



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES
PARA LA EMPRESA PLUSAMBIENTE CIA.LTDA EN LA PARROQUIA SAN
SEBASTIAN DEL COCA DEL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS EN LA
PROVINCIA DE ORELLANA EN EL AÑO 2015”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR:
VÍCTOR ALFONSO LLORI BUSTOS
DIRECTOR DE TITULACIÓN:
DR. FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCES

Riobamba – Ecuador

2016

©2016, Víctor Llori Bustos

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

El Tribunal de Titulación, certifica que: El trabajo de investigación : “DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES PARA LA EMPRESA PLUSAMBIENTE CIA.LTDA EN LA PARROQUIA SAN SEBASTIAN DEL COCA DEL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA EN EL AÑO 2015”, de responsabilidad del señor egresado Víctor Alfonso Llori Bustos, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Fausto Manolo
Yaulema Garcés
**DIRECTOR DE
TITULACION**

Dr. José Gerardo León
Chimbolema
**MIEMBRO DE
TITULACION**

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, VICTOR ALFONSO LLORI BUSTOS, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 31 de marzo del 2016

VICTOR ALFONSO LLORI BUSTOS

150059256-1

DEDICATORIA

A mis padres Segundo Llori (+) y Hulda Bustos por ser la base fundamental de mi vida y por ser el ejemplo de lucha y superación, por haberme dado el regalo más preciado la vida y brindarme la oportunidad de prepararme y poder llegar a formarme como un profesional con valores éticos y morales, y a mis hermanos Cesar y Cristhian por brindarme su apoyo incondicional en cada parte de mi vida y mi carrera universitaria.

A mi esposa Gabriela e hijo Andresito quienes se han convertido en partes fundamentales en mi vida dándome su apoyo y alentándome para que nunca perdiera mi camino y llegar a la meta que prometí.

A la ESPOCH que por sus grandes maestros formaron parte de mi vida estudiantil, aportando sus conocimientos y experiencias hasta cumplir una etapa más de vida como profesional

Víctor A. Llori B.

AGRADECIMIENTO

A la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO y a nuestra escuela de CIENCIAS QUÍMICAS por brindarnos conocimientos y ayudarnos a desempeñarnos como futuros profesionales.

Al Dr. Fausto Yaulema y al Dr. Gerardo León por brindarnos su tiempo e invaluable conocimiento para poder concluir con este trabajo de titulación.

A la empresa Plusambiente por brindarme su apoyo en la realización de mi tesis para culminar de manera exitosa mi carrera.

Y a todas las personas que de una u otra manera han aportado con sus conocimientos, acciones y frases de aliento, que han hecho mella en mi mente y corazón. Para alcanzar la meta que me he propuesto.

Muchas gracias de corazón a todos.

Víctor A. Llori B.

CONTENIDO GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
CONTENIDO GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xv
RESUMEN	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	20
ANTECEDENTES	21
JUSTIFICACIÓN	22
OBJETIVOS	23
OBJETIVO GENERAL	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
CAPITULO I	24
1. MARCO TEÓRICO	24
1.1. Agua residual	24
1.1.1. Características de las aguas residuales industriales	25
1.1.2. Medición de caudales de aguas residuales industriales	30
1.1.3. Clasificación de las Aguas Residuales	31
1.1.4. Muestreo de las Aguas Residuales	31
1.2. Tratamiento de Aguas Residuales	32
1.2.1. Procesos básicos u operaciones unitarias	37
1.3. Dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.	38
1.3.1. Caudal de diseño	38
1.3.2. Tanque de Almacenamiento y Coagulación	38
1.3.3. Sedimentador Convencional	43
1.3.4. Filtro Lento de Arena y Carbón Activado	48
1.3.5. Tanque de Cloración	54
1.3.6. Dosificación de desinfectante	55
1.3.7. Eras de Secado	57

1.4.	Rendimiento de las Pruebas de Tratabilidad.....	60
1.5.	Estudio de Impacto Ambiental.....	61
1.5.1.	Valoración e Identificación de Impactos Ambientales-Matriz de Leopold	61
1.6.	Marco Legal.....	62
CAPITULO II.....		63
2.	PARTE EXPERIMENTAL	63
2.1.	Localización.....	63
2.2.	Metodología.....	63
2.2.1.	Materiales, equipos y reactivos.....	63
2.2.2.	Características técnicas del equipo	64
2.2.3.	Método de Muestreo	64
2.2.4.	Determinación del volumen del agua residual recolectada en la piscina de efluentes industriales.....	65
2.2.5.	Medición de caudal.....	66
2.2.6.	Pruebas de tratabilidad para el agua residual	66
2.2.7.	Prueba de jarras mediante coagulación y floculación.....	66
2.2.8.	Procesos adecuados para el tratamiento de aguas residuales industriales.....	68
2.2.9.	Elaboración de planos.....	69
2.2.10.	Valoración e identificación de impactos ambientales.....	69
2.3.	Dimensionamiento.....	71
2.3.1.	Caudal de diseño.....	71
2.3.2.	Tanque de almacenamiento y coagulación	71
2.3.3.	Cálculos para dosificación de químicos en la coagulación y floculación.....	77
2.3.4.	Sedimentador Convencional	81
2.3.5.	Filtro Lento de Arena y Carbón Activado	85
2.3.6.	Tanque de Cloración.....	91
2.3.7.	Dosificación del desinfectante	92
2.3.8.	Eras de Secado.....	95
PRESUPUESTO.....		98
CAPITULO III		100
3.	RESULTADOS Y DISCUSION	100
3.1.	LOCALIZACIÓN.....	100
3.2.	Medición del volumen de agua residual industrial recibida por la empresa Plusambiente.	102
3.3.	Medición del caudal.....	104
3.4.	Caracterización Física, Química del Agua Residual Industrial.	107
3.5.	Pruebas de coagulación, floculación y sedimentación.....	114

