro proceso de separación y aglutinación de las partículas suspendidas, aceites y grasas como es el método por flotación (DAF), la instalación y operación de esta tecnología son de costos elevados (Collazos.2008, p.28-33)

Tratamientos Secundarios

Dentro del tratamiento secundario existen distintos métodos que ocupan gran espacio, maquinaria y tecnología de instalación, operación y mantenimiento elevado como son; sistemas de biomasa en suspensión (lodos activados), sistemas de biomasa adherida (filtros percoladores). Por otro lado está el tratamiento físico-químico que requiere de menor espacio empleado para

equipos y son económicos, sin embargo no dejan de existir problemas de calibración por el afluente a tratar debido a parámetros previos de descarga que influyen en la desestabilización de los procesos, es por esta razón que los métodos secundarios de tratamiento deben ser continuamente estabilizados y operados (Collazos.2008, p.34-44)

Tratamientos Terciarios

Empleado con el fin de prevenir la eutrofización con la remoción de nutrientes como el fosforo, el nitrógeno, minerales, compuestos orgánicos o a su vez metales pesados o virus, también es empleado para mejorar la calidad del agua descargada del tratamiento secundario y aprovecharla nuevamente de manera potable en caso de escasez de agua o incorporarla nuevamente en algún proceso industrial. El tratamiento terciario es un tipo de tratamiento más costoso y consiste en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos (Pazmiño. 2012, p. 3-4).

1.4. Tratamiento físico-químico para industrias alimenticias

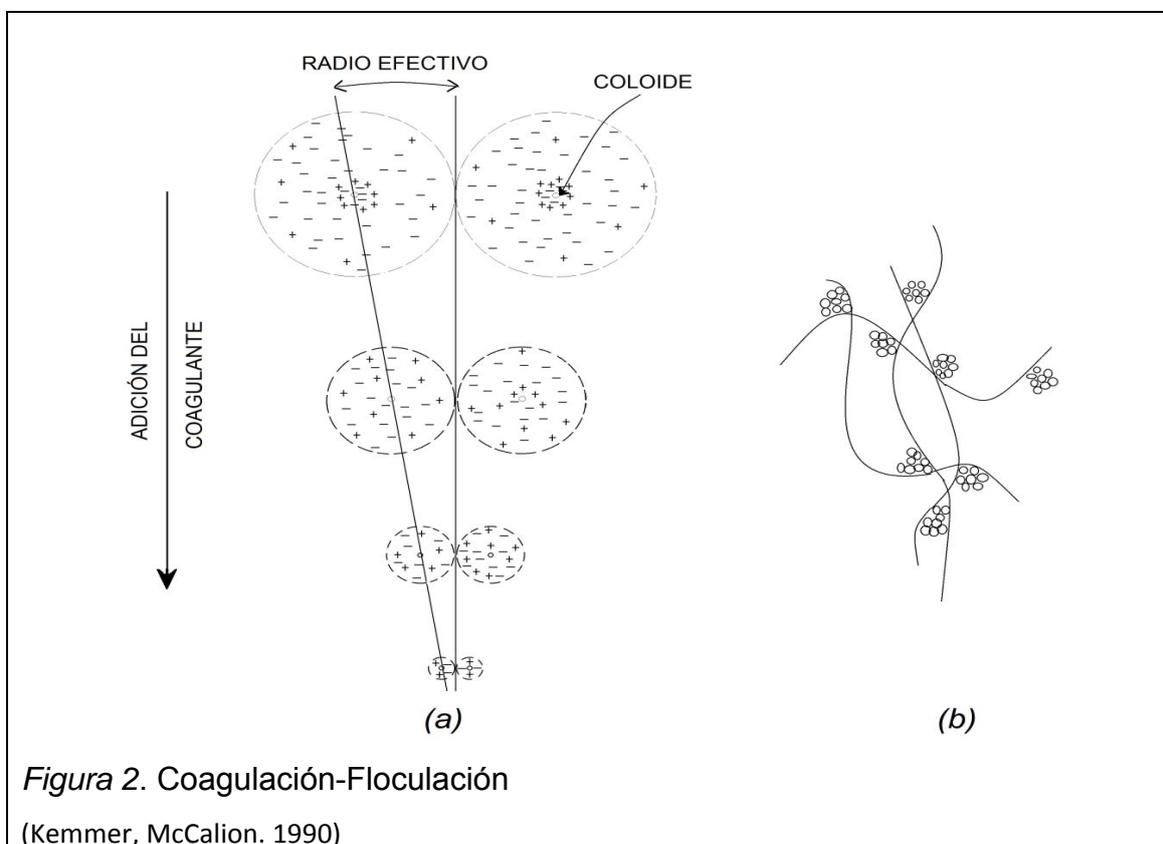
1.4.1. Generalidades

La Coagulación y Floculación son dos procesos dentro de la etapa de clarificación del agua. Ambos procesos se pueden resumir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flóculos, los cuales tienen como finalidad que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar.

Según la teoría de la doble capa eléctrica Debye Hückel, se menciona que los iones en solución se encuentran rodeados de un exceso de iones de carga opuesta, es decir un ion positivo o negativo (central), se encuentra rodeado por iones de su signo opuesto. Estos iones tienden a sufrir desviaciones de su campo ideal según las atracciones inter-iónicas por el efecto de los solventes.

Cada partícula se encuentra estabilizada por cargas eléctricas negativas sobre su superficie, haciendo que se repelen las partículas vecinas, como se repelen mutuamente dos polos magnéticos. Ya que esto impide el choque de las partículas y que formen así masas mayores, llamados flocúlos, por esta razón las partículas no se asientan. La coagulación desestabiliza estos coloides al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados y la floculación forma precipitados gelatinosos que los une. Esto se logra, por lo general añadiendo coagulantes y floculantes químicos, así como aplicando energía de mezclado (UNAM. 2013, p. 1)

Como se muestra en la figura 2, estas sustancias químicas cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, permitiendo que las partículas se aglomeren formando flocúlos. Estos flocúlos inicialmente pequeños se unen para formar aglomerados mayores que pueden asentarse. El proceso de desestabilización (a) es la coagulación y la formación de flocúlos es la floculación (b).



1.4.2. Coloides en el agua

Contaminantes orgánicos, minerales, algas, bacterias, materiales proteicos, entre otros, se encuentran suspendidas en el agua de manera muy pequeña, estas partículas se denominan coloides, los mismos que desempeñan un papel importante en las propiedades químicas del agua, así como del comportamiento de aguas residuales como de aguas naturales. Una característica principal de los coloides en el agua es la facilidad de transportar contaminantes orgánicos e inorgánicos, los mismos se enlazan a la superficie de la partícula coloidal, arrastrando cientos de contaminantes y alterando la naturalidad del medio líquido (Manahan. 2007, p. 77-81).

1.4.3. Coagulación

La coagulación se refiere al proceso de desestabilización de las partículas suspendidas de modo que se reduzcan las fuerzas de separación entre ellas.

El término coágulo se refiere a las reacciones que suceden al agregar un reactivo químico (coagulante) en agua, originando productos insolubles. La coagulación comienza al agregar el coagulante al agua y dura fracciones de segundo.

Existe una gran variedad de coloides en el agua y su distribución depende del tamaño de las partículas. Los coloides siempre necesitan coagularse para alcanzar un tamaño efectivo y una rapidez de asentamiento, de igual manera existen partículas mayores, que no son realmente coloidales y que se asentarían si se les diera un tiempo suficiente, pero que requieren de la coagulación para formar un floculo mayor que se asiente con más rapidez.

Las partículas coloidales evitan agregarse por la repulsión electrostática de la doble capa eléctrica, mencionada con anterioridad y la coagulación implica la reducción de esta repulsión, favoreciendo a la agregación de partículas

coloidales de materiales idénticos. Una explicación sencilla de coagulación por iones en disolución es que los iones disminuyen la repulsión electrostática entre las partículas hasta llegar a un punto en el cual las partículas se agregan (Manahan. 2007, p. 82).

Las especies coloidales halladas en agua cruda y en agua de desecho incluyen arcillas, sílice, hierro y otros metales pesados, color y sólidos orgánicos como los residuos de organismos muertos, así mismo el aceite en agua de desecho es con frecuencia coloidal.

Los coloides se clasifican en hidrofóbicos (adversos al agua), no reaccionan con el agua, la mayor parte de las cerámicas son hidrofóbicas. Los coloides hidrofílicos reaccionan con el agua, por ejemplo las sustancias que producen el color son hidrofílicas.

En el tratamiento del agua los coloides hidrofílicos pueden reaccionar químicamente con el coagulante usado en el proceso del tratamiento. Además los coloides hidrofílicos requieren mayor cantidad de coagulante que los hidrofóbicos, que no reaccionan químicamente con el coagulante.

Tabla 3. Sedimentación de partículas pequeñas de sílice de densidad relativa.

Típico	Mm	Micras	Área de la superficie (total)	Tiempo de asentamiento, 1m de caída
Grava	10.	10000	3.14cm ²	1s
Arena Gruesa	1.	1000	31.4cm ²	10s
Arena fina	0.1	100	314cm ²	125s
Limo	0,01	10	0,314m ²	108min
Bacterias	0.001	1	3,14m ²	180h
Materia coloidal	0.0001	0.1	31,4m ²	755días

Nota: Las partículas mayores de 100 micras pueden observarse a simple vista y son consideradas como sólidos asentables. En el intervalo de 10 a 100 micras se las considera turbidez. Por debajo de las 10 micras se las considera coloidales. Las partículas mayores de 0,1 micras son visibles con el microscopio óptico; para menores de 0,1 micras se usa el microscopio electrónico para detectarlas (Kemmer, McCalion. 1990)

1.4.4. Policloruro de Aluminio (PAC) como coagulante.

Los PAC's o Policloruro de aluminio con fórmula química $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$, tienen diferentes fases sólidas en las reacciones hidrolíticas con respecto a los coagulantes convencionales.

Los flóculos de PAC's tienden a ser grupos de pequeñas esferas, mientras que los flóculos de sulfato de aluminio son usualmente estructuras esponjosas y porosas con tamaño de 25 a 100 μm . Esta diferencia estructural hace que los PAC's produzcan una menor turbiedad en suspensión que el sulfato de aluminio (Cogollo. 2010.)

El PAC es un coagulante inorgánico, catiónico, a base de sales de aluminio polimerizadas, reemplazando a ciertas sales comunes no polimerizadas como el sulfato de aluminio o el sulfato férrico, es utilizado principalmente para remover color, turbidez, sólidos suspendidos, materia orgánica, materia coloidal, entre otros (Cinética Química. 2013).

Ventajas del Policloruro de aluminio frente al sulfato de aluminio

- Menor residuo de aluminio.
- Mejora la velocidad de formación de flocs. Y por lo tanto de sedimentación
- Mejora la remoción de color o turbidez.
- Requiere menor tiempo de mezclado para su acción coagulante
- Aumenta la remoción de Carbón Orgánico Total.
- Aumento de la operación de filtros.
- Reducción en la frecuencia de retrolavados en filtros.
- Reducción de lodos de un 25-75%.
- Operación simplificada al eliminar o reducir la dosis de reguladores de pH.
- Trabaja en un amplio rango de pH.
- No modifica el valor de pH del agua coagulada.

- Menor costo de operación. (Cinética Química. 2013)

1.4.5. Floculación

La floculación de coloides se logra mediante polielectrolitos de origen natural como sintético. Los polielectrolitos son polímeros con un alto peso molecular, los mismos pueden tener grupos funcionales cargados negativamente o positivamente, también existen polímeros neutros que sirven como floculantes y que no tienen grupos funcionales cargados (Manahan. 2007, p. 82-83).

La floculación tiene relación con los fenómenos de transporte dentro del líquido para que las partículas hagan contacto. Esto implica la formación de puentes químicos entre partículas de modo que se forme una malla de coágulos, la cual sería tridimensional y porosa. Así se formaría, mediante el crecimiento de partículas coaguladas, un floc suficientemente grande y pesado como para sedimentar.

Puede ser que el flóculo formado por la aglomeración de varios coloides no sea lo bastante grande como para asentarse con la rapidez deseada, la floculación a su vez es estimulada por un mezclado lento que poco a poco junta los flóculos ya que un mezclado intenso tiende a romperlos. El alumbre, las sales de hierro y los polímeros de peso molecular alto, son floculantes comunes.

Cuando en una PTAR no se dispone de tiempo suficiente para extraer los sólidos suspendidos, la coagulación y la floculación son los métodos de tratamiento apropiados para provocar su crecimiento y asentarlos con la suficiente rapidez, para superar las limitaciones del diseño de la planta (Kemmer, McCalion. 1990.)

1.4.6. La poliacrilamida (PAM) como floculante

Se denomina poliacrilamida, a un polímero conformado por varias subunidades de monómeros de acrilamida con fórmula química C_3H_5NO , es un floculante

polimérico no iónico yes empleada en el tratamiento del agua potable y del agua residual como un floculante, su principal función es la aglomeración de los coágulos previamente desestabilizados en el proceso de coagulación.

Es un producto aniónico altamente efectivo en el tratamiento de aguas residuales que contienen aceites, grasas, microorganismos, partículas coloidales. La ventaja de la poliacrilamida es que puede ser utilizado efectivamente en un amplio rango de procesos de tratamiento de aguas, tales como asentamiento, filtración, flotación con aire disuelto, entre otros.

Pese a que es un producto considerado como no tóxico, la alta cantidad de monómeros de acrilamida es cuestionada en el caso de contacto con el hombre, es por esta razón que para el tratamiento de las aguas residuales se la utiliza a un porcentaje máximo del 0,05%. En el caso de la empresa INDUASH, se realiza una preparación de poliacrilamida al 0,01%, satisfaciendo las necesidades de floculación debido a su alta cantidad de floccs (SIAMEX. 2013).

1.4.7. Reguladores de pH

Los reguladores de pH controlan el valor de pH en distintos medios y según el valor de medición se puede introducir soluciones ácidas o alcalinas con el fin de mantener los valores dentro de un límite, en el caso de las aguas residuales la estabilidad del pH influye directamente para un tratamiento ideal.

En el caso de las industrias alimenticias en el Ecuador generalmente se regula el pH con ácido clorhídrico (HCl), con el fin de bajar el rango de básico hasta ácido. El ácido clorhídrico es un líquido claro, transparente, corrosivo y corresponde a una disolución acuosa del gas Cloruro de Hidrógeno (Proquimsa. 2013)

Por otro lado se utiliza el hidróxido de sodio (NaOH) para incrementar el rango de pH desde básico hasta ácido. El hidróxido de sodio es un sólido blanco e

industrialmente se utiliza con una disolución al 50 % por su facilidad de manejo, en solución es un líquido viscoso, transparente, inodoro y libre de impurezas detectables a simple vista (Proquimsa. 2013). Es soluble en agua, sin embargo es un químico exotérmico, liberando calor. Absorbe humedad y dióxido de carbono del aire y es corrosivo de metales y tejidos (UNAM. 2013).

En la planta procesadora INDUASH. Cía. Ltda., se utiliza el hidróxido de sodio como regulador de pH en casos específicos y necesarios de regulación de pH, ya que generalmente y la mayoría de tratamientos se los realiza con la aplicación del PAC directamente, esto se debe al pH inicial prácticamente neutro del agua cruda y la amplia acción del PAC, es por esta razón que únicamente con descargas ácidas de agua se eleva el pH con NAOH hasta su estabilización y posterior tratamiento.

La influencia del pH en el tratamiento de agua residual de la planta INDUASH, juega un rol importante generando una reacción química, al unirse al aluminio proveniente del PAC y formar un precipitado gelatinoso, favoreciendo a la sedimentación de los coloides. La reacción química entre el NAOH Y el PAC es la siguiente; $\text{OH}^- + \text{Al}^{3+} \longrightarrow \uparrow \text{AL} (\text{OH})_3$ (precipitado gelatinoso). Los residuos desodio y de polímero quedan en forma libre, sin influir, ni formar parte de una reacción (Manahan. 2007, p. 76).

2. Situación actual

2.1. Descripción de la situación actual de la empresa

Los productos que se elaboran en la planta INDUASH son: Salchichas tipo Frankfurt, salchichas gordas, mayonesa, menestra, aderezo, ají, carne para hamburguesa, pollo adobado a la brasa, pollo cortado y adobado, filetes de pollo, lavado y pelado de papas. Esta producción genera un aproximado de 14m³ diarios de agua residual a ser dispuesta para un respectivo tratamiento con los siguientes porcentajes estimados de residuos principales en las descargas líquidas:

- Sangre: 15%
- Materia orgánica: 15%
- Aceites y grasas: 20%
- Almidón: 30%
- Tensoactivos: 10%
- Otros compuestos químicos: 10%

(INDUASH, 2012, p.4)

La presión por cumplir con normativas de efluentes industriales llevó a la empresa a instalar a inicios del año 2012 un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de manera apresurada y empírica, basado en un tratamiento primario en trampa de grasa con el fin de regular aceites, grasas y sólidos suspendidos, el mismo es controlado con microorganismos degradadores de grasa y aire forzado para mantener un medio aerobio que asegure la estabilidad de los microorganismos, posteriormente el agua ingresa a un proceso Físico-Químico para controlar Sólidos suspendidos y sólidos totales disueltos, finalmente pasa por un filtro de arena que retiene cualquier tipo de sólido que haya salido del STAR y de esta manera el efluente logra ser evacuado a la acometida principal.

La calibración y regulación tanto de dosificación de químicos como de tiempos de retención resulta inexacta para la compañía, debido a que existe una variación en la composición del agua de descarga, esta diferenciación se debe a la alternación en los esquemas y horarios de producción de carne, pollo, salchicha, ají, menestra, entre otros, cabe recalcar que el pelado y lavado de papa producen la mayor cantidad de contaminantes, debido al exceso de tierra fertilizada, almidones y cortezas que resultan de este proceso.

De acuerdo al código Clasificador Internacional Industrial Único (CIUU4.0) otorgado por la Superintendencia de Compañías del Ecuador. La empresa INDUASH Cía. Ltda., realiza sus monitoreos de acuerdo al código número C1010, correspondiente a la preparación y conservación de carnes y derivados (Ordenanza 404, 2013, p31), razón por lo cual los parámetros a ser monitoreados y controlados según la ordenanza 404 son:

Tabla 4. Ordenanza 404, resolución N°002, Guía de parámetros mínimos por sector productivo.

CIUU	DESCRIPCIÓN	Q m ³ /d	pH	T°C	AyG mg/l	DBO ₅ mg/l	DQO mg/l	SSed ml/l	SST mg/l	Órgano clorados	Órgano fosforados	Metales pesados	otros
C1010	Elaboración y conservación de carne	X	X	X	X	X	X	X	X				fenoles, cloruros, sulfatos

Tomado de Secretaría de Ambiente, 2013, p. 31.

Nota: Sin embargo con el sistema de tratamiento actual la empresa Induash Cía. Ltda., no logra cumplir con los límites máximos permisibles de descarga en cuanto a DBO5 y DQO.

2.2. Levantamiento de la información

La empresa INDUASH Cía. Ltda., implementó su STAR a inicios del año 2012 y fue dimensionada a partir de un caudal estimado de efluentes líquidos industriales de 14m³ al día (INDUASH, 2012, p.4). Este caudal se genera en el lavado de materia prima, procesamiento y elaboración de productos cárnicos y derivados, preparación de aderezos, salsas y derivados y del lavado de áreas de preparación y maquinaria.

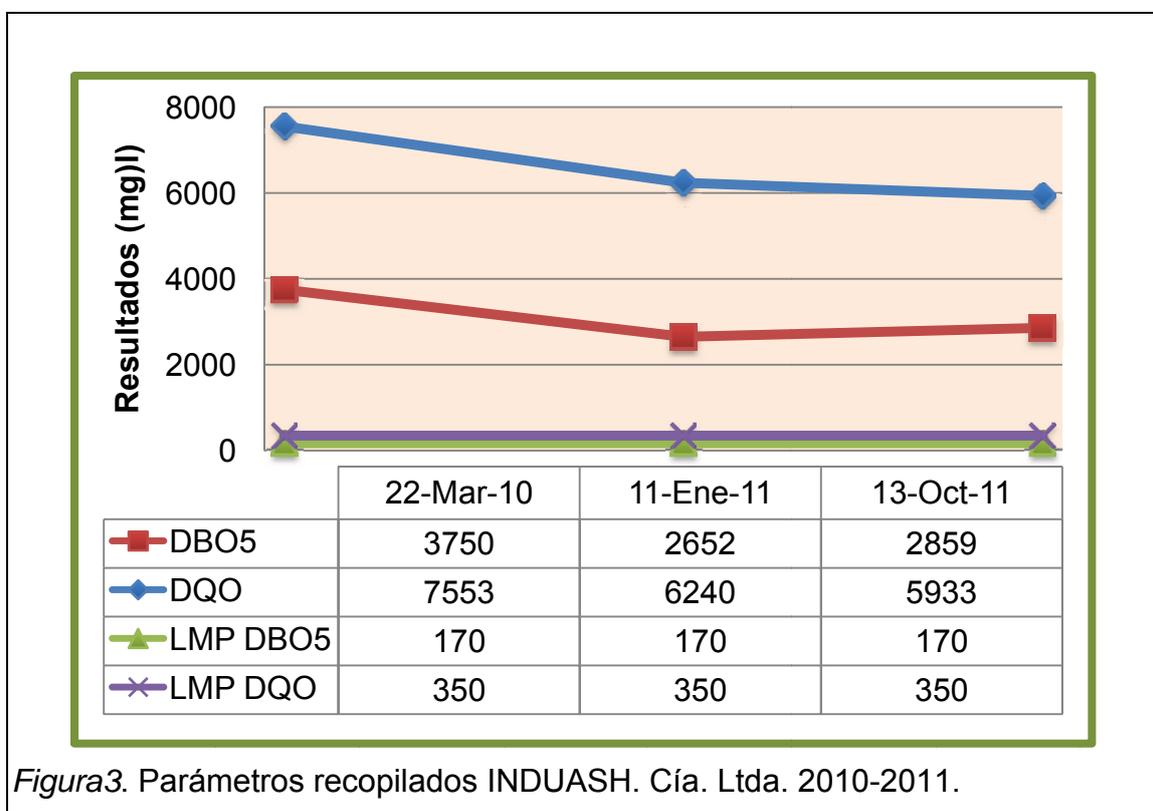
El sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta procesadora INDUASH Cía. Ltda., consta de 3 fases: Pre tratamiento a base de trampas de grasa y un tratamiento secundario basado en tratamiento físico químico por floculación-coagulación, la fase final es un filtro de arena que retiene cualquier partícula en suspensión que pueda salir del tratamiento físico-químico. Sin embargo los parámetros DBO5 Y DQO no logran ser regulados mensualmente para el cumplimiento de los límites de descarga exigidos por el DMQ.

Previo a la instalación del STAR, los resultados de los análisis de agua en los parámetros que han causado mayor problemática de cumplimiento eran los siguientes:

Tabla 5. Parámetros Induash. Cía. Ltda. 2010-2011.

PARÁMETRO	RESULTADO	FECHA
DBO5 (mg/l)	3750	22-Marzo-2010
DQO (mg/l)	7553	22-Marzo-2010
DBO5 (mg/l)	2652	11-Enero-2011
DQO (mg/l)	6240	11-Enero-2011
DBO5 (mg/l)	2859	13-October-2011
DQO (mg/l)	5933	13-October-2011

En la figura 3 se puede notar que los resultados del agua residual, previo a la instalación del STAR, se ubican por encima de los Límites Máximos Permisibles en DBO₅ como en DQO.



Posterior a la instalación del STAR, los resultados resumidos en cuanto a parámetros de incumplimiento de los análisis de agua han sido los siguientes:

Tabla 6. Parámetros Induash. Cía. Ltda. 2013

PARÁMETRO	RESULTADO	FECHA
DBO5	843	14-Mayo-2012
DQO	1112	14-Mayo-2012
DBO5	942	13-Agosto-2012
DQO	1800	13-Agosto-2012
DBO5	182	12-Noviembre-2012
DQO	340	12-Noviembre-2012

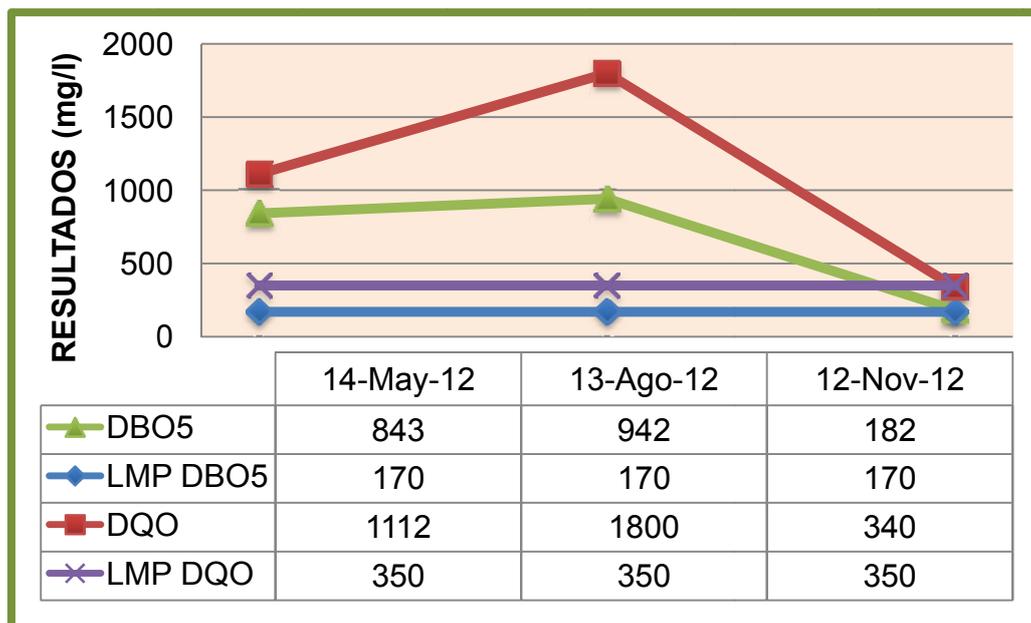


Figura 4. Parámetros recopilados INDUASH. Cía. Ltda. 2012

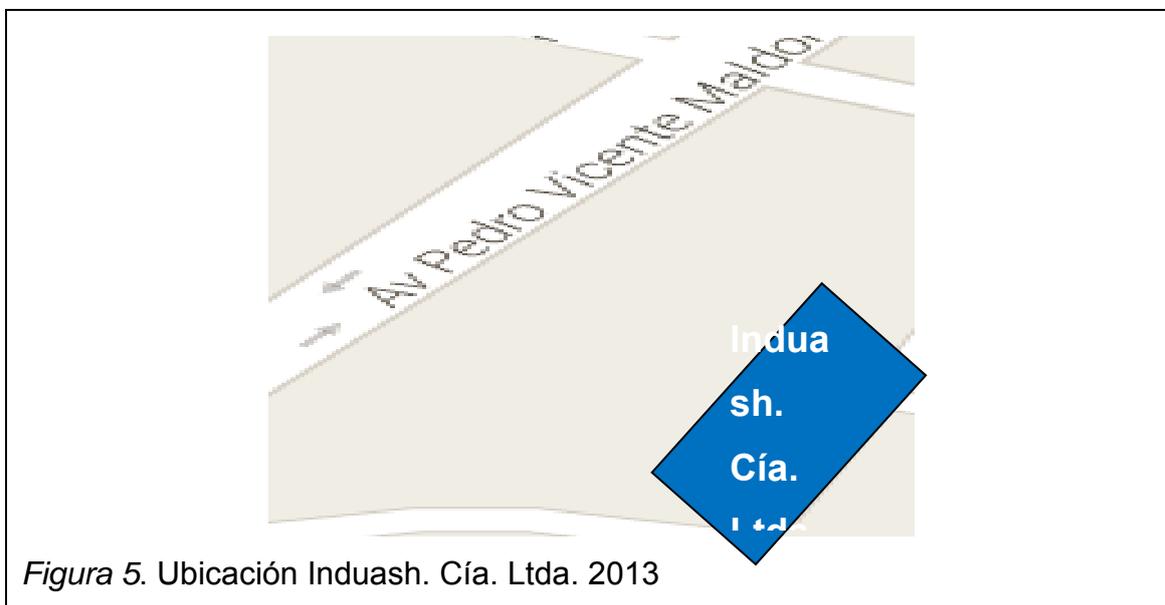
Nota: Se puede apreciar que los resultados no son lineales a pesar de que se realiza el mismo proceso de tratamiento de manera diaria en el actual STAR, existen resultados que sobrepasan el LMP en cuanto a DBO5 y DQO, sin embargo se presencia resultados con cumplimiento en los límites de descarga. La adecuación y calibración de métodos de tratamiento en la empresa INDUASH Cía. Ltda., se la puede lograr aprovechando la tecnología y maquinaria instalada, que consta de trampas de grasa, 4 tanques de 2.5 m³, bombas, agitadores y compresores de aire, bajo un estudio técnico que defina variables reales al sistema, acoplándose a las necesidades industriales.

3. Metodología

3.1. Georeferenciación y toma de muestras de agua cruda previa al ingreso del sistema actual de tratamiento

Coordenadas UTM/WGS84

- X775507,90
- Y9970612,47



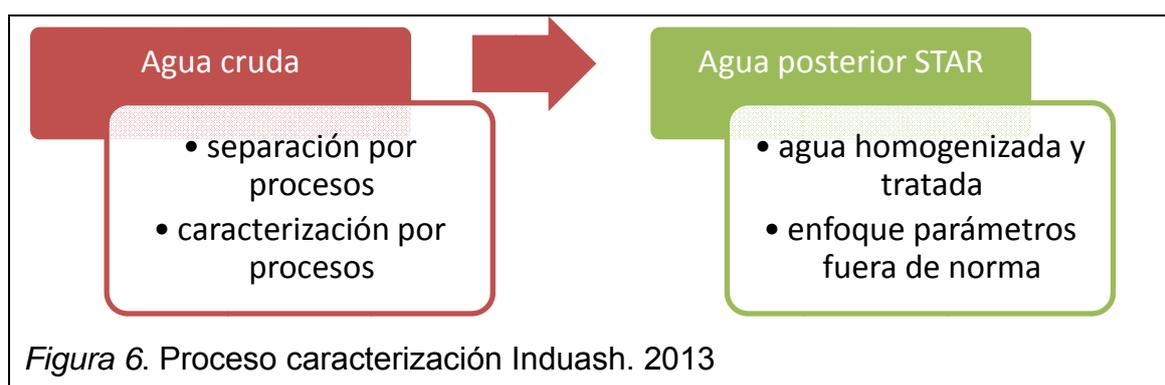
3.2. Caracterización físico-química de agua de descarga previa al sistema de tratamiento y posterior al sistema de tratamiento bajo métodos experimentales de estudio.

El muestreo se lo realizó mediante técnicas estadísticas de muestreo, muestras simples y compuestas en dos puntos diferenciados de la empresa INDUASH, esto se debe al tipo de agua residual de la industria, proveniente de derivados alimenticios.

Se realizaron 2 tipos de muestreo independiente, las aguas residuales previas al STAR y posterior al STAR.

Las muestras previas al STAR se las diferenció por procesos, tanto de producción como de lavado y pelado de papas y una muestra compuesta del proceso productivo con el lavado y pelado de papas. Posteriormente se realizaron muestreos completos de los parámetros de medición de descarga de efluentes exigidas por el DMQ, en base al CIU de la empresa

Mientras que las muestras posteriores al STAR, se enfocaron en los parámetros de descarga exigidas por el DMQ, con el fin de confirmar los parámetros de incumplimiento y poder enfocar las respectivas soluciones.



3.3. Determinación de las variables ideales de tratamiento.

3.3.1. Variables de investigación

- Variables dependientes:

La reducción del impacto ambiental que la empresa Induash puede lograr en caso de cumplir parámetros de descarga establecidos en el DMQ gracias a un STAR definido correctamente.

- reingeniería de la planta
 - cumplimiento normativa de descarga.
- Variables independientes.
- Conjunto de elementos tanto físicos como químicos que integralmente permiten la reducción de parámetros contaminantes del proceso industrial de Induash.

- Equipos para el tratamiento integral de las aguas residuales provenientes de las descargas líquidas de procesos productivos de la empresa Induash.
- Productos químicos empleados en el tratamiento de la planta.
- Tratamientos físico-químicos aplicados en el Planta de tratamiento.
-

3.3.2. Indicadores

Cumplimiento de parámetros de descarga

- Q m³/d
- pH
- T°C
- AyG
- DBO₅
- DQO
- SS_{sed}
- SST
- Tensoactivos
- Sulfuros
- Fenol

3.3.3. Unidad de análisis

El agua residual proviene de una industria mediana, dedicada al procesamiento y comercialización de productos cárnicos y embutidos para una cadena de comida rápida expandida por la ciudad de Quito-Ecuador.

3.3.4. Población de estudio

La población de este estudio está determinada por el tipo de investigación, lo cual hace referencia al Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la empresa INDUASH. Cía. Ltda.

3.3.5. Tipo de investigación

En la investigación se plantean adecuaciones al Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales ya existente de la empresa INDUASH. Cía. Ltda., para concluir con un sistema de tratamiento adecuado, el proyecto de investigación es de tipo experimental y aplicado y se toma en cuenta los siguientes aspectos.

- Cualitativo; Ya que se evalúa, identifica y mejora cada uno de los procesos de tratamiento
- Cuantitativo; Ya que se cuantifica cada proceso del sistema de tratamiento mediante la comparación entre el tratamiento previo vs el tratamiento mejorado, la comparación se realizó bajo la siguiente Teoría estadística de rendimiento.

Tratamiento (teórico) anterior - (real) nuevo / 100) * 100).

- Documental; Se registran documentos en cuanto a mediciones de parámetros de descarga, dosificación de productos para el tratamiento y métodos de tratamiento preestablecidos para el

funcionamiento del Sistema de Tratamiento de aguas residuales de la empresa INDUASH.

Las mediciones en cuanto a caudales, tiempos de llenado y dosificación de productos químicos se llevaron a cabo en las instalaciones de la empresa INDUASH.

Las mediciones de pH y pruebas de coagulación-floculación fueron in situ y también se realizaron en el Centro de Investigación y Análisis CIAL-UDLA, de la facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad De Las Américas (UDLA).

Mientras que las mediciones de los parámetros de incumplimiento de las descargas líquidas de la empresa INDUASH., fueron realizados por laboratorios acreditados por la OAE y también en el Centro de Investigación y Análisis CIAL-UDLA, de la facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad De Las Américas (UDLA).

3.3.6. Identificación de procesos

El agua residual de descarga de la empresa INDUASH. Cía. Ltda., proviene de varios procesos que utilizan el agua municipal para satisfacer cierta demanda en sus procesos productivos, tales como proceso productivo de embutidos, proceso productivo de cárnicos, proceso productivo de lavado y pelado de papas y por último el proceso de lavado de equipos y maquinarias.



Figura 7. Proceso agua residual Induash. 2013

Mientras que el Sistema de tratamiento de las aguas residuales también maneja sus procesos diferenciados antes de la descarga final, estos son:



Figura 8. Proceso STAR Induash. 2013.