3.5.1. Dosis óptima de PAC-25A y CHEMFLOC C-25	114
3.5.2. pH óptimo	115
3.5.3. Concentración óptima	116
3.5.4. Tiempo de floculación	117
3.5.5. Velocidad de Sedimentación	118
3.5.6. Rendimiento de las pruebas de tratabilidad	120
3.6. Procesos para el tratamiento del agua residual industrial.	124
3.7. Elaboración de planos	132
3.8. Valoración e identificación de impactos ambientales	132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	136
Conclusiones.....	136
Recomendaciones	138
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS	142
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGAUS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EMPRESA PLUSAMBIENTE CIA. LTDA.....	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Contaminantes importantes de las aguas residuales.....	25
Tabla 2-1: Concentración permisible para contaminantes físico – químicos de un agua residual	29
Tabla 3-1: Relación de las revoluciones por minuto y gradientes de velocidad en la prueba de jarras.....	35
Tabla 4-1: Procesos básicos u operaciones unitarias	38
Tabla 5-1: Criterios de diseño de tanque de mezcla rápida	39
Tabla 6-1: Número de potencia K para diferentes tipos de impulsores	40
Tabla 7-1: Criterios para el diseño de Sedimentador convencional	44
Tabla 8-1: Filtro Lento de Arena y Carbón Activado.....	49
Tabla 9-1: Ventajas y desventajas de las eras de secado.	57
Tabla 10-1: Criterios de Diseño para Eras de Secado	58
Tabla 11-1: Tiempo requerido para la digestión de lodos	58
Tabla 12-2: Materiales, Equipos y Reactivos para Caracterización del Agua Residual.....	63
Tabla 13-2: Materiales, Equipos y Reactivos para Pruebas de Coagulación, Floculación y Sedimentación.....	64
Tabla 14-2: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua	65
Tabla 15-2: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua	65
Tabla 16-2: Valoración e identificación de impactos ambientales	69
Tabla 17-2: Evaluación de Impactos según la Matriz de Leopold.....	70
Tabla 18-2: Rango para la calificación ambiental	70
Tabla 19-2: Presupuesto para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales	98
Tabla 20-2: Presupuesto de los productos químicos usados para el tratamiento	99
Tabla 21-3: Ficha técnica de localización.....	100
Tabla 22-3: Volumen Semanal	102
Tabla 23-3: Volumen Mensual	103
Tabla 24-3: Caudal Semanal.....	105
Tabla 25-3: Caudal Mensual.....	106
Tabla 26-3: Caracterización física de los efluentes recibidos por la empresa Plusambiente...	107
Tabla 28-3: Caracterización química de los efluentes recibidos por la empresa Plusambiente.	111
Tabla 28-3: Resultados de la dosificación óptima en la prueba de jarras	114
Tabla 29-3: Resultados del pH óptimo en la prueba de jarras	115
Tabla 30-3: Resultados de la concentración óptima en la prueba de jarras	116
Tabla 31-3: Resultados del tiempo y gradiente óptimos de floculación en la prueba de jarras..	117
Tabla 32-3: Resultados de la sedimentación en la prueba de jarras	118
Tabla 33-3: Resultados de la sedimentación en la prueba de jarras	119

Tabla 34-3: Resultados del rendimiento de la prueba de coagulación, floculación y sedimentación	120
Tabla 35-3: Resultados del rendimiento de la prueba de cloración	123
Tabla 36-3: Caudal de diseño	126
Tabla 37-3: Dimensionamiento del tanque de almacenamiento inicial	127
Tabla 38-3: Dimensionamiento del agitador de 6 paletas.....	127
Tabla 39-3: Diseño del Sedimentador Convencional	128
Tabla 40-3: Filtro Lento de Arena y Carbón Activado.....	129
Tabla 41-3: Sistema de drenaje.....	130
Tabla 42-3: Sistema de lavado del filtro.....	130
Tabla 43-3: Tanque de cloración	131
Tabla 44-3: Eras de Secado	131
Tabla 45-3: Valores de afectaciones y agregación de impactos por cada factor ambiental.....	134
Tabla 46-3: Valoración de afectaciones y agregación de impactos por cada acción humana. ...	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1-1: Dimensiones para el diseño de tanque de mezcla rápida.....	39
Figura N° 2-1: Planta y alzado de un sedimentador convencional.	44
Figura N° 3-1: Eras de Secado.....	57
Figura N° 4-3: Mapa Ubicación PTAR	101
Figura N° 5-3: Volumen Semanal	103
Figura N° 6-3: Volumen Mensual	104
Figura N° 7-3: Caudal Semanal.....	106
Figura N° 8-3: Caudal Mensual.....	107
Figura N° 9-3: pH.....	108
Figura N° 10-3: Conductividad	108
Figura N° 11-3: Sólidos Totales	109
Figura N° 12-3: Color.....	109
Figura N° 13-3: Turbiedad	110
Figura N° 14-3: Hidrocarburos Totales	111
Figura N° 15-3: Demanda Química de Oxígeno	112
Figura N° 16-3: Demanda Bioquímica de Oxígeno	113
Figura N° 17-3: Dosis Óptima.....	114
Figura N° 18-3: pH Óptima.....	115
Figura N° 19-3: Concentración Óptima.....	116
Figura N° 20-3: Tiempo de floculación.....	117
Figura N° 21-3: Velocidad de Sedimentación	119
Figura N° 22-3: Rendimiento del Color	121
Figura N° 23-3: Rendimiento de Turbidez.....	121
Figura N° 24-3: Rendimiento de la Demanda Química de Oxígeno	122
Figura N° 25-3: Rendimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	122
Figura N° 26-3: Rendimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	123
Figura N° 27-3: Rendimiento de la Demanda Química de Oxígeno	124
Figura N° 28-3: Procesos adecuados para el tratamiento del agua residual industrial	125

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	30
Ecuación 2	30
Ecuación 3	31
Ecuación 4	31
Ecuación 5	32
Ecuación 6	35
Ecuación 7	35
Ecuación 8	36
Ecuación 9.....	36
Ecuación 10.....	36
Ecuación 11.....	38
Ecuación 12.....	40
Ecuación 13.....	40
Ecuación 14.....	41
Ecuación 15.....	41
Ecuación 16.....	41
Ecuación 17.....	41
Ecuación 18.....	42
Ecuación 19.....	42
Ecuación 20.....	42
Ecuación 21.....	43
Ecuación 22.....	43
Ecuación 23.....	45
Ecuación 24.....	45
Ecuación 25.....	45
Ecuación 26.....	46
Ecuación 27.....	46
Ecuación 28.....	46
Ecuación 29.....	47
Ecuación 30.....	47
Ecuación 31.....	47
Ecuación 32.....	48
Ecuación 33.....	49
Ecuación 34.....	49
Ecuación 35.....	50
Ecuación 36.....	50

Ecuación 37	50
Ecuación 38	51
Ecuación 39	51
Ecuación 40	51
Ecuación 41	52
Ecuación 42	52
Ecuación 43	52
Ecuación 44	53
Ecuación 45	53
Ecuación 46	53
Ecuación 47	54
Ecuación 48	55
Ecuación 49	55
Ecuación 50	55
Ecuación 51	56
Ecuación 52	56
Ecuación 53	56
Ecuación 54	56
Ecuación 55	58
Ecuación 56	59
Ecuación 57	59
Ecuación 58	59
Ecuación 59	60
Ecuación 60	60
Ecuación 61	60
Ecuación 62	60
Ecuación 63	61
Ecuación 64	61
Ecuación 65	61
Ecuación 66	70

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

V	Volumen
T	Tiempo
D_e	Diámetro externo de la tubería
D_i	Diámetro interno de la tubería
V_i	Volumen de cada muestra individual
V	Volumen total de la muestra compuesta
Q_i	Caudal instantáneo
Q_p	Caudal promedio
n_o	Número de muestras tomadas
Q_{Diseño}	Caudal de diseño
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Fa	Fuerza activa
g	Aceleración de la gravedad
V	Volumen
ρs	Peso específico de la partícula
ρ	Densidad del líquido
Q	Caudal
h_a	Altura del tirante de construcción
h_T	Altura total
B	Ancho del canal
α	Ángulo de inclinación
A_L	Área libre al paso del agua
S	Espesor de las barras
L_b	Longitud de barras
L	Longitud del canal
N_b	Número de barras
h	Pérdida de carga
e	Separación entre barras
v	Velocidad
B	Ancho
θ	Ángulo de inclinación
A_s	Área de sedimentación
C_s	Carga superficial
G	Gradiente de velocidad

L'	Longitud de transición
L	Longitud del Sedimentador
Lr	Longitud relativa del Sedimentador
Lcr	Longitud relativa del Sedimentador corregida en la longitud de transición
Re	Número de Reynolds
RAOHE	Reglamento Ambiental de actividades Hidrocarburíferas
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
tr	Tiempo de retención
v_{sc}	Velocidad de sedimentación crítica
v_o	Velocidad promedio de flujo
Vd	Volumen del Sedimentador
H	Altura del tanque
D	Diámetro del tanque
R	Radio del tanque
V	Volumen del tanque
Ht	Altura total del tanque
H	Altura del líquido
C	Altura del rodete sobre el fondo del tanque
W	Ancho de las paletas
J	Ancho de las placas deflectoras
Da	Diámetro del agitador
Dd	Diámetro del sujetador de las paletas
L	Longitud de las palas del rodete
P	Potencia del motor para el agitador
t_o	Tiempo óptimo de mezcla
N	Velocidad de rotación para el agitador
Q	Caudal
H_{Tr}	Altura total de la cámara
b	Ancho del filtro
A_f	Área horizontal del filtro
L	Longitud del filtro
Hu	Profundidad útil del filtro
Tr	Tiempo de retención hidráulica
V_f	Volumen del filtro
B	Ancho del filtro
A	Área

A_s	Área superficial real
K	Coefficiente mínimo de costo
L	Longitud del filtro
ha	Vertedero de entrada
N	Número de unidades
V_F	Velocidad de filtración
v_{FR}	Velocidad de filtración real
H	Profundidad
Z_F	Altura del filtro
F_S	Factor de seguridad
C_A	Altura de la capa de agua
L_A	Altura del lecho filtrante
C_S	Altura de la capa de soporte
F_C	Altura de drenaje
A_o	Área de orificios laterales
D_o	Diámetro de orificios
v_o	Velocidad de orificio
Q_o	Caudal que ingresa a cada orificio
N_L	Numero de laterales
n_L	Espaciamiento de los laterales
L_L	Longitud para laterales
e_L	Separación entre laterales
D_{TE}	Diámetro de la tubería de entrada del filtro
v_e	Velocidad de entrada
D_{TS}	Diámetro de la tubería de salida del filtro
v_s	Velocidad de salida
v_L	Velocidad optima de lavado del filtro
C_U	Coefficiente de uniformidad
T_E	Tamaño efectivo de arena
t_L	Tiempo óptimo de lavado
V_L	Cantidad de agua para lavado del filtro
V	Volumen del tanque
t	Tiempo de reacción
A_T	Altura del tanque
B	Ancho del tanque
L	Longitud del tanque

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el diseño de la planta de tratamiento de aguas industriales para la empresa Plusambiente la cual presta servicios como gestora ambiental a las empresas petroleras de la provincia de Orellana y Sucumbíos. Las industrias como parte de un desarrollo sustentable se ven en la necesidad de tomar medidas que eviten la contaminación ambiental. Dentro de la legislación ambiental ecuatoriana se encuentran los límites de descarga máximos a cuerpos receptores o sistemas de alcantarillado, que todas las industrias sin excepción alguna deben cumplir. Se llevó a cabo pruebas y análisis de laboratorio para desarrollar el proceso más efectivo que se adapte al tipo de agua industrial que envíen los diferentes clientes. Las conclusiones obtenidas de las pruebas de laboratorio, fueron que el parámetro de la Demanda Química de Oxígeno está fuera de los límites permisibles según la tabla 4 A de la RAHOE 1215. Se desarrolló una planta de tratamiento de aguas industriales, determinando parámetros de operación y caracterización de las cantidades de las sustancias que se deben combinar, identificación de procesos y operaciones que se pueden diseñar para que las descargas de aguas industriales estén dentro de parámetros la tabla 4 A de la RAHOE 1215.

PALABRAS CLAVES:

< AGUA INDUSTRIAL > < DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO > < RAHOE 1215 >
< CONTAMINACIÓN AMBIENTAL > < LÍMITES PERMISIBLES >

SUMMARY

In this paper the design of the plant for industrial water treatment company Plusambiente which serves as an environmental oil companies in the province of Orellana and Sucumbíos manager was performed. Industries as part of a sustainable development are the need to take measures to prevent environmental pollution. Within the Ecuadorian environmental legislation are the limits of maximum discharge to receiving bodies or sewage systems, all industries without exception must comply. It was carried out tests and lab work to develop the most effective process that suits the type of industrial water to send different customers. The findings obtained from laboratory tests were that the parameter of Chemical Oxygen Demand is outside the permissible limits according to Table 4 A of the RAHOE 1215. A treatment plant of industrial waters developed, determining operating parameters and characterization of the quantities of the substances to be combined, identification processes and operations that can be designed for the discharge of industrial waters are within parameters Table 4 a RAHOE of 1215.

KEYWORDS: <WATER INDUSTRIAL> <CHEMICAL OXYGEN DEMAND> <RAHOE 1215> <POLLUTION> <PERMISSIBLE LIMITS>

INTRODUCCIÓN

Las efluentes industriales provienen de las actividades laborales diarias de los humanos es un contaminante muy importante de las fuentes de agua que tiene el planeta, generalmente desechadas a las alcantarillas o al ambiente. En la mayoría de los casos las mismas no son tratadas correctamente y no cumple con los límites de descarga permisibles por la legislación ecuatoriana.

El tratamiento de las aguas industriales consiste en la eliminación de material orgánico, sólidos, etc., es decir, contaminantes físicos, químicos y presentes en el agua del efluente de uso industrial, para proteger la salud de las comunidades y preservar el ambiente.

Por esta razón es necesario un estudio para solucionar este problema a corto, mediano y largo plazo. Parte de la solución es aumentar PTAR que traten este tipo de aguas contaminadas, y controles de descargas de estos efluentes al ambiente y que estén cumpliendo la legislación del país.

Dentro del proceso existen tres etapas: tratamiento primario, que trata de del proceso físico químico con cal hidratada para la regulación del pH, Policloruro de aluminio para que se produzca el coagulación en el agua y el polímero como floculante y de ahí pasa al Sedimentador convencional donde los sólidos por efecto de la floculación caerán al fondo, de ahí por tuberías se conecta a los filtros y a la era de secado, una vez filtrado pasa a la cloración para eliminar olores y bacterias.

Actualmente la Empresa Plusambiente Cía. Ltda. Cuenta con una PTAR compacta alquilada con la cual realiza trabajos de tratamientos pero con el aumento de las actividades petroleras en la provincia de Orellana se ha interesado realizar el diseño de una PTAR de más capacidad con la finalidad de ser líderes en el nuevo mercado que se está ampliando y así contribuir a la reducción de la destrucción de los ríos y fuentes de agua dulce de la provincia.

ANTECEDENTES

Plusambiente Cia.ltda. es una empresa dedicada al manejo y revalorización de residuos, contaminados y no contaminados, cuya actividad netamente comercial inicia a partir del año 2009, citada empresa se enmarca en contribuir a la gestión ambiental adecuada de los desechos, puesto que permite la reducción del volumen, reducción de la peligrosidad de los desechos permitiendo la destrucción de los compuestos orgánicos mediante la combustión a altas temperaturas (Incineración), además de promover la utilización racional de los recursos naturales renovables y no renovables mediante el reciclaje, reutilización de los residuos y revalorización de residuos peligrosos.