3.3.7. Técnicas e instrumentos

Una vez detectado que en el STAR, el problema es la PTAR nuestra técnicas serán. Determinación de pH, prueba de Jarras (químicos, tiempos de agitación, tiempos de sedimentación), medición de parámetros de incumplimiento como DBO5 Y DQO. Las técnicas serán respaldadas con sus respectivos instrumentos de medición.

- **Determinación de pH**

Procedimiento

Para determinar el pH es necesario; calibrar el pHmetro digital según especificaciones del equipo. Lavar la agujeta con agua destilada. Introducir la agujeta en la cantidad suficiente de muestra, registrar el valor de pH medido una vez que se ha estabilizado la lectura en el equipo.

- **Turbidez**

Procedimiento

En este trabajo, se determinó la turbidez previo a la prueba de jarras y posterior a la prueba de jarras, para esto se utilizó un turbidímetro HI 88713 de marca Hanna Instruments, el cual tiene un rango de medición de 0,00 hasta 4.000 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) por sus siglas en inglés, para esto se debe llenar los vasos de medición hasta el límite establecido, encender el Turbidímetro, limpiar los vasos de medición, medir directamente en el Turbidímetro y registrar los valores previos y posteriores.

- **Prueba de jarras**

Procedimiento:

Se regula el pH con NaOH al 20%, en caso de ser necesario, posteriormente se añade una cantidad (x) de ml de coagulante Policloruro de Aluminio (PAC) al 20% con una pipeta graduada en una muestra de agua cruda, se procede a establecer en el flocumatic (maquina agitadora) un alto grado de mezclado por minuto (150rpm). Después de la adición del coagulante, el crecimiento de la partícula se debe a la neutralización de la carga. Entonces puede añadirse más coagulante o un floculante de peso molecular elevado al 1% de concentración.

La floculación debe llevarse a cabo con una velocidad baja de agitación – de 10 a 15rpm, se examina la muestra después de un intervalo de tiempo establecido. Después de 10 a 20 minutos de asentamiento se examinan los lodos y sobrenadante, de esta manera puede registrarse la naturaleza y el volumen del flóculo, así como el pH en el pHímetro digital y la turbidez en el turbidímetro.

- **DBO5**

Procedimiento:

Se remueve la cabeza del cuello de la botella Winkler, posteriormente se coloca un agitador magnético dentro de la misma, por otro lado en un matraz aforado se determina el volumen de la muestra, dependiendo de la calidad del agua cruda se utiliza un matraz de mayor o menor volumen, seguidamente se coloca el volumen aforado en la botella Winkler, adicional a esto se introduce 2 escamas de NaOH dentro del tapón de caucho de la botella, se cierra la botella con la cabeza de la misma, se encera la pantalla del cabezal y se coloca y enciende el equipo OXITOP. Una vez realizado esto se procede a colocar dentro de la incubadora a una temperatura de 20°C. Una vez que la incubadora haya alcanzado su temperatura, el equipo automáticamente iniciará la medición del consumo de O₂, mostrando en la pantalla del cabezal los resultados guardados diariamente.

- **DQO**

Procedimiento:

Medir el pH de la muestra de agua, posteriormente abrir el tubo del test Kit Nanocolor N° (0-29), mantenerlo inclinado, cubrir lentamente el contenido con 0,2 ml (200 ul) de solución de muestra con la ayuda de una pipeta de 10ml.

Enroscar fuertemente el tapón del tubo de test, sujetar el tubo por el tapón de rosca, colocarlo en el recipiente de seguridad, agitarlo y colocarlo en el calefactor. Al cabo de 30 min sacar el tubo de test del bloque calefactor, agitarlo otra vez transcurridos unos 10 min (todavía caliente) y dejarlo enfriar a temperatura ambiente. Limpiar el tubo de test por el exterior y medir en el espectrofotómetro

Rango: 1,0-15,0 g/l o a su vez 1000-15000 mg/l

Nota: Cabe recalcar que estos análisis fueron realizados en el laboratorio CIAL-UDLA pero también se hicieron análisis de parámetros de incumplimiento y de parámetros totales correspondientes al agua residual de descarga de la empresa INDUASH, en laboratorios acreditados por la OAE de manera independiente.

3.3.8. Cálculos de tratamiento

- **Caudal:**

El caudal de la empresa Induash. Cía. Ltda., es fluctuante de acuerdo a la cantidad de producción y a los horarios de la misma. Sin embargo el volumen y tiempo tomado en cuenta se lo realizó de acuerdo a los equipos instalados para el tratamiento del agua residual.

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

(Ecuación 1) determinación de caudal

- **Bombeo:**

Debido a los inconvenientes de caudal fluctuante, el bombeo hacia los tanques de tratamiento se lo tomó en cuenta mediante balance de masa, es decir calculando la media de caudal máximo obtenido en el tiempo de medición y comparándolo para el volumen total en los tanques de tratamiento, de otra manera queda expresado como:

$$B = \frac{Q}{\bar{V}} \quad (\text{Ecuación 2) determinación de bombeo}$$

- **Muestreo:**

$$[\text{Volumen necesario}] = \frac{\text{volumen total muestra compuesta}}{\text{caudal promedio} \cdot \text{numero de muestras}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Determinación de muestra

Para determinar la cantidad requerida de cada muestra simple horaria y preparar una muestra compuesta de 3 L de un agua residual con flujo variable en 8 horas, se realizó la siguiente tabla de acuerdo a la (ecuación 3) para calcular los volúmenes individuales de cada muestra según el caudal correspondiente.

Tabla 7. Determinación de muestreo Induash. 2013.

Hora	Caudal (L/s)	ml de muestra necesarios para 3l de muestra compuesta
0	0,13	286,76
1	0,18	397,06
2	0,16	352,94
3	0,15	330,88
4	0,13	286,76
5	0,15	330,88
6	0,16	352,94
7	0,20	441,18
8	0,17	375
Total	1,43	3.154,40
promedio	0,17	-

- **REACTOR DE FLUJO CONTINUO Y MEZCLA COMPLETA**

El reactor de flujo continuo y mezcla completa está constituido por un tanque cilíndrico o cuadrado de preferencia; las partículas de fluido del afluente se dispersan de inmediato dentro del tanque por medio de mezcla mecánica, permitiendo homogenizar el contenido dentro del reactor.

Este es un reactor ideal, en el cual el afluente es mezclado de manera continua, instantánea y completa con el contenido del reactor, las partículas del afluente se dispersan inmediatamente al entrar al reactor, o sea, la dispersión es infinita. El tanque tendrá un contenido homogéneo, una composición uniforme en su volumen, y por tanto, la concentración del efluente es idéntica a la del “licor” mezclado dentro del reactor (Pazmiño. 2012, p 4-7)

Para un reactor de flujo continuo y mezcla completa la fórmula ideal de cálculo de tratamiento para el balance de masa es la siguiente:

Acumulación = afluente – efluente – desaparición.

$$\left[\begin{array}{l} \text{Tasa de Cambio} \\ \text{de DBO dentro del} \\ \text{Reactor} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Tasa de flujo} \\ \text{de DBO al} \\ \text{reactor} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Tasa de flujo} \\ \text{de DBO del} \\ \text{reactor} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Tasa de desaparición} \\ \text{de DBO dentro del} \\ \text{reactor} \end{array} \right]$$

$$V \frac{dc}{dt} = QCo - QCe - Vr \quad (\text{Ecuación 4) tasa de cambio DBO}$$

Y para condiciones de estado permanente con concentración del efluente constante se define:

$$QCo - QCe - VKCe = 0 \quad (\text{Ecuación 5) tasa de cambio efluente constante}$$

Afluente – efluente – remoción = 0

Donde:

- V = Volumen del reactor (m^3)
- C_e = DBO del efluente (g/m^3)
- t = tiempo de reacción (d)
- Q = Caudal (m^3/d)
- C_o = DBO del afluente (g/m^3)
- K = Constante de reacción de DBO de primer orden (d^{-1})

(Pazmiño. 2012, p 4-7)

• Tiempo de retención Hidráulico

El tiempo de retención hidráulico se lo define como el tiempo de permanencia del medio a tratar dentro de un volumen determinado según el caudal establecido. Además el tiempo de retención hidráulico puede establecerse según la eficiencia de remoción requerida, para estos 2 casos tenemos:

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad \text{(Ecuación 6) tiempo de retención hidráulico}$$

$$\theta = \frac{E}{K(1-E)} \quad \text{(Ecuación 7) tiempo de retención hidráulico}$$

Donde:

- θ = Tiempo de retención hidráulica (día)
- V = volumen reactor (m^3)
- Q = Caudal (m^3/d)
- E = eficiencia de remoción a determinar
- K = Constante de reacción de DBO de primer orden (d^{-1})

(Pazmiño. 2012, p 4-7)

• Velocidad de sedimentación

En tanques de sedimentación la velocidad de sedimentación consiste en elegir una partícula con velocidad terminal de sedimentación v_c y diseñar el tanque para garantizar la renovación de todas las partículas con velocidad terminal de sedimentación mayor o igual a v_c . El caudal de agua clarificada es igual a:

$$Q = A v_c \quad \text{(Ecuación 8) velocidad sedimentación}$$

Reordenando la ecuación tenemos

$$v_c = \frac{Q}{A} = \text{Carga superficial Unidades} = \left[\frac{\text{gal}}{\text{pie}^2} * d \text{ ó } \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} * d \right]$$

(Ecuación 9) velocidad de sedimentación

Dónde:

- A = área superficial del sedimentador
- Vc = velocidad terminal de sedimentación
- Q = caudal agua clarificada.

Cuando se realiza la sedimentación bajo condiciones de flujo continuo, la longitud del tanque y el tiempo que permanece el agua en la unidad (tiempo de retención), debe ser tal que permita a todas las partículas con velocidad de sedimentación v_c , igual a la velocidad de diseño, alcanzar el fondo del tanque, entonces tenemos que:

$$v_c = \frac{\text{profundidad}}{\text{tiempo de retención}} \quad \text{(Ecuación 10) velocidad de sedimentación}$$

(Pazmiño. 2012, p 5-6)

- **Prueba de jarras**

- **Dosificación**

Para las pruebas de jarras se realizó dosificaciones variables de coagulante y floculante con la intención de desestabilizar los contaminantes disueltos mediante distintas dosis de coagulante y posteriormente formar aglomerados que precipiten, de tal forma que se encuentre un punto de equilibrio en ambos procesos, tomando en cuenta rangos de pH entre 6-7 para las distintas dosificaciones.

Ejemplo:

Tabla 8. Ejemplo dosificación.

pH inicial	N° Jarra	Agua Cruda aplicada	Dilución coagulante	Dosis coagulante aplicado	Mezcla	Dilución floculante	Dosis coagulante	Total mezcla
6,3	1	500 ml	20g/1l H2O	10 ml	M1=510ml	1g/1l H2O	3ml	M1=513ml
6,3	2	500 ml	20g/1l H2O	20 ml	M2=520ml	1g/1l H2O	3ml	M2=523ml
6,3	3	500 ml	20g/1l H2O	30 ml	M3=530ml	1g/1l H2O	3ml	M3=533ml
6,3	4	500 ml	20g/1l H2O	40 ml	M4=540ml	1g/1l H2O	3ml	M4=543ml

- **Tiempos de agitación**

Una vez realizadas las dosificaciones, se regulan los tiempos de agitación con el fin de juntar de manera paulatina los flocs formados previamente, estos tiempos se los realizaron de la siguiente manera:

Ejemplo

Tabla 9. Ejemplo tiempos de agitación.

Muestras Mezcla	RPM	Tiempo	RPM	Tiempo
M1	150 rpm	3 min	25 rpm	12 min
M2	150 rpm	3 min	25 rpm	12 min
M3	150 rpm	3 min	25 rpm	12 min
M4	150 rpm	3 min	25 rpm	12 min

- **Tiempos de sedimentación**

Posterior a los tiempos de agitación, se procede a establecer un tiempo de sedimentación necesario para que los flóculos formados se precipiten totalmente.

Ejemplo

Tabla 10. Ejemplo tiempos de sedimentación

Muestras Mezcla	Tiempo	Cantidad lodo
M1	3 min	20g
M2	10 min	25g
M3	15 min	25g
M4	20 min	26g

- **Diseño experimental**

El diseño experimental es una metodología que sirve para establecer técnicas estadísticas y de ingeniería, con la finalidad de relacionar las causas y los efectos de un estudio en particular.

En este proyecto de investigación, se evaluó la cantidad de agua a tratar diariamente, así como el tiempo de llenado de los tanques, tiempo de tratamiento y tiempo de descarga, posterior a esto se realizaron pruebas para determinar la cantidad de químicos adecuada para llevar a cabo el tratamiento de coagulación – floculación.

Después de establecer los productos químicos que se utilizarían en el tratamiento, y debido a los análisis independientes entre ellos, los resultados fueron evaluados con un diseño factorial 2^3 , con el fin de analizar las dosificaciones ideales de los productos químicos según el pH del agua a tratar y verificando el tratamiento según la respuesta de los análisis midiendo la turbidez y los tiempos de sedimentación. Este diseño factorial realiza las posibles combinaciones con 2 niveles de los tres factores, los niveles son alto y bajo para cada factor, quedando expresado de la siguiente manera.

Tabla 11. Variables de tratamiento.

Variables	Nivel menor (-)	Nivel mayor (+)
A	6	7
B	10	12
C	3	6

Tomando en cuenta que:

- A = pH
- B = dosis coagulante 20%
- C = dosis floculante 0,1%

Es de esta manera como las interacciones entre las variables y los factores se llegan a realizar de una manera $2^3 = 2*2*2 = 8$ combinaciones distintas, realizando una réplica con el fin de aumentar la certeza del tratamiento.

Cabe recalcar que pese a la neutralidad del pH con sus valores de análisis, es decir 6 y 7, los mismos influyen en las dosis de químicos de tratamiento, es por

esta razón que en el trabajo de estudio se los clasifica independientemente como nivel mayor y menor respectivamente.

3.4. Calibración al sistema actual de tratamiento

El sistema inicial de tratamiento de las aguas residuales de la empresa INDUASH. Cía. Ltda., puede apreciarse en la figura 9, se operó por primera vez con agua procedente de nueve cajetines que cumplen la función de trampas de grasa y cajetines de sedimentación, posterior a esto el agua ingresaba a 2 tanques de 2500lts cada uno, los mismos cumplían la función de tanques de floculación y coagulación de manera independiente, el bombeo hacia los tanques llegaba por parte de una bomba de 1 HP que no satisfacía el caudal en horas pico de la planta.

Por otro lado la dosificación se la realizaba mediante un sistema tipo Venturi que no funcionaba con regularidad debido a problemas de encebado de la bomba o liberación de presión, además que este sistema ayudaba con la agitación ya que se creaba turbulencia en la propia tubería por los laberintos de instalación en la misma.

Para el llenado de los tanques se necesitaba de un operario que esté pendiente de cerrar las válvulas de entrada para evitar derrames, el mismo operador se encargaba de la verificación del tratamiento y la posterior apertura de las válvulas de descarga, el lodo residual no se descargaba de manera eficiente debido a su falta de pendiente e incorrecta instalación, entonces se necesitaba de un gestor que drene estos residuos o a su vez lavar los tanques bajo presión.

Todos estos procesos resultaban variantes e imprevistos tanto para los equipos instalados como para el operador y a su vez la traducción de los inconvenientes se transformaban en asuntos de pérdida de tiempo y dinero.

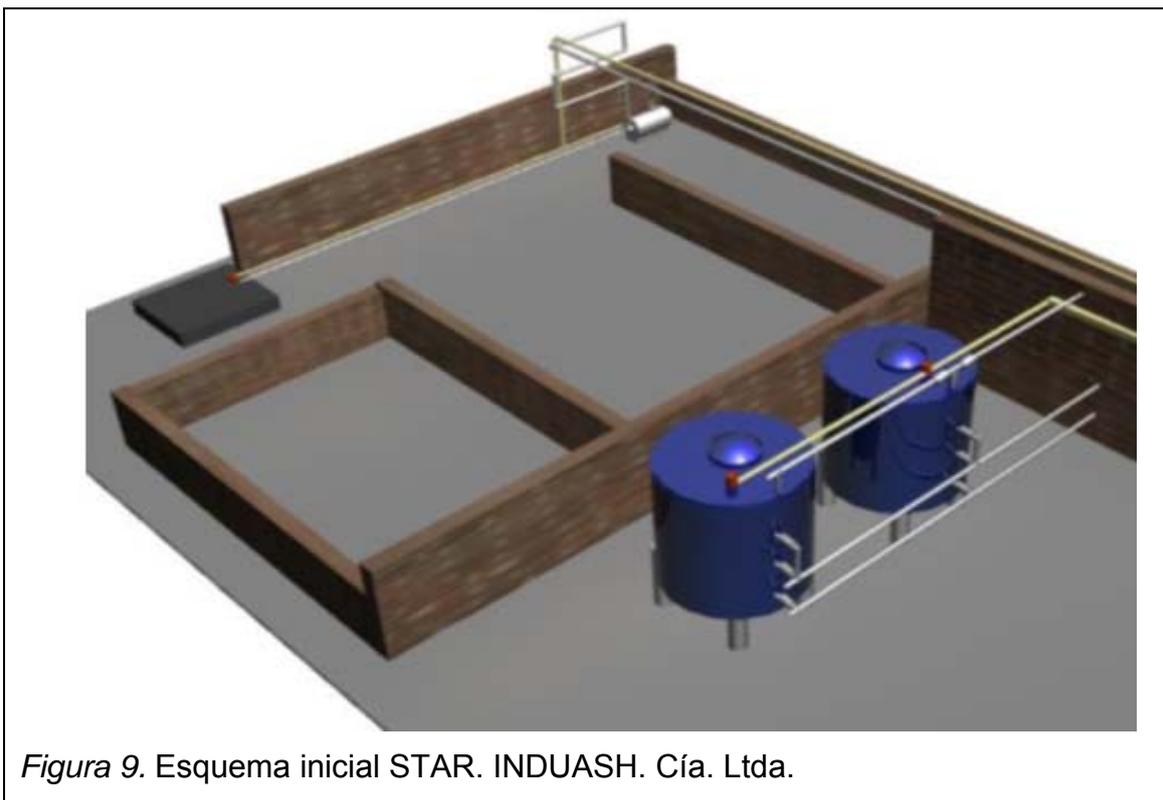


Figura 9. Esquema inicial STAR. INDUASH. Cía. Ltda.

Para la calibración del sistema de tratamiento se tomaron en cuenta aspectos importantes de automatización y adaptación o inclusión de nuevos equipos, con el fin de ahorrar tiempo al operador y también para reducir riesgos potenciales en cuanto a derrames de agua residual, teniendo en cuenta que en una industria alimenticia estos aspectos son muy importantes para evitar contaminación cruzada. Para lograr esta calibración del STAR se realizaron los siguientes cambios:

- Mejoramiento de trampas de grasa y cajetines de sedimentación

En las horas pico de producción el caudal incrementaba de manera significativa, desbordando agua cruda de las trampas de grasa, poniendo en riesgo de contaminación cruzada con las áreas de producción, esto se debía al volumen inicial reducido de cada cajetín de la trampa de grasa y a la dimensión pequeña de pulgadas de la tubería de conexión entre cajetín, denominados cuellos de ganzo. Se procedió a realizar un agrandamiento de los cajetines en general. Los cajetines modificados fueron adaptados para operar un volumen de 500 litros cada cajetín en 9 cajetines, manejando un volumen de 4,500 litros

de agua cruda dispuestos en trampas de grasa y cajetines de sedimentación listos para ingresar al proceso de tratamiento.

- Bombeo

La necesidad de bombear un fluido surge de la necesidad de transportar este de un lugar a otro a través de canales o tuberías mediante la transferencia de energía, los métodos más comunes para realizar esta operación son la aplicación de la gravedad y la fuerza centrífuga.

Las bombas y maquinarias de bombeo en los sistemas de tratamiento de aguas residuales sirven para los siguientes propósitos:

Elevar las aguas de desecho a las plantas de tratamiento y a través de ellas, drenando los tanques componentes de sedimentación y otras utilidades de tratamiento, evacuar lodos de las aguas residuales y transportarlos, dentro de las plantas a las unidades donde son tratados, abastecer de agua a las unidades de tratamiento, descargar las aguas residuales y sus lodos a través de las bocas de salida y bombear productos químicos a las unidades de tratamiento.

Bombas Centrífugas: es el tipo de bomba más utilizado para transferir líquidos de todos los tipos, así como también para los servicios generales de abastecimiento de agua.

Las unidades de bombeo se seleccionan de acuerdo a las cargas del sistema y con las características de la bomba. Estas bombas están disponibles en una gran variedad de tamaños, capacidades y para cargas de descarga. Una bomba centrífuga, en su forma más simple, consiste en un impulsor que gira dentro de una carcasa. El impulsor consta de cierta cantidad de hojas, ya sea abiertas o resguardadas, montadas sobre un eje que se proyecta al exterior de una carcasa. Los impulsores pueden tener ejes de rotación horizontal o vertical, para adaptarse al trabajo que se vaya a realizar (Perry.1996.Sección 6-6 – 6-8)

En la empresa INDUASH Cía., Ltda., se instaló una bomba centrífuga de 2 HP para llenar los tanques de tratamiento, esta bomba reemplazó a una bomba de 1 HP que en las horas pico de producción incumplía con sus funciones, este reemplazo evita los derrames de agua residual proveniente de las trampas de grasa y cumple el proceso de bombeo que la capacidad de la trampa de grasa y cajetines de sedimentación almacena. Así mismo se instaló una bomba de 2 HP acoplada a un filtro que bombea el agua de descarga para mejorar los tiempos de descarga.

- Microorganismos degradadores

La dosificación de microorganismos comerciales en trampas de grasa fue realizada de manera continua, la dosificación fue establecida por el proveedor y fijada en un valor de 200g al día por 5 días a la semana, los mismos son esparcidos entre los cajetines intermedios, cumpliendo la función de enmascarar los malos olores generados en esta sección, a su vez los microorganismos ayudan a generar grasas más compactas, facilitando la gestión de grasas y lodos, la dosis continua de microorganismos fue considerada también para lograr una reducción considerada en DBO (10%) y DQO (6%).

- Aireación en cajetines de sedimentación

La instalación de un compresor de aire y tuberías perforadas en los cajetines de sedimentación permitía oxigenar el agua residual y ayudaba en la estabilidad de los microorganismos degradadores de materia orgánica aplicados en las trampas de grasa. Esta calibración fue mejorada reemplazando un compresor de aire de 2 HP por un compresor industrial. De igual manera se realizaron acoples en el tanque N°3 para aireación, el mismo servía como tanque bioreactor, previo al tanque de reposo y descarga final.

- Dosificación

La constante problemática de encebado de bomba en el sistema Venturi debido a fugas o ingreso de aire al proceso, llevó a optar por la dosificación manual y directa, controlada por un operador desde una válvula tipo bola, regulada para succionar la cantidad necesaria de químicos aprovechando la fuerza de bombeo de agua hacia el tanque homogenizador.

- Llenado de tanques

Para controlar el agua que ingresaba a los tanques se instaló un radar conectado al tanque hidroneumático y la bomba de llenado, así mismo en cada tanque se instaló una válvula check con flotador, lo cual generaba la presión necesaria al momento de llenado de cualquier tanque para apagar la bomba o a su vez cuando faltaba presión la bomba se encendía automáticamente para el llenado de los respectivos tanques, el agua residual de ingreso a cada tanque es controlado manualmente mediante válvulas de bola.

- Agitación

La agitación tipo turbulenta conectada al sistema Venturi mediante un serpentín no fue reemplazada y continúa su proceso de mezclado del agua cruda previo al ingreso del tanque homogenizador, este sistema fue previamente utilizado para realizar la mezcla de los químicos al momento de la succión de los mismos por el sistema Venturi, las conexiones permanecen y aún sirve como un sistema de mezclado cuando se dosifica el producto, sin embargo se instaló un motoreductor regulable con el fin de homogenizar y de realizar mezclas instantáneas así como un mezclado lento que permite la compactación de lodos al momento del tratamiento. El tiempo de agitación fue calculado según pruebas de jarras in situ y en laboratorio. Esta calibración permitió mejorar el tiempo de tratamiento y de sedimentación. Así mismo la agitación fue instalada con el fin de homogenizar el agua cruda previa al tratamiento.

- Descarga

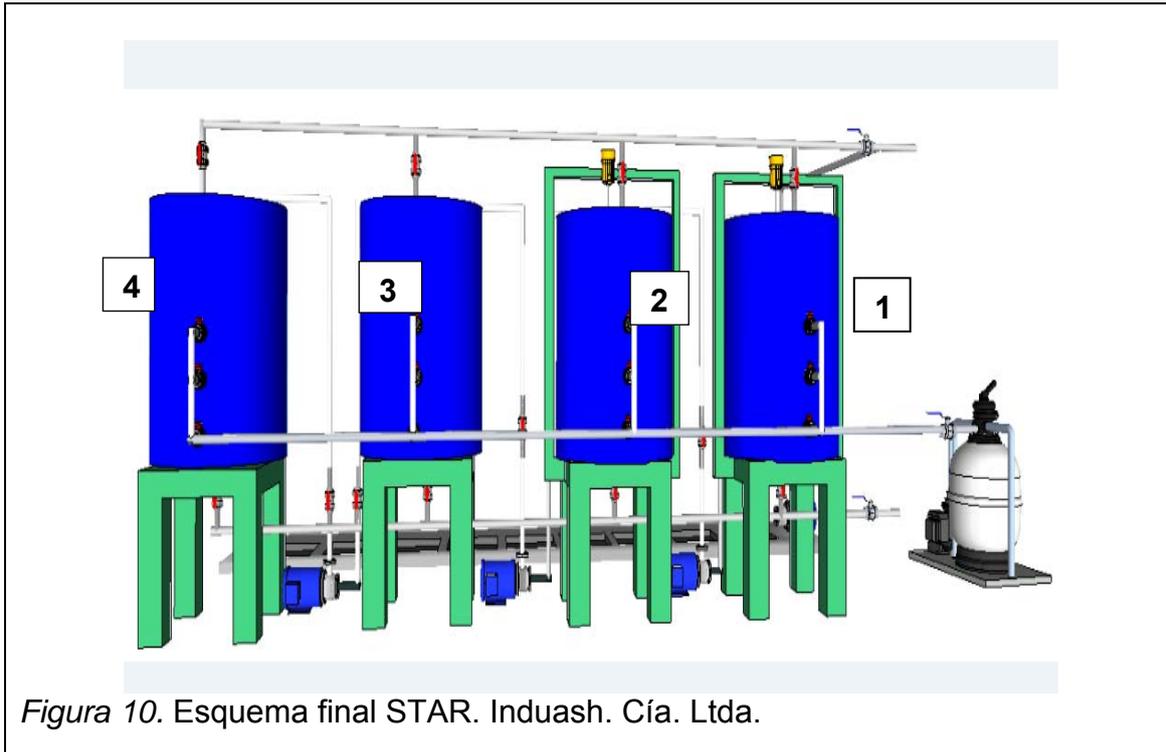
La descarga del agua tratada fue mejorada con la instalación de un filtro con bomba de 2 HP, esto aumento el tiempo de descarga lo cual permitirá realizar una mayor cantidad de tratamientos al día en caso de necesitarlo.

Tabla 12. Tabla de diferenciación STAR INDUASH.

STAR anterior							
Bomba	Control bomba	Dosificación	Control llenado	Tiempo llenado tanque1	Agitación	Control Descarga	Tiempo descarga
1 HP	Manual	Tipo Venturi	Manual(válvulas)	1 hora 30 min	Turbulencia forzada	Manual (válvulas)	2 horas 15 min
STAR Calibrado							
Bomba	Control bomba	Dosificación	Control llenado	Tiempo llenado tanque1	Agitación	Control Descarga	Tiempo descarga
2 HP	sensores, tanque hidroneumático	Manual	Automático, radar, flotadores	27,86 min	Agitador en tanque	Manual (válvulas)	40 min

Notoriamente los cambios realizados disminuyeron los tiempos de operación y tratamiento, lo cual mejora los procesos independientes que componen el STAR, así mismo asegura la integridad en la planta industrial, lo cual disminuye los riesgos de contaminación cruzada dentro de la misma.

Se puede apreciar un esquema integral, con los acoples o cambios mencionados para el STAR de INDUASH, en la figura 10. Los detalles del STAR se profundizan en el anexo 3 de este trabajo.



3.5. Optimización del sistema de tratamiento

Mediante la mejora en las instalaciones del STAR, los equipos y maquinaria implementados o acoplados para el tratamiento de las aguas residuales de la empresa INDUASH. Cía. Ltda., así como por las variables analizadas en el diseño experimental, se logró optimizar el STAR con la implementación de los mejores resultados en cada variable. Las variables corregidas fueron:

- Trampas de grasa

La calibración en la ampliación de las trampas de grasa permitió mejorar la sedimentación de las partículas, se logró un caudal controlado dentro de este proceso dejando atrás el caudal turbulento y variante de cada cajetín. Junto con las mejoras técnicas, se identificaron los cajetines de sedimentación mediante numeración, se colocó pasamanos al lado de dichos cajetines ya que se encuentran ubicados en un paso obligatorio y las tapas de los cajetines permanecen abiertas para evitar malos olores, los mismos que son controlados con microorganismos comerciales. Las trampas de grasa son evacuadas cada quince días mediante un gestor calificado, la evacuación permanente de

sedimento optimiza el funcionamiento del proceso de cada cajetín, evitando exceso de material precipitado o de taponamiento en tuberías de conexión.

- Diferenciación de agua residual

Una vez realizado el mejoramiento en las trampas de grasa, se identificó una tubería proveniente de la misma planta pero con aguas negras y que se unía al agua residual industrial, la identificación se la logró bajo el método de coloración en las tuberías de descarga. La separación en las tuberías de descarga permitió diferenciar las aguas industriales con las aguas domésticas, esto redujo los niveles de materia orgánica en el agua a tratar, facilitando los procesos de tratamiento.

- Homogenización

En un tanque homogenizador (tanque N°1, Figura 10), se podía realizar el tratamiento de una misma agua cruda, así provenga a distintas horas y con distintas cargas en este tanque se homogeniza la misma calidad de agua a tratar, para el tanque homogenizador se toma en cuenta un mismo pH que va en un rango de 6 - 8. Puesto que estos valores son los que caracterizan al agua cruda de la planta industrial. El pH se controla con papeles medidores de pH pero se podría posteriormente controlar con un pHmetro digital, en caso de estar menor a 5 se procede a subirlo con Hidróxido de sodio realizando pruebas de jarras in situ y dosificando de manera manual. La mezcla del agua para realizar la homogenización es de manera automática por medio de un motoreductor encargado de agitar mecánicamente el agua a tratar.

- Clarificación y sedimentación

El tanque N°2 (Figura 10) se lo utiliza para realizar la dosificación de los productos químicos coagulantes y floculantes. El producto químico coagulante siempre utilizado ha sido el PAC o Policloruro de Aluminio debido a su accesible costo y por su eficiencia al momento del tratamiento, posteriormente se aplica el producto floculante poliacrilamida debido a su eficiencia y costo económico. En este tanque la agitación se la realiza mediante un motoreductor

a 150 RPM al momento de la aplicación del coagulante por un tiempo de 3 min y posteriormente a 25RPM por 10 min al momento de aplicar el producto químico floculante, la agitación se la realiza independientemente al momento de aplicar el coagulante y otra vez al momento de aplicar el floculante. Una vez realizada las respectivas dosificaciones químicas en este tanque se deja sedimentar el lodo generado, de acuerdo al tiempo establecido como respuesta a las variables de estudio y se lo transfiere a un bioreactor.

- Bioreactor

El tanque N°3 (Figura 10), se lo utiliza como un bioreactor, aquí se aplica oxigenación de manera continua, con el fin de oxigenar el agua clarificada. Además se dosifica un porcentaje de microorganismos digestores con el fin de reducir material orgánico que haya llegado hasta este proceso y para evitar la descomposición del mismo alterando los parámetros de descarga.

- Reposo y desinfección.

Finalmente el tanque N°4 (figura 10), se lo utiliza como un tanque de reposo y el agua tratada es desinfectada mediante la aplicación de cloro granulado, el mismo es espolvoreado de manera manual.

- Descarga del efluente tratado

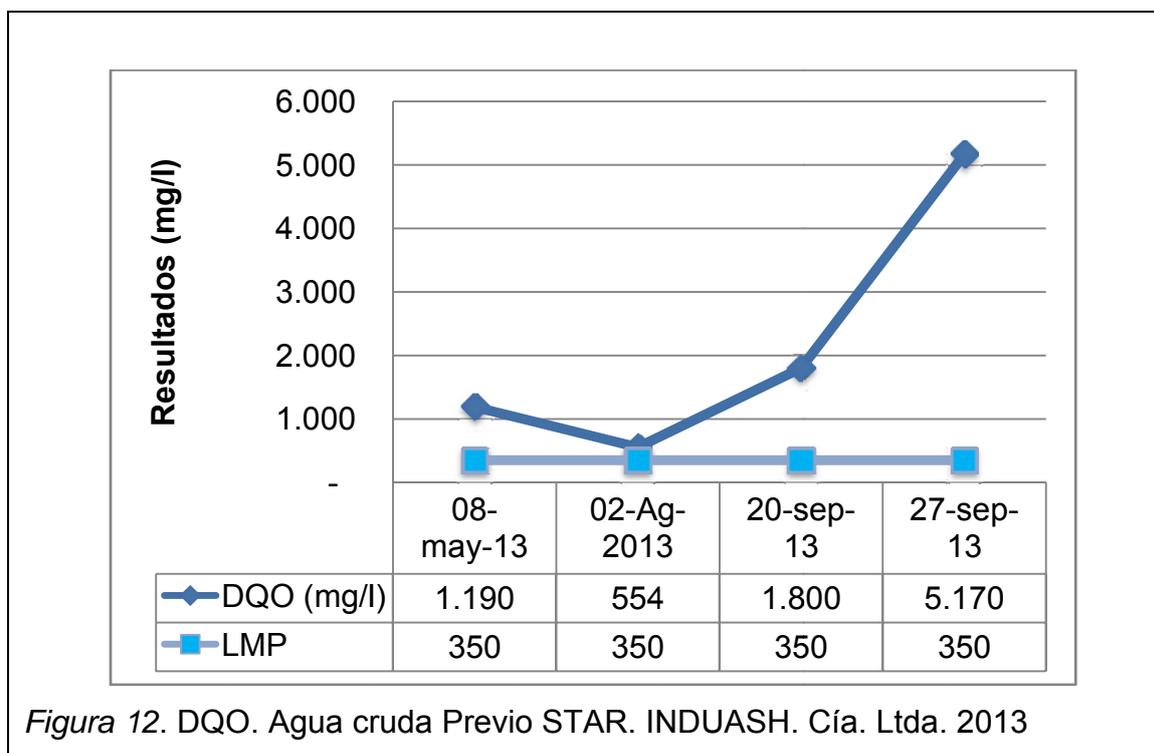
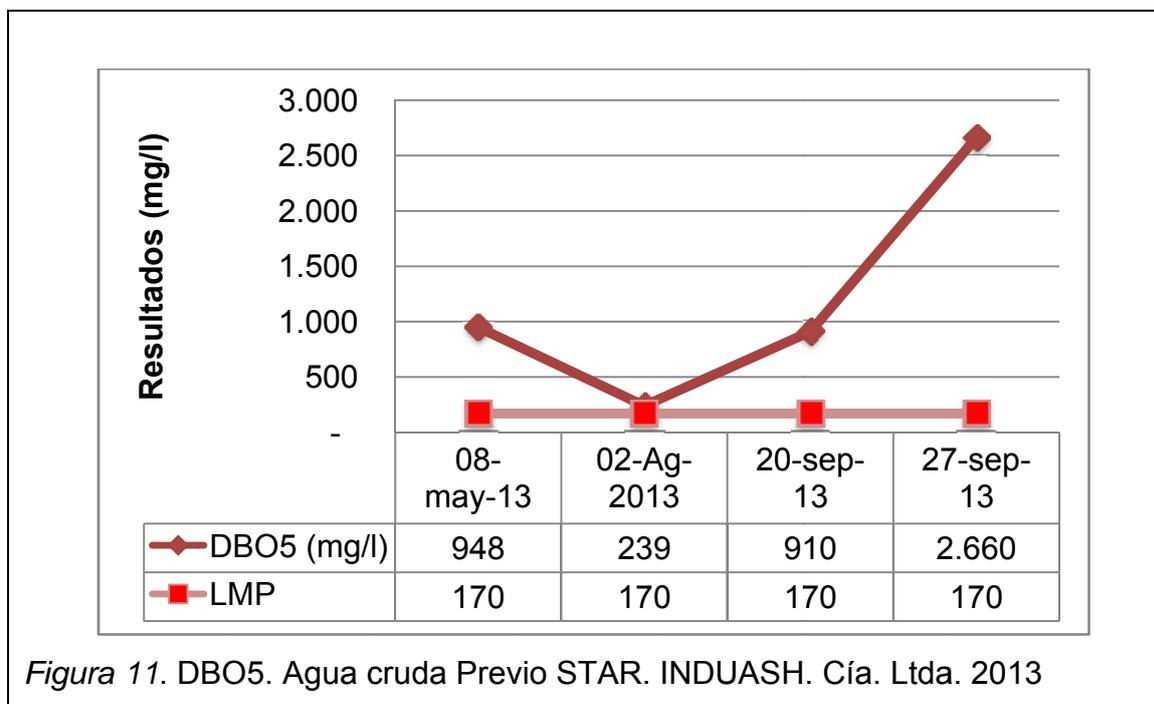
Con el filtro instalado para el agua de descarga se retiene cualquier partícula o sólido en suspensión que haya superado cualquier tanque, de igual manera se mejora la turbidez del agua y se retiene cualquier olor final del efluente, debido a la finalidad del filtro se realiza un retro lavado semanal para poder tener el material filtrante en óptimas condiciones de lavado, el proveedor del filtro es quien indica el momento oportuno de cambiar el material filtrante, de esta manera se asegura la calidad del agua de descarga.

Una vez calibrado y optimizado cada proceso del STAR se elaboró un manual de funcionamiento con la finalidad de verificar cualquier duda o acceder a los códigos establecidos en cada insumo o equipo del STAR. Ver anexo 1.

4. Resultados

4.1. Resultados de agua residual cruda y tratada.

4.1.1. Muestras de agua residual cruda previa al STAR. Induash. Cía. Ltda.



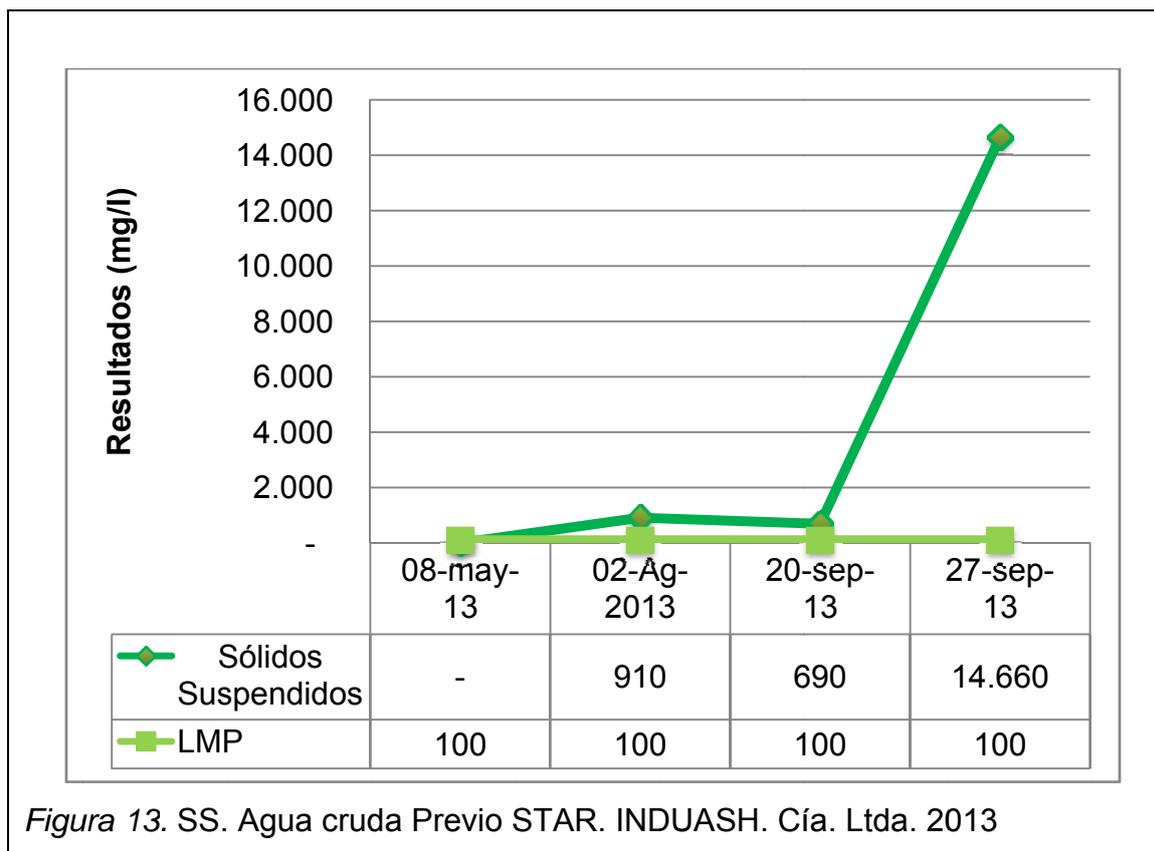
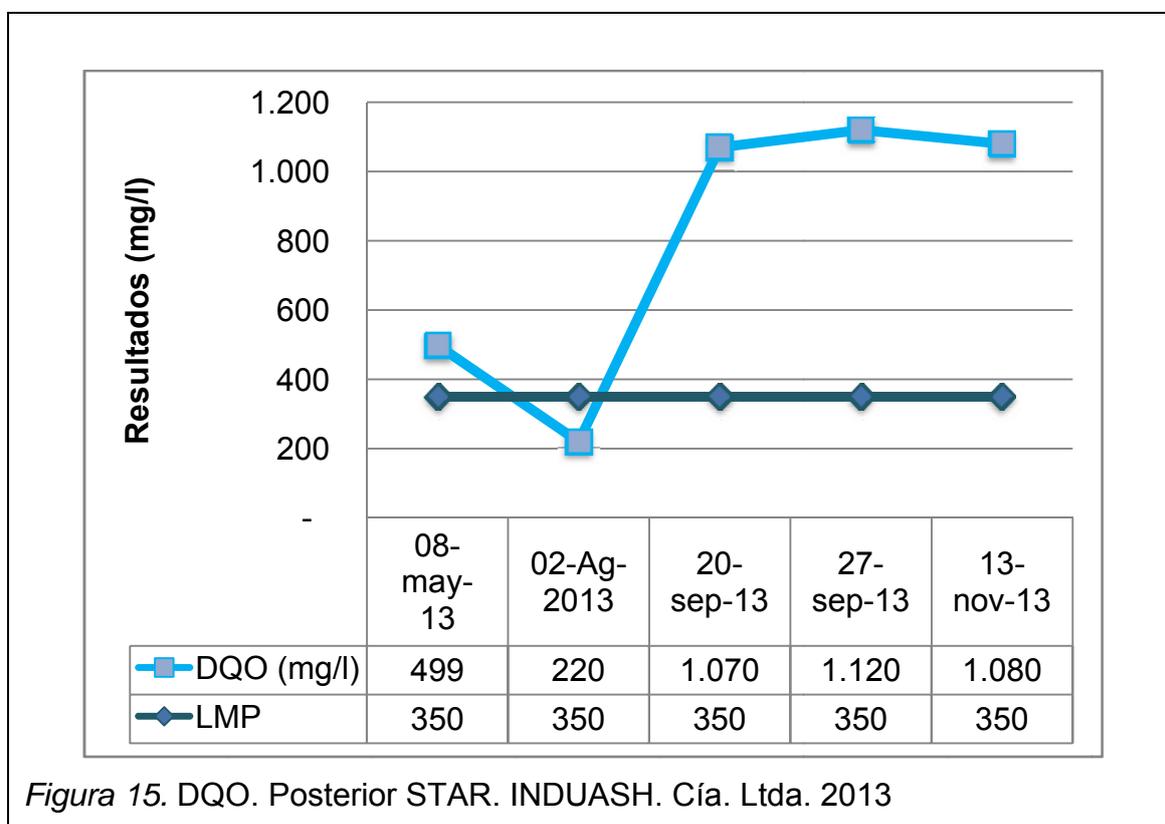
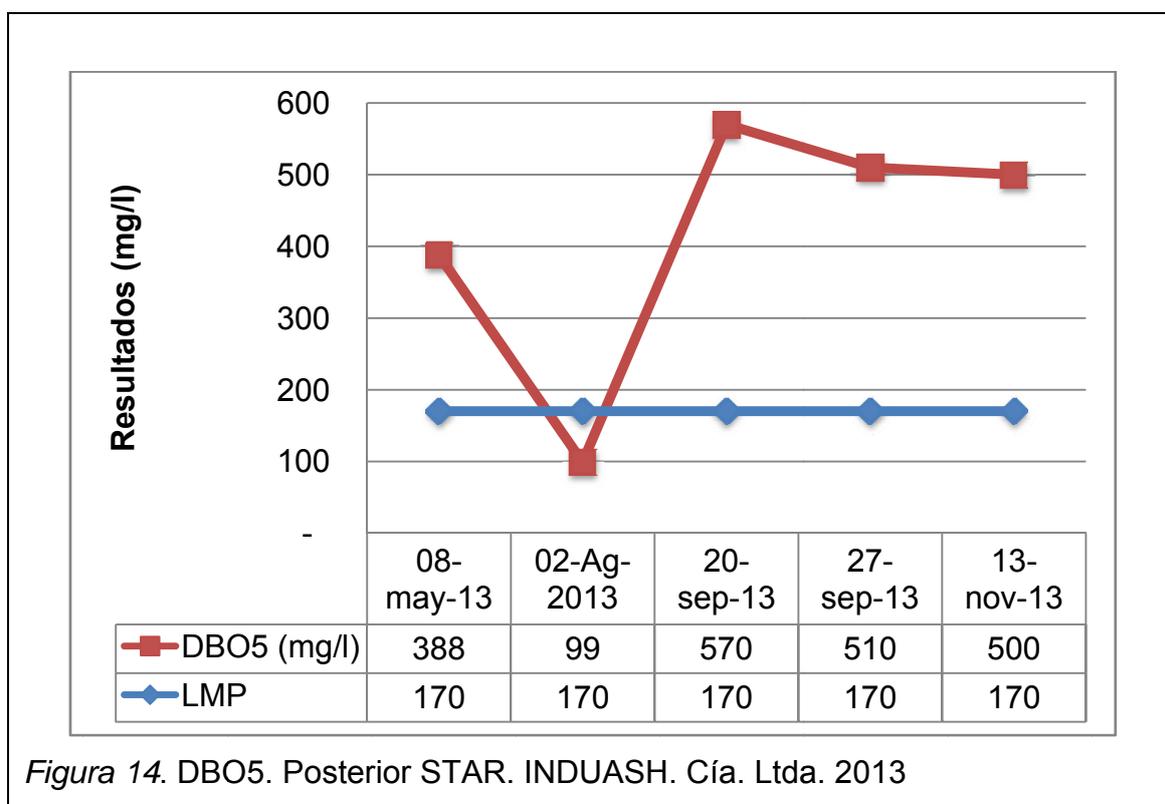


Figura 13. SS. Agua cruda Previo STAR. INDUASH. Cía. Ltda. 2013

Nota: las gráficas realizadas solo tomaron en cuenta los valores de incumplimiento del proceso productivo. Además, claramente podemos observar que existe una variación notable en los parámetros de incumplimiento, los resultados no son lineales y peor aún no cumplen con los parámetros de descarga establecidos. En cada gráfica se representa también en Límite Máximo Permissible de descarga según parámetro, establecido en la actual ordenanza municipal 404 del DMQ.

4.1.2. Muestras de efluente posterior al STAR. INDUASH. Cía. Ltda.



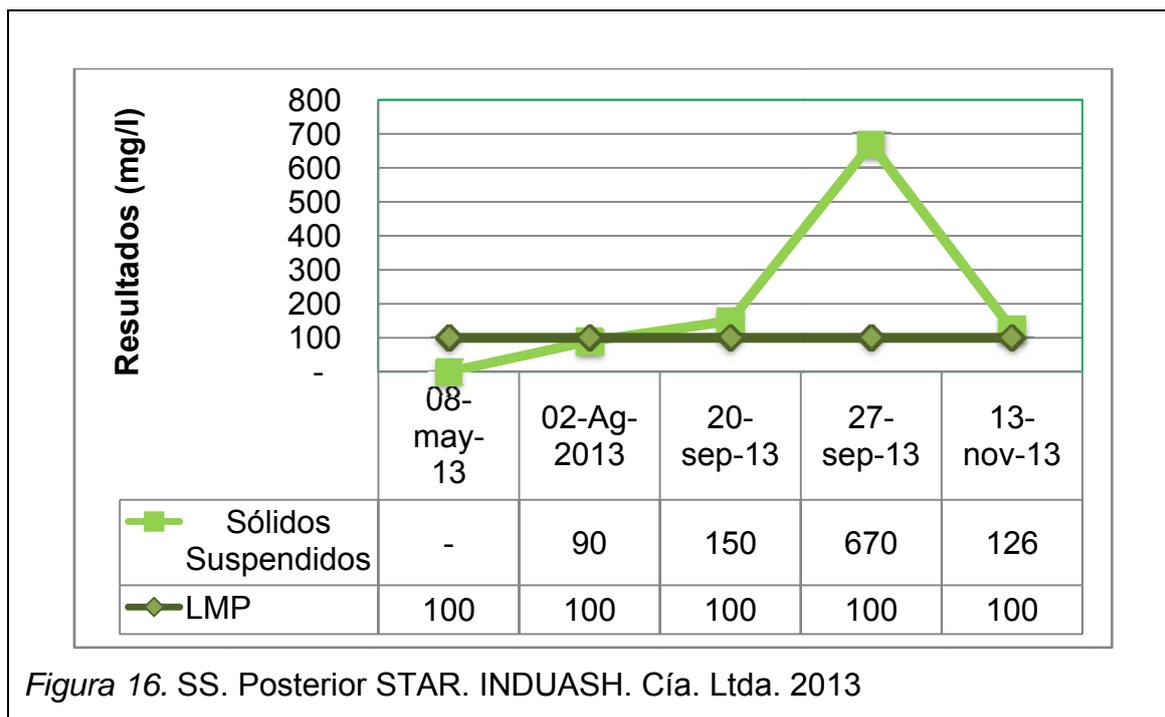


Figura 16. SS. Posterior STAR. INDUASH. Cía. Ltda. 2013

Nota: para los resultados posteriores al STAR, sigue existiendo una varianza significativa en cuanto a resultados y aunque existen meses de cumplimiento según los Límites Máximos Permisibles (LMP), los resultados nos demuestran que no existe una continuidad en el sistema de tratamiento para satisfacer los parámetros de descarga mensual.

4.2. Representación de variables corregidas en el sistema de tratamiento

4.2.1. Capacidad respuesta STAR y PTAR

- **Resultados de la evaluación de la capacidad del STAR**

Tabla 13. Caudal del STAR. INDUASH.

Hora	Caudal (lt/s)	Caudal (lt/d)	Caudal (m ³ /d)
0	0,13	11.232	11,23
1	0,18	15.552	15,55
2	0,16	13.824	13,82
3	0,15	12.960	12,96
4	0,13	11.232	11,23
5	0,15	12.960	12,96
6	0,16	13.824	13,82
7	0,20	17.280	17,28
8	0,17	14.688	14,69
Total	1,43	123.552	123,55
promedio	0,17	15.444	15,44

- **Resultados de la evaluación de la capacidad de la PTAR.**

Tabla 14. Capacidad de la PTAR.

N° de Tanque	Volumen del Tanque [lt]	Capacidad bomba	Tiempo de llenado [min]	Caudal llenado [lt/min]
1	2500	2 HP	27,86	89,73
2	2500	1 HP	40,37	61,93
3	2500	1 HP	41,12	60,80
4	2500	1 HP	40,54	61,67

- **Resultados tiempo de retención hidráulico y velocidad de sedimentación.**

Tabla 15. Tiempo de retención hidráulico y velocidad de sedimentación.

N° de Tanque	Volumen del Tanque [lt]	Caudal llenado [lt/min]	Θ	Profundidad tanque	Vc
1	2500	89,73	27,86 min	1,50	0,054
2	2500	61,93	40,46 min	1,50	0,037
3	2500	60,80	41,11 min	1,50	0,036
4	2500	61,67	40,53 min	1,50	0,037

- **Tiempo necesario para la descarga de agua tratada.**

Tabla 16. Tiempos de descarga PTAR.

N° de tanque	Volumen de descarga [L]	Tiempo [min]
4	2500	42,2
4	2500	43,4
4	2500	43,1
4	2500	42,3
Total		171
Promedio		42,75

La descarga de agua tratada se la hace pasar por un filtro de arena que es bombeada por una bomba acoplada a su sistema de 2HP.

Resultados de pruebas de jarras

- **Resultados iniciales de pruebas de Jarras con sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ como producto coagulante y Poliacrilamida como producto floculante**

Tabla 17. Resultados Iniciales pruebas de jarras con $Al_2(SO_4)_3$

N°	Volumen de muestra agua residual [ml]	Concentración coagulante [%]	Dosis Coagulante (ml)	Tiempo de agitación [min]	Concentración floculante (%)	Dosis floculante (ml)	Tiempo de agitación	Tiempo de reposos	Observaciones
1	500	20	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Ruptura de fase, suspensión amarilla.
1	500	20	20	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Formación de flocs débiles, no existe separación definida.
1	500	20	30	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Formación de flocs débiles pero existe precipitado y separación
1	500	20	40	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Agua turbia flocs débiles y dispersos
2	500	20	25	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Formación de flocs débiles, columna de agua transparente, no existe una buena separación
2	500	20	26	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Formación de nubes de precipitado, pero no

									existe una buena separación.
2	500	20	27	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Los coágulos formados empiezan a ganar peso y a separarse lentamente del resto dejando espacios de agua clarificada.
2	500	20	28	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Coágulos formados de mayor peso y compactos. Columna de agua clarificada.
3	500	20	21	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Suspensión turbia sin separación de precipitado
3	500	20	22	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Suspensión turbia sin separación de precipitado
3	500	20	23	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Formación de coágulos con agua turbia.
3	500	20	24	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12 min	10	Formación de precipitado débil, pequeños espacios de agua clara

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas iniciales con sulfato de aluminio, se realizan nuevas pruebas de Jarras empleando las concentraciones de coagulante que muestran mejores resultados de clarificación y floculante que muestran mejores resultados de clarificación.

Tabla 18. Mejores resultados pruebas de jarrascon $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Dosificación coagulante [20%]	Dosificación floculante [1%]	Tiempo de sedimentación [min]	Observaciones
25 ml	3 ml	13,33	Se puede apreciar la formación de flóculos de tamaño pequeño.
26 ml	3 ml	11,17	Se ve la formación de un colchón flóculos semicompactos.
27 ml	3ml	8,74	Se ve la formación de un colchón flóculos semicompactos.
28 ml	3ml	6,57	Flóculos compactos y de buena densidad.

La empresa INDUASH ha utilizado el producto PAC como coagulante desde la instalación del STAR, esto se debe a los buenos resultados del producto como coagulante, sin embargo se realizaron pruebas con sulfato de aluminio con el fin de compararlo ante el policloruro de aluminio. Debido a la poca efectividad del sulfato de aluminio y por su alta dosificación para el funcionamiento del mismo, no se realizaron mayor cantidad de pruebas y los resultados plasmados de pruebas de jarras realizadas no se tomaron en cuenta al momento del diseño experimental de este trabajo de titulación, es decir se descartó el sulfato de aluminio como variable debido a sus resultados ineficientes.

- **Resultados iniciales de pruebas de Jarras con Policloruro de aluminio ($[Al(OH)_mCl_{3-m}]_n$) como coagulante y Poliacrilamida como floculante**

Tabla 19. Resultados iniciales con PAC.

N°	Volumen de muestra agua residual [ml]	Concentración coagulante [%]	Dosis Coagulante (ml)	Tiempo de agitación [min]	Concentración floculante (%)	Dosis floculante (ml)	Tiempo de agitación	Tiempo de reposo	Observaciones
1	500	25	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Formación de flocs. Agua semiturbia
1	500	30	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Formación de flocs débiles pero existe precipitado y clarificación
1	500	35	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Formación de flocs débiles, no existe

									separación definida.
1	500	40	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Agua turbia flocs débiles y dispersos
2	500	20	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Formación de flóculos compactos, agua semiturbia.
2	500	20	20	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Formación de flóculos dispersos, agua clara
2	500	20	30	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flóculos dispersos agua turbia.
2	500	20	40	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Agua turbia.
3	500	20	8	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flóculos compactos,

									agua muy turbia.
3	500	20	9	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flóculos compactos, agua turbia.
3	500	20	11	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Formación de nube de flocs, columnas de clarificación
3	500	20	12	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Formación de flóculos semicompactos, agua clarificada.
4	500	20	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flocs semicompactos, agua clarificada.
4	500	20	11	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flocs semicompactos, columnas de agua clarificada.
4	500	20	12	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Mayor cantidad de flocs, mayor

									compactación
4	500	20	13	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flocs semicompactos
5	500	20	10	150rpm/3 min	1	1	25rpm/12min	10min	Flocs débiles y en suspensión, agua clarificada
5	500	20	10	150rpm/3 min	1	2	25rpm/12min	10min	Flocs débiles y en suspensión, columnas de agua clarificada
5	500	20	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flocs semi compactos, agua clarificada
5	500	20	10	150rpm/3 min	1	4	25rpm/12min	10min	Flocs de mayor densidad, columna de agua clarificada, poca suspensión de flocs.
6	500	20	10	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flocs semicompactos,

									dispesos, agua clarificada
6	500	20	10	150rpm/3 min	1	4	25rpm/12min	10min	Flocs débiles y dispersos
6	500	20	10	150rpm/3 min	1	5	25rpm/12min	10min	Flocs compactos, menor dispersión, Agua clarificada
6	500	20	10	150rpm/3 min	1	6	25rpm/12min	10min	Flocs compactos, dispersión nula. Agua clarificada
7	500	20	12	150rpm/3 min	1	3	25rpm/12min	10min	Flocs débiles y dispersos, se aprecia columna de agua clarificada
7	500	20	12	150rpm/3 min	1	4	25rpm/12min	10min	Flocs débiles y dispersos, se aprecia columna de agua

									clarificada
7	500	20	12	150rpm/3 min	1	5	25rpm/12min	10min	Flocs débiles y dispersos, se aprecia columna de agua clarificada
7	500	20	12	150rpm/3 min	1	6	25rpm/12min	10min	Flocs débiles y dispersos, se aprecia columna de agua clarificada

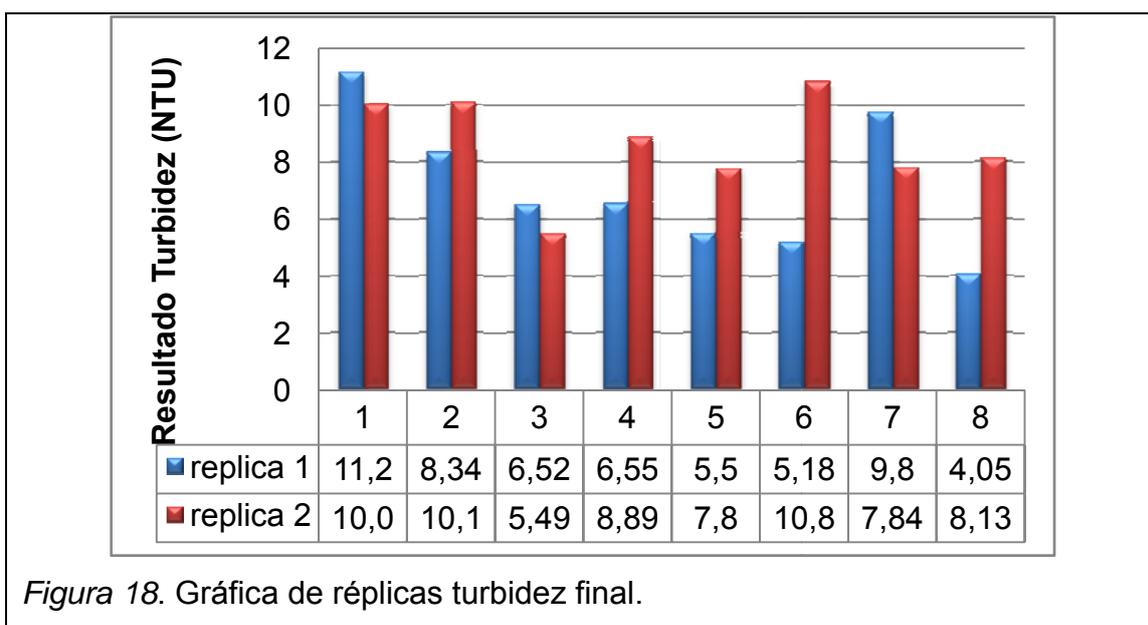
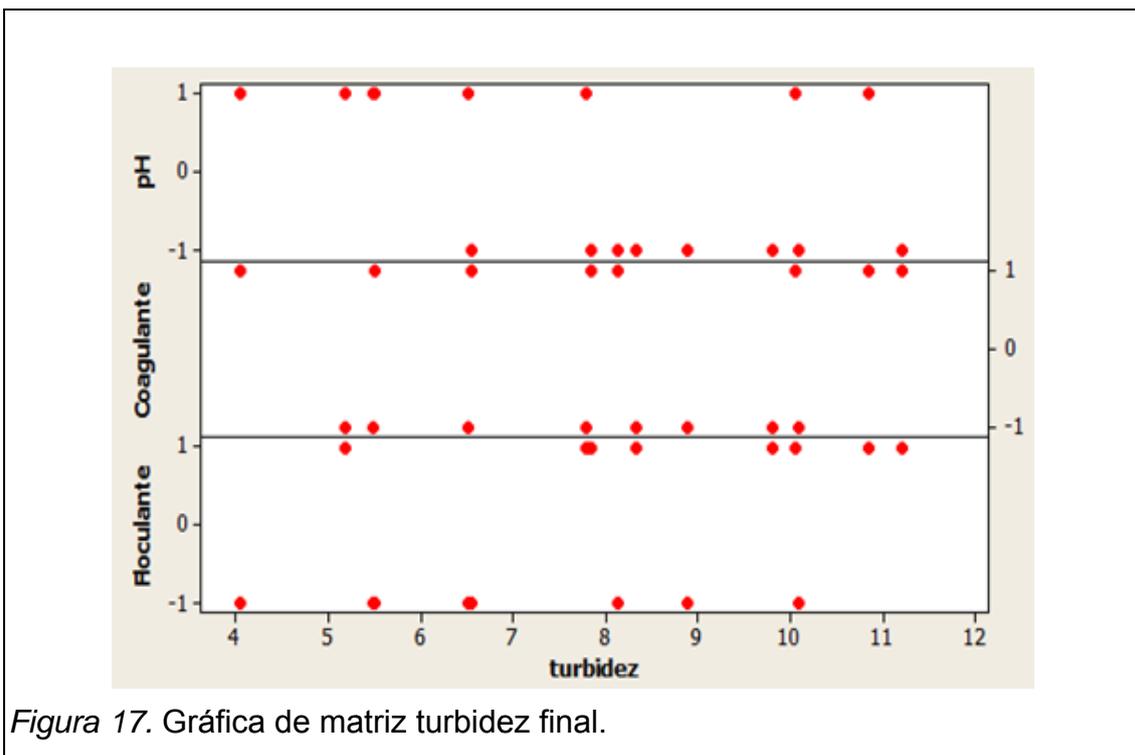
A partir de los resultados obtenidos en las pruebas iniciales con Policloruro de aluminio y poliacrilamida, se realizan nuevas pruebas de Jarras empleando las concentraciones de coagulante y floculante que muestran mejores resultados de clarificación.

Tabla 20. Mejores resultados PAC.

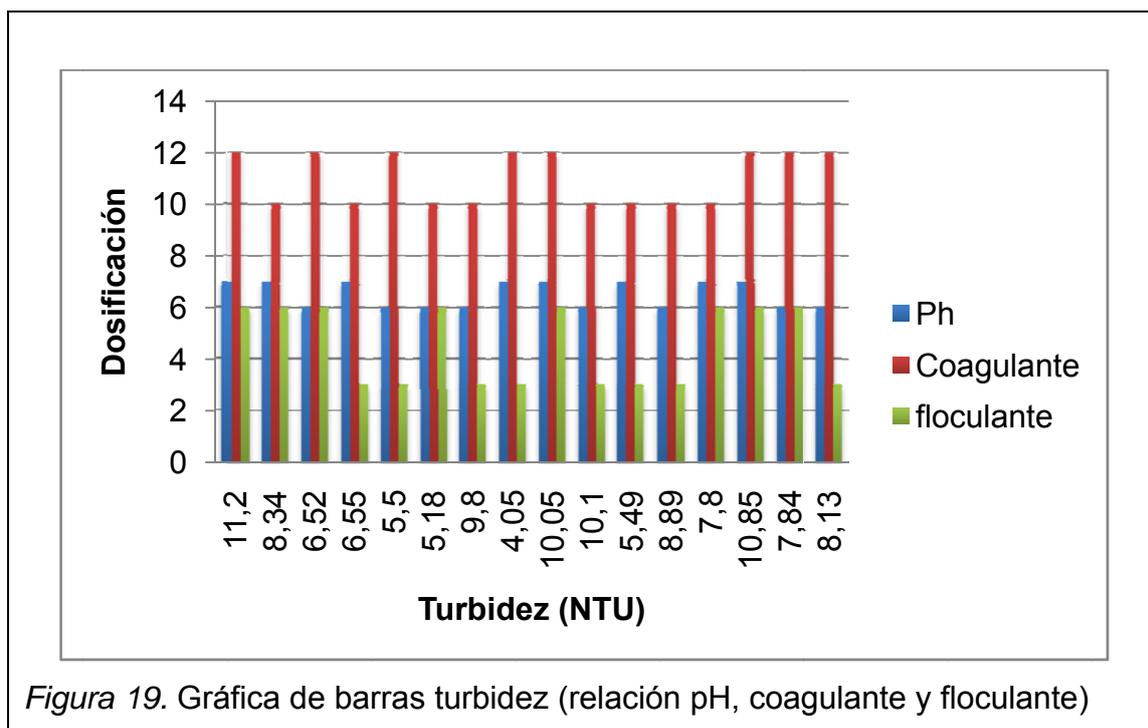
Dosificación con Concentración de coagulante [20%]	Dosificación con concentración de floculante [1%]	Tiempo de sedimentación [min]	Observaciones
10ml	3ml	4,63	Agua clarificada, colchón de flocs débiles y algunos en suspensión
10ml	4ml	4,27	Formación de flóculos débiles y levemente en suspensión, agua clarificada
10ml	6ml	3,48	Los flóculos van ganando peso y tamaño y empiezan a sedimentar rápidamente. Colchón de flóculos compactos. Agua clarificada
12ml	3ml	5,18	Se ve la formación de flóculos dispersos. Agua clarificada
12ml	4ml	5,36	Se ve la formación de flóculos dispersos. Agua clarificada
12ml	5ml	5,36	Se ve la formación de flóculos dispersos. Agua clarificada
12ml	6ml	5,49	Se ve la formación de flóculos dispersos. Agua clarificada
20ml	3ml	5,47	Formación de flóculos dispersos, agua clara

4.2.2. Diseño factorial 2^3 con respuesta turbidez.

La figura 17 está determinada por una matriz relacionada entre el pH, el coagulante y floculante con la respuesta turbidez, según los tratamientos previamente establecidos



Mediante la figura 18 se puede observar la gráfica de barras de la turbidez según las réplicas realizadas y entre la relación de las variables pH, coagulante y floculante. Las réplicas fueron realizadas según grupos establecidos de acuerdo al orden de corrida y mediante las mismas dosificaciones experimentales.



Mientras que en la figura 19, se puede apreciar la relación de barras entre las variables pH, coagulante y floculante según los valores establecidos y con los valores de turbidez obtenidos de acuerdo a las respectivas pruebas.

4.2.3. Diseño factorial 2^3 con respuesta tiempo sedimentación.

La dispersión con respecto al tiempo de sedimentación como respuesta, según los tratamientos realizados y en relación a los variables pH, coagulantes y floculante, se puede apreciar en la figura 20.

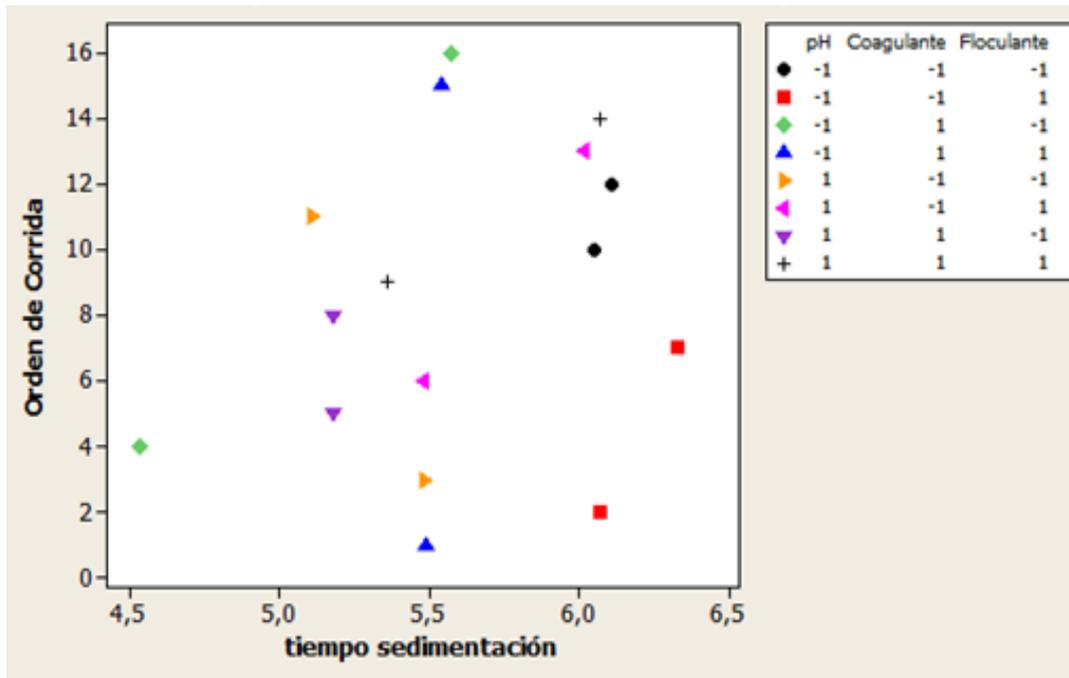


Figura 20. Gráfica de dispersión tiempo de sedimentación.