Mantiene actualmente la Planta de Gestión Integral de Desechos dentro de la Jurisdicción de la provincia de Orellana, cantón Joya de los Sachas, parroquia San Sebastián del Coca, exactamente en el Km 1.7 camino a las Minas de Huataracu, la misma que tiene por finalidad principal darle una disposición final adecuada a los desechos y trabajar en armonía con el medio ambiente circundante a la Planta de Operación.

Plusambiente Cia.ltda., entra en operación a mediados del año 2011, en virtud de la Licencia Ambiental otorgada por la autoridad ambiental el Ministerio del Ambiente, la empresa Plusambiente Cia.ltda, se compromete a cumplir varias obligaciones con el Ministerio del Ambiente a través de su correspondiente Licencia, como también a cumplir con lo detallado dentro de su respectivo Plan de Manejo Ambiental Aprobado. (Condolo 2014)

Se ha considerado llevar a cabo el diseño de una PTAR industriales, considerando para la empresa Plusambiente una nueva línea de negocio. Este proyecto se llevará a cabo bajo la responsabilidad de él suscrito, convirtiéndose en un aporte técnico científico.

“En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) se han realizado trabajos de investigación similares sobre el Tratamiento de Aguas Residuales. En la Escuela de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental se realizó el Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera Parroquial de San Luis Provincia Chimborazo el mismo que fue realizado por la Srta. Adriana Elizabeth Valencia López la cual determinó una eficiencia de depuración de alrededor de: 70% de turbiedad, 87,8% de solidos sedimentables, 88,4% de solidos suspendidos, 91% de aceites y grasas, 80,5% de DBO y 80,5% de DQO, cumpliendo de esta manera con los límites establecidos por la normativa ambiental TULAS y conservando la calidad del agua del Rio Chibunga”. . (Valencia 2013, 136)

JUSTIFICACIÓN

El creciente interés existente en la actualidad por la conservación de nuestras fuentes hídricas y la constante contaminación por aguas industriales que causan efectos adversos a los habitantes de la provincia de Orellana y que produce daño al ecosistema aledaño a las industrias.

Buscando minimizar los efectos causados por la contaminación de aguas de la industria petrolera que producen afectaciones graves a los ecosistemas de sus alrededores y si se tiene una exposición prolongada puede producir efectos cancerígenos al ser humano, en busca del bienestar de la población de la provincia de Orellana y la naturaleza en general, se propone a la empresa Plusambiente el diseño de una planta de tratamiento de aguas industriales como parte nueva de línea de negocios de la misma.

Además la elaboración de la investigación aportará a que la población de la provincia se beneficie con una mejor calidad y salud ambiental. Como así se lo estipula en la Constitución Ecuatoriana, Derechos del Buen Vivir, en su segunda sección, Art. 14 *“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”*. (Ministerio del Ambiente 2013, 1).

El proyecto es viable porque cuenta con el apoyo de la Gerencia de la Empresa Plusambiente, la misma que apoya la investigación, recursos económicos, técnicos y humanos. Colaborando con las actividades que formaran parte del proyecto desde la caracterización inicial hasta el diseño final de la planta.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ❖ “Diseñar una planta de tratamiento de aguas industriales para la empresa Plusambiente Cia.ltda en la parroquia San Sebastián del Coca del Cantón La Joya de los Sachas en la provincia de Orellana en el 2015”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Caracterizar física – químicamente las aguas residuales industriales provenientes de las empresas generadoras.
- ❖ Proponer los procesos más eficientes para el tratamiento del agua residual industrial que llegan a la empresa Plusambiente.
- ❖ Dimensionar una planta de tratamiento para el agua residual industriales, utilizando la herramienta informática AutoCAD 2014.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Agua residual

Son efluentes de textura transformadas derivadas del uso industrial, comercial, pecuario o de cualquier otra naturaleza; las cuales han sufrido un daño en su calidad original causado por el hombre. (Sánchez 2011, 29)

Los efluentes industriales se los considera por la gran cantidad de impurezas, estas varían mucho de tamaño en un amplio espectro, que va entre unos 10^{-8} cm para sustancias que son solubles y 10^{-2} cm para la materia en suspensión. (M. Aguilar 2002)

La separación de una gran cantidad de impurezas se realiza por sedimentación. Sin embargo, algunas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente mediante esta operación, por lo cual es necesaria la unión de estas partículas en cúmulos de mayor tamaño, y, más fácilmente decantables con el fin de tener una mejor separación por sedimentación. Este proceso de formación de agregados se la conoce como coagulación. (Aguilar, y otros 2002)

Las aguas industriales provienen del uso en abastecimientos poblacionales, luego de ser modificados por sus diferentes usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, lo cual altera su estructura y composición química y por lo cual su remediación para reintegrarla a los cuerpos de agua son más complejos.

Tabla 1-1: Contaminantes importantes de las aguas residuales

Contaminante	Fuente	Importancia ambiental
Sólidos suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradable	Desechos domésticos	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar eutrofización.
Compuestos orgánicos refractarios	Desechos industriales	Pueden causar problemas de sabor y olor; pueden ser tóxicos o carcinogénicos.
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente.
Sólidos inorgánicos disueltos	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua.	Pueden interferir con el reúso del efluente.

Fuente: (Metcalf & Eddy 2009)

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

1.1.1. Características de las aguas residuales industriales

Las aguas residuales están compuestas originalmente en un 99% de agua potable y 0,1% por pesos de sólidos, ya sean disueltos o suspendidos. Este 0,1% referido aquel que debe ser removido para que el agua pueda ser reutilizada, con la aplicación de tratamientos. (EcuRed 2015)

1.1.1.1. Características físicas

El agua residual industrial presenta características físicas tales como: color, conductividad, olor y sabor, sólidos totales, temperatura y turbiedad. Realizar la caracterización correcta de la turbiedad y la cantidad de sólidos totales en una muestra es de vital importancia para realizar una caracterización preliminar.

❖ Color

El agua polucionada puede tener varias tonalidades. Las causas más comunes del color en el agua es la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución, también puede darse por el contacto de agua con desechos orgánicos tales como hojas, madera, raíces, etc.; en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. (J. Romero, Calidad del agua 2000)

❖ **Conductividad**

Es la capacidad que tiene el agua para conducir electricidad, por medio de iones en solución, es decir, un incremento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad. Los valores reportados en la conductividad eléctrica son usados como un parámetro para conocer la cantidad de Sólidos Disueltos Totales. (Andrade 2010, 56)

❖ **Olor y sabor**

El olor y sabor en agua ocurren frecuentemente juntos, muchas pueden ser las causas, siendo las más comunes la presencia de materia orgánica en solución, ácido sulfúrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc.

Determinar el olor y sabor en el agua es importante, permitiendo evaluar la calidad de aceptabilidad por parte del consumidor y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación.