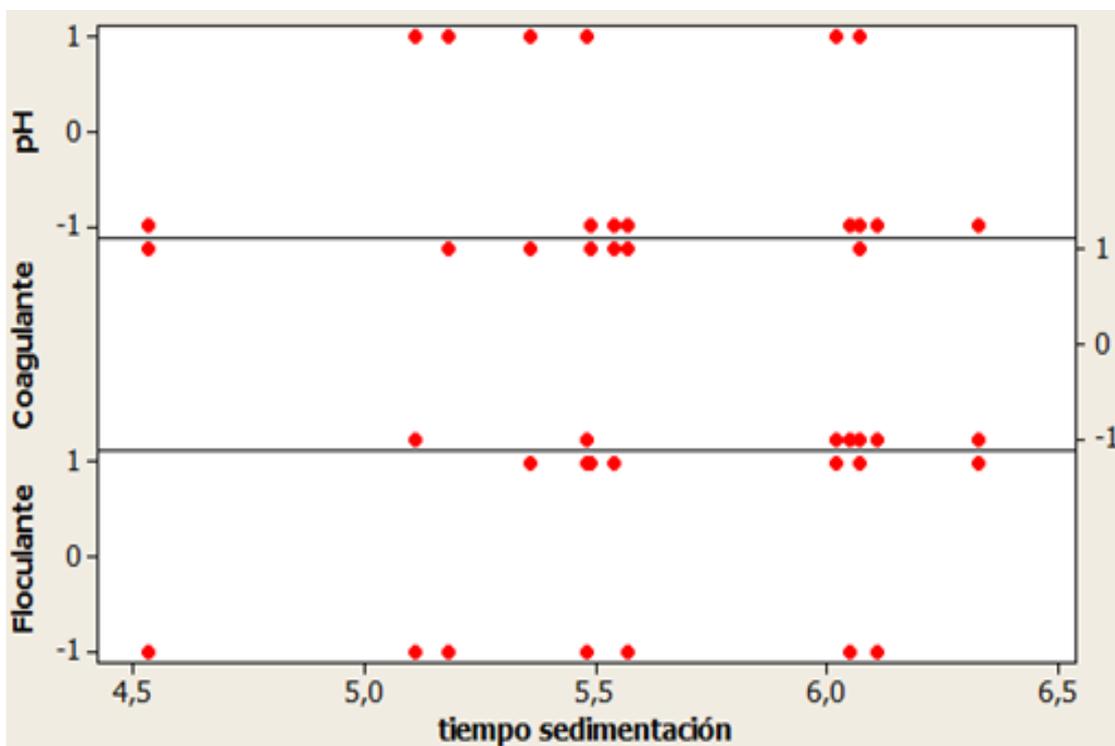


Figura 21. Gráfica de matriz tiempo de sedimentación

El tiempo de sedimentación relacionado por una matriz entre pH, el coagulante y floculante se puede apreciar en la figura 21.

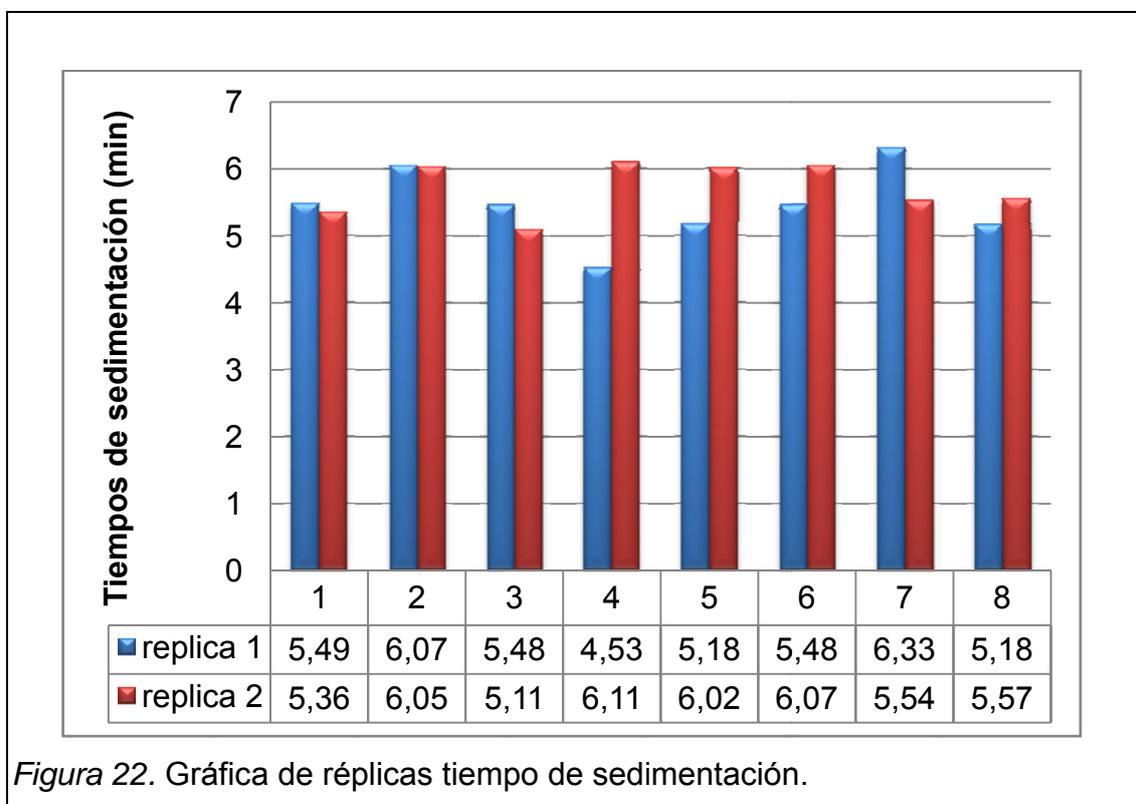
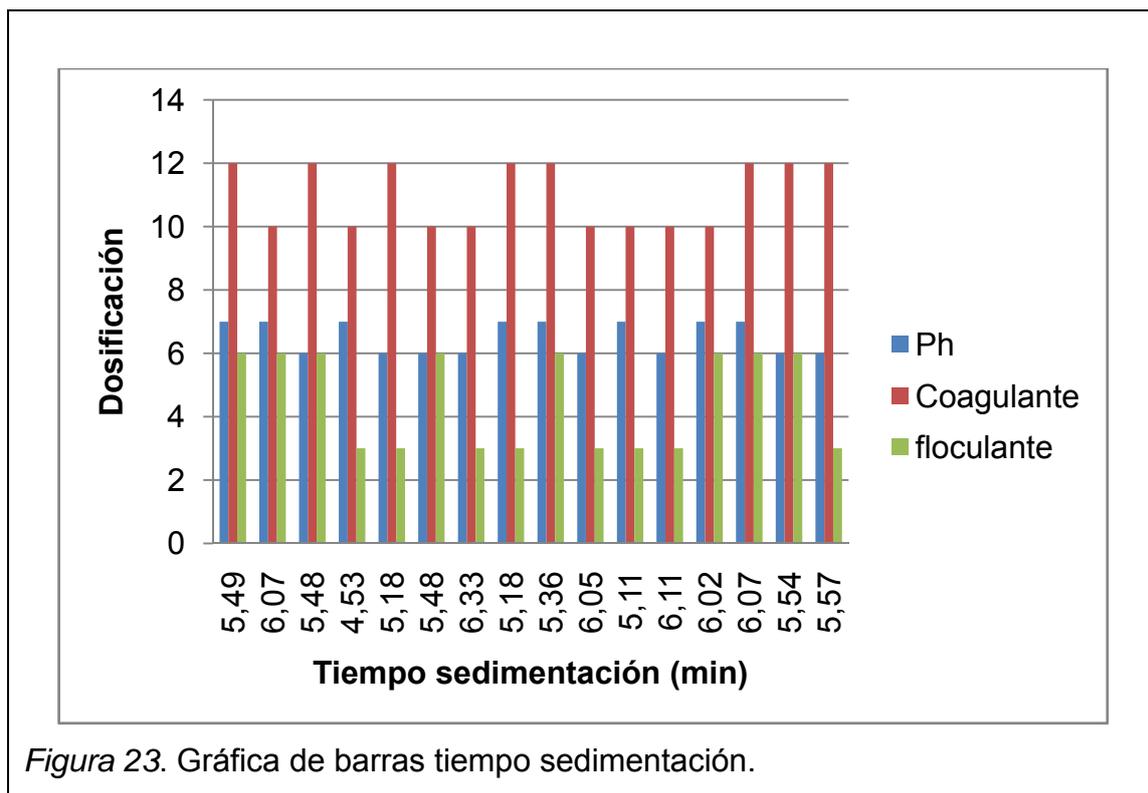


Figura 22. Gráfica de réplicas tiempo de sedimentación.

La figura 22 demuestra la gráfica de barras del tiempo de sedimentación según las réplicas realizadas y en relación con las variables pH, coagulante y floculante. Los tiempos de sedimentación varían a pesar de tener réplicas agrupadas según las mismas dosificaciones aplicadas.

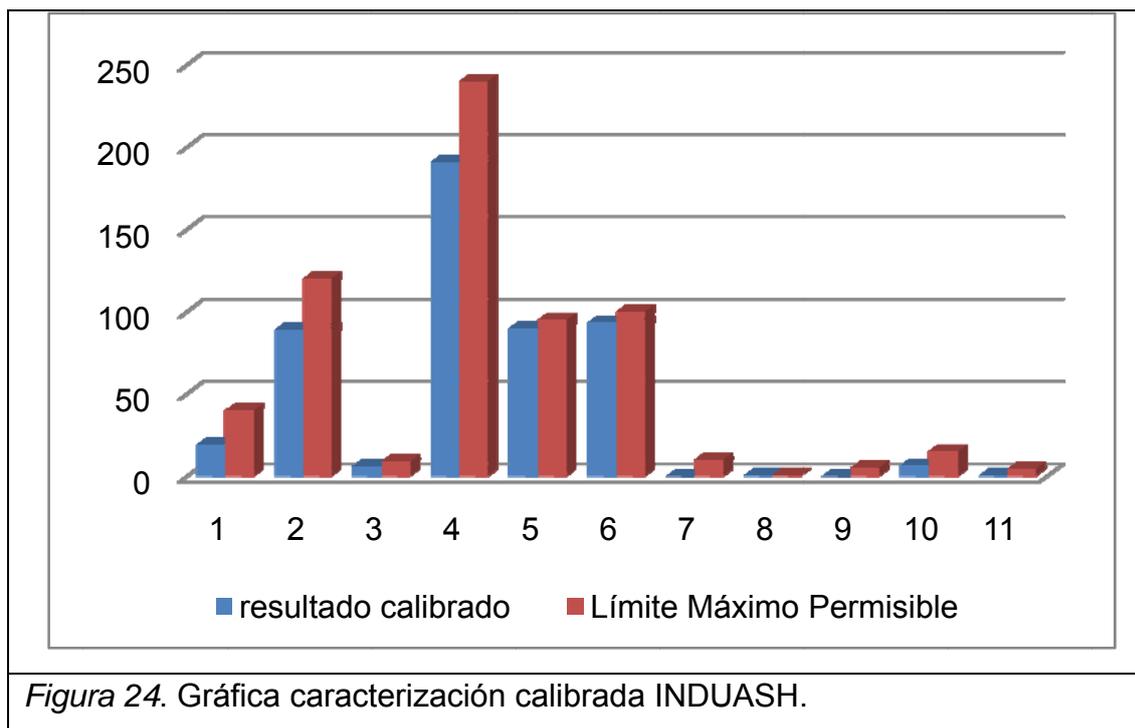
Por otro lado en la figura 23 se puede observar la gráfica de barras de los tiempos de sedimentación, según las dosis aplicadas con la interacción de los 3 factores estudiados.



4.3. Caracterización al sistema de tratamiento calibrado

Tabla 21. Caracterización STAR calibrado.

N° parámetro	PARÁMETRO	RESULTADO	Límite Máximo Permissible	FECHA
1	Temperatura (°C)	19,1	< 40	03-feb-14
2	DBO5 (mg/l)	89	170	03-feb-14
3	pH (UpH)	6	6-9	03-feb-14
4	DQO (mg/l)	191	350	03-feb-14
5	Sólidos Suspendidos	90	100	03-feb-14
6	Aceites y Grasas (mg/l)	93,33	70	03-feb-14
7	Sólidos Sedimentables (mg/l)	< 1	10	03-feb-14
8	Tensoactivos (mg/l)	0,4	1	03-feb-14
9	² Aluminio (mg/l)	<0,10	5	03-feb-14
10	² Fósforo Total (mg/l)	6,4	15	03-feb-14
11	Q. Promedio (L/s)	0,3	4,5	03-feb-14



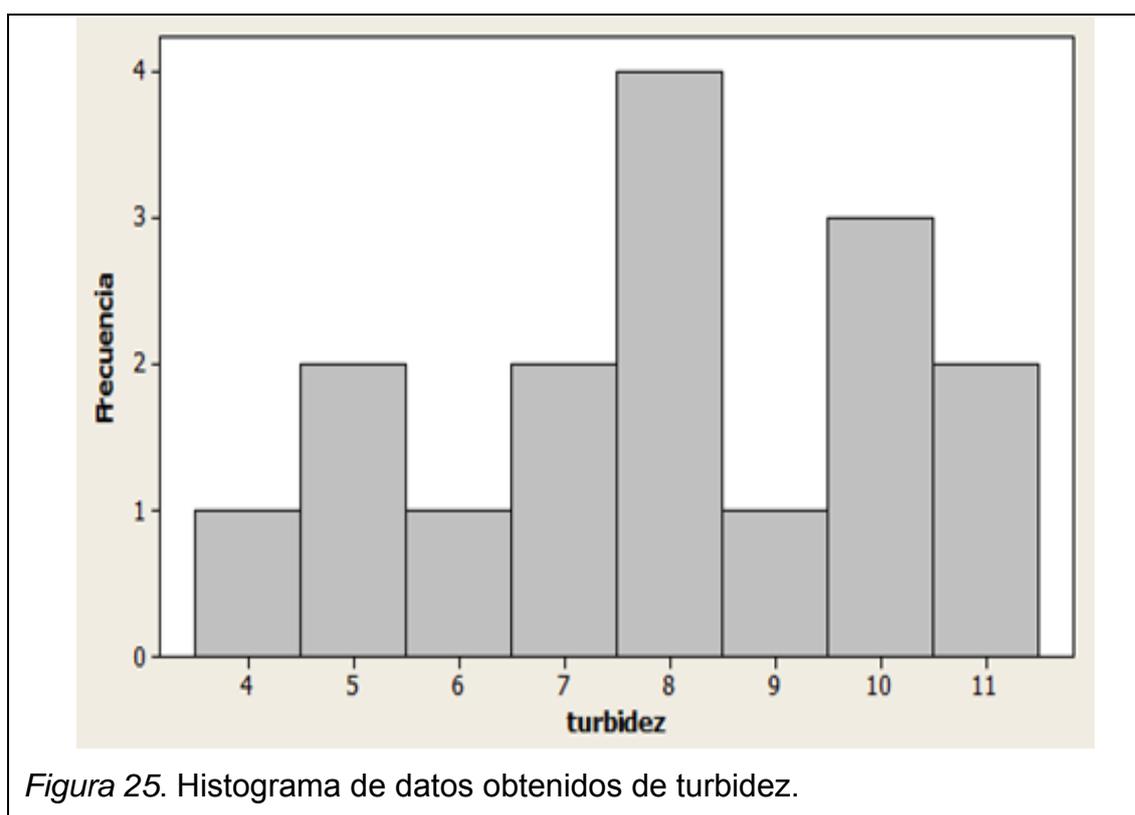
Como se puede apreciar en la figura 24 la relación entre el límite máximo permisible y el resultado de los parámetros con el STAR calibrado, notoriamente se puede visualizar que los valores de los parámetros son menores al límite permisible de descarga establecido en el DMQ.

5. Análisis de resultados

5.1. Efectos representativos en variables calibradas

El trabajo de investigación realizado, se planteó estudiar el efecto de la interacción de 3 variables con 2 niveles sobre ciertas respuestas. Es decir que para este estudio se utilizó un diseño experimental factorial de 2 x 3, gracias al análisis de la varianza (ANOVA), se pudo analizar los efectos obtenidos sobre la variable respuesta (turbidez y tiempo de sedimentación).

5.1.1. Gráficas para respuesta turbidez



Para este diseño factorial se tomaron en cuenta tres factores como son: pH, dosis de coagulante (PAC) y dosis de floculante (poliacrilamida). Se realizaron dosificaciones de regulador de pH según los valores fluctuantes del agua a

tratar, las dosis del coagulante y floculante se las realizó al azar posterior a la regulación del pH y como análisis de este tratamiento se verificó la turbidez de una muestra del agua resultante. En la Figura 25 los resultados obtenidos se encuentran sobre el cero, demostrando una normalidad de los datos.

En la tabla 22, se puede observar, el diseño factorial 2^3 , correspondiente a los tres factores con dos niveles cada uno; mayor y menor, este tratamiento contiene una réplica, con un total de 16 corridas.

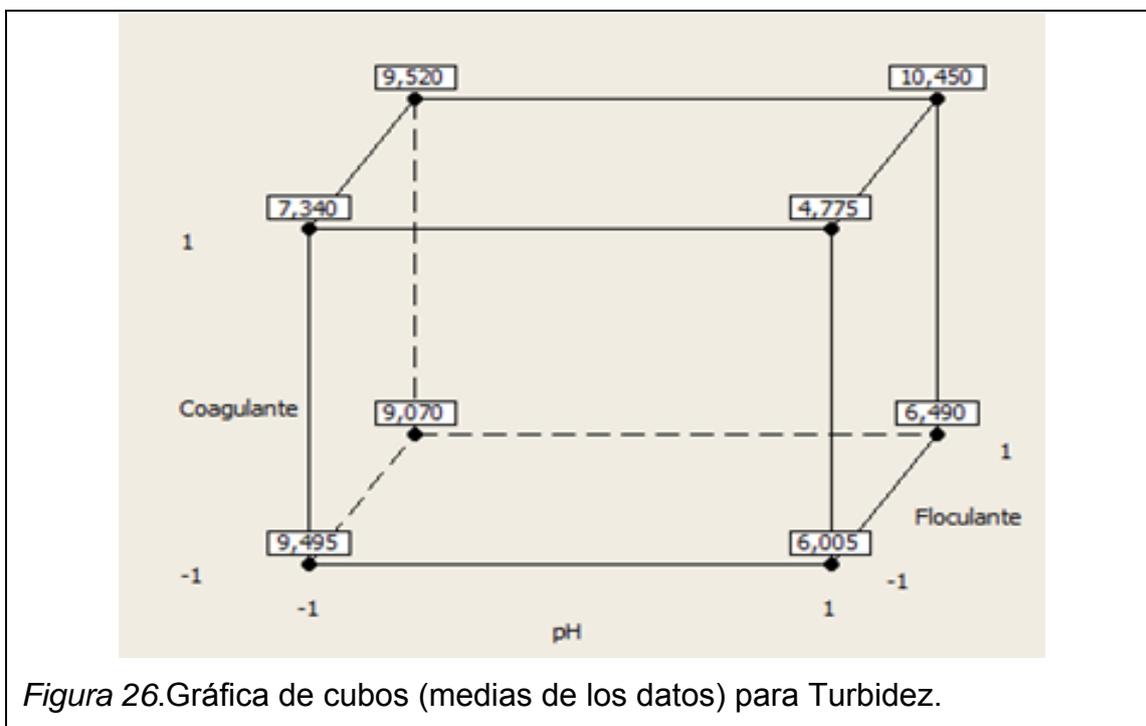
Tabla 22. Diseño factorial 2^3 para respuesta turbidez

OrdenEst	Orden de Corrida	Punto central	Bloques	pH	Coagulante	Floculante	turbidez
15	1	1	1	-1	1	1	11,20
13	2	1	1	-1	-1	1	8,34
2	3	1	1	1	-1	-1	6,52
11	4	1	1	-1	1	-1	6,55
4	5	1	1	1	1	-1	5,50
6	6	1	1	1	-1	1	5,18
5	7	1	1	-1	-1	1	9,80
12	8	1	1	1	1	-1	4,05
8	9	1	1	1	1	1	10,05
9	10	1	1	-1	-1	-1	10,10
10	11	1	1	1	-1	-1	5,49
1	12	1	1	-1	-1	-1	8,89
14	13	1	1	1	-1	1	7,80
16	14	1	1	1	1	1	10,85
7	15	1	1	-1	1	1	7,84
3	16	1	1	-1	1	-1	8,13

En la figura 26, se puede observar que existe una mejor turbidez con un pH de nivel mayor, la dosis de coagulante alta y la dosis de floculante baja, tal como se aprecia en el valor 4,775 del gráfico.

El bajo valor de turbidez para este caso se debe a la aglomeración de los flocs formando coágulos de buena densidad y evitando que los mismos se queden en suspensión.

Sin embargo existen valores de turbidez apreciables cuando el pH tiene un nivel mayor, el coagulante y el floculante menor, esto quiere decir que la tendencia a neutro por parte del pH influye totalmente en los rangos de turbidez analizados.

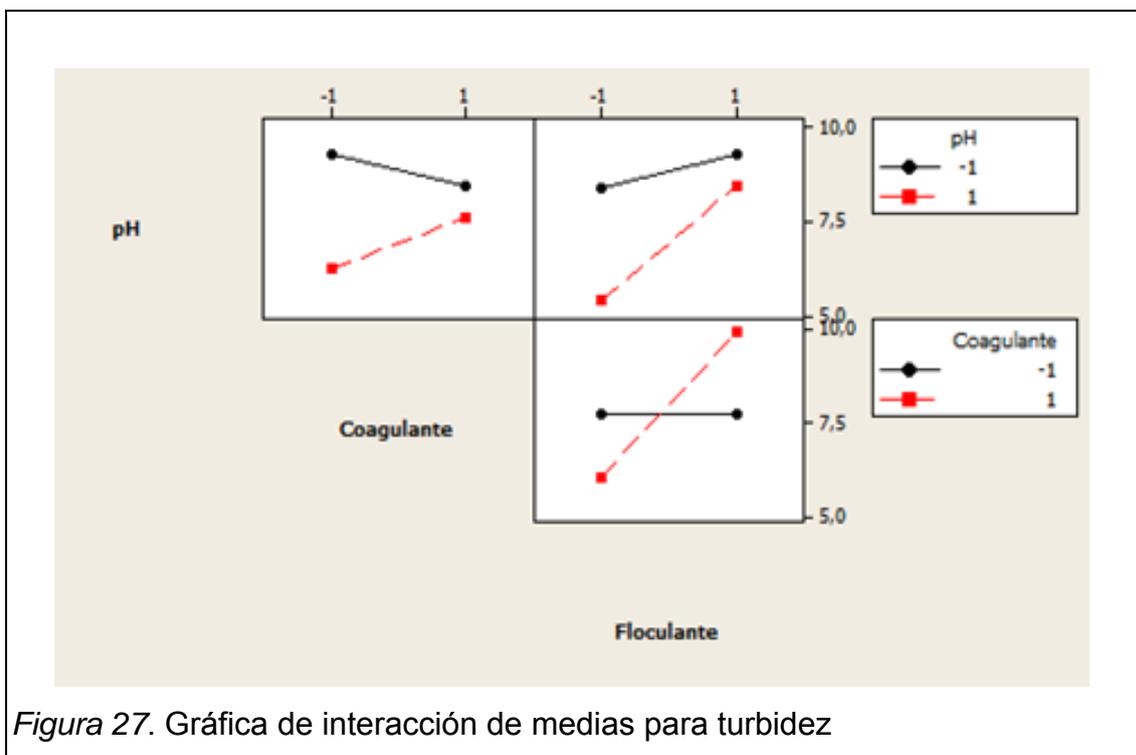


En la figura 27, se observa que cuando el pH=6 y así mismo cuando el pH=7 la turbidez puede verse afectada, esto varía según la dosis de coagulante y de floculante aplicada, sin embargo el mejor resultado de turbidez según el pH, se aprecia con una dosificación baja de coagulante.

Así mismo en el caso de la interacción del pH con el floculante se puede observar que el mejor resultado de turbidez se encuentra en su nivel más bajo, es decir cuando el floculante se encuentra en un valor menor de dosificación el coagulante no afecta de manera significativa la turbidez.

Por otro lado en cuanto a la interacción entre el coagulante y floculante se puede apreciar que mientras la dosis de coagulante sea estable el floculante puede obtener un valor bajo para un resultado positivo de turbidez.

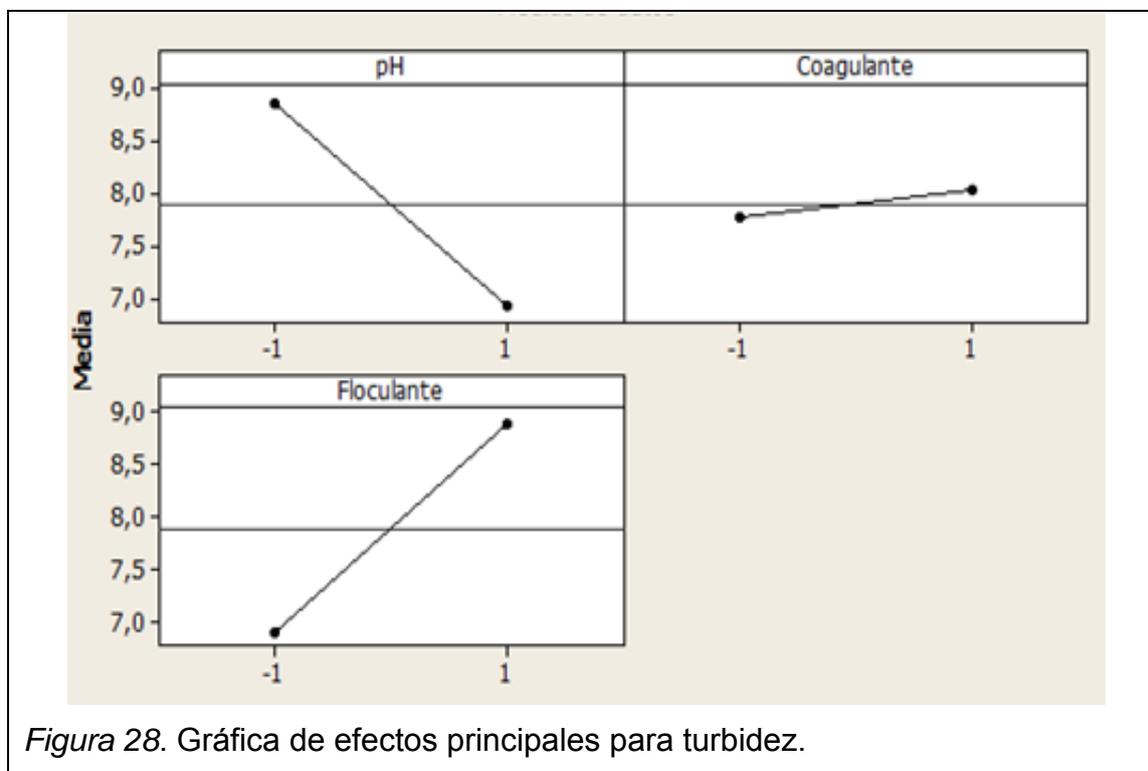
Esta interacción nos indica que la regulación de pH es importante para la acción del coagulante junto con el floculante, se puede lograr datos apreciables de turbidez con valores altos y bajos de coagulante y floculante pero siempre dependerán de los valores iniciales del pH.



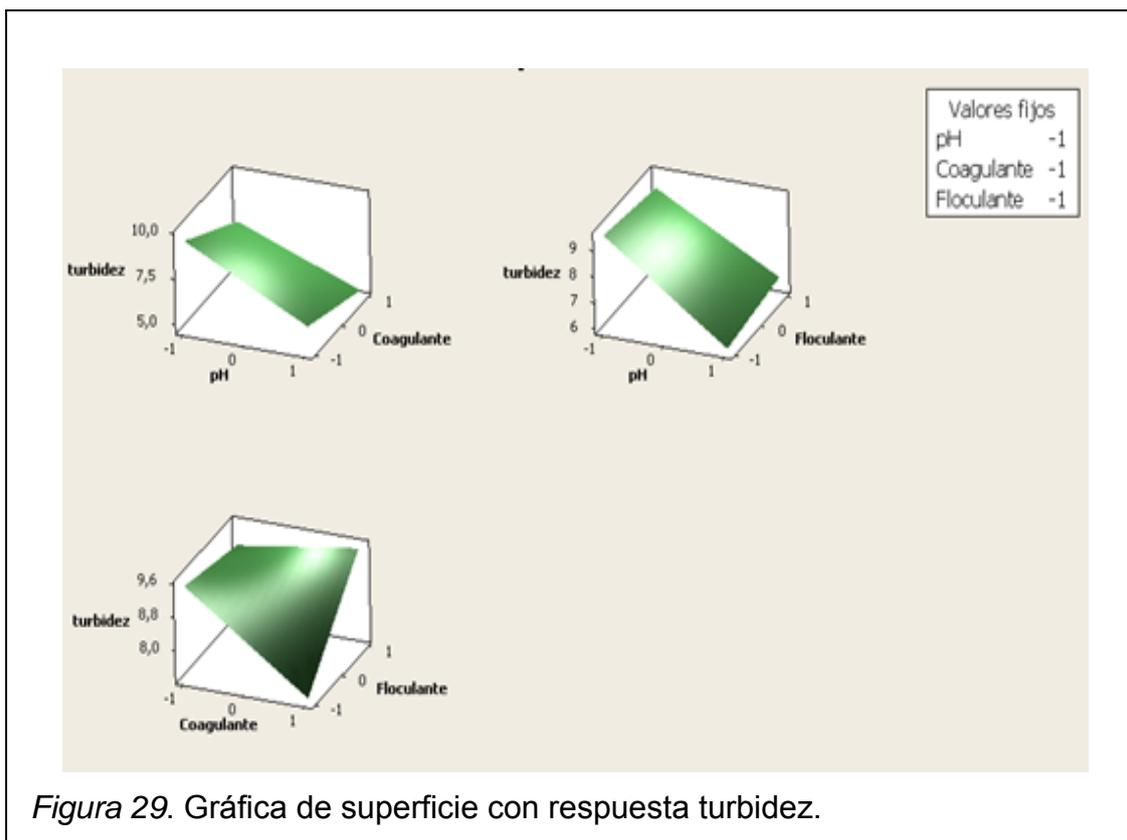
Directamente podemos apreciar en la figura 28, que mientras el pH tenga su valor mayor de análisis, la turbidez será mejor y aunque la dosificación ideal de coagulante tenga un rango bajo también se puede adquirir un valor alto de coagulante para lograr una turbidez óptima. En cuanto a la turbidez según la dosificación de floculante, ésta se sitúa en un nivel apreciable cuando la dosis de floculante se encuentra en su nivel bajo. Sin embargo estos análisis son con variables determinadas ya que se puede observar que así el pH tenga un valor mayor, es decir neutro para el caso del análisis, las dosificaciones altas tanto de coagulante como de floculante tiende a aumentar la turbidez, esto se debe a una saturación de cargas positivas y negativas.

Cuando existe saturación de cargas negativas se tiende a crear sólidos en suspensión que no logran obtener una densidad ideal para precipitar lo cual

afecta la turbidez del agua y en cuanto a una saturación de cargas positivas no se logra crear una interfase de separación entre el medio y el contaminante lo cual afecta directamente la turbidez del agua.



Nuevamente en la figura 29 podemos observar que los puntos bajos del gráfico son aquellos que tienen un valor ideal de turbidez tomando en cuenta una dosis de coagulante alta y baja siempre y cuando el rango de pH sea el mayor. Lo mismo sucede directamente con la dosificación del floculante. Sin embargo cuando la interacción se da entre coagulante y floculante los datos óptimos de turbidez se generan cuando la dosis de coagulante es alta con una dosis de floculante baja, esto se debe a una separación óptima de contaminantes disueltos y posteriormente una buena aglomeración de los mismos para su precipitación, lógicamente se debe tomar en cuenta que siempre será el pH en influyente de estas interacciones.



En cuanto a la figura 30 se puede apreciar que el valor de la turbidez sigue siendo ideal cuando el pH tiene su punto mayor de estudio y el coagulante de igual manera, sin embargo se puede observar que la turbidez también tiene un valor óptimo con una variación de coagulante siempre y cuando el pH tienda al valor mayor. Así mismo el rango del floculante puede variar cuando el pH tienda a su valor mayor de análisis.

Por último la interacción entre floculante y coagulante representa las gráficas anteriores que nos demuestra que con una dosis de coagulante alta y una dosis de floculante baja la turbidez tiende a ser ideal, sin embargo hay que tomar en cuenta que estos valores son del análisis del estudio y que con un exceso en la dosificación tanto de coagulante como de floculante puede crearse una saturación del tratamiento.

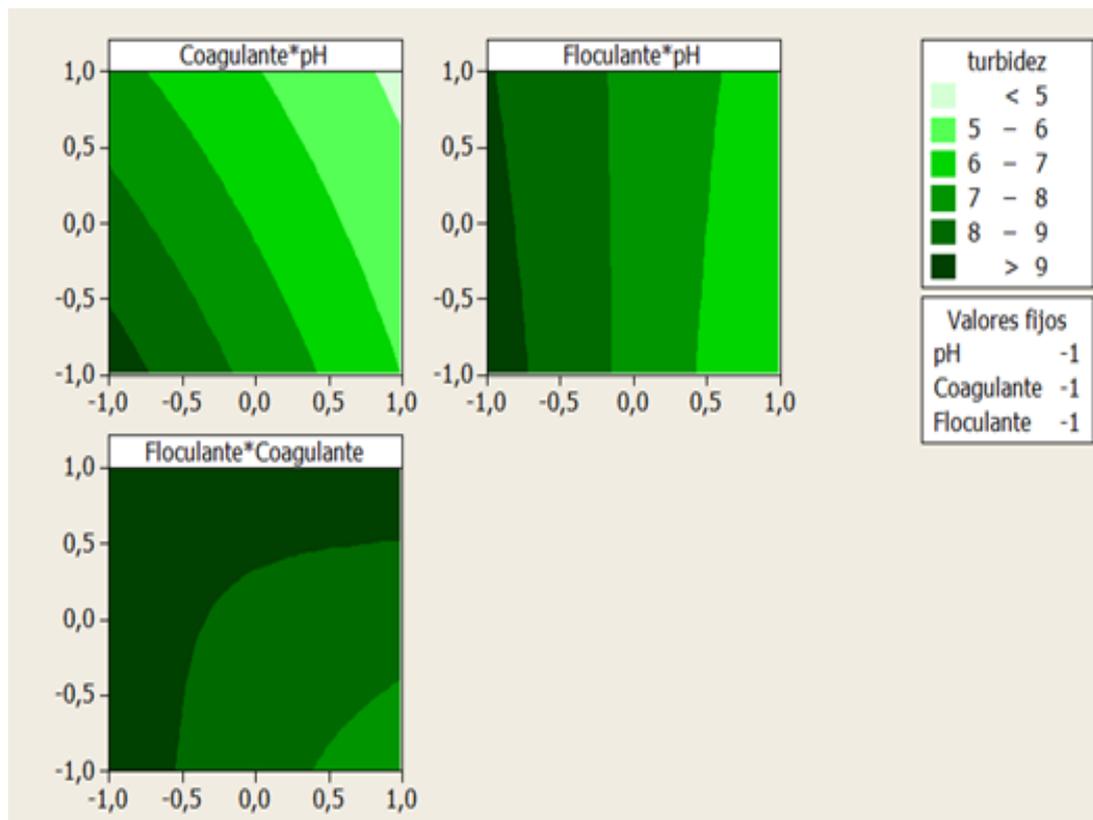


Figura 30. Gráfica de contorno para turbidez.

En la figura 31. Gráfica de residuos para turbidez podemos apreciar cuatro graficas en uno y se distribuyen de manera normal, independiente y constante.

En cuanto a la probabilidad normal se aprecia que los puntos se acercan o se alejan a la línea inclinada trazada y se concluye que no existen infracciones a la normalidad. De la misma manera en el gráfico de valor ajustado los puntos caen de manera normal dentro de la línea horizontal trazada, concluyendo que existe normalidad en el supuesto.

Finalmente para comprobar la independencia, podemos observar que en la gráfica de orden de observación los puntos trazados demuestran independencia total, es decir no existe tendencia de ningún orden.

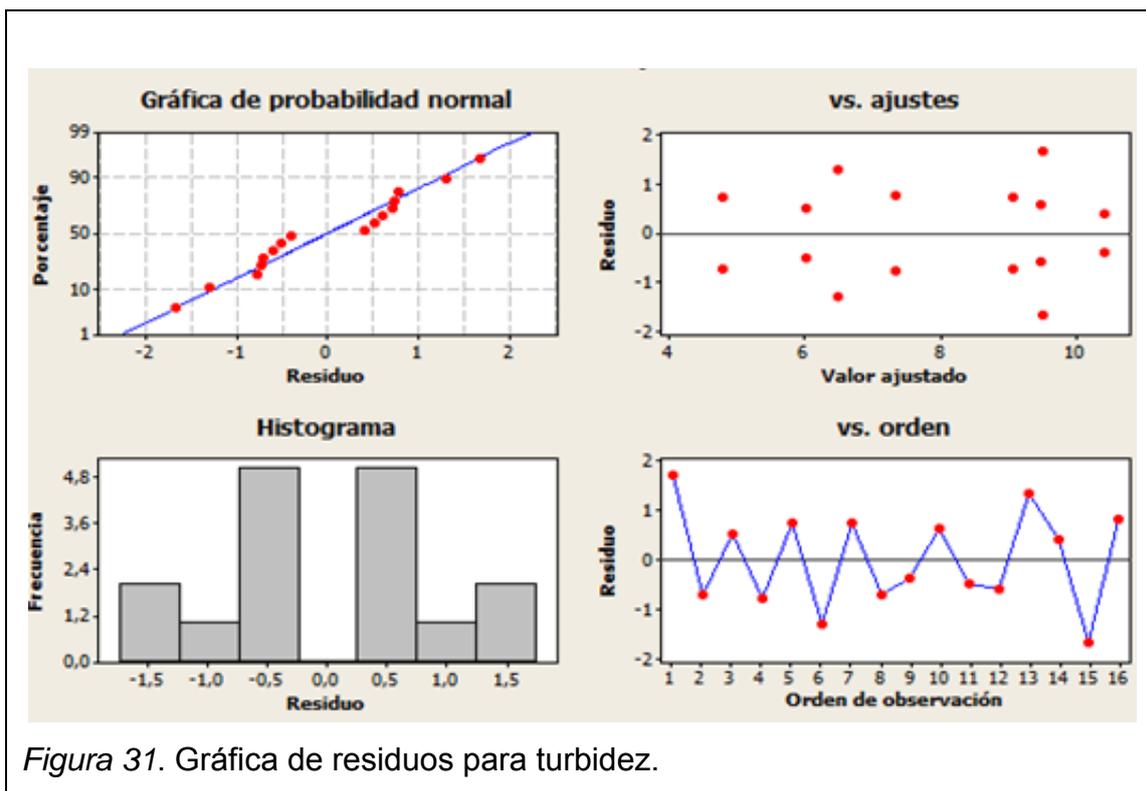


Figura 31. Gráfica de residuos para turbidez.

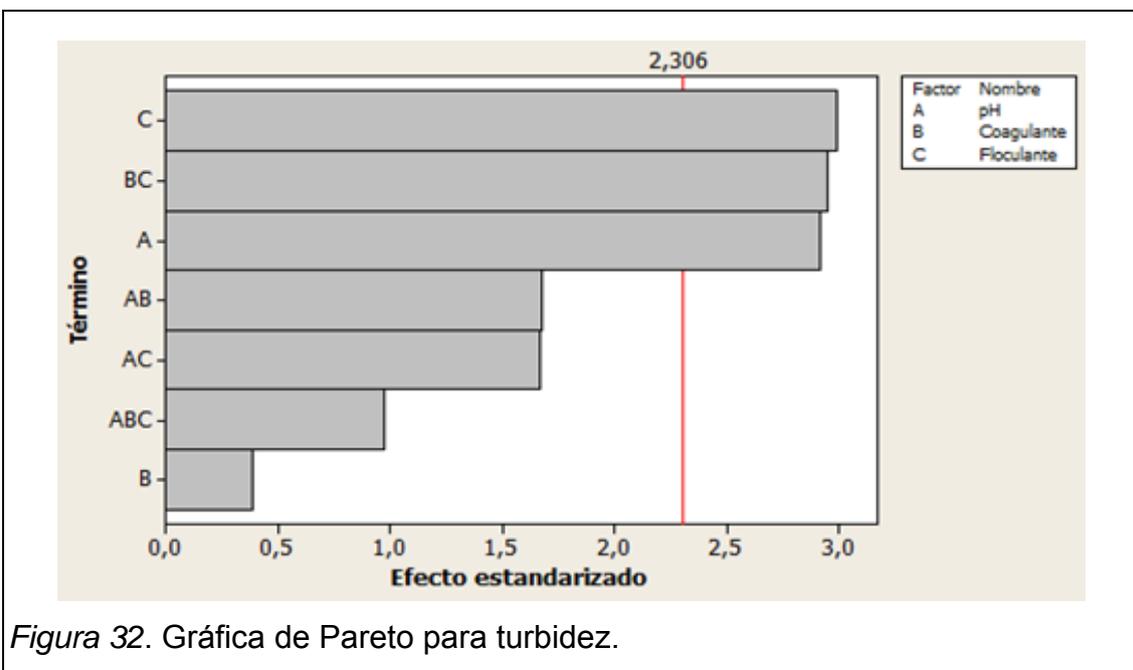
Para la figura 32 se puede observar que el floculante, pH y la interacción entre coagulante y floculante interfieren en los valores óptimos de la turbidez.

Por otro lado podemos verificar que la interacción entre pH y coagulante, pH y floculante y los tres factores juntos disminuyen los rangos de la turbidez, así como hemos observado en las gráficas anteriores, de esta manera podemos concluir que la relación entre los tres factores determinará los valores en la turbidez del agua.

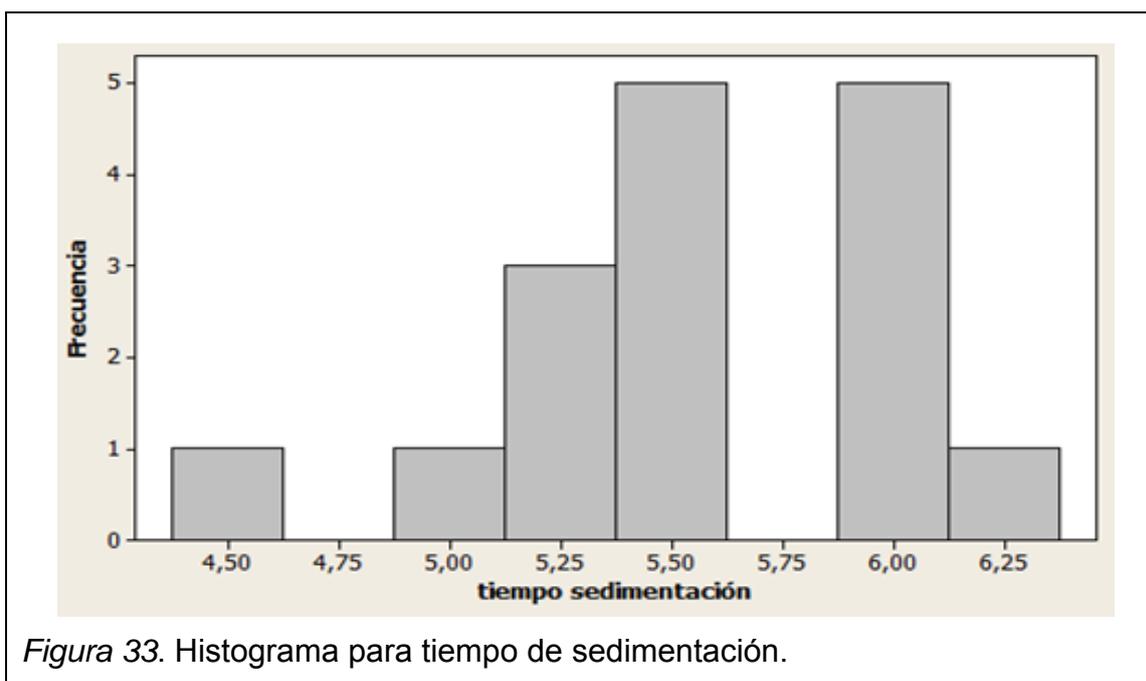
Según la ecuación 11, las variables son estadísticamente significativas, por lo tanto los cambios en la turbidez según la interacción entre los tres factores de análisis demuestran que:

$$T = \frac{T_{ma} - T_{me}}{T_{ma}} * 100 \quad \text{(Ecuación 11) remoción turbidez}$$

Siendo Tma la mayor turbidez registrada al momento de interactuar los tres factores, Tme la menor turbidez registrada al momento de interactuar los tres factores, expresado en la tabla 22 y arrojando un resultado del 63,83% de significancia en cuanto a variación de resultados.



5.1.2. Gráficas para respuesta tiempo de sedimentación



Para este análisis de respuesta al igual que en la respuesta turbidez, se tomaron en cuenta tres factores como son: pH, dosis de coagulante (PAC) y dosis de floculante (poliacrilamida). Así mismo se realizaron dosificaciones de regulador de pH según los valores fluctuantes del agua a tratar, las dosis del coagulante y floculante se las realizó al azar, posterior a la regulación del pH, y para el análisis de este tratamiento se verificó el tiempo de sedimentación de una muestra del agua tratada. Observando la figura 33 nuevamente se puede apreciar una distribución normal en los datos analizados, donde queda constancia de una variación independiente de los diferentes tiempos obtenidos.

En la tabla 23, se puede observar, el diseño factorial 2^3 con respuesta tiempo de sedimentación y correspondiente a los tres factores con dos niveles cada uno; alto y bajo, este tratamiento contiene una réplica, con un total de 16 corridas.

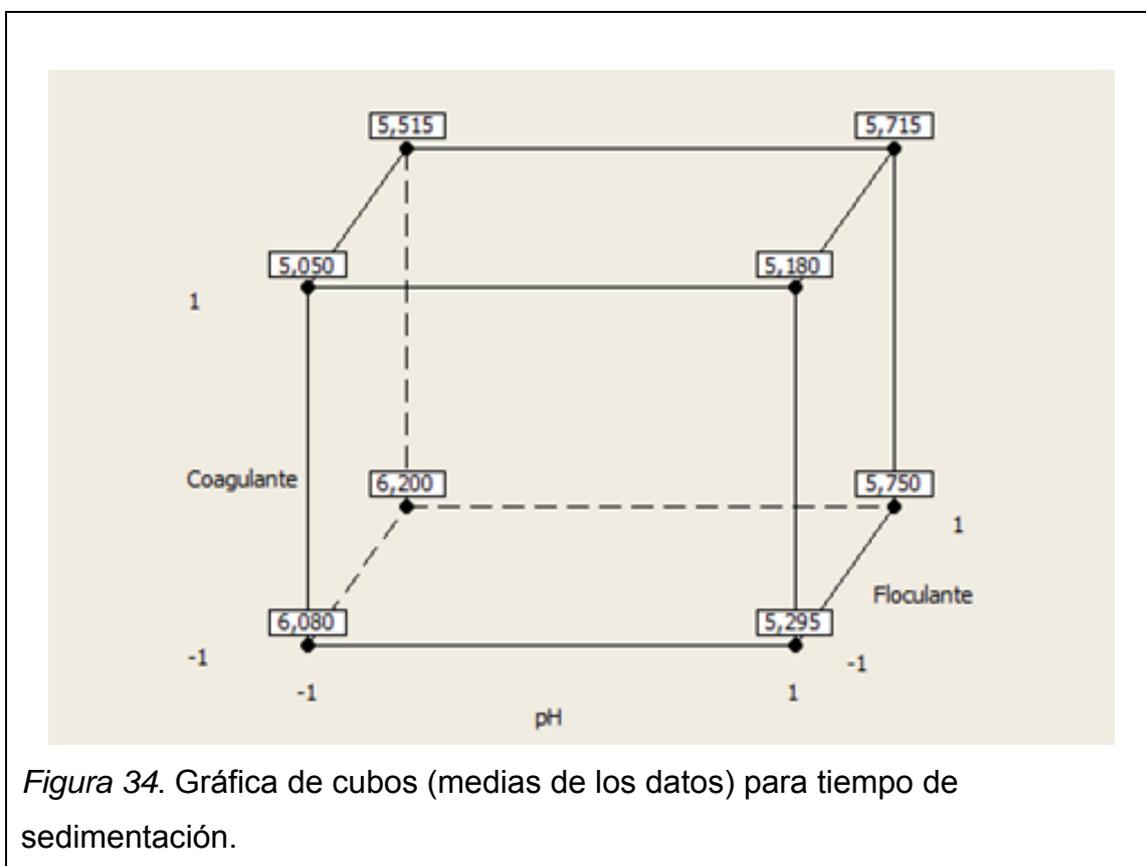
Tabla 23. Tabla para respuesta tiempo de sedimentación.

OrdenEst	Orden de Corrida	Punto central	Bloques	pH	Coagulante	Floculante	turbidez	tiempo sedimentación
15	1	1	1	-1	1	1	11,20	5,49
13	2	1	1	-1	-1	1	8,34	6,07
2	3	1	1	1	-1	-1	6,52	5,48
11	4	1	1	-1	1	-1	6,55	4,53
4	5	1	1	1	1	-1	5,50	5,18
6	6	1	1	1	-1	1	5,18	5,48
5	7	1	1	-1	-1	1	9,80	6,33
12	8	1	1	1	1	-1	4,05	5,18
8	9	1	1	1	1	1	10,05	5,36
9	10	1	1	-1	-1	-1	10,10	6,05
10	11	1	1	1	-1	-1	5,49	5,11
1	12	1	1	-1	-1	-1	8,89	6,11
14	13	1	1	1	-1	1	7,80	6,02
16	14	1	1	1	1	1	10,85	6,07
7	15	1	1	-1	1	1	7,84	5,54
3	16	1	1	-1	1	-1	8,13	5,57

En la figura 34, se puede observar que existe los tiempos de sedimentación no tienen una diferencia significativa, en cuanto a pH los tiempos de sedimentación actúan en los distintos rangos estudiados, sin embargo para la

dosis de coagulante los mejores tiempos de sedimentación se registran con las concentraciones más altas de aplicación del mismo, lo mismo ocurre con la dosis de floculante, el mismo se comporta de manera directa según la actuación previa de las variables anteriores.

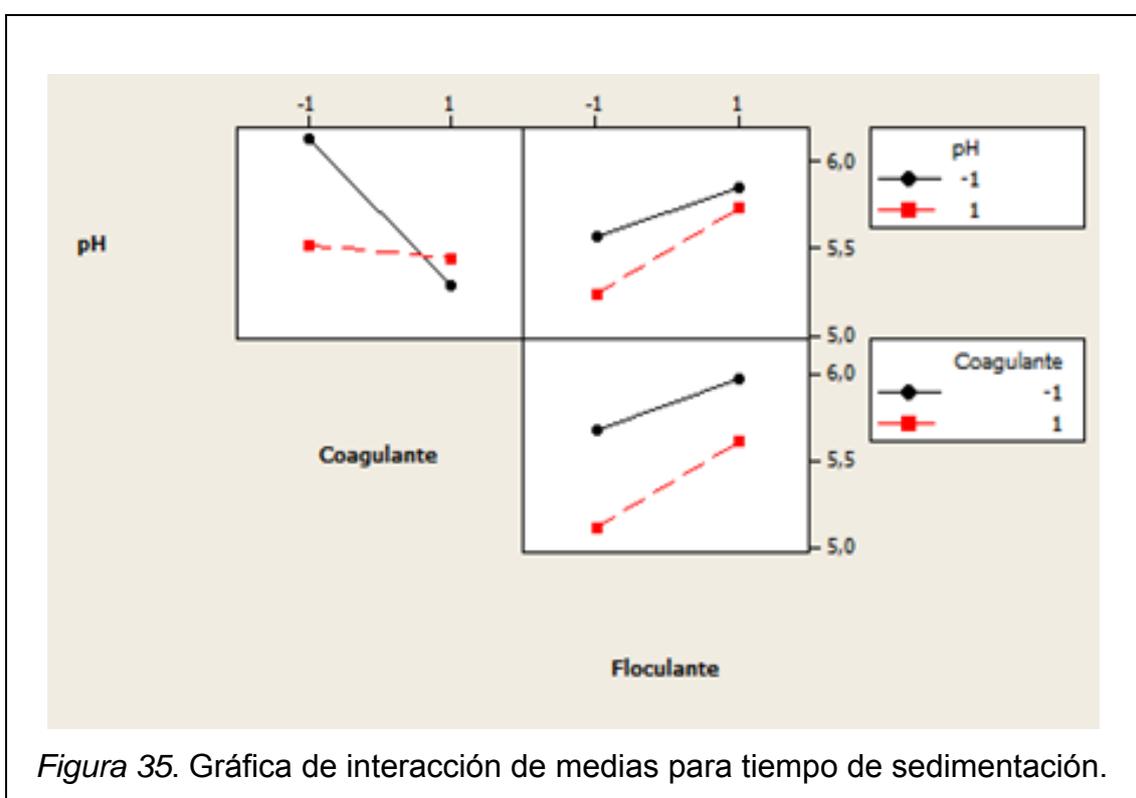
Cabe recalcar que el tiempo de sedimentación más bajo se posiciona con un valor menor de análisis de pH, alto de coagulante y alto de floculante, no obstante esta gráfica nos demuestra las medias de datos para la respuesta turbidez.



En la figura 35, se observa que cuando el pH se encuentra en su nivel más alto junto con el coagulante, el tiempo de sedimentación llega a sus resultados óptimos de tratamiento. Por otro lado cuando el floculante tiene un valor bajo el pH tiene su mejor tiempo de sedimentación.

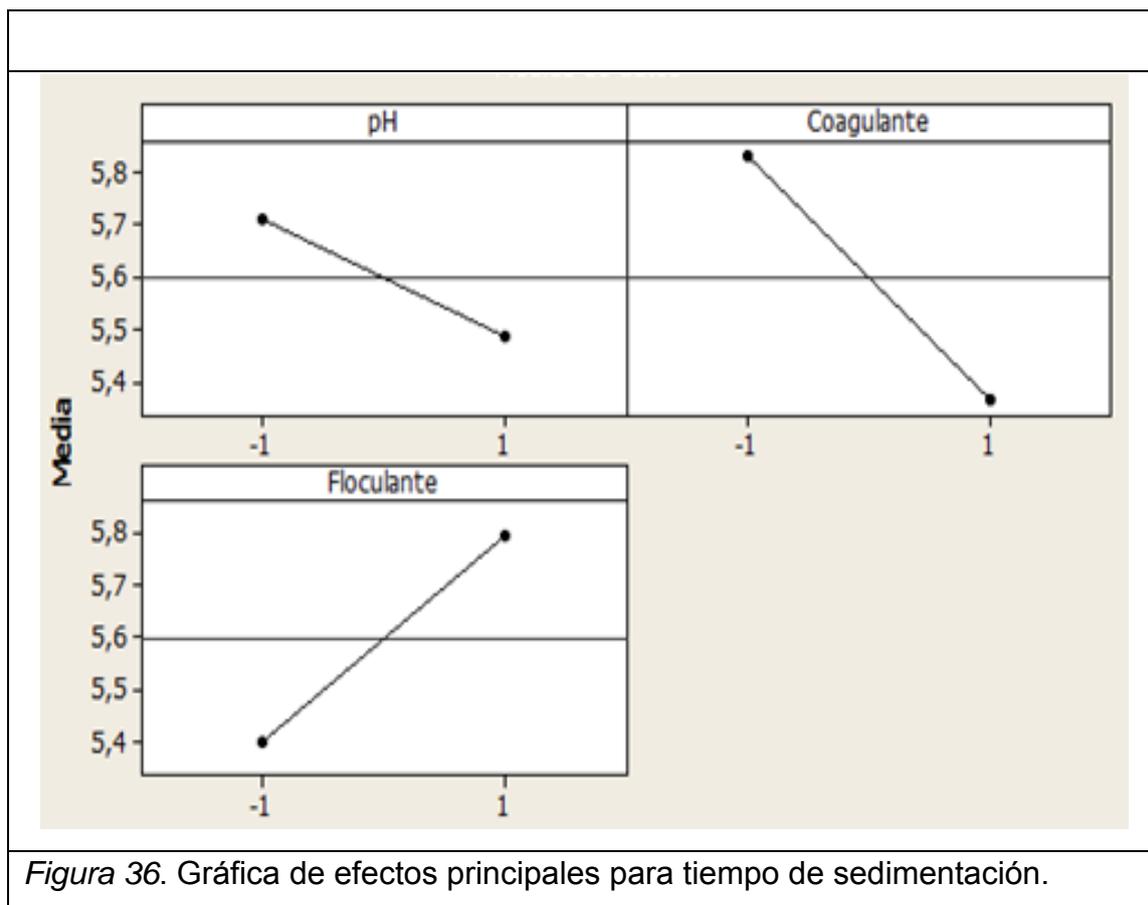
En el caso de la interacción del pH con el floculante se puede observar que el mejor resultado de turbidez se encuentra en su nivel más bajo cuando el floculante se encuentra en un valor bajo de dosificación, el coagulante no afecta de manera significativa la turbidez.

Por otro lado en cuanto a la interacción entre el coagulante y floculante se puede apreciar que los mejores resultados en tiempo de sedimentación se dan con una dosis baja de floculante.



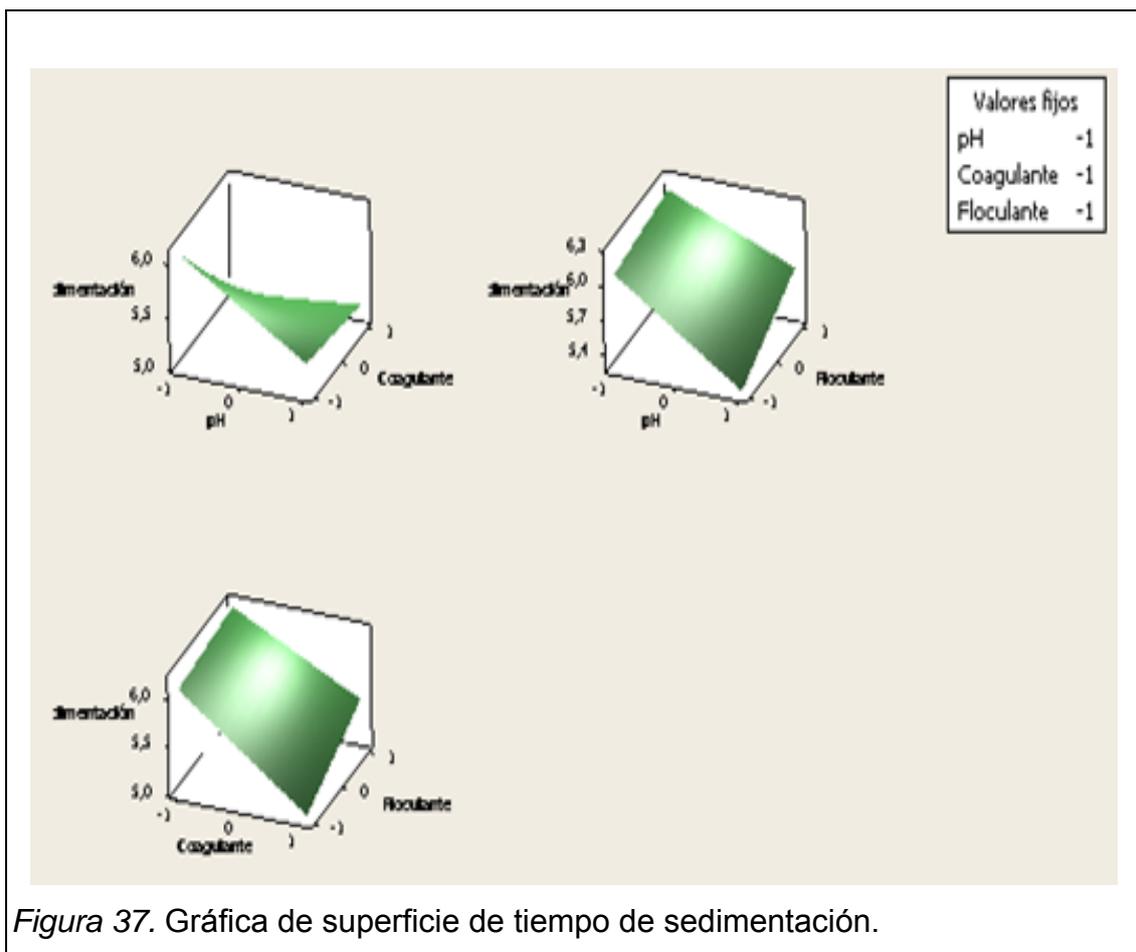
En la figura 36, mientras el pH tenga su valor más alto de análisis el tiempo de sedimentación será óptimo, lo mismo ocurre con el valor del coagulante. En cuanto a la dosificación de floculante, la misma se posiciona en una respuesta ideal cuando la dosis de floculante se encuentra en su nivel bajo.

De igual manera que en la turbidez la saturación de cargas podría afectar el tiempo de sedimentación de los coágulos a precipitar.



Nuevamente en la figura 37 podemos observar que los puntos bajos del gráfico son aquellos que tienen un valor ideal en tiempo de sedimentación según un valor alto de pH, con respecto a la dosis de coagulante este puede ser alto y bajo siempre y cuando el pH tenga su nivel mayor.

Lo mismo sucede directamente con la dosificación del floculante. Sin embargo cuando la interacción se da entre coagulante y floculante los datos óptimos para el tiempo de sedimentación se generan cuando la dosis de coagulante es alta con una dosis de floculante baja. Se puede apreciar que se debe a una separación y aglomeración.



En cuanto a la figura 38 se puede apreciar que el tiempo de sedimentación es ideal cuando el pH y el coagulante tienden a su punto alto de estudio, Por otro lado el rango del tiempo de sedimentación es ideal cuando el pH tiende a su valor alto y el flocculante se acerca a su valor bajo de análisis.

Por último la interacción entre flocculante y coagulante de muestra que con una dosis de coagulante alta y una dosis de flocculante baja, el tiempo de sedimentación es óptimo, lo cual refleja las gráficas estudiadas previamente.

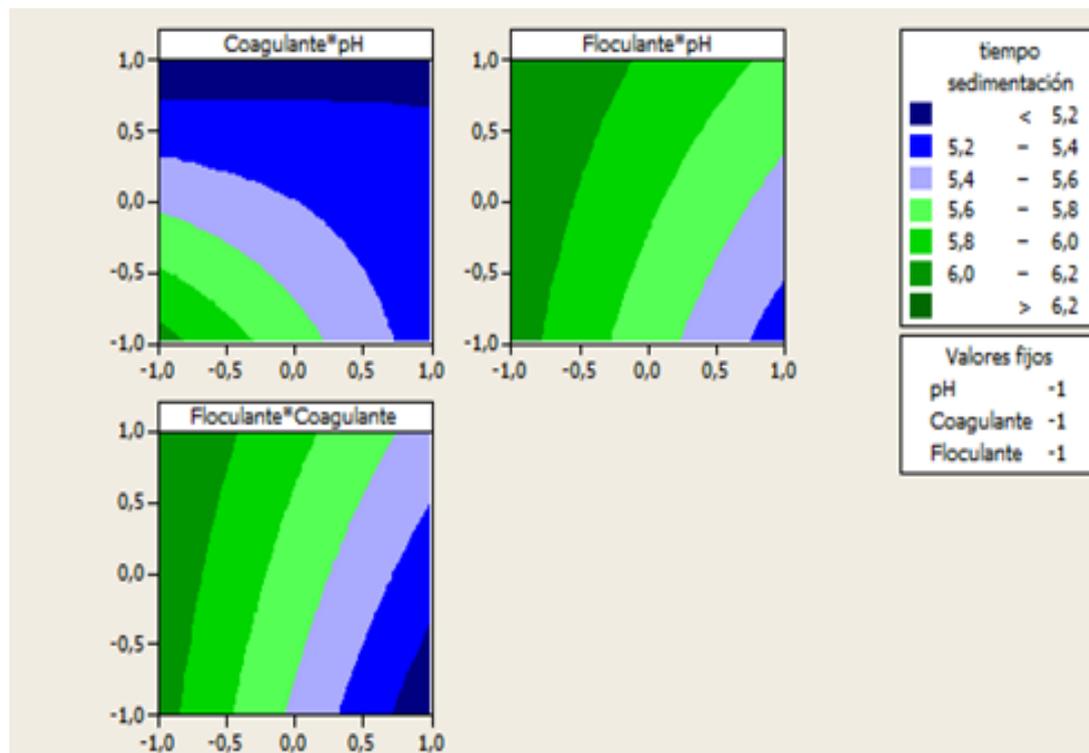


Figura 38. Gráfica de contorno de tiempo de sedimentación.

En la figura 39. Gráfica de residuos para el tiempo de sedimentación, se observan cuatro graficas que se distribuyen de manera normal, independiente y constante.

En cuanto a la probabilidad normal se aprecia que los puntos se acercan o se alejan a la línea inclinada trazada y se concluye que no existen alteraciones en el supuesto normal. De la misma manera en el gráfico de valor ajustado los puntos caen de manera normal dentro de la línea horizontal trazada, concluyendo que existe normalidad en el supuesto. De igual manera que en la turbidez las gráficas del tiempo de sedimentación se comportan en el supuesto normal de estudio sin alteración alguna.

Para nuevamente comprobar la independendencia, se puede apreciar que en la gráfica de orden los puntos trazados demuestran tendencia normal, es decir no existe alteración de este orden.

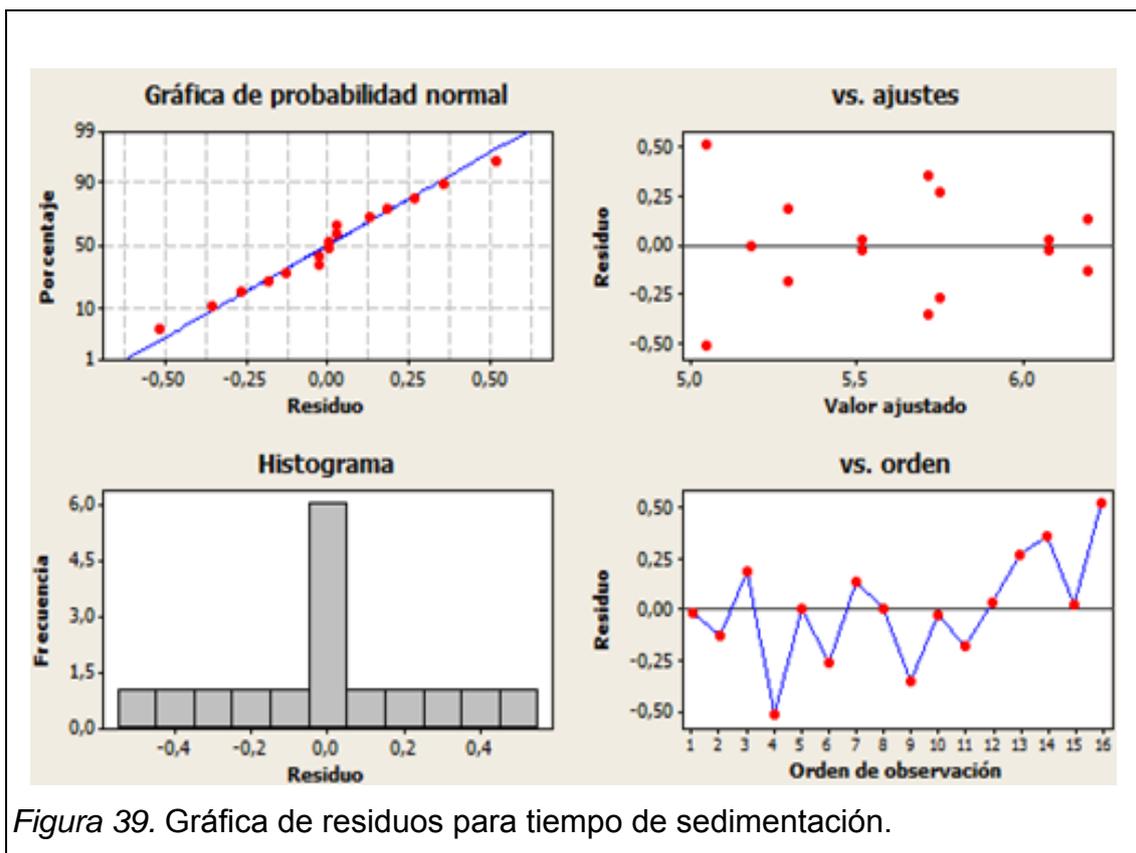
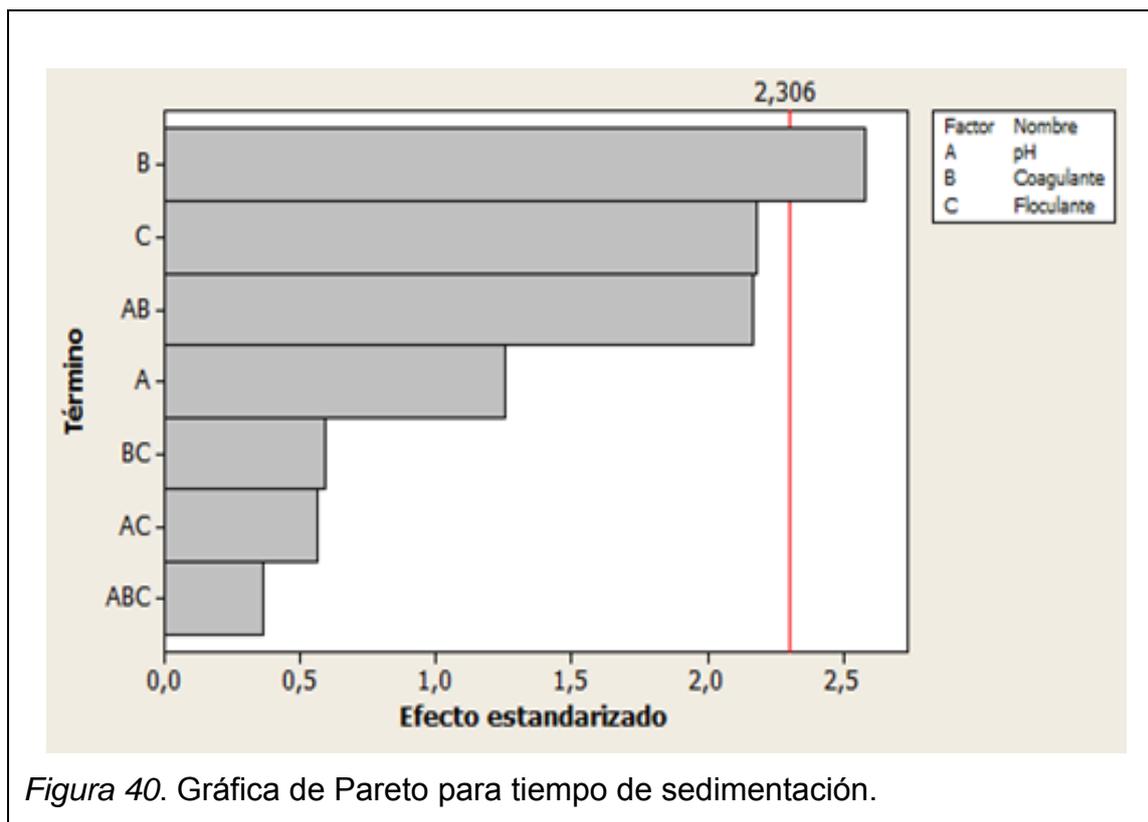


Figura 39. Gráfica de residuos para tiempo de sedimentación.