Tanto el olor como el sabor se pueden describir cualitativamente, en el caso del olor es más fuerte cuando el agua se encuentra expuesta a elevadas temperaturas. Para ensayos de sabor solo debe hacerse con muestras seguras para el consumo humano. (J. Romero , Calidad del agua 2000)

❖ **Sólidos totales**

Los sólidos totales son la cantidad de materia que resulta después de someter al agua a elevadas temperaturas. Los mismos que se pueden clasificar en sólidos suspendidos y sólidos filtrables. (Andrade 2010, 56)

❖ **Temperatura**

La temperatura es un parámetro que controla la existencia de biota en el agua. La biota tolera ciertos rangos de temperatura. Asimismo la temperatura acelera las reacciones que envuelven la disolución de sólidos y disminuye la solubilidad de los gases, debido a que los elementos orgánicos no se oxidan. (Campos Gómez 2003, 51)

❖ **Turbiedad**

La turbiedad mide la cantidad de luz que puede ser absorbida o reflejada por el material en suspensión. Al existir abundante material suspendido, interfiere con la penetración de la luz y afecta al proceso de fotosíntesis. (Campos Gómez 2003, 51)

1.1.1.2. Características Químicas

Las características químicas que presentan las aguas industriales, es de suma importancia; debido a que nos permitirá guiarnos e identificar e tratamiento más idóneo y eficiente para mejorar la calidad del agua. Las principales características químicas del agua son: Alcalinidad, Aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Metales pesados, pH, Surfactantes.

❖ **Alcalinidad**

La alcalinidad es la capacidad de neutralizar los ácidos y mantener el pH estable. Los iones más frecuentes en las aguas son el Bicarbonato (HCO_3^-), Carbonato (CO_3^{2-}) y Oxido de Hidrogeno (OH^-). La alcalinidad en el agua produce un sabor amargo del agua, se generan costras blancas en el sistema de alcantarillado las mismas que producen obstrucciones e interferencias. La presencia de alcalinidad en el agua produce la estabilidad de la misma en presencia de ácidos produciendo un efecto en el agua, conocido como buffer o efecto tampón. (Campos Gómez 2003, 51)

❖ **Aceites y grasas**

Son consideradas grasas y aceites a los compuestos de carbono, hidrogeno y oxigeno que flotan en el agua residual, formando una capa inmisible con el agua, recubren la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Casando problemas con la actividad biológica y mantenimiento de las aguas. Los aceites y grasas de origen animal y vegetal comúnmente son biodegradables y tratables en pantas de tratamiento biológico, mientras que los aceites y grasas de origen mineral pueden ser no biodegradables requiriendo un pretratamiento para ser removidos antes del tratamiento biológico. (J. Romero , Acuiquímica 1996, 59)

❖ **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

La Demanda bioquímica de oxígeno es una de la pruebas principales para a evolución de y control en la contaminación de las aguas residuales. Es un indicador de la concentración de materia orgánica biodegradable, representada por la cantidad de oxígeno requerida para la eliminación de la materia orgánica presente en el agua. Se calcula a partir de la medida de la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, después de incurvarse una muestra en periodo habitualmente de 5 días. La medida debe hacerse en la oscuridad, para evitar la producción de fotosíntesis de oxígeno. (Doménech 2006, 190)

❖ **Demanda Química de Oxígeno**

La Demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno disuelto que se consume en una reacción durante la oxidación. Se determina por medio de una valoración redox de la muestra con un oxidante químico fuerte, como es el dicromato potásico o permanganato potásico en medio ácido. (Doménech 2006, 190)

❖ **Metales Pesados**

Los metales pesados son un conjunto de elementos que posee una densidad relativa del metal no mayor de 4 o 5. La toxicidad de los mismos varía de acuerdo a la forma en la que se presenten, generalmente en elevadas concentraciones son muy tóxicos. Su presencia en las aguas residuales se debe a las actividades industriales específicas; como la minería, entre otras. (Ramalho 2003, 53-63)

❖ **pH**

El pH mide la concentración de iones Hidrogeno presentes en una muestra. Al conocer el valor del pH se puede controlar reacciones químicas y la actividad biológica. En el tratamiento biológico, al tener un pH menor a 6 se produce una proliferación de hongos sobre las bacterias generando peligro biológico o de contaminación. Las aguas muy acidas y muy básicas son indeseables debido a que son corrosivas y presentan problemas en su tratamiento al formas costras. (J. Romero 2004, 18-20)

Tabla 2-1: Concentración permisible para contaminantes físico – químicos de un agua residual

Contaminantes	Concentración		
	Unidad	Intervalo	Valor usual
Sólidos totales	mg/L	350 - 1200	700
Sólidos disueltos totales	mg/L	280 - 850	500
Fijos	mg/L	145 - 525	300
Volátiles	mg/L	105 - 325	200
Sólidos suspendidos totales	mg/L	100 - 350	210
Fijos	mg/L	20 - 75	55
Volátiles	mg/L	80 - 275	160
Sólidos sedimentables	mg/L	5-20	10
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	110 - 400	210
Carbono orgánico total (COT)	mg/L	80 - 290	160
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	250 - 1000	500
Nitrógeno total	mg/L	20 - 85	35
Orgánico	mg/L	8 -35	13
Amoníaco libre	mg/L	12-50	22
Nitritos	mg/L	0 - 0	0
Nitratos	mg/L	0 - 0	0
Fosforo total	mg/L	4-15	7
Orgánico	mg/L	1- 5	2
Inorgánico	mg/L	3-10	5
Cloruros	mg/L	30 - 100	50
Sulfatos	mg/L	20 - 50	30
Grasas y aceites	mg/L	50 - 150	90
Compuestos orgánicos volátiles	mg/L	< 100 a > 400	100 - 400
Coliformes totales	No./100mL	10 ⁶ – 10 ⁹	10 ⁷ – 10 ⁸
Coliformes fecales	No./100mL	10 ³ – 10 ⁷	10 ⁴ - 10 ⁵

Fuente: (J. Romero , Calidad del agua 2000)

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

1.1.1.3. Características Biológicas

Las aguas residuales dependiendo su origen, y las condiciones en las que se encuentran son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por el papel activos de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomponían y estabilización de la materia en el medio natural o en las pantas de tratamiento de aguas. (Crites y Tchobanogious 2000, 74)

1.1.2. Medición de caudales de aguas residuales industriales

El caudal está definido como el volumen del líquido que pasa por una sección en una corriente de agua en una unidad de tiempo determinado. (SOUTHIMPORT 2012, 100-154)

La medición de caudal se la puede realizar con la aplicación de algunos métodos entre los que tenemos:

1.1.2.1. Volumen volumétrico

Con la ayuda de un envase correctamente graduado se procede a realizar el llenado de cierto volumen en una unidad de tiempo.

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

Ecuación 1

Dónde:

Q : Caudal (L/s)

V : Volumen (L)

T : Tiempo (s)

1.1.2.2. Método velocidad/superficie

Se deberá conocer la velocidad y superficie de recorrido que realiza el fluido.

$$Q = A * v$$

Ecuación 2

Dónde:

Q : Caudal de diseño

A : Área transversal (m^2).

v : Velocidad (m/s).