Para la Figura 40, se puede observar que el coagulante de manera independiente, interfiere en los valores óptimos del tiempo de sedimentación, esto puede deberse a un exceso o falta de dosificación lo cual puede saturar el agua a tratar.

Por otro lado podemos verificar que el floculante de manera independiente influye en la aglomeración de los flocs, lo cual favorece el tiempo de sedimentación, así como el pH depende para la desestabilización inicial de contaminantes, de igual manera la interacción entre pH y coagulante logran una desestabilización ideal de partículas para su posterior precipitación, la interacción entre coagulante u floculante logran una aglomeración específica y por último la interacción de los tres factores juntos aumentan el tiempo de sedimentación, tal como la tendencia se marca en las gráficas previas, la relación entre los tres factores determinará los valores del tiempo de sedimentación de los coágulos formados.



De igual manera según la figura 40 y la ecuación 12, las variables son estadísticamente significativas, por lo tanto los cambios en los tiempos de sedimentación, según la interacción entre los tres factores de análisis demuestran que:

$$t = \frac{t_{ma} - t_{me}}{t_{ma}} * 100 \quad (\text{Ecuación 12) eficiencia tiempo de sedimentación}$$

Siendo t_{ma} el mayor tiempo registrado al momento de interactuar los tres factores, t_{me} el menor tiempo registrado al momento de interactuar los tres factores, expresado en la tabla 23 y arrojando un resultado del 19,27% de significancia en cuanto a variación de resultados.

5.2. Análisis de la Varianza de diseño factorial 2³, para turbidez y tiempo de sedimentación.

El análisis de la varianza nos permite identificar la diferencia de medias del diseño experimental.

El análisis de la varianza permite identificar la diferencia entre las medias. Con el objetivo de confirmar el supuesto de independencia y con ello la generación de efectos considerables entre los tratamientos.

5.2.1. Análisis de la varianza de un solo factor: Turbidez NTU

Tabla 24. Tabla de grupos para turbidez.

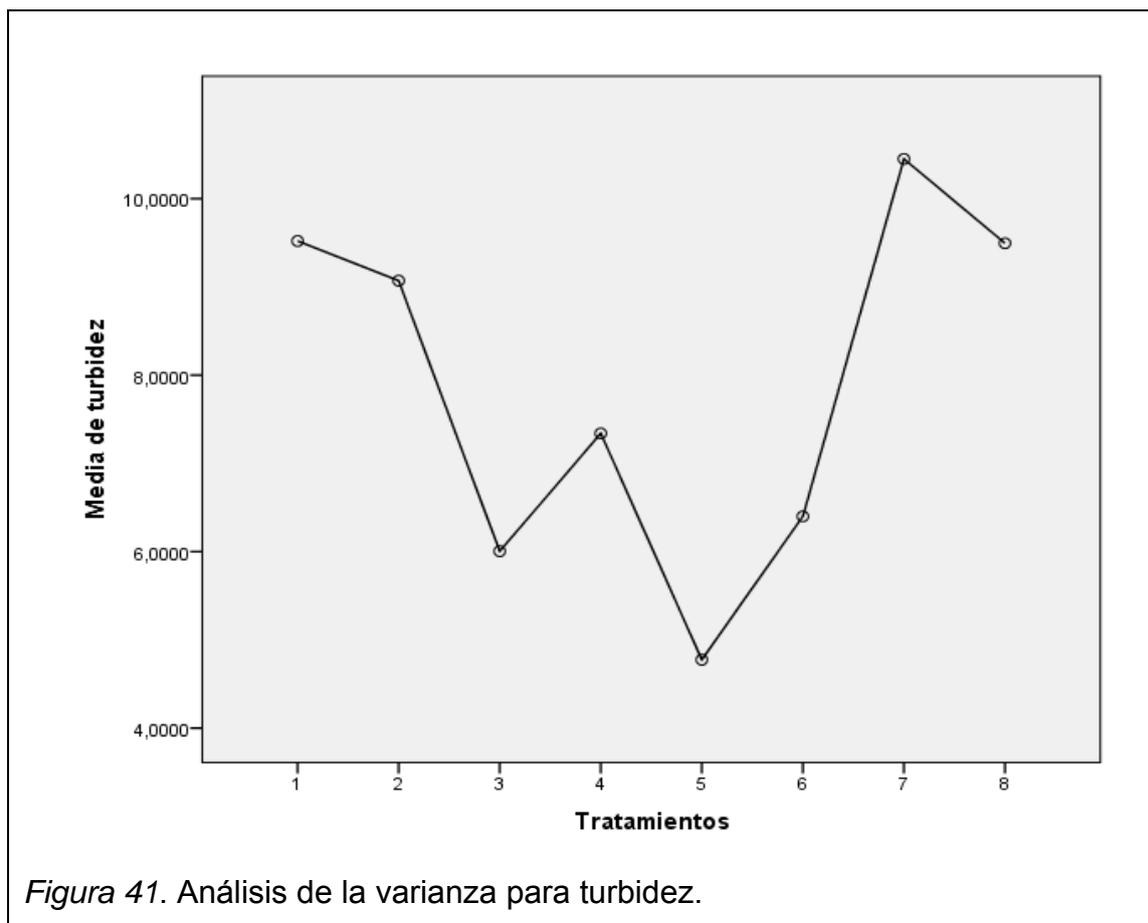
Turbidez							
N° tratamiento o grupo							
1	2	3	4	5	6	7	8
11,2	8,34	6,52	6,55	5,5	5,18	10,05	10,1
7,84	9,8	5,49	8,13	4,05	7,8	10,85	8,89

Tabla 25. Tabla descriptiva para turbidez.

Grupos	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	2	9,520000	2,3758788	1,6800000	-11,826424	30,866424	7,8400	11,2000
2	2	9,070000	1,0323759	,7300000	-,205529	18,345529	8,3400	9,8000
3	2	6,005000	,7283200	,5150000	-,538695	12,548695	5,4900	6,5200
4	2	7,340000	1,1172287	,7900000	-2,697902	17,377902	6,5500	8,1300
5	2	4,775000	1,0253048	,7250000	-4,436998	13,986998	4,0500	5,5000
6	2	6,400000	1,9798990	1,4000000	-11,388687	24,188687	5,0000	7,8000
7	2	10,450000	,5656854	,4000000	5,367518	15,532482	10,0500	10,8500
8	2	9,495000	,8555992	,6050000	1,807746	17,182254	8,8900	10,1000
Total	16	7,881875	2,1973840	,5493460	6,710972	9,052778	4,0500	11,2000

Tabla 26. Tabla ANOVA de un factor (turbidez).

Origen de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	57,915	7	8,274	4,561	,025
Intra-grupos	14,513	8	1,814		
Total	72,427	15			



Claramente en la figura 41 se puede observar la independencia y diferencia de las medias de los tratamientos para el factor de respuesta turbidez.

Demostrando una diferencia significativa en cada tratamiento con su respectiva réplica, lo cual confirma el supuesto de independencia de los valores analizados y lleva a la conclusión que los factores estudiados tienen una influencia positiva en el tratamiento.

5.2.2. Análisis de la varianza de un solo factor: Tiempo de sedimentación.

Tabla 27. Tabla de grupos para Tiempo de sedimentación.

Tiempo sedimentación							
N° tratamiento o grupo							
1	2	3	4	5	6	7	8
5,49	6,07	5,48	4,53	5,18	5,48	5,36	6,05
5,54	6,33	5,11	5,57	5,18	6,02	6,07	6,11

Tabla 28. Tabla descriptiva para tiempo de sedimentación.

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	2	5,515000	,0353553	,0250000	5,197345	5,832655	5,4900	5,5400
2	2	6,200000	,1838478	,1300000	4,548193	7,851807	6,0700	6,3300
3	2	5,295000	,2616295	,1850000	2,944352	7,645648	5,1100	5,4800
4	2	5,050000	,7353911	,5200000	-1,557226	11,657226	4,5300	5,5700
5	2	5,180000	0E-7	0E-7	5,180000	5,180000	5,1800	5,1800
6	2	5,510000	,7212489	,5100000	-,970164	11,990164	5,0000	6,0200
7	2	5,715000	,5020458	,3550000	1,204297	10,225703	5,3600	6,0700
8	2	6,080000	,0424264	,0300000	5,698814	6,461186	6,0500	6,1100
Total	16	5,568125	,5022512	,1255628	5,300494	5,835756	4,5300	6,3300

Tabla 29. Tabla ANOVA de un factor (tiempo de sedimentación)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2,365	7	,338	1,906	,193
Intra-grupos	1,418	8	,177		
Total	3,784	15			

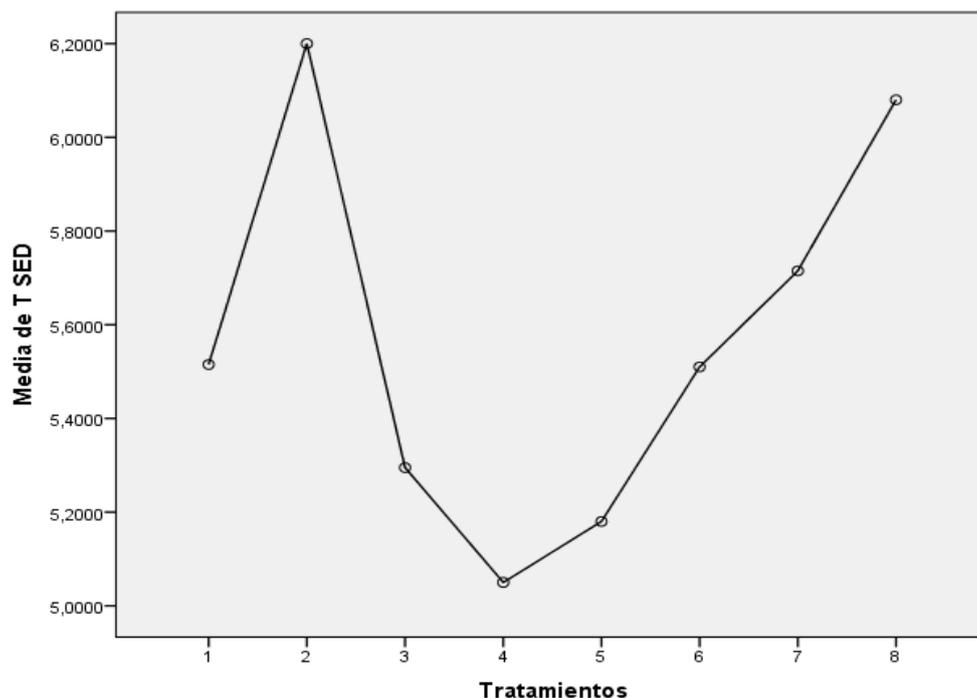


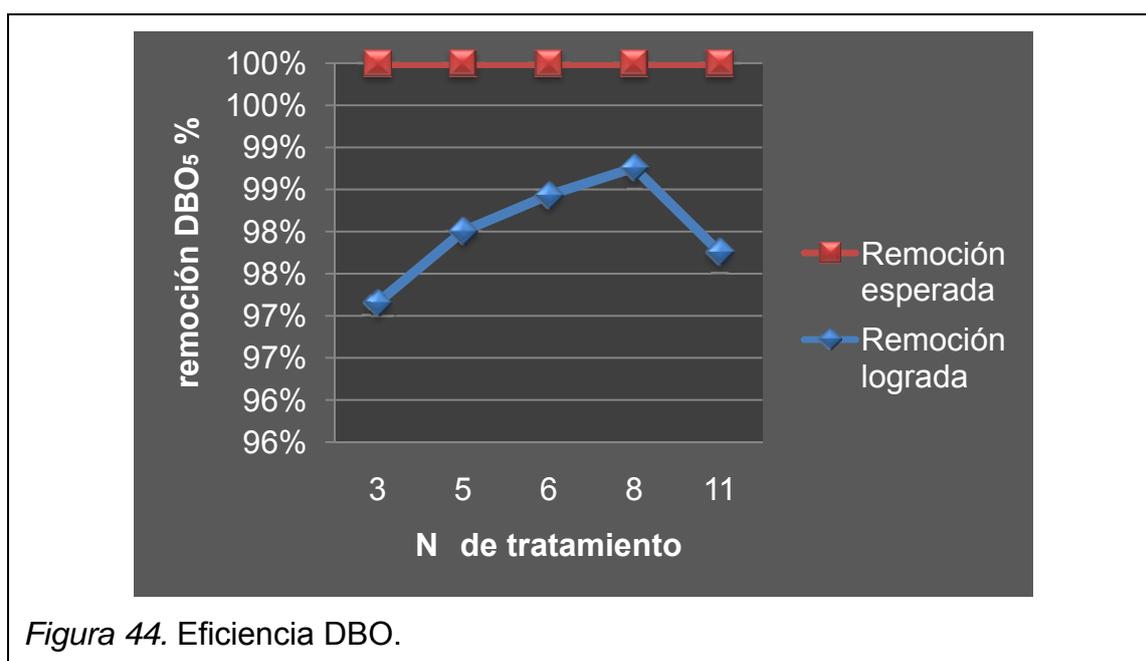
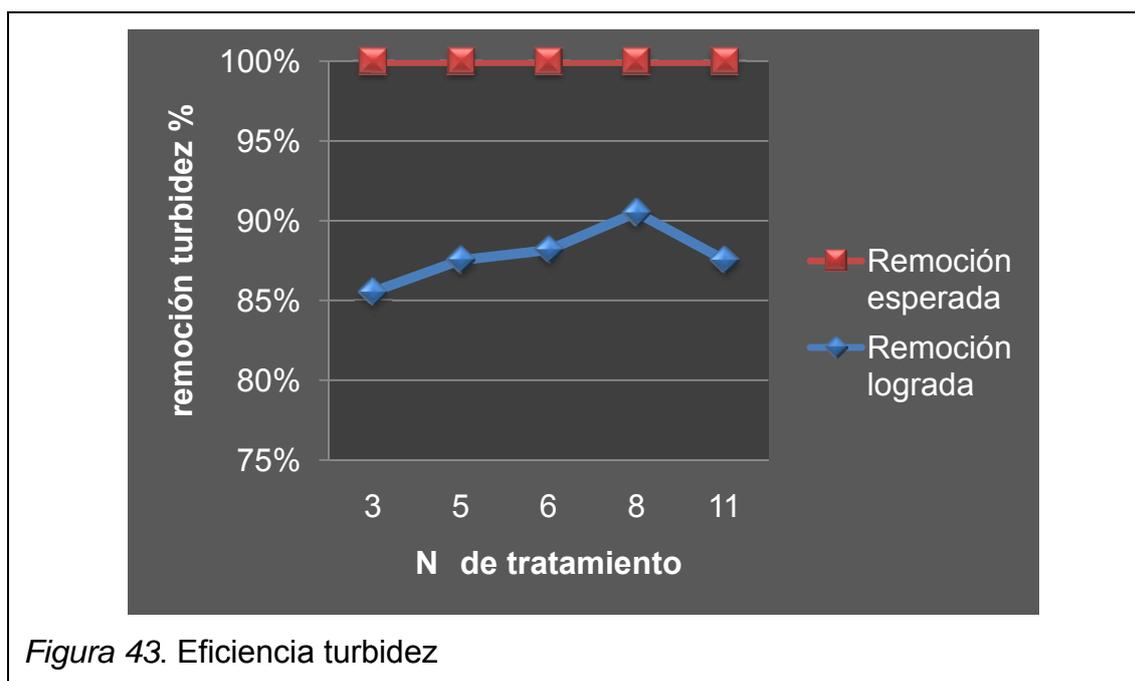
Figura 42. Análisis de la varianza para turbidez.

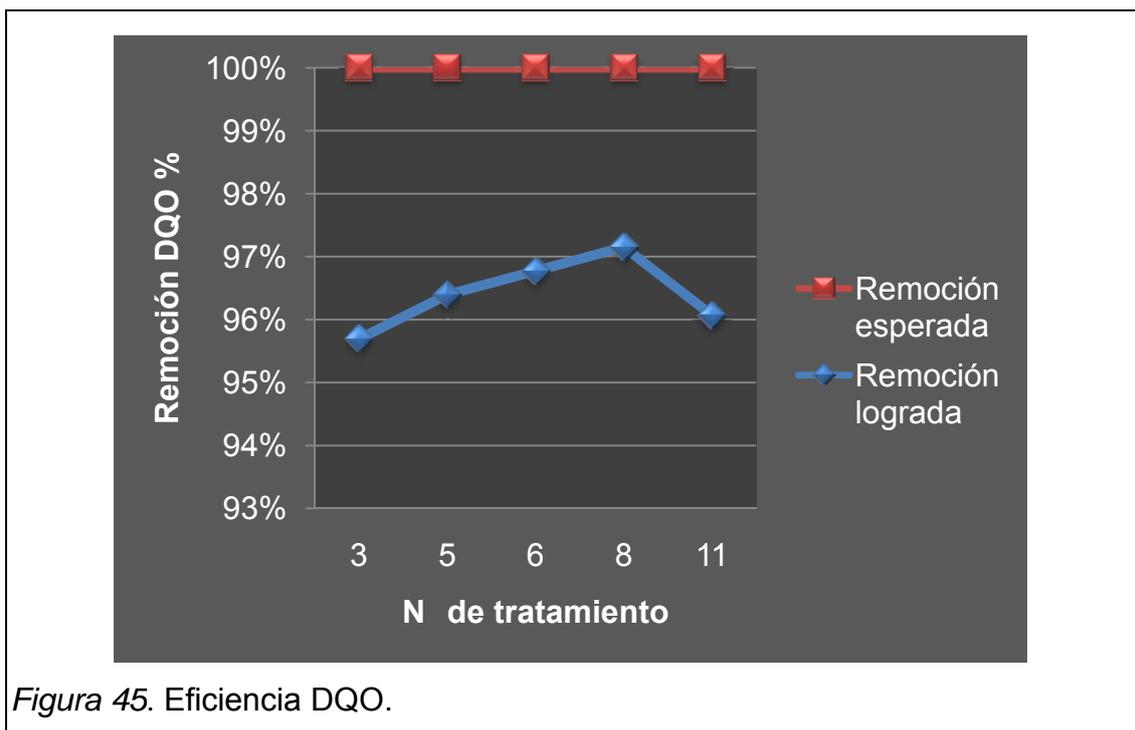
Nuevamente en la Figura 42 se puede observar la independencia y diferencia de las medias de los tratamientos para el factor de respuesta tiempo de sedimentación. Demostrando una diferencia significativa en cada tratamiento con su respectiva réplica. Demostrando nuevamente la influencia directa de los factores estudiados y su relación con la influencia positiva del tratamiento realizado.

5.3. Eficiencia del proceso de reingeniería del sistema de tratamiento de aguas residuales

Los análisis en cuanto a la eficiencia en la reingeniería del STAR, basados en los efectos obtenidos durante el tratamiento físico – químico de las aguas residuales de la planta procesadora Induash. Cía. Ltda., serán tomadas en cuenta a partir de los mejores resultados en la remoción tanto de turbidez como de DBO5 y DQO.

Esta remoción es medida de acuerdo al diferencial de turbidez inicial menos la resultante, lo mismo será realizado con el DBO5 y DQO. Estas diferencias de valores son analizados para poder comparar y analizar el tratamiento óptimo en remoción de turbidez, DBO5 y DQO. Estos análisis fueron realizados con los mejores valores obtenidos de turbidez, según la orden de corrida de la tabla 23, con estos mejores resultados se midió también el DBO5 y DQO.





Como indican las figuras representadas, estos son los mejores resultados en cuanto a la eficiencia del tratamiento calibrado, comparando valores iniciales vs valores finales, sin embargo el resultado que demuestra mayor eficiencia en la combinación del diseño 2^3 , es el tratamiento número 8 que corresponde a la combinación de pH y coagulante en su nivel mayor de análisis y floculante en su nivel menor de análisis.

6. Análisis económico

6.1. Análisis costo/beneficio

Dentro de este estudio de investigación el análisis económico permite identificar los beneficios, valorar los criterios y tomar las mejores decisiones en cuanto a costos y acciones que a pequeño, medio y largo plazo puede beneficiar al tomador de decisiones, en este caso a la empresa INDUASH. Cía. Ltda., con el propósito de buscar un equilibrio social, económico y ambiental relacionado al proyecto.

Para la empresa Induash el beneficio de la inversión se traduce en estimaciones de evitar impacto ambiental lo cual se aprecia mediante la siguiente fórmula

$$A - B = C \quad (\text{Ecuación 13}) \quad \text{determinación beneficio ambiental}$$

Donde:

- A = consumo teórico de agua
- B = agua tratada al día.
- C = beneficio ambiental.

El consumo teórico del agua en la empresa INDUASH. Cía. Ltda., para el proceso industrial es de 20000 litros de agua potable y el tratamiento al día de agua proveniente de procesos industriales es de 14m³ en su caudal pico en ciertas épocas del año, es decir que el beneficio ambiental en cuanto a descarga de agua residual industrial tratada es de 14000 litros al día de manera aproximada, los 6000 litros restantes son utilizados en consumo y/o son desperdiciados.

Entonces en términos de beneficio ambiental en cuanto al tratamiento de agua residual industrial tratada en la empresa INDUASH. Cía. Ltda., es del 70%, del 30% restante se puede estimar un uso del 20% y un desperdicio del 10%. Además de evitar multas y sanciones que el DMQ podría establecer en caso de no cumplir con un medio de tratamiento de agua residual industrial que disminuya el impacto ambiental de las industrias dentro del Distrito Metropolitano de Quito, estos beneficios pueden ser también incluidos dentro de la responsabilidad social de la empresa con sus vecinos, ya que al encontrarse en un barrio residencial y al manejar volúmenes considerables de agua residual puede perjudicar el entorno social en el que se sitúa, es por esta razón que descargar agua tratada de efluentes industriales, disminuye la propagación de vectores alrededor del barrio de la planta industrial de Induash.

6.2. Estudio económico de la propuesta

Para el estudio económico de la propuesta, previo a la implementación, acoplamiento o mejora de materiales o equipos y según la eficiencia de los productos químicos para el tratamiento, se tomó en cuenta la cantidad de producto a utilizar vs el costo del producto a utilizar, posterior a la calidad de los reactivos químicos para el tratamiento también se analizó el tiempo de tratamiento vs la energía empleada para el tratamiento, para el análisis de tiempo vs consumo energético se realizó de manera previa un análisis energético de consumo según los artefactos y su tiempo de uso para el STAR. Ver anexo 2 para un detalle mayor del análisis.

Tabla 30. Costos operacionales STAR Induash.

Costos operacionales STAR INDUASH. Cía. Ltda.					
producto	cantidad (lt o kg)	número de tratamientos por día	días uso al mes	costo (lt o kg)	costo mensual
regulador de ph en litros	968	2	44	\$ 0,20	\$ 193,60
coagulante PAC en litros	1100	2	44	\$ 0,16	\$ 176,00
floculante en litros	330	2	44	\$ 0,14	\$ 46,20
microorganismos en kilos	4	2	44	\$ 60,00	\$ 240,00
Artefacto	Cantidad	numero de tratamientos por día	total horas uso/día	horas uso/mes	costo mensual
Bombas pistón 2hp	2	2	2	88	\$ 10,02
agitador	2	2	1	44	\$ 10,02
compresor aire	1	2	8	352	\$ 50,05
TOTAL					\$ 725,89

Hay que tomar en cuenta que para la cantidad aplicada y el tiempo de tratamiento del STAR, se estiman dos tratamientos al día por 6 días a la semana, es decir 44 tratamientos al mes, además el costo del Policloruro de aluminio (PAC) y del Hidróxido De Sodio (NaOH) es al 20%, los costos del NaOH se han tomado en cuenta para regular de manera constante e instantánea el pH del agua cruda, pese a que no siempre es necesaria su utilización, esto dependerá de la carga diaria, sin embargo los costos representados están basados a un consumo diario estimado, por otro lado el costo levantado para la poliacrilamida se encuentra a una concentración del 0,1%.

6.3. Implementación del proyecto

El STAR en la planta Induash. Cía. Ltda., ha sido instalado desde el año 2012, es decir desde el inicio de instalación de distintos equipos que han servido para el tratamiento de las aguas residuales de la planta procesadora, sin embargo en este estudio se han tomado en cuenta los costos de inversión de los equipos e insumos que sirven actualmente para el tratamiento y no del material que ha sido reemplazado.

Tabla 31. Costos de implementación STAR Induash.

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tanque 5000lts	4	\$ 861,42	\$ 3.445,68
Válvula de flotador	4	\$ 44,27	\$ 177,07
Radar P/Cisterna	4	\$ 25,00	\$ 100,00
Manómetro De 100 PSI	4	\$ 3,79	\$ 15,18
Switch Presión	4	\$ 12,05	\$ 48,21
Racor De 5 Vías P/Bomba	4	\$ 8,11	\$ 32,43
Tanque hidroneumático	4	\$ 100,00	\$ 400,00
Válvula de bola 1"	25	\$ 6,95	\$ 173,66
Válvula check 1"	2	\$ 27,00	\$ 54,00
Tubo PVC P Roscable 1"	6	\$ 20,16	\$ 120,96
Codo 1"	10	\$ 1,24	\$ 12,41
Tee 1"	25	\$ 1,54	\$ 38,39
Neplo corrido 1"	35	\$ 0,68	\$ 23,75
Teflón	50	\$ 0,26	\$ 12,95
Bombas 2hp	4	\$ 250,00	\$ 1.000,00
Motoreductor	2	\$ 400,00	\$ 800,00
Alambre galvanizado n18	1	\$ 2,31	\$ 2,31
Bushing	1	\$ 0,54	\$ 0,54

Tubo anillado flex	50	\$ 0,15	\$ 7,50
Cajetín metal octogonal	1	\$ 0,40	\$ 0,40
Tapa redonda metal	1	\$ 0,22	\$ 0,22
Cable solido	1	\$ 78,46	\$ 78,46
Taípe eléctrico	0,82	\$ 2,00	\$ 1,64
Bases tanques	4	\$ 800,00	\$ 3.200,00
Instalación tanques	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Agitadores con paletas	2	\$ 400,00	\$ 800,00
Filtro de arena	1	\$ 580,00	\$ 580,00
Mano de obra plomero	2	\$ 300,00	\$ 600,00
Mano de obra eléctrico	1	\$ 300,00	\$ 300,00
SUBTOTAL			\$ 12.225,77
IVA	12%		\$ 1.467,09
TOTAL			\$ 13.692,86

La implementación total del proyecto ha tenido un valor de \$13.692,86 dólares americanos para la operación diaria de 14 m³, tomando en cuenta que la implementación ha empezado desde el 2012 y se han sustituido algunos insumos, los costos representativos de inversión que permiten lograr el funcionamiento diario del STAR es del valor representado.

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

Se finalizó con éxito el proyecto de investigación, logrando implementar cambios al STAR de la planta procesadora INDUASH. Cía. Ltda., identificando, calibrando y mejorando procesos independientes del tratamiento de aguas residuales lo cual se refleja en una reingeniería al sistema integral de tratamiento, cumpliendo con los objetivos planteados al inicio de la investigación.

Se identificaron errores previos de tratamiento y se suplieron por métodos y técnicas de tratamiento estudiadas, lo cual niveló el agua cruda a tratar, facilitó el tratamiento y mejoró el agua de descarga de tratamiento.

Se determinó la caracterización del agua cruda y se logró cumplir con los parámetros permisibles de descarga de efluentes industriales establecidos en la ordenanza 404 del DMQ, realizando un análisis comparativo previo y posterior a las calibraciones de tratamiento establecidas.

Posterior al tratamiento integral de las aguas residuales, se disminuyó significativamente la turbidez, DBO5 y DQO inicial vs turbidez, DBO5 y DQO final, cumpliendo los límites de descarga establecidos.

Se planteó un manual de tratamiento y las debidas capacitaciones teóricas-prácticas al personal de planta encargado del tratamiento de las aguas residuales de la planta procesadora.

El valor inicial del pH en el agua cruda es una variable importante a considerar para lograr resultados óptimos en el tratamiento físico-químico, el pH del agua cruda varía entre 6 y 7; sin embargo se debe controlar de

manera continua previa a iniciar un tratamiento para poder asegurar la calidad del agua tratada.

El paso final del efluente tratado por un filtro cumple la función de retener cualquier sólido en suspensión que se haya pasado del proceso de sedimentación y que pueda alterar la calidad final del agua.

Se pudo establecer un análisis económico que refleja un estudio minucioso independiente e integral de la operación del STAR de la planta procesadora, demostrando los costos de inversión en la implementación de equipos e insumos, así como los respectivos costo de operación.

7.2. Recomendaciones

Los lodos residuales provenientes de las trampas de grasa y del tratamiento final del agua residual se deben remover cada quince días por su respectivo gestor de lodos, con la finalidad de evitar un exceso en su acumulación, así como para prevenir una descomposición de estos lodos que pueda alterar la calidad del agua.

La medición del pH previo a cualquier tratamiento físico - químico debe ser regular para asegurar un tratamiento ideal y evitar un gasto en los productos químicos aplicados.

El monitoreo diario por parte de un operador de los equipos e insumos es de importancia para prevenir cualquier contaminación cruzada debido a fallas en la maquinaria de tratamiento que pueda desembocar en derrames de agua cruda, de igual manera el operador debe verificar el control de los productos químicos y debe ser continuamente capacitado en el manejo de fichas técnicas y MSDS de los productos por parte del proveedor.

La mejora continua de equipos y tecnología de tratamiento que facilite los procesos de operación y monitoreo de los procesos de tratamiento.

El estudio de un proyecto de investigación complementario para poder aprovechar el agua tratada en algún proceso industrial sería de ayuda para la planta procesadora INDUASH. Cía. Ltda., con la finalidad de ahorrar el consumo de agua pública suplantándola por agua tratada. Así como una posible incorporación y tratamiento del agua lluvia en algún proceso industrial que demuestre un ahorro de consumo.

REFERENCIAS

- Albornoz, C. (14 de septiembre de 1992). *Aguas contaminadas riegan sembríos vecinos a Quito*. Diario El Hoy, Quito, Ecuador. Recuperado el 10 de Agosto del 2013 de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/aguas-contaminadas-riegan-sembríos-vecinos-a-quito-56370.html>
- Aquagroup. (2013). Soluciones en tratamientos de agua. Aguas industriales. Recuperado el 26 de Abril del 2013 de: <http://www.aquagroup.ec/aguas-industriales.html>
- C.J. Collazos. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas e Industriales, p.16-44. Recuperado el 07 de Enero del 2014 de: http://www.ing.unal.edu.co/catedra/drs_diaz_collazos/TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DOMESTICAS%20E%20INDUSTRIALES.pdf
- Cámara, L., Hernández, M., Paz, L. (2010). *Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias*, p.3. Recuperado el 22 de Agosto del 2013 de: http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD%20DE%20CIENCIAS%20MATEM%C3%81TICAS%20F%C3%8DSICAS%20Y%20QU%C3%8DMICAS/INGENIER%C3%8DA%20QU%C3%8DMICA/09/Dise%C3%B1o%20de%20planta/manual_tratamiento.pdf
- Clesceri.L. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (21st ed). p 5 – 14. Washington, DC, USA. American Public Health Association.
- Cinética ambiental (2013). Policloruro de aluminio, p.1. Recuperado el 15 de marzo del 2014 de: <http://www.policlorurodealuminio.com/policloruro-de-aluminio.html>
- Derecho Ambiental (2013), Ordenanza 404, capítulo V, recuperado el 10 de Agosto del 2013 de: <http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ordenanza-404-Distrito-Metropolitano-Quito-Capitulo-V.html>

- EPMAPS. (2013). Proyectos prioritarios. *Programa para la descontaminación de los ríos en Quito*. Recuperado el 10 de Agosto del 2013 de: http://www.emaapq.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=102&Itemid=297
- F. Kemmer. J. Mc Callion (1990). *Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. (2da. ed). p. 10-20. México: McGraw-Hill.
- INDUASH Cía. Ltda. (2012). Manual de buenas prácticas de manufactura, p. 3. Quito, Ecuador.
- INDUASH Cía. Ltda. (2012). Manual de buenas prácticas de manufactura, p. 4. Quito, Ecuador.
- J.M. Cogollo (2010). *Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados*. p. 3. Colombia. UNAL.
- L. D. Cámara, M. Hernández, L. Paz. (2010). Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias, p.3. Recuperado el 22 de Agosto del 2013 de: http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD%20DE%20CIENCIAS%20MATEM%C3%81TICAS%20F%C3%8DSICAS%20Y%20QU%C3%8DMICAS/INGENIER%C3%8DA%20QU%C3%8DMICA/09/Dise%C3%B1o%20de%20planta/manual_tratamiento.pdf
- M. Pazmiño (2012). Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Capítulo 3, p. 4-7. Quito, Ecuador.
- M. Pazmiño (2012). Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Capítulo 3, p. 5-6. Quito, Ecuador.
- Manahan, Stanley. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. (2da ed). p.163. Barcelona, España: Reverté.
- M. Pazmiño (2012). Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Capítulo 1, p. 3-4. Quito, Ecuador.
- Nelson L. Nemerrow, Avijit Dasgupta. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. (1ra.ed), p 441. Madrid, España: Díaz de Santos.

- Nelson L. Nemerrow, Avijit Dasgupta. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. (1era.ed). p 441-442. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Ordenanza 404. (2013). Resolución N°002, Guía de parámetros mínimos por sector productivo, p. 31. Quito, Ecuador.
- Proquimsa (2013). Productos clorados, p.1. Recuperado el 25 de Enero del 2014 de: <http://www.proquimsaec.com/index.php/categorias-de-productos/clorados.html>.
- Proquimsa (2013). Productos clorados, p.7. Recuperado el 25 de Enero del 2014 de: <http://www.proquimsaec.com/index.php/categorias-de-productos/clorados/113-soda-caustica-50.html>.
- Romero. J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. (3era. ed). p.17. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero. J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. (3era. ed). p.17. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero. J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. (3era. ed). p.38. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero. J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. (3era. ed). p.54. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero. J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. (3era. ed). p. 54-55. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- R. S. Ramalho. (1996). *Introduction to wastewatertreatment*. (2da. ed). p 3. Barcelona, España: Reverté.
http://www.productosquimicosmexico.com.mx/floculante_no_ionico.aspx
- R. S. Ramalho. (1996). *Introduction to waste water treatment*. (2daed). p 93-96. Barcelona, España: Reverté.

- R. Perry (1996). *Manual del Ingeniero Químico*. (6taed). Tomo II. Sección 6-6 – 6-8. México: McGraw-Hill.
- S.E. Manahan. (2007). *Introducción a la química ambiental*. (2da. ed). p. 76. Barcelona, España: Reverté.
- S.E. Manahan. (2007). *Introducción a la química ambiental*. (2da. ed). p. 77-82. Barcelona, España: Reverté.
- S.E. Manahan. (2007). *Introducción a la química ambiental*. (2da. ed). p. 82-83. Barcelona, España: Reverté.
- SIAMEX (2013). Productos químicos para la industria. Recuperado el 15 de marzo del 2014 de:
- UNAM (2013). Hoja de seguridad II. Hidróxido de Sodio, p.1. Recuperado el 25 de Enero del 2014 de:
<http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/2hsnaoh.pdf>
- UNAM. (2013). Teoría de DEBYEHUCKEL, p. 1. Recuperado el 25 de mayo 2014 de:
depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TEORIADEDEBYEHUCKEL_22646.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO STAR. INDUASH. CÍA. LTDA.

I. DESCRIPCIÓN DEL STAR

I.1. Componentes del Sistema de Tratamiento

El Sistema de Tratamiento de aguas residuales está compuesto de los siguientes procesos:

- a) Sistema de pre-tratamiento y estructura de llegada.
- b) Sistema de Bombeo
- c) Sistema de Homogenización y Dosificación
- d) Sistema de Acopio y tratamiento
- e) Sistema de Salida

I.2. Características de los componentes del Sistema de Tratamiento

- a) **Sistema de pre-tratamiento y estructura de Llegada:** cisterna ubicada al final del proceso de trampas de grasa y sedimentación. En esta cisterna se ubica el sensor de nivel el cual permite el autoencendido y autoapagado del Sistema de Bombeo. Es preferible que esta cisterna esté libre de natas de grasa sobrenadante.





Sensor de nivel o radar

b) **Sistema de Bombeo:** bombas que llevan el agua hacia el Sistema de Acopio y entre los tanques de tratamiento.



c) **Sistema de homogenización y dosificación:** lugar donde se homogeniza el agua cruda y posteriormente se dosifica el químico para el tratamiento. Cuenta con una válvula en una tubería de succión, la cual está conectada a su vez a una caneca de producto químico.



**Válvula Check,
tubo de succión**

d) **Sistema de Acopio y tratamiento:** netamente son los tanques de tratamiento los cuales se encuentran sobre bases metálicas. Cada tanque cuenta con un flotador el cual cierra la entrada de agua al tanque cuando este se llena.



Válvula de flotador

e) **Sistema de Salida:** Se considera la salida para el agua tratada y para los lodos residuales producto del tratamiento diario.



Válvula evacuación de lodos en tanque



Bomba y filtro de salida de agua tratada

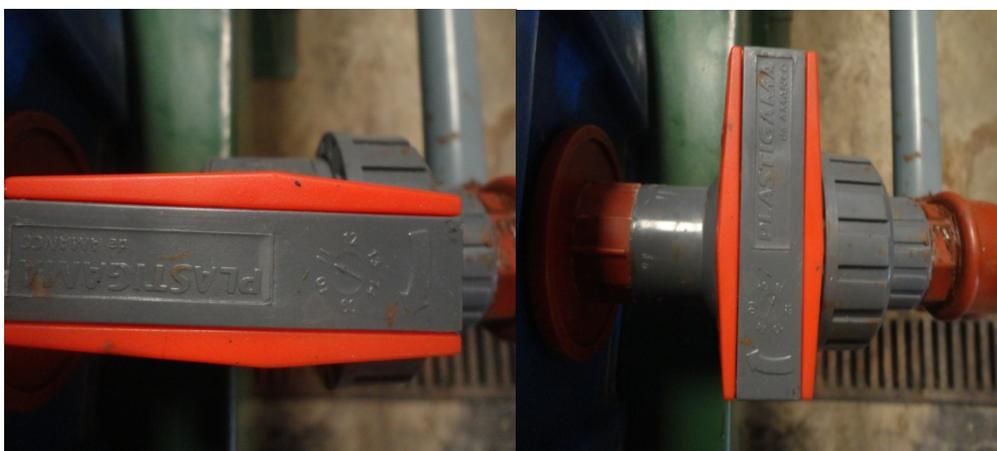
II. OPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL STAR

TÉRMINOS CLAVE	
PTAR-1	Planta de Tratamiento de Agua Residual 1
B-1	Bomba de llenado
B-2	Bomba de tanque 1 a tanque 2
B-3	Bomba de tanque 2 a tanque 3
VD	Válvula de Dosificación
F-1	Filtro de agua.
SP	Switch de presión para Bombeo
SMH	Switch para motoreductor homogenizador
SMA	Switch para motoreductor agitador
VI	Válvula de Ingreso de agua al Sistema de Acopio
VI-1	Válvula de Ingreso de agua al primer Tanque
VI-2	Válvula de Ingreso de agua al segundo Tanque
VI-3	Válvula de Ingreso de agua al tercer Tanque
VI-4	Válvula de Ingreso de agua al cuarto Tanque
F-1	Flotador del Tanque 1
F-2	Flotador del Tanque 2
F-3	Flotador del Tanque 3
F-4	Flotador del Tanque 4
T-1	Tanque 1
T-2	Tanque 2
T-3	Tanque 3
T-4	Tanque 4
TC	Tanque compresor de aire
VA	Válvula de Desfogue de Agua
VA1-1	Válvula 1 de Desfogue de Agua del Tanque 1
VA1-2	Válvula 2 de Desfogue de Agua del Tanque 1
VA1-3	Válvula 3 de Desfogue de Agua del Tanque 1

VA2-1	Válvula 1 de Desfogue de Agua del Tanque 2
VA2-2	Válvula 2 de Desfogue de Agua del Tanque 2
VA2-3	Válvula 3 de Desfogue de Agua del Tanque 2
VA3-1	Válvula 1 de Desfogue de Agua del Tanque 3
VA3-2	Válvula 2 de Desfogue de Agua del Tanque 3
VA3-3	Válvula 3 de Desfogue de Agua del Tanque 3
VA4-1	Válvula 1 de Desfogue de Agua del Tanque 4
VA4-2	Válvula 2 de Desfogue de Agua del Tanque 4
VA4-3	Válvula 3 de Desfogue de Agua del Tanque 4
VL	Válvula de Desfogue de Lodos
VL-1	Válvula de Desfogue de Lodos del Tanque 1
VL-2	Válvula de Desfogue de Lodos del Tanque 2
VL-3	Válvula de Desfogue de Lodos del Tanque 3
VL-4	Válvula de Desfogue de Lodos del Tanque 4

Válvula Abierta

Válvula Cerrada



- **Proceso de bombeo, homogenización, dosificación y descarga.**
 - a) Verificar que **estén cerradas** todas las VA del T-1 y VL de todos los tanques.
 - b) Verificar que **esté abierta** la VI.

- c) Verificar que **esté abierta** la VI-1.
- d) Encender SP para iniciar el bombeo con B-1
- e) Encender SMH para homogenización mientras ocurre el llenado de T-1
- f) El momento de llenarse el T-1, el F-1 cerrará la válvula del flotador de manera automática generando una sobrepresión, este efecto hará que el tanque hidroneumático apague la bomba de llenado



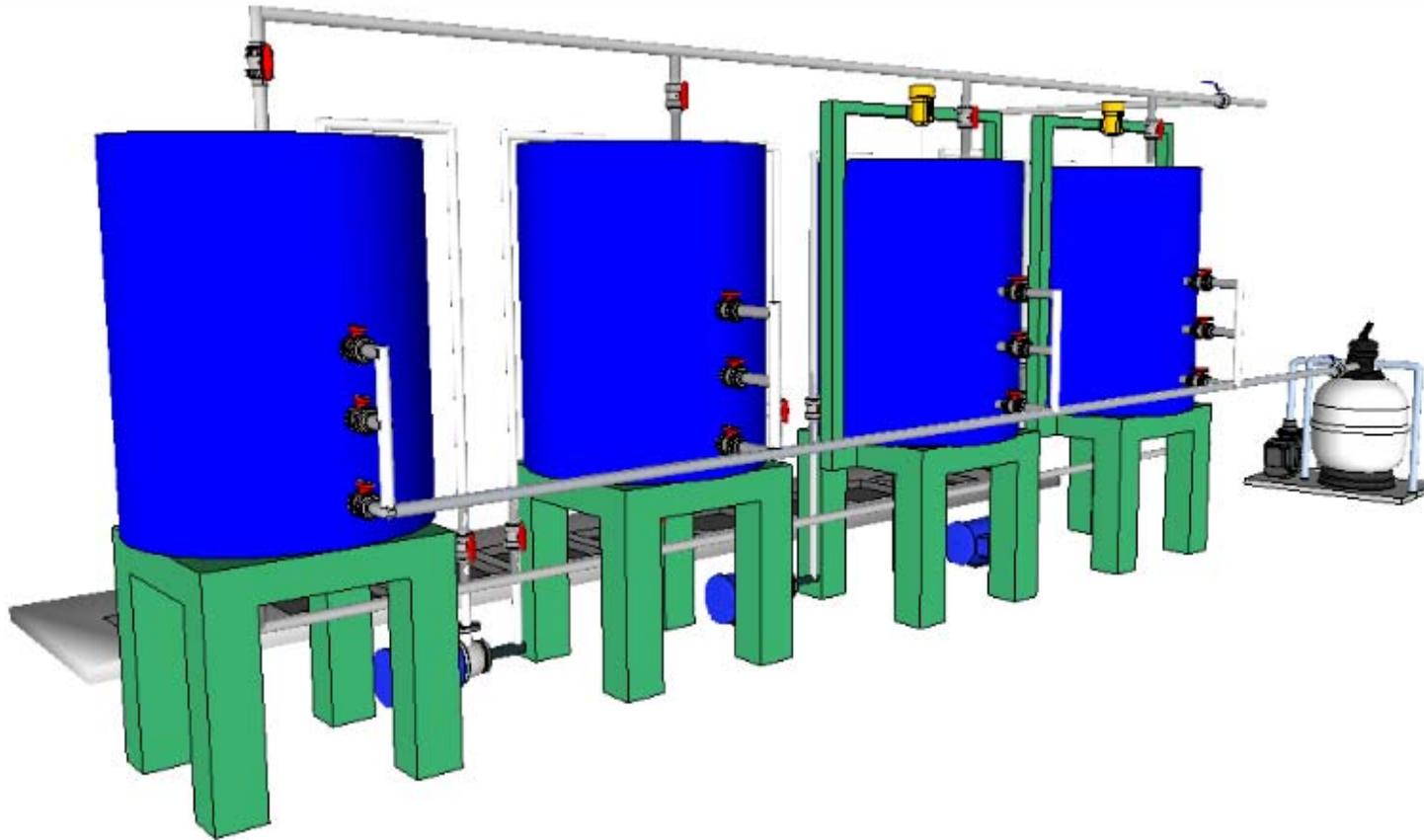
Switch de encendido

- g) Una vez lleno el T-1 con el agua homogenizada, abrir la VI-2 Y encender la B-2 para el paso de agua hacia el T-2, donde se procede a la dosificación.
- h) Colocar caneca de químico en la tubería de dosificación para lo cual se debe hacer: Con la VD **cerrada**, insertar tubería succionador en la caneca. Y abrir la VD.
- i) Encender SMA para realizar la agitación del químico dosificado. 3 minutos para el coagulante y 12 minutos al momento de aplicar el floculante.
- j) abrir la VI-3 Y encender la B-3 para el paso de agua hacia el T-3, donde se procede a la aireación encendiendo el TC.
- k) abrir la VI-4 Y encender la B-4 para el paso de agua hacia el T-4, donde se procede al reposo y desinfección.
- l) Espolvorear cloro granulado en T-4
- m) Una vez culminada la jornada laboral **abrir** VA1-1, VA1-2 y VA1-3 y a continuación VA, así mismo abrir VA2-1, VA2-2, VA2-3; VA3-1, VA3-2, VA3-3; VA4-1, VA4-2, VA4-3.

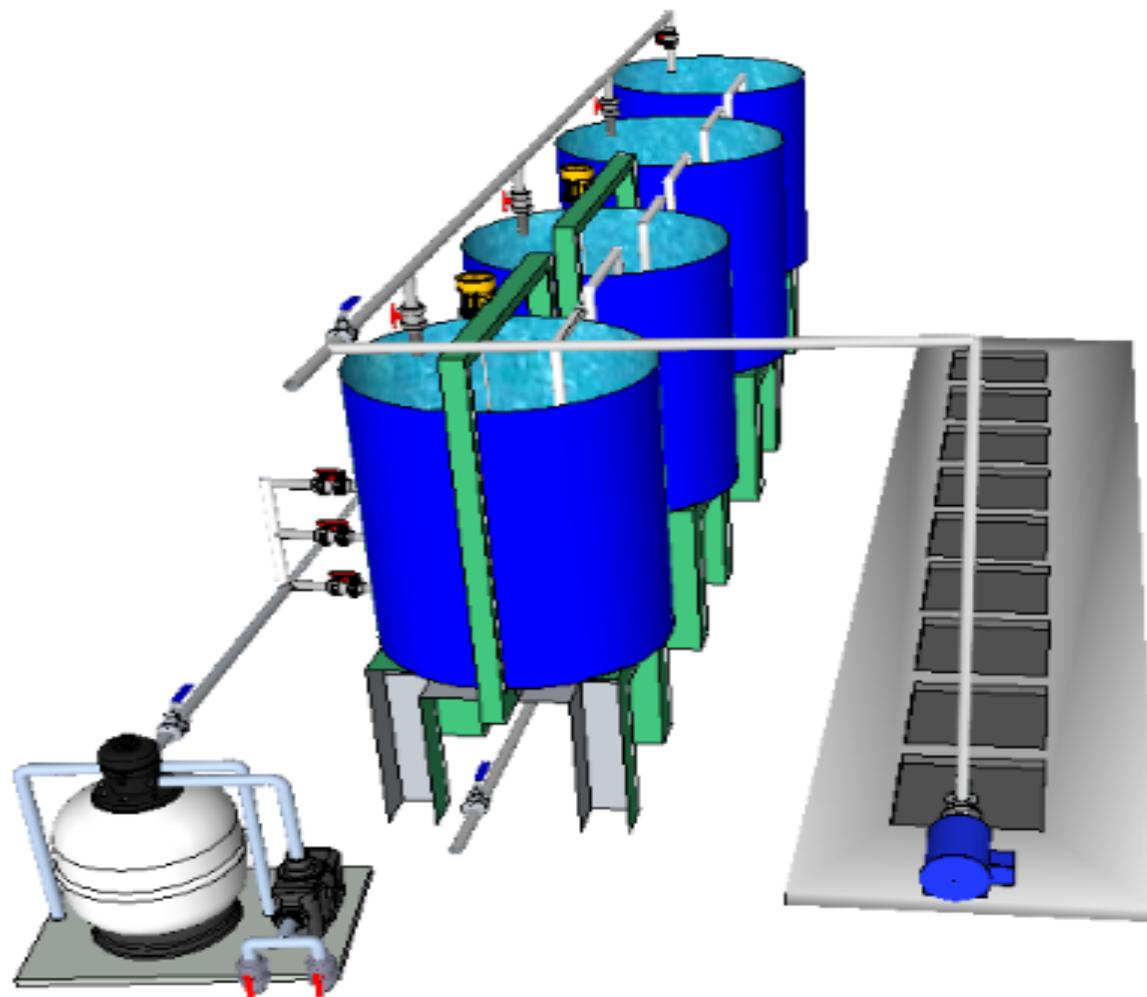
- n) Para una rapidez en el desfogue y hacer pasar el agua de desfogue por el filtro de descarga encender el F-1 el cual con su bomba integrada se encargará de acelerar el proceso.
- o) ***El desfogue de lodos se realizará cada 7 días (tiempo estimado).***
Para ello, colocar un recipiente bajo la VL y abrirla. Posterior a esto abrir VL-1, VL-2, VL-3 y VL-4. Regular velocidad de desfogue con la VL.

ANEXO N°3

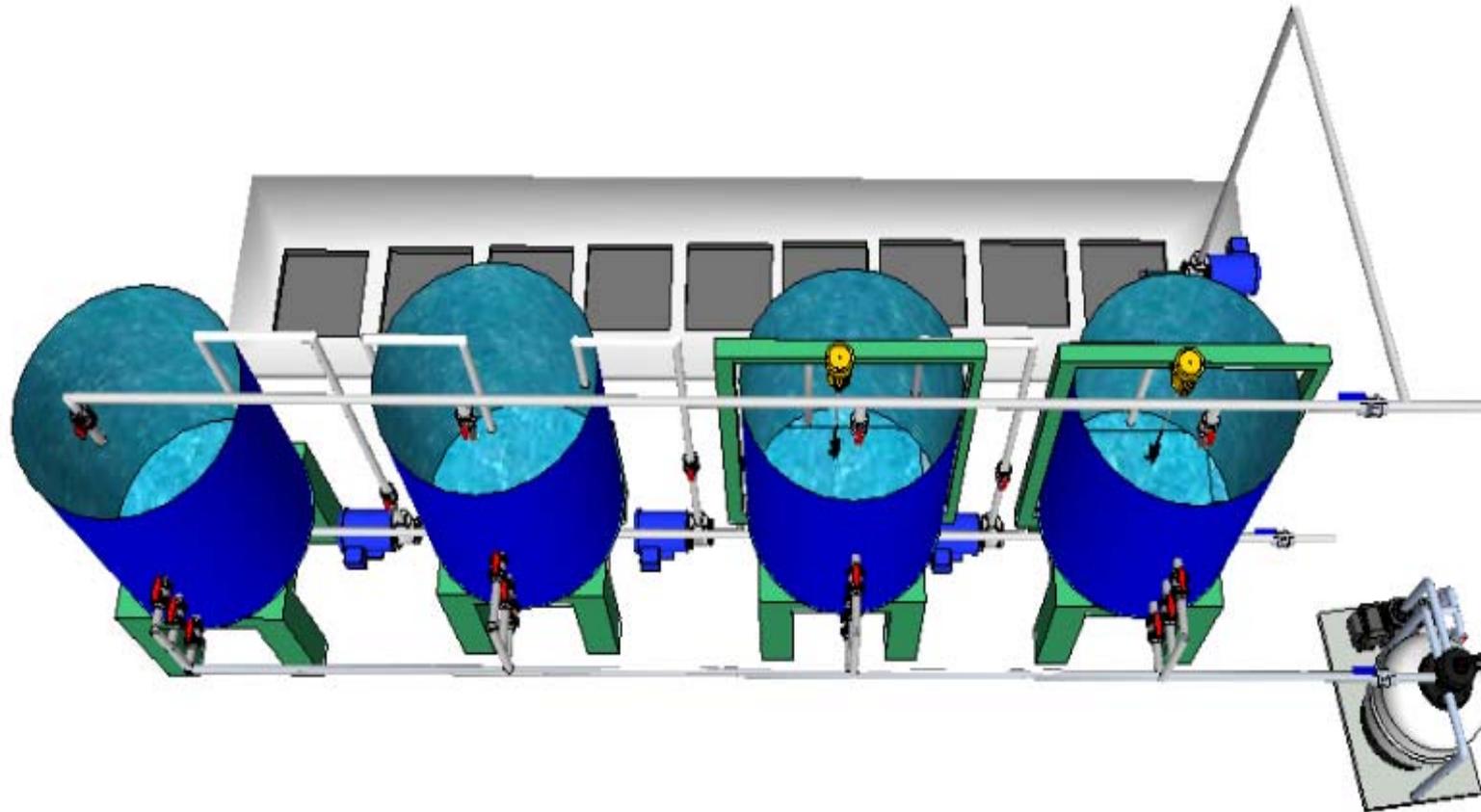
Esquema del STAR actual. Induash. Cía. Ltda.



Esquema del STAR actual. Induash. Cía. Ltda.



Esquema del STAR actual. Induash. Cía. Ltda.



ANEXO N°4
REGISTRO DE ANÁLISIS DE LABORATORIOS ACREDITADOS POR LA
OAE.



INFORME CESAQ-PUCE No. 12836-1

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 12836-1

Datos generales:

Cliente: INDUASH CIA LTDA
Dirección: JOSE PERALTA S14192 Y JOAQUIN GUTIERREZ
Telefono: 2650 600 / 2630 600/
Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra: (No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/05/13
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: PRODUCCIÓN
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN 08/05/13

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1.2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	CP-PEE-A019	mg/L	1548
1.2	Demanda Química de Oxígeno	CP-PEE-A020	mg/L	1946

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 8 de mayo del 2013. Los análisis fueron realizados en el período comprendido entre el 8 de mayo del 2013 y el 14 de mayo del 2013.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se encuentran disponibles en los registros del CESAQ - PUCE



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 12836-2

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 12836-2

Datos generales:

Cliente: INDUASH CIA LTDA
Dirección: JOSE PERALTA S14192 Y JOAQUIN GUTIERREZ
Telefono: 2650 600 / 2630 600/
Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra:(No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/05/13
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: PELADO DE PAPAS
MUESTREADO POR: CLIENTE
FECHA RECEPCIÓN 08/05/13 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1.2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	CP-PEE-A019	mg/L	238
1.2	Demanda Química de Oxígeno	CP-PEE-A020	mg/L	304

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 8 de mayo del 2013. Los análisis fueron realizados en el periodo comprendido entre el 8 de mayo del 2013 y el 14 de mayo del 2013.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se encuentran disponibles en los registros del CESAQ - PUCE



ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 12836-3

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 12836-3

Datos generales:

Cliente: INDUASH CIA LTDA

Dirección: JOSE PERALTA S14192 Y JOAQUIN GUTIERREZ

Teléfono: 2650 600 / 2630 600/

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra:(No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 08/05/13

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: PRODUCCIÓN + PAPAS

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN 08/05/13

INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:CUMPLE

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
	AGUAS Y SUELOS			
1.2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	CP-PEE-A019	mg/L	948
1.2	Demanda Química de Oxígeno	CP-PEE-A020	mg/L	1190

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día 8 de mayo del 2013. Los análisis fueron realizados en el período comprendido entre el 8 de mayo del 2013 y el 14 de mayo del 2013.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

Nombre de la Empresa: INDUASH CIA. LTDA **Procedimiento de muestreo:** STDA 1060

Dirección: JOSÉ PERALTA Y JOAQUÍN GUTIERRES **Fecha de toma de muestra:** 2013-08-02

Teléfono: 2265600 **Lugar de la toma de muestra:** CAJA DE REVISIÓN

Responsable: ING. FABIAN AGUIRRE **Fecha de Recepción:** 2013-08-02

Fecha de Emisión: 2013-08-26 **Fecha de Análisis:** 2013-08-02

Recepcionado por: Raúl Guamangallo

Analizado por: Raúl Guamangallo

Análisis de: Aguas residuales

INFORMACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO DEL LABORATORIO	ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	³ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
AGUA CRUDA	AG 1308975	TEMPERATURA	PEAGCEN01	°C	18,9	<40
		DBO	PEAGCEN09	mg/L	239	120
		pH	PEAGCEN01	UpH	6,97	5 - 9
		DQO	PEAGCEN02	mg/L	554	240
		SOLIDOS SUSPENDIDOS	PEAGCEN13	mg/L	910	95
		ACEITES Y GRASAS	PEAGCEN12	mg/L	20	100
		SOLIDOS SEDIMENTABLES	PEAGCEN05	mL/L	4	10
		TENSOACTIVOS	PEAGCEN10	mg/L	0,5	0,5
		² ALUMINIO	APHA3111B	mg/L	<0,10	5
² FOSFORO TOTAL	APHA4500P-C	mg/L	3,2	15		

NOTAS IMPORTANTES:

El cliente realizó la toma de muestra

Los parámetros analizados se solicitaron por el cliente.

Las condiciones ambientales no interfieren en los resultados de los análisis realizados.

Los resultados de los análisis corresponden únicamente a las muestras detalladas y codificadas en el presente informe.

(2) Ensayo subcontratados a otro laboratorio acreditado N° OAE LE 1C 04-002

Los resultados de los ensayos no pueden ser reproducidos total o parcialmente a menos que tenga una autorización del Laboratorio

(1) Ensayo fuera del rango de acreditación

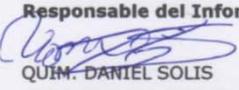
(*) Parámetros no acreditados bajo NORMA NTE-ISO/IEC 17025:2006

INCERTIDUMBRE METODOS

Parámetro	Rango	Incertidumbre
DQO	73 - 643	± 21% ppm
ACEITES Y GRASAS	11,8 - 48	± 10% mg/L
TEMPERATURA	20-45	±3%
DBO	5-500	± 13%
Ph	4 _ 10	± 0,09 unidades de pH
SOLIDOS SUSPENDIDOS	66,6 - 452	± 23% mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES	1 _ 10	± 21%
DETERGENTES	0,062-0,250	± 7% mg/L

Responsable del análisis: Raúl Guamangallo

Responsable del Informe:


QUÍM. DANIEL SOLÍS

DIRECTOR DE CALIDAD CENERIN

Nombre de la Empresa: INDUASH CIA. LTDA **Procedimiento de muestreo:** STDA 1060

Dirección: JOSÉ PERALTA Y JOAQUÍN GUTIERRES **Fecha de toma de muestra:** 2013-08-02

Teléfono: 2265600 **Lugar de la toma de muestra:** CAJA DE REVISIÓN

Responsable: ING. FABIAN AGUIRRE **Fecha de Recepción:** 2013-08-02

Fecha de Emisión: 2013-08-26 **Fecha de Análisis:** 2013-08-02

Recepcionado por: Raúl Guamangallo

Analizado por: Raúl Guamangallo

Análisis de: Aguas residuales

INFORMACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO DEL LABORATORIO	ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	³ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
AGUA TRATADA	AG 1308976	TEMPERATURA	PEAGCEN01	°C	19,1	<40
		DBO	PEAGCEN09	mg/L	99	120
		pH	PEAGCEN01	UpH	6,93	5 - 9
		DQO	PEAGCEN02	mg/L	220	240
		SOLIDOS SUSPENDIDOS	PEAGCEN13	mg/L	90	95
		ACEITES Y GRASAS	PEAGCEN12	mg/L	<11,8	100
		SOLIDOS SEDIMENTABLES	PEAGCEN05	mL/L	<1	10
		TENSOACTIVOS	PEAGCEN10	mg/L	0,41	0,5
		² ALUMINIO	APHA3111B	mg/L	<0,10	5
		² FOSFORO TOTAL	APHA4500P-C	mg/L	32,73	15

NOTAS IMPORTANTES:

El cliente realizó la toma de muestra

Los parámetros analizados se solicitaron por el cliente.

Las condiciones ambientales no interfieren en los resultados de los análisis realizados.

Los resultados de los análisis corresponden únicamente a las muestras detalladas y codificadas en el presente informe.

(2) Ensayo subcontratados a otro laboratorio acreditado N° OAE LE 1C 04-002

Los resultados de los ensayos no pueden ser reproducidos total o parcialmente a menos que tenga una autorización del Laboratorio

(1) Ensayo fuera del rango de acreditación

(*) Parámetros no acreditados bajo NORMA NTE-ISO/IEC 17025:2006

INCERTIDUMBRE METODOS

Parámetro	Rango	Incertidumbre
DQO	73 - 643	± 21% ppm
ACEITES Y GRASAS	11,8 - 48	± 10% mg/L
TEMPERATURA	20-45	±3%
DBO	5-500	± 13%
Ph	4 _ 10	± 0,09 unidades de pH
SOLIDOS SUSPENDIDOS	66,6 - 452	± 23% mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES	1 _ 10	± 21%
DETERGENTES	0,062-0,250	± 7% mg/L

Responsable del análisis: Raúl Guamangallo

Responsable del Informe:



QUIM. DANIEL SOLIS

DIRECTOR DE CALIDAD CENERIN



SENERIN CIA. LTDA.

INFORME DE RESULTADOS DE MEDICIÓN

IR: AG 1189/2013

FMC 2203 Pag 1 de 2
Edición 2

Nombre de la Empresa: INDUASH CIA. LTDA **Procedimiento de muestreo:** STDA 1060

Dirección: JOSÉ PERALTA Y JOAQUÍN GUTIERRES **Fecha de toma de muestra:** 2013-09-20

Teléfono: 2265600 **Lugar de la toma de muestra:** CAJA DE REVISIÓN

Responsable: ING. FABIAN AGUIRRE **Fecha de Recepción:** 2013-09-20

Fecha de Emisión: 2013-10-02 **Fecha de Análisis:** 2013-09-20

Recepcionado por: Raúl Guamangallo

Analizado por: Raúl Guamangallo

Análisis de: Aguas residuales

INFORMACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO DEL LABORATORIO	ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	³ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
AGUA TRATADA	AG 13091189	TEMPERATURA	PEAGCEN01	°C	19,1	<40
		DBO	PEAGCEN09	mg/L	570	120
		pH	PEAGCEN01	UpH	6,02	5 - 9
		DQO	PEAGCEN02	mg/L	1070	240
		SOLIDOS SUSPENDIDOS	PEAGCEN13	mg/L	150	95
		ACEITES Y GRASAS	PEAGCEN12	mg/L	18	100
		SOLIDOS SEDIMENTABLES	PEAGCEN05	mL/L	<1	10
		¹ TENSOACTIVOS	PEAGCEN10	mg/L	0,55	0,5
		² ALUMINIO	APHA3111B	mg/L	<0,10	5
		¹ FOSFORO TOTAL	PEAGCEN21	mg/L	19,9	15
		Q promedio	AFORO	L/s	0,15	4,5 ^a

NOTAS IMPORTANTES:

El laboratorio realizó la toma de muestra compuesta

Los parámetros analizados se solicitaron por el cliente.

Las condiciones ambientales no interfieren en los resultados de los análisis realizados.

Los resultados de los análisis corresponden únicamente a las muestras detalladas y codificadas en el presente informe.

(2) Ensayo subcontratados a otro laboratorio acreditado N° OAE LE 2C 05-007

Los resultados de los ensayos no pueden ser reproducidos total o parcialmente a menos que tenga una autorización del Laboratorio

(1) Ensayo fuera del rango de acreditación

INCERTIDUMBRE METODOS

Parámetro	Rango	Incertidumbre
DQO	73 - 643	± 21% ppm
ACEITES Y GRASAS	11,8 - 48	± 10% mg/L
TEMPERATURA	20-45	±3%
DBO	5-500	± 13%
Ph	4 _ 10	± 0,09 unidades de pH
SOLIDOS SUSPENDIDOS	66,6 - 452	± 23% mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES	1 _ 10	± 21%
PTOTAL	0,13 - 1,3	± 4%
DETERGENTES	0,062-0,250	± 7% mg/L

Responsable del análisis: Raúl Guamangallo

Responsable del Informe:


QUIM. DANIEL SOLÍS

DIRECTOR DE CALIDAD CENERIN

Nombre de la Empresa:	INDUASH CIA. LTDA	Procedimiento de muestreo:	STDA 1060
Dirección:	JOSÉ PERALTA Y JOAQUÍN GUTIERRES	Fecha de toma de muestra:	2013-11-13
Teléfono:	2265600	Lugar de la toma de muestra:	CAJA DE REVISIÓN
Responsable:	ING. FABIAN AGUIRRE	Fecha de Recepción:	2013-11-13
Fecha de Emisión:	2013-11-20	Fecha de Análisis:	2013-11-13
Recepcionado por:	Raúl Guamangallo		
Analizado por:	Raúl Guamangallo		
Análisis de:	Aguas residuales		

INFORMACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO DEL LABORATORIO	ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	³ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
AGUA TRATADA	AG 13111419	TEMPERATURA	PEAGCEN01	°C	18,7	<40
		DBO	PEAGCEN09	mg/L	500	120
		pH	PEAGCEN01	UpH	5,46	5 - 9
		DQO	PEAGCEN02	mg/L	1080	240
		SOLIDOS SUSPENDIDOS	PEAGCEN13	mg/L	126	95
		ACEITES Y GRASAS	PEAGCEN12	mg/L	20,67	100
		SOLIDOS SEDIMENTABLES	PEAGCEN05	mL/L	<1	10
		¹ TENSOACTIVOS	PEAGCEN10	mg/L	0,67	0,5
		² ALUMINIO	APHA3111B	mg/L	<0,10	5
		¹ FOSFORO TOTAL	PEAGCEN21	mg/L	6,3	15
Q promedio	AFORO	L/s	0,15	4,5 ^a		

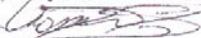
NOTAS IMPORTANTES:

- El laboratorio realizó la toma de muestra compuesta
Los parámetros analizados se solicitaron por el cliente.
Las condiciones ambientales no interfieren en los resultados de los análisis realizados.
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a las muestras detalladas y codificadas en el presente informe.
(2) Ensayo subcontratados a otro laboratorio acreditado N° OAE LE 2C 05-007
Los resultados de los ensayos no pueden ser reproducidos total o parcialmente a menos que tenga una autorización del Laboratorio
(1) Ensayo fuera del rango de acreditación

INCERTIDUMBRE METODOS

Parámetro	Rango	Incertidumbre
DQO	73 - 643	± 21% ppm
ACEITES Y GRASAS	11,8 - 48	± 10% mg/L
TEMPERATURA	20-45	± 3%
DBO	5-500	± 13%
Ph	4 _ 10	± 0,09 unidades de pH
SOLIDOS SUSPENDIDOS	66,6 - 452	± 23% mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES	1 _ 10	± 21%
PTOTAL	0,13 - 1,3	± 4%
DETERGENTES	0,062-0,250	± 7% mg/L

Responsable del análisis: Raúl Guamangallo

Responsable del Informe:


QUIM. DANIEL SOLIS

DIRECTOR DE CALIDAD CENERIN

 	INFORME DE RESULTADOS DE MEDICIÓN	IR: AG301 /2014
		FMC 2205 Pag 1 de 1 Edición 2

Nombre de la Empresa: INDUASH CIA. LTDA - **Procedimiento de muestreo:** STD 1060
Dirección: TRAHIEC
 JOSÉ PERALTA Y JOAQUÍN GUTIERRES **Fecha de toma de muestra:** 2014-03-20
Teléfono: 2265600 **Lugar de la toma de muestra:** AGUA TRATADA
Responsable: ING. FABIAN AGUIORRE **Fecha de Recepción:** 2014-03-20
Fecha de Emisión: 2014-03-26 **Fecha de Análisis:** 2014-03-20
Recepcionado por: DANIEL SOLIS
Analizado por: DANIEL SOLIS
Análisis de: Aguas residuales

INFORMACIÓN DEL CLIENTE	CÓDIGO DEL LABORATORIO	ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO
AGUA TRATADA	AG1403301	DQO	PEAGSEN02	mg/L	115	240
		DBO	PEAGSEN09	mg/L	51	170

NOTAS IMPORTANTES:

- El cliente realizó la toma de muestra.
- Los parámetros analizados se solicitaron por el cliente.
- Las condiciones ambientales no interfieren en los resultados de los análisis realizados.
- Los resultados de los análisis corresponden únicamente a las muestras detalladas y codificadas en el presente informe.
- Los resultados de los ensayos no pueden ser reproducidos total o parcialmente a menos que tenga una autorización del Laboratorio.