Para la correcta medición del caudal es necesario que el recorrido de agua sea a través de una tubería con dimensiones conocidas, donde se usaran el diámetro interno y el espesor de la tubería.

$$D_i = (D_e - s)$$

Ecuación 3

Dónde:

D_e : Diámetro externo de la tubería (m)

s : Espesor de la tubería (m)

$$A = \frac{D_i^2 \pi}{4}$$

Ecuación 4

Dónde:

D : Diámetro de la tubería (m)

π : 3.1416

1.1.3. Clasificación de las Aguas Residuales

Las aguas residuales industriales se originan en actividades donde se empleó agua para procesos de transformación y manipulación, son muy variables en su composición, por lo tanto sus características dependerán de que actividad que desarrolle. Deben recibir un tratamiento previo antes de ser descargadas a cualquier cuerpo receptor.

Por sus características cambiantes, sus tratamientos también pueden ser cambiantes. Sin embargo, se utilizan mucho los mismos tratamientos tanto para aguas residuales municipales, como para aguas residuales industriales. (RAMALHO 2003)

1.1.4. Muestreo de las Aguas Residuales

El muestreo en las aguas residuales es extraer una parte representativa del efluente de interés, con la intención de analizar sus características y determinar sus parámetros físicos, químicos. El muestreo en las aguas residuales industriales también sirve para adquirir datos sobre el desempeño de los diferentes procesos en la planta de tratamiento, también permite implementar nuevas propuestas y reportar resultados del cumplimiento y seguimiento de la normativa vigente. El protocolo para la realización de un correcto muestreo se encuentra en el **Anexo 1**. (Metcalf & Eddy 2009, 554-582)

1.1.4.1. Tipos de muestreo para Aguas Residuales industriales

❖ Muestra Simple

Cuando las muestras son razonables en tiempo y espacio, al existir cambio alguno se observaran fácilmente las variaciones. Generalmente representan las cualidades del efluente, siendo una muestra puntual. Son aptas para determinar la temperatura, pH, conductividad eléctrica, alcalinidad, DQO.

❖ Muestra Compuesta

Es la unión de varias muestras simples, donde el volumen de cada muestra es proporcional al flujo instantáneo y el intervalo de tiempo es constante. Es recomendable que los volúmenes individuales sean de 120 mL y el final de 2 a 4 L.

Para el cálculo del volumen de las muestras individuales, que conformaran a muestra total, se emplea la siguiente ecuación:

$$V_i = \frac{(Q_i * V)}{(Q_p * n_o)}$$

Ecuación 5

Dónde:

V_i : Volumen de cada muestra individual (L)

V : Volumen total de la muestra compuesta (L)

Q_i : Caudal instantáneo (L/min)

Q_p : Caudal promedio (L/min)

n_o : Número de muestras tomadas (a dimensional)

❖ Muestra Integrada

Está conformada por varias muestras tomadas al mismo tiempo, pero en diferentes puntos de ubicación. (Metcalf & Eddy 2009, 554-582)

1.2. Tratamiento de Aguas Residuales

El objetivo de realizar un tratamiento al agua es eliminar organismos patógenos y sustancias tóxicas para mejorar la calidad del agua en el medio.

Considerando el término tratamiento como el conjunto de operaciones unitarias físicas, químicas o biológicas cuya finalidad es eliminar o reducir la contaminación o características no deseables de las aguas.

Los sistemas de tratamiento para aguas residuales industriales se dividen frecuentemente en subsistemas que se pueden clasificar en:

- ❖ Tratamientos previos o pretratamientos
- ❖ Tratamientos primarios o físicos – químicos
- ❖ Tratamientos secundarios o biológicos
- ❖ Tratamientos terciarios
- ❖ Etapa de pulimento y/o desinfección
- ❖ Tratamiento de fangos

Mediante el tratamiento previo y primario, se eliminan principalmente los sólidos suspendidos y algo de materia orgánica por impregnación; mediante el tratamiento secundario, la materia orgánica biodegradable disuelta y restos de sólidos en suspensión que no han sido removidos en el tratamiento primario.

Con el terciario se pretende eliminar contaminantes específicos y todos aquellos contaminantes no retenidos en los tratamientos anteriores, básicamente los contaminantes en forma de sólidos disueltos. Dentro de este último tratamiento se puede considerar incluida la desinfección, que elimina los gérmenes patógenos del agua o bien, considerar una etapa posterior en la que se considera las operaciones finales de pulido y/o desinfección. (SOUTHIMPORT 2012, 100-154)

❖ **Pretratamientos**

Proceso que usa rejillas y cribas para separar restos voluminosos como palos, telas, plásticos, etc. (Guarguati y Ramirez 2008, 17)

❖ **Tratamiento primario**

- **Coagulación y Floculación.** Es un proceso, que primero en la coagulación se forman pequeñas partículas por la neutralización de cargas, de los colides en suspensión con carga negativa, por la adición de químicos. Luego se da la floculación, cuando las partículas coaguladas se unen y forman un aglomerado de mayor tamaño denominado “flocs” o floculo, gracias a la formación de puentes químicos. Consiste en un acondicionamiento del agua para formar flóculos que puedan ser removidos fácilmente mediante sedimentación o filtración. (MARRÓN 1992)

Algunos coagulantes usados en el laboratorio son:

- ✓ **Policloruro de aluminio (PAC):** polímero usado para la clarificación de agua potable y aguas residuales, cumple la función de coagulante y floculante. Químicamente compuesto por Policloruro de aluminio, tiene altas concentraciones de Al_2O_3 con un mínimo de 31%. Su elevado poder como desestabilizador de cargas admite que se dé una completa coagulación de los sólidos presentes en las aguas residuales, disminuyendo la turbidez presente observándose en el cambio del color. (M. Aguilar 2002, 35)
- ✓ **Sulfato de aluminio $[Al_2 (SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$:** puede presentarse en forma sólida o líquida. Usada generalmente para el tratamiento de aguas residuales, también como coagulante en el tratamiento de agua potable y en la industria del papel para el blanqueamiento. El sulfato de aluminio en las aguas residuales precipita arrastrando las partículas en suspensión, sedimentándolas y aclarando más el agua. Por su bajo costo económico es muy usado. (M. Aguilar 2002, 47)
- ✓ **Cal (CaO):** usado desde la antigüedad para un sin número de aplicaciones, actualmente se usa para remediaciones ambientales, usándose para el tratamiento de aguas contaminadas. Debido a que estabiliza el pH causado por la presencia de bicarbonatos, purifica el agua eliminando la bacteria E.Coli, buen removedor de metales pesados, controla los olores manteniendo el pH estable favoreciendo a que los sulfuros permanezcan en solución y no se escapen como gas. (M. Aguilar 2002, 56)

Para la correcta dosificación de los químicos, se realiza un ensayo a escala de laboratorio mediante un jar Test o prueba de jarras, el mismo que permite manipular variables como la concentración de coagulante, pH, velocidad de mezclado, y comparar diferentes coagulantes.