INCERTIDUMBRE METODOS

Parámetro	Rango	Incertidumbre
DBO	5-500	± 10%
DQO	75 - 643	± 21% ppm

Responsable del análisis: DANIEL SOLIS

Responsable del Informe:



QUIM. DANIEL SOLIS

DIRECTOR DE CALIDAD SENNERIN CIA. LTDA. CENERIN

ANEXO N°5
HISTÓRICO DE RESULTADOS

Parámetros Induash Cía. Ltda. Proceso de producción. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	FECHA
DBO5 (mg/l)	1548	08-Mayo-2013
DQO (mg/l)	1946	08-Mayo-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. Proceso de pelado de papas. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	FECHA
DBO5 (mg/l)	238	08-Mayo-2013
DQO (mg/l)	304	08-Mayo-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. Proceso conjunto. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	FECHA
DBO5 (mg/l)	948	08-Mayo-2013
DQO (mg/l)	1190	08-Mayo-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. Agua cruda. Agosto. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	Límite Máximo Permisible	FECHA
Temperatura (°C)	18,9	< 40	02-Ag-2013
DBO5 (mg/l)	239	170	02-Ag-2013
pH (UpH)	6,97	6-9	02-Ag-2013
DQO (mg/l)	554	350	02-Ag-2013
Sólidos Suspendidos	910	100	02-Ag-2013
Aceites y Grasas	20	70	02-Ag-2013
Sólidos Sedimentables	4	10	02-Ag-2013
Tensoactivos	0,5	1	02-Ag-2013
² Aluminio	<0,10	5	02-Ag-2013
² Fósforo Total	3,2	15	02-Ag-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. Agua cruda. Septiembre. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	Límite Máximo Permisible	FECHA
Temperatura (°C)	19,1	< 40	20-Sept-2013
DBO5 (mg/l)	910	170	20-Sept-2013
pH (UpH)	6	6-9	20-Sept-2013
DQO (mg/l)	1800	350	20-Sept-2013
Sólidos Suspendidos	690	100	20-Sept-2013
Aceites y Grasas (mg/l)	93,33	70	20-Sept-2013
Sólidos Sedimentables (mg/l)	< 1	10	20-Sept-2013
Tensoactivos (mg/l)	0,46	1	20-Sept-2013
² Aluminio (mg/l)	<0,10	5	20-Sept-2013
² Fósforo Total (mg/l)	6,4	15	20-Sept-2013
Q. Promedio (L/s)	0,2	4,5	20-Sept-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. Agua cruda. Septiembre 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	Límite Máximo Permisible	FECHA
Temperatura (°C)	19,2	< 40	27-Sept-2013
DBO5 (mg/l)	2660	170	27-Sept-2013
pH (UpH)	5.85	6-9	27-Sept-2013
DQO (mg/l)	5170	350	27-Sept-2013
Sólidos Suspendidos	14660	100	27-Sept-2013
Aceites y Grasas (mg/l)	72	70	27-Sept-2013
Sólidos Sedimentables (mg/l)	< 1	10	27-Sept-2013
Tensoactivos (mg/l)	0,48	1	27-Sept-2013
² Aluminio (mg/l)	<0,10	5	27-Sept-2013
² Fósforo Total (mg/l)	4,5	15	27-Sept-2013
Q. Promedio (L/s)	0,18	4,5	27-Sept-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. STAR. Mayo. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	FECHA
DBO5 (mg/l)	388	08-Mayo-2013
DQO (mg/l)	499	08-Mayo-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. STAR. Agosto. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	Límite Máximo Permisible	FECHA
Temperatura (°C)	19,1	< 40	02-Ag-2013
DBO5 (mg/l)	99	170	02-Ag-2013
pH (UpH)	6,93	6-9	02-Ag-2013
DQO (mg/l)	220	350	02-Ag-2013
Sólidos Suspendidos	90	100	02-Ag-2013
Aceites y Grasas	< 11,8	70	02-Ag-2013
Sólidos Sedimentables	< 1	10	02-Ag-2013
Tensoactivos	0,41	1	02-Ag-2013
² Aluminio	<0,10	5	02-Ag-2013
² Fósforo Total	3,7	15	02-Ag-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. STAR. Septiembre. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	Límite Máximo Permisible	FECHA
Temperatura (°C)	19,1	< 40	20-Sept-2013
DBO5 (mg/l)	570	170	20-Sept-2013
pH (UpH)	6,02	6-9	20-Sept-2013
DQO (mg/l)	1070	350	20-Sept-2013
Sólidos Suspendidos	150	100	20-Sept-2013
Aceites y Grasas (mg/l)	18	70	20-Sept-2013
Sólidos Sedimentables (mg/l)	< 1	10	20-Sept-2013
Tensoactivos (mg/l)	0,5	1	20-Sept-2013
² Aluminio (mg/l)	<0,10	5	20-Sept-2013
² Fósforo Total (mg/l)	11,9	15	20-Sept-2013
Q. Promedio (L/s)	0,15	4,5	20-Sept-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. STAR. Septiembre. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	Límite Máximo Permisible	FECHA
Temperatura (°C)	18,9	< 40	27-Sept-2013
DBO5 (mg/l)	510	170	27-Sept-2013
pH (UpH)	6,1	6-9	27-Sept-2013
DQO (mg/l)	1120	350	27-Sept-2013
Sólidos Suspendidos	670	100	27-Sept-2013
Aceites y Grasas (mg/l)	16	70	27-Sept-2013
Sólidos Sedimentables (mg/l)	< 1	10	27-Sept-2013
Tensoactivos (mg/l)	0,5	1	27-Sept-2013
² Aluminio (mg/l)	<0,10	5	27-Sept-2013
² Fósforo Total (mg/l)	8,9	15	27-Sept-2013
Q. Promedio (L/s)	0,13	4,5	27-Sept-2013

Parámetros Induash Cía. Ltda. STAR. Noviembre. 2013.

PARÁMETRO	RESULTADO	Límite Máximo Permisible	FECHA
Temperatura (°C)	18,7	< 40	13- Nov-2013
DBO5 (mg/l)	500	170	13- Nov-2013
pH (UpH)	5,46	6-9	13- Nov-2013
DQO (mg/l)	1080	350	13- Nov-2013
Sólidos Suspendidos	126	100	13- Nov-2013
Aceites y Grasas (mg/l)	20,67	70	13- Nov-2013
Sólidos Sedimentables (mg/l)	< 1	10	13- Nov-2013
Tensoactivos (mg/l)	0,67	1	13- Nov-2013
² Aluminio (mg/l)	<0,10	5	13- Nov-2013
² Fósforo Total (mg/l)	6,3	15	13- Nov-2013
Q. Promedio (L/s)	0,15	4,5	13- Nov-2013

ANEXO N°6
REGISTRO FOTOGRÁFICO



Proceso antiguo de trampas de grasa



Proceso actual en trampas de grasa



Proceso antiguo de tratamiento físico-químico de agua residual



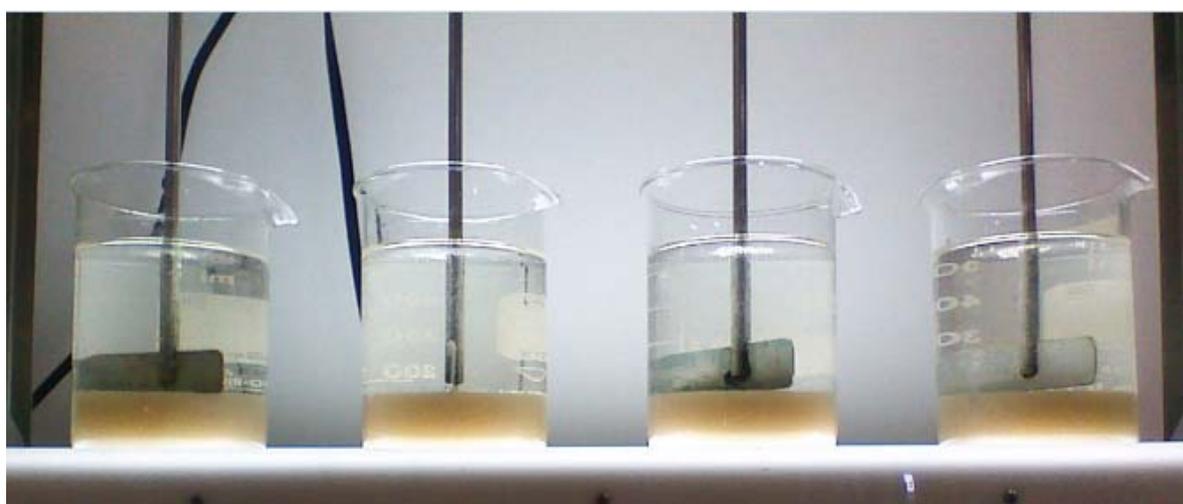
Proceso actual de tratamiento físico-químico de Agua Residual



Agitación previa al ingreso del tanque homogenizador



Monitoreo de agua.



Pruebas de Jarras



Mejores Resultados

Anexo N°7
MSDS y fichas técnicas

PROQUIMSA	TARJETA DE EMERGENCIA	TELEFONOS DE EMERGENCIA
POLICLORURO DE ALUMINIO		09-9482937 - 04-2896709



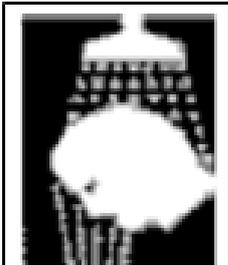
DESCRIPCION:
Solución jabonosa de un polímero inorgánico de Aluminio, de color ámbar, sin olor. Con pH (en solución al 5%) de 3.8.

RIESGOS DEL PRODUCTO:
Precaución! Irrita los ojos y la piel. **NU 2581** GUIA (GRE 2005): # 154

PROTECCION BASICA RECOMENDADA

No comer, beber ni fumar durante el trabajo. Evitar contacto directo con el producto. Evitar contaminación. Disponer de una fuente lavajos y una ducha de agua en el área de

EN CASO DE ACCIDENTE	
SI OCURRE ESTO	HAGA LO SIGUIENTE
DERRAME	Contenga la sustancia derramada. Utilice como absorbente arena, tierra o aserrín. Los residuos recogerlos en un recipiente para su posterior recuperación o tratamiento final y lavar el sitio con abundante agua. Utilice equipo de protección personal. Si es necesario, el suelo puede neutralizarse con cal.
FUEGO	No es combustible. En caso de incendio en el entorno, puede llegar a ebullición y desprender humos tóxicos e irritantes. Utilice agua para refrigerar el recipiente. Utilice el equipo extintor adecuado para combatir el fuego de los alrededores. Utilice el equipo de respiración autónomo.
EXPOSICION	Utilice la fuente lavajos y la ducha durante 15 minutos, lograr aire fresco y reposo. Solicitar atención médica.



QUIMPAC ECUADOR S.A.

MSDS No: 068

Fecha de Revisión: 01-Abril-2012

HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES

TELEFONOS DE EMERGENCIA	NIVEL DE RIESGO	
QUIMPAC ECUADOR S.A.: (593-4) 2893220	Salud:	1
09-9482-937	Inflamabilidad:	0
09-9500-081	Reactividad:	1

1. IDENTIFICACION DEL MATERIAL

Nombre Comercial: PAC
Nombre Químico: Polihidroxiclورو de Aluminio
Formula Química: $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)} \cdot H_2O$
Nombre de la Comercializadora: QUIMPAC ECUADOR S.A.
Dirección de la Comercializadora: Km. 16.5 vía a Daule, Av. Rosavín y Cobre

2. COMPOSICION / INFORMACION DE INGREDIENTES

Ingrediente(s) Peligroso(s)	% (p/p)	TLV	CAS N°
Alúmina (Al_2O_3)	min 15.5%	2 mg/m ³	1344-28-1

3. PROPIEDADES FISICAS

Apariencia y Color: Líquido amarillento
Densidad a 20 °C: 1,365
pH de la solución al 5%: 0,3
Solubilidad en agua: Soluble a cualquier concentración
Punto de congelamiento: 0°C

4. RIESGOS DE FUEGO

No genera riesgos de fuego y explosión. Sometido al fuego, puede generar gases irritantes y tóxicos, incluidos gases de ácido clorhídrico. En caso de incendio, proceda a enfriar con agua. Los recipientes cerrados al calentarse pueden reventar por incremento de presión interna.

Medio para extinguir el fuego: Use cualquier método adecuado para extinguir el fuego de los alrededores. (Agua, polvo químico, dióxido de carbono o espuma química).

Información Especial: Los bomberos deben colocarse el traje completo de protección.

5. RIESGOS PARA LA SALUD

Inhalación: Dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, dolor de garganta.

Ingestión: Náusea, vómito, irritación gastrointestinal.

Contacto con la piel: Ligera irritación o enrojecimiento.

Contacto con los ojos: Ardor, irritación y enrojecimiento.

6. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Si la víctima respira en forma acelerada, muévela hacia el aire fresco. Reposo y atención médica.

Ingestión: No induzca al vómito. Lave la boca, dé abundante agua a beber, ó 1 litro de leche. Si la persona está inconsciente no administre nada por la boca. Solicite atención médica inmediatamente.

Contacto con los ojos: Lave la piel con una solución jabonosa y enjuague con abundante agua por lo menos durante 15 minutos. Enjuague completamente la ropa y zapatos antes de usarlos de nuevo.

Contacto con la piel: Lave inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos, levante ocasionalmente los párpados superior e inferior.

7. RIESGO AMBIENTAL

Biodegradabilidad: es la característica de algunas sustancias de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos que las emplean para producir energía y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. En general los cloruros suelen tener mala biodegradabilidad y permanecer durante años en el medio ambiente. Se acumula en las grasas especialmente en los últimos eslabones de la cadena alimenticia.

8. ESTABILIDAD

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento, es decir, a temperatura ambiente, presión atmosférica, medio acuoso con pH inferior a 5, almacenado en recipientes plásticos cerrados y bajo sombra.

Productos de descomposición: Bajo condiciones de estabilidad puede conservarse en almacenamiento. Por calentamiento excesivo se desprenden gases irritantes de ácido clorhídrico. La solución en agua es un medio fuertemente ácido.

Incompatibilidad: Reacciona con zinc y aluminio para formar gas hidrógeno. Al contacto con agentes alcalinos fuertes (amoníaco y sus soluciones, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, e hipocloritos) puede generarse una reacción exotérmica con desprendimiento de vapores tóxicos. Reacciona con álcalis y ataca a muchos metales.

Condiciones a evitar: Materiales incompatibles, luz solar, fuentes de calor.

9. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAMES

Aísle la zona, 25 metros alrededor. Recoja el material derramado usando un material absorbente como tierra, arena o aserrín. Lave la zona con solución jabonosa, si es necesario neutralice el suelo con cal o una solución de soda cáustica. Arroje abundante agua a la zona del derrame. El personal de la brigada de emergencia debe contar con el equipo de protección completo.

10. MEDIDAS DE CONTROL E HIGIENE INDUSTRIAL

Ventilación: Se recomienda un área ventilada o un sistema local de ventilación, que permita mantener el TLV con valores permisibles (ACGIH, TLV-TWA = 2 mg (Al)/m³) y a la vez controlar las emisiones contaminantes en la fuente misma, previniendo la dispersión general en el área de trabajo.

Protección respiratoria: Hasta 10 veces el TLV, use mascarilla con pantalla facial y cartuchos para gases ácidos. Para casos emergentes en que el nivel de exposición es desconocido, usar el equipo de respiración autónomo. Advertencia: Los respiradores de cartuchos no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.

Protección de la Piel: En condiciones normales de operación evitar contacto con la piel, usando trajes de PVC, botas de caucho, casco protector, y guantes de caucho.

Protección de los ojos: Use gafas plásticas de seguridad. Y en lugares con riesgo de salpicaduras de soluciones o presencia de niebla, usar mascarilla facial completa. Mantenga una ducha y un equipo para lavado de ojos en el lugar de trabajo.

11. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

El producto se distribuye al granel en botellones de polietileno o en tambores plásticos de 55 galones. Mantenga los recipientes completamente cerrados en lugares frescos, protegidos de la luz solar, secos y bien ventilados. Proteja los recipientes de daños físicos y aisle las sustancias incompatibles. Los recipientes vacíos de este material pueden ser peligrosos por cuanto pueden tener residuos.

12. INFORMACION SOBRE TOXICIDAD

Los polímeros de aluminio son moderadamente tóxicos por ingestión.

LD50 Oral (ratas) : 12700 mg/k.

En contacto con la piel es considerado un fuerte corrosivo.

13. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Descripción DOT : No disponible

Clase Peligro DOT : Clase 8

UN serie # : 2581

Guía de Respuesta a Emergencia: GUIA: # 154

14. INFORMACION SOBRE REGULACIONES

Regulaciones Nacionales: NTE INEN 2266:2000

Ordenanzas Municipales

Régimen Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos

15. INFORMACION SOBRE ELIMINACION O DISPOSICION

La información se encuentra descrita en el marco legal mencionado.

16. OTRA INFORMACION

La información presentada aquí es exacta y confiable. El uso de esta información y las condiciones de uso del producto es responsabilidad del Cliente. No aceptamos responsabilidad legal por cualquier pérdida o daño ocasionado al cliente.

Sin embargo nuestro personal técnico estará complacido en responder preguntas relacionadas con los procedimientos de manejo y uso seguro.

Elaborado Por:

Dpto. Seguridad Industrial y Medio Ambiente

QUIMPAC ECUADOR S.A.

Celular: 099482937 - 593-4-2162660 Ext. 175

E-mail: jsanchez@proquimsaec.com

INFORMACIÓN COMERCIAL: 091924341 - 593-4-2162660 ext. 103

**HARPICORP DEL
ECUADOR**



HARPICORP DEL ECUADOR
 PRODUCTOS QUIMICOS PETROLEROS
 INDUSTRIALES Y COSMETICOS

1.- IDENTIFICACION DEL MATERIAL Y DEL PROVEEDOR	MSDS * No. HPOAMSD037
NOMBRE COMERCIAL: floculante HARPI	TELEFONOS DE EMERGENCIA
NOMBRE QUIMICO: poliacrilamida aniónica	Emergencias 911
SINONIMOS: floculante	Cruz Roja 131
USO RECOMENDADO DEL PRODUCTO QUIMICO Y RESTRICCIONES DE USO: AGLUTINACION DE IMPURESAS EN SOLUCIONES LIQUIDAS	Policia Nacional 101
NOMBRE DEL PROVEEDOR: Harpicorp del Ecuador	Bomberos 102
DIRECCION DEL PROVEEDOR: Bobonaza E5-18 y Abel Melendez	Banco de Sangre 2582482
TELEFONOS DEL PROVEEDOR: (02) 3131697 / (02) 2665146	Defensa Civil 2489009
FORMULA QUIMICA:	
NUMERO CAS [®] : 64742-32-5	
NUMERO DE IDENTIFICACION SGA:	

*CAS(Chemical

Abstract Service):

CODIGO DEL

PRODUCTO

hojas de

seguridad de

materiales

*MSDS (Material

Safety Data

Sheet):

2.- IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

CLASIFICACION SGA DE LA SUSTANCIA/MEZCLA: Esta material no es considerado como peligroso de acuerdo con las guías reguladoras

ELEMENTOS DE LA ETIQUETA SGA, INCLUIDAS RECOMENDACIONES DE PREVENCIÓN Y PRECAUCIÓN: Orden bajo de toxicidad. Exposición excesiva puede ocasionar irritación a los ojos, a la piel. La inyección a alta presión bajo la piel puede causar daños graves.

SIMBOLOS O DESCRIPCION DE LOS PELIGROS: (POR EJEMPLO: LLAMA, CALAVERA Y TIBIAS CRUZADAS, EXPLOSION ETC):

NTPA ID de riesgo: Salud: 2 Inflammabilidad: 0 Reactividad: 0

3.- COMPOSICION E INFORMACION DE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS

SUSTANCIA	%	NUM. CAS *	LIMITES DE EXPOSICION OCUPACIONAL		
			TLV*	TLV-TWA*	
poliacrilamida aniónica		64742-32-5			

* TLV: (Threshold

Limit Values) valor

umbral limite

TLV-TWD: (Time

Weighted

Average): valor

limite promedio

ponderado el en

tiempo

4.- PRIMEROS AUXILIOS	
<input type="checkbox"/> INHALACION	<input type="checkbox"/> CONTACTO CON LA PIEL
<input type="checkbox"/> CONTACTO CON LOS OJOS	<input type="checkbox"/> INGESTION
<p>INHALACION: Retírese de alguna exposición posterior. Para quienes proporcionan asistencia, eviten la exposición de ustedes mismos o de otros. Use protección respiratoria adecuada. Si se presenta irritación respiratoria, mareo, náusea o inconsciencia, busque asistencia médica inmediata. Si se ha detenido la respiración, asista la ventilación con un elemento mecánico ó use resucitación boca a boca.</p>	
<p>CONTACTO CON LA PIEL: Lave las áreas de contacto con agua. Si el producto se inyecta dentro ó debajo de la piel, o en cualquier parte del cuerpo, independientemente de la apariencia del área lastimada o su tamaño, el individuo debe ser evaluado inmediatamente por un médico como una emergencia quirúrgica. Aún cuando los síntomas iniciales de la inyección a alta presión sean mínimos ó ausentes, el tratamiento quirúrgico dentro de las primeras horas puede reducir en últimas el grado de lesión en forma significativa.</p>	
<p>CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuague completamente con agua. Si se presenta irritación, obtenga asistencia médica.</p> <p>agua. Si se presenta irritación, obtenga asistencia médica.</p>	
<p>INGESTION: Normalmente no se requieren primeros auxilios. Si ocurre algún malestar busque atención médica</p>	
<p>OTROS: (CARCINOGENESIS, MUTAGENESIS, TERATOGENESIS, ETC): NINGUNO</p>	
<p>SOBREEXPOSICION REPETIDA: Repetir los mismos procedimientos y obtener asistencia médica.</p>	
<p>PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS</p>	
<p>INHALACION: NO DESPRENDE GASES</p>	
<p>CONTACTO CON LA PIEL: Lave las áreas de contacto con agua.</p>	
<p>CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuague completamente con</p>	
<p>INGESTION: Normalmente no se requieren primeros auxilios.</p>	
<p>INFORMACION PARA EL MEDICO: N/A</p>	

5.- MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS			
ES INFLAMABLE?	PUNTO INFLAMACION (°C)	TEMPERATURA AUTOIGNICION (°C)	
<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	NO ES INFLAMABLE	N/A	
LIM. SUPERIOR	N/A	LIM. INFERIOR:	N/A
INFLAMABILIDAD (%)	N/A	INFLAMABILIDAD (%)	N/A
MEDIOS DE EXTINCION RECOMENDADOS:			
<input checked="" type="checkbox"/> CO2	<input checked="" type="checkbox"/> POLVO QUIMICO SECO	<input checked="" type="checkbox"/> AGUA PULVERIZADA	
<input checked="" type="checkbox"/> ESPUMA	<input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/> NO APLICABLE	
<p>PROCEDIMIENTOS ESPECIALES PARA COMBATIR INCENDIOS: Por su alta tensoactividad ayuda a propagar fuegos</p> <p>Evacue el área. Prevenga que el producto fluya fuera del área controlada por incendio o la dilución hacia fuentes de entrada, alcantarillados o suministro de agua potable. Los bomberos deberían utilizar equipo de protección estándar y en espacios cerrados, equipo de respiración autónomo (SCBA). Utilice agua en rocío para enfriar las superficies expuestas al fuego y para proteger al personal.</p>			
<p>EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL RECOMENDADO: Los bomberos deberían utilizar equipo de protección estándar y en espacios cerrados, equipo de respiración autónomo (SCBA).</p>			
<p>PRODUCTOS PELIGOROSOS POR DESCOMPOSICION TERMICA: N/A.</p>			

6.- MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL
PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA: En el caso de un derrame o emisión accidental, notifique a las autoridades pertinentes de acuerdo con todos los reglamentos aplicables.
EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL QUE DEBE USARSE: overol, guantes, botas y mascarilla.
PRECAUCIONES MEDIOAMBIENTALES: Derrames grandes: Contenga mediante un dique localizado bastante adelante del derrame para su recuperación y posterior eliminación. Derrames pequeños: Evite la entrada en corrientes de agua, alcantarillados, sótanos o áreas confinadas.
MÉTODOS Y MATERIALES DE AISLAMIENTO Y LIMPIEZA: Contenga mediante un dique localizado bastante adelante del derrame para su recuperación y posterior eliminación.

7.- MANEJO Y ALMACENAMIENTO
PRECAUCIONES PARA EL MANEJO: Evite el contacto con producto ya usado. Evite pequeños derrames y fugas para evitar riesgos de resbalamiento.
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SEGURO: No almacene en recipientes abiertos o sin identificar. Almacenar a temperaturas menores a 45 grados
INCOMPATIBILIDADES: N/A
OTRAS PRECAUCIONES: : Evite la entrada en corrientes de agua

9.- PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS
ESTADO FÍSICO: Sólido Granulado
APARIENCIA Y COLOR: Blanco
TEMPERATURA DE FUSIÓN (°C): N/A
TEMPERATURA DE EBULLICIÓN (°C) (RANGO): 93°C
SOLUBILIDAD EN AGUA: Total
OLOR: Inoloro
% DE VOLÁTILES POR VOLUMEN: N/A
PRESIÓN DE VAPOR A 20°C (mm de Hg): N/A
DENSIDAD DE VAPOR: <input type="checkbox"/> MAS PESADO QUE EL AIRE <input type="checkbox"/> MAS LIVIANO QUE EL AIRE:
TASA DE EVAPORACIÓN: <input type="checkbox"/> MAS RAPIDO <input type="checkbox"/> MAS LENTO QUE EL BUTIL ACETATO:
DENSIDAD RELATIVA: (a 15 °C): 0.798
pH: N/A
SOLUBILIDAD (ES): Total
COEFICIENTE DE REPARTO N-OCTANO/AGUA: N/D
TEMPERATURA DE IGNICIÓN ESPONTÁNEA: N/A
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN: N/A

10.- ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD
ESTABILIDAD QUÍMICA: <input checked="" type="checkbox"/> ESTABLE <input type="checkbox"/> INESTABLE
POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS: N/A
MATERIALES INCOMPATIBLES: Oxidantes fuertes
PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA: El material no se descompone a temperaturas ambiente.
POLIMERIZACIÓN PELIGROSA: <input type="checkbox"/> OCURRIRÁ <input checked="" type="checkbox"/> NO OCURRIRÁ
CONDICIONES QUE SE DEBE EVITAR (EJ: DESCARGA DE ELECTRICIDAD, CHOQUE O VIBRACIÓN): Calor excesivo. Fuentes de ignición de alta energía.

11.- INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA
DESCRIPCIÓN CONCISA PERO COMPLETA Y COMPRESIBLE DE LOS DIVERSOS EFECTOS TOXICOLÓGICOS PARA LA SALUD Y DE LOS DATOS

DISPONIBLES USADOS PARA IDENTIFICAR ESOS EFECTOS, COMO: Tóxico al mínimo. Basado en datos de prueba para materiales estructuralmente similares.
INFORMACION SOBRE LAS VIAS PROBABLES DE EXPOSICION (INHALACION, INGESTION, CONTACTO CON LA PIEL Y LOS OJOS):
Inhalación: Irritación: Sin datos del punto final; Toxicidad (Rata): LC50> 5000 mg/m ³
Ingestión: Toxicidad (Rata): LD50> 2000 mg/kg
Piel: Toxicidad (Conejo): LD50> 2000 mg/kg; Irritación (Conejo): Información disponible.
Ojo: Irritación (Conejo): Información disponible.
SINTOMAS RELACIONADOS CON LAS CARACTERISTICAS FISICAS QUIMICAS Y TOXICOLOGICAS: No es cancerígeno en pruebas de animales.
EFFECTOS INMEDIATOS, RETARDADOS Y CRONICOS PRODUCIDOS POR UNA EXPOSICION A CORTO Y LARGO PLAZO: En estudios dermatológicos crónicos de ratones, los solventes usados y nuevos no produjeron algún efecto cancerígeno.
MEDIDAS NUMERICAS DE TIXICIDAD (ESTIMACIONES DE TOXICIDAD AGUDA): Solventes de baja toxicidad.
12.- INFORMACION ECOTOXICOLOGICA
BIODEGRADABILIDAD/PERSISTENCIA: Componente de alta solubilidad biodegradable desaparecerá conforme vaya solubilizándose y biodegradándose.
BIOTOXICIDAD-(ACUATICA, TERRESTRE, CUANDO SE DISPONGA DE INFORMACION): Material -- No se espera que sea nocivo para los organismos acuáticos.
POTENCIAL DE BIOACUMULACION: . Mayor biodegradabilidad que la cáscara de naranja.
MOVILIDAD DEL SUELO: Mayor biodegradabilidad que la cáscara de naranja.
OTROS EFECTOS ADVERSOS: N/A
COMPORTAMIENTO EN PLANTAS DE TRATAMIENTO: N/A
13.- INFORMACION RELATIVA A LA ELIMINACION DE PRODUCTOS
DESCRIPCION DE LOS DESECHOS: Este material no contiene sustancias extremadamente peligrosas.
PROCEDIMIENTOS DE MANEJO Y METODOS DE ELIMINACION: El producto es adecuado para quemarse en un quemador encerrado, controlado por el valor de combustible o la eliminación por incineración supervisada a muy altas temperaturas para evitar la formación de productos indeseables de la combustión.
PROCEDIMIENTOS DE ELIMINACION DE RECIPIENTES CONTAMINADOS: Los contenedores vacíos deben reciclarse, recuperarse o eliminarse a través de contratistas debidamente calificados o autorizados y en concordancia con las regulaciones oficiales

14.- INFORMACION RELATIVA DEL TRANSPORTE
DESIGNACION OFICIAL DE TRANSPORTE DE LAS NACIONES UNIDAS: N/D
NUMERO DE IDENTIFICACION .NU (NACIONES UNIDAS): N/D
CLASE(S) DE PELIGROS EN EL TRANSPORTE: N/D
GRUPO DE EMBALAJE / ENVASE SI SE APLICA: N/D
CONTAMINANTE MARINO: (SI/NO): N/D
PRECAUCIONES ESPECIALES DURANTE EL TRANPORTE: N/D

15.- INFORMACION SOBRE LA REGLAMENTACION
ESTANDAR DE COMUNICACION DE PELIGRO OSHA: Cuando se usa para el propósito previsto, este material no se clasifica como peligroso de acuerdo con OSHA 29 CFR 1910.1200.
El material no es peligroso según lo definido por los criterios físico / químicos y de salud de las Directivas de la UE para sustancias / preparaciones peligrosas.
Etiquetado UE: No está regulado de acuerdo al criterio físico / químico y de salud humana de las Directivas de la CE.
LISTADO DEL INVENTARIO QUÍMICO NACIONAL: AICS, IECSC, DSL, ENCS, KECI, PICCS, TSCA

Casos

especiales:

Inventario	Estado
ELINCS	No aplica restricciones

EPCRA: Este material no contiene sustancias extremadamente peligrosas.

SARA (311/312)
CATEGORÍAS DE RIESGOS REPORTABLES
SARA: Ninguno.

SARA (313)
INVENTARIO DE DESCARGAS TÓXICAS:
Ninguno

	METAS REGULADORAS INVESTIGADAS..		
1 = ACGIH TODAS	6 = TSCA 5a2	11 = CA P65 REPRO	16 = MN RTK
2 = ACGIH A1	7 = TSCA 5e	12 = CA RTK	17 = NJ RTK
3 = ACGIH A2	8 = TSCA 6	13 = IL RTK	18 = PA RTK
4 = OSHA 2	9 = TSCA 12b	14 = LA RTK	19 = RI RTK
5 = TSCA 4	10 = CA P65 CARC	15 = MI 293	

16.- OTRA INFORMACION

SOBRE LA RESPONSABILIDAD, PREPARACION Y ACTUALIZACION DE LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE MATERIALES:

N/D = No determinado, N/A = No aplicable

La información y recomendaciones contenidas en el presente documento son, en el mejor entender y conocimiento de HARPICORP DEL ECUADOR, exactas y fidedignas en la fecha de emisión. Usted puede contactar a HARPICORP DEL ECUADOR para asegurarse que este es el documento más actualizado disponible de HARPICORP DEL ECUADOR. La información y recomendaciones son proporcionadas para la consideración y examen de los usuarios. Es responsabilidad del usuario para su propia satisfacción decidir si el producto es adecuado para su uso particular. Si el comprador reempaca este producto, es responsabilidad del usuario que la información relativa a salud, seguridad y otra información necesaria, este incluida con y/o en el recipiente. Advertencias adecuadas y procedimientos de manejo seguro deberán ser suministrados a los manipuladores y usuarios. Está estrictamente prohibida la alteración de este documento. Exceptuando por exigencias de la ley, no se permite la reproducción o retransmisión parcial ó total de este documento.

ELABORADO
POR: BELEN
VALENZULEA

FECHA: ENERO
2014

REVISADO
POR: Ing.
ANTONIO
Harnisth

FECHA: ENERO
2014