Esta prueba da como resultado valores óptimos para el tratamiento del agua residual y ayuda a predecir el funcionamiento de los equipos a gran escala. La turbiedad determinada antes y después del tratamiento es un indicador de suma importancia para realizar la comparación. (OPS/CEPIS 2003)

El aparato cuenta básicamente con un medidor de rpm (revoluciones por minuto) que permite el control de la velocidad de mezclado, una lámpara para observar de mejor manera los cambios, agitadores para remover el contenido de vasos de precipitación generalmente de 1 litro, algunos equipos tienen cronómetro integrado. El equipo de jar test o prueba de jarras puede tener desde 3 agitadores hasta 8 agitadores. (RUSHTON 1993)

Tabla 3-1: Relación de las revoluciones por minuto y gradientes de velocidad en la prueba de jarras.

rpm	Gradiente (s⁻¹)
20	20
35	40
45	60
60	80

Fuente: GTZ-OPS/OMS-HPE-CEPIS, 1993.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

En la prueba de jarras, para la dosis óptima, pH óptimo, concentración óptima y parámetros de floculación; se obtienen los valores necesarios para la realización de las gráficas por medición directa.

Para la obtener el rendimiento de la prueba de coagulación y floculación, se realizan las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Remanente} = \frac{C_2 * 100\%}{C_1}$$

Ecuación 6

Dónde:

C_1 =Concentración inicial (antes del tratamiento) (mg / L)

C_2 =Concentración final (después del tratamiento) (mg / L)

% Remoción: Porcentaje de remoción

$$E = 100\% - \% \text{Remoción}$$

Ecuación 7

Dónde:

E : Rendimiento total (%)

% Remoción: Porcentaje de remoción

- **Sedimentación.** Se encarga de la remoción de los sólidos suspendidos y DBO, mediante la gravedad para separar una partícula de densidad superior a la del líquido hasta un lugar de almacenamiento. Usualmente la eliminación que se alcanza es solo parcial ya que depende de la materia que se trate, temperatura del agua y la amplitud de los tiempos de

retención. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en las PTAR. El propósito es obtener un efluente clarificado, este proceso produce fangos. (ROMERO 2004)

Se utiliza la prueba de jarras para determinar parámetros de sedimentación, es necesario el cálculo de la velocidad de sedimentación, la turbiedad final promedio y la fracción de turbiedad residual.

Encontramos los valores de interés mediante las siguientes ecuaciones:

$$v_s = \frac{h}{t}$$

Ecuación 8

Dónde:

v_s : Velocidad de sedimentación (cm/s)

h : Altura del agua libre de sedimento en el vaso de precipitación (cm)

t : Tiempo de sedimentación (s)

$$\overline{Tf} = \frac{\sum_{i=1}^n Tf}{n}$$

Ecuación 9

Dónde:

\overline{Tf} : Turbiedad final promedio (NTU)

$\sum_{i=1}^n Tf$: Sumatoria de las turbiedades finales individuales (por vaso de precipitación) (NTU)

n : Número de turbiedades finales (unidades)

$$Co = \frac{\overline{Tf}}{To}$$

Ecuación 10

Dónde:

Co : Fracción de turbiedad residual

\overline{Tf} : Turbiedad final promedio (NTU)

To : Turbiedad inicial (NTU)

❖ **Tratamiento secundario**

Elimina partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El proceso secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias digieran la materia orgánica presente en el agua. (Guarguati y Ramirez 2008, 17)

❖ **Tratamientos terciarios**

Consiste en procesos biológicos, físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos. Más de un proceso terciario se puede utilizar en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es llamada pulir el efluente. (SOUTHIMPORT 2012, 100-154)

- **Filtración.** Remueve el color y en lo posible olor del agua residual, dónde el agua atraviesa un medio poroso, donde se queda retenido material en suspensión. Existen varias alternativas, por lo general están constituidos por grava y arena, pueden ser a presión, por gravedad, entre otros.

- **Desinfección.** Su fin es la destrucción o inactivación de microorganismos patógenos que puedan causar enfermedades. El método más utilizado es la cloración, puede ser con cloro gas o el más usado y barato, el hipoclorito de calcio HTH, existen métodos más caros de desinfección como el método ultravioleta y la ozonificación; estos últimos son más utilizados para la potabilización y purificación para consumo humano. (ROMERO 2004)

❖ **Tratamiento de fangos**

Los sedimentos que se generan en las etapas primaria y secundaria son denominados fangos. Estos fangos contienen gran cantidad de agua (99%), microorganismos, patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos que requieren un tratamiento específico, estando compuesto, generalmente, por los siguientes procesos: Espesamiento previo, Estabilización o digestión, Secado, Desinfección, Eliminación. (SOUTHIMPORT 2012, 100-154)

1.2.1. Procesos básicos u operaciones unitarias

Las operaciones unitarias físicas, químicos y biológicos más empleados en el tratamiento de aguas industriales son:

Tabla 4-1: Procesos básicos u operaciones unitarias

Operaciones Físicas	Procesos Químicos	Procesos Biológicos
Medición de caudales	Precipitación química	Aerobio
Desbaste	Coagulación - Floculación	Anaerobio
Homogeneización de caudales	Adsorción	Anóxico
Mezclado	Declaración	Combinados
Sedimentación	Oxidación química	Estanques
Flotación	Neutralización	
Filtración en medio granular		
Transferencia de gases		
Volatilización y arrastre de gases		
Separación por membranas		

Fuente: (SOUTHIMPORT 2012)

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Los procesos unitarios de las PTAR deben complementarse con el proceso de Eras de secado, donde se tratan los sólidos que resulten del sedimento de floculación y sedimentador convencional.

1.3. Dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.

1.3.1. Caudal de diseño

$$Q_{Diseño} = Q + 0,5 Q$$

Ecuación 11

Dónde:

$Q_{Diseño}$: Caudal de diseño (L/min)

Q : Caudal (m^3/s)

25%: Incremento futuro (*Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente*)

1.3.2. Tanque de Almacenamiento y Coagulación

Es un tanque donde se retiene el agua por un determinado tiempo, hasta que alcanza un volumen determinado e inicia el proceso de coagulación. Esto se utiliza generalmente cuando el efluente no es continuo y los caudales son bajos.

Para el proceso de coagulación, los agitadores de turbina son muy utilizados, con las variables óptimas, generan las mejores condiciones para que se forme el coagulo. (MARTINEZ 1992)

A continuación se indican los criterios para el dimensionamiento del agitador de paletas para la coagulación:

1.3.2.1. Criterios de diseño

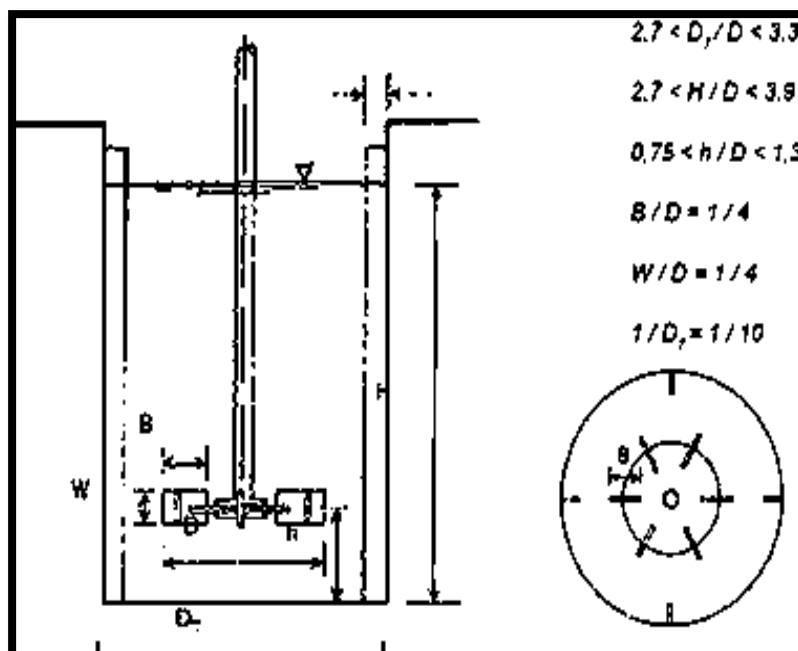


Figura N° 1-1: Dimensiones para el diseño de tanque de mezcla rápida
Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Tabla 5-1: Criterios de diseño de tanque de mezcla rápida

Criterios de Diseño	
$Da/4$	0.3 – 0.5
C/Dt	1/3
W/Da	1/5
Dd/Da	2/3
J/Dt	0,08
H/Dt	1
L/Da	1/4

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992
Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Dónde:

C: Altura del rodete sobre el fondo del tanque

Da: Diámetro del agitador

Dt: Diámetro del tanque

Dd: Diámetro del sujetador de las paletas

H: Altura del líquido

J: Ancho de las placas deflectoras

L: Longitud de las palas del rodete

W: Ancho de las paletas

Tabla 6-1: Número de potencia K para diferentes tipos de impulsores

Impulsor	Nº de potencia K
Hélice pinch cuadrada, 3 aletas	0.32
Hélice pinch 2, 3 aletas	1.0
Turbina, 6 aletas planas	6.3
Turbina, 6 aletas curvas	4.8
Turbina, 6 aletas punta de flecha	4.0
Turbina ventilador, 6 aletas	1.65

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992
Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

1.3.2.2. Dimensionamiento del Tanque de Coagulación y Floculación

❖ **Calculo de volumen de entrada al tanque**

$$V_1 = V_{inicial} * 25\%$$

Ecuación 12

$$V_2 = V_{inicial} - V_1$$

Ecuación 13

Dónde:

V_1 = Volumen total menos el porcentaje de lodos (m^3)

$V_{inicial}$ = Volumen inicial (m^3)

V_2 = Volumen de entrada al tanque (m^3)

❖ **Radio del tanque del cilindro vertical**

$$r = \frac{Dt}{2}$$

Ecuación 14

Dónde:

r = Radio del tanque

Dt = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

❖ **Altura del tanque del cilindro vertical**

$$V = \pi * r^2 * h$$

Ecuación 15

Despejando h :

$$h = \frac{V}{\pi * r^2}$$

Ecuación 16

Dónde:

h = Altura del tanque del cilindro vertical (m)

V = Volumen (m^3)

π = Pi (*Constante adimensional*)

r^2 = Radio del tanque

❖ **Altura total del tanque**

$$h_T = h + h_s$$

Ecuación 17

Dónde:

h_T = Altura total del tanque (m)

h = Altura del tanque del cilindro vertical (m)

h_s = Altura de seguridad (m)

❖ **Potencia del motor para el agitador**

$$P = G^2 V \mu$$

Ecuación 18

Dónde:

P = Potencia del motor (W)

G^2 = Gradiente de velocidad (s^{-1})

V = Volumen (m^3)

μ = Viscosidad dinámica del fluido (kg/ms)

❖ **Velocidad de rotación para el agitador**

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * Da^5}}$$

Ecuación 19

Dónde:

N = Velocidad de rotación (rev/s)

P = Potencia del motor ($(kg\ m^2)/s^3$)

K = Constante de agitación (*Adimensional*)

ρ = Densidad del líquido (kg/m^3)

Da^5 = Diámetro del agitador (m)

1.3.2.3. Dosificación de químicos para la coagulación y floculación

En la etapa de coagulación y floculación son usadas las siguientes ecuaciones:

❖ **Dosis de PAC diluido**

$$Dosis_{PAC} = \frac{V_{tanque} * D_{PAC\ Jarras}}{V_{P\ Jarras}}$$

Ecuación 20

Dónde:

$Dosis_{PAC}$: Dosis de PAC diluido (mL)

V_{tanque} : Volumen del tanque de almacenamiento y coagulación (L)

$D_{PAC Jarras}$: Dosis de PAC óptimo en la prueba de jarras (L)

$V_{P Jarras}$: Volumen en la prueba de jarras del laboratorio (L)

❖ **Dosis de Auxiliar de coagulación**

$$Dosis_{Auxiliar} = \frac{V_{tanque} * D_{Auxiliar Jarras}}{V_{P Jarras}}$$

Ecuación 21

Dónde:

$Dosis_{Auxiliar}$: Dosis de Auxiliar de coagulación (mL)

V_{tanque} : Volumen del tanque de almacenamiento y coagulación (L)

$D_{Auxiliar Jarras}$: Dosis óptima de Auxiliar en la prueba de jarras (L)

$V_{P Jarras}$: Volumen en la prueba de jarras del laboratorio (L)

❖ **Dosis de Cal**

$$Dosis_{Cal} = \frac{V_{tanque} * D_{Cal Jarras}}{V_{P Jarras}}$$

Ecuación 22

Dónde:

$Dosis_{Cal}$: Dosis de Cal de coagulación (mL)

V_{tanque} : Volumen del tanque de almacenamiento y coagulación (L)

$D_{Cal Jarras}$: Dosis óptima de Cal en la prueba de jarras (L)

$V_{P Jarras}$: Volumen en la prueba de jarras del laboratorio (L)

1.3.3. Sedimentador Convencional

Los sedimentadores convencionales son muy importantes por que retienen las partículas de mayor gravedad por lo que se precipitan y así se puede clarificar el agua industrial, porque las partículas son dañinas en los procesos de tratamientos ya que se depositan en los filtros de arena y carbón activado causando su mal funcionamiento.

1.3.3.1. Componentes

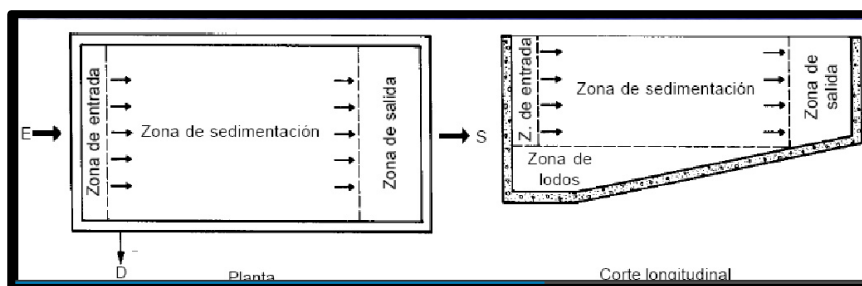


Figura N° 2-1: Planta y alzado de un sedimentador convencional.

Fuente: CEPIS-UNATSABAR (2005)

❖ **Zona de entrada**

Permite que el agua se distribuya de forma pareja para homogeneizar a su vez a velocidad.

❖ **Zona de sedimentación**

Constituida por un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que se dé la sedimentación de la partículas suspendidas.

❖ **Zona de salida**

Compuesta por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones, con la finalidad de mantener al efluente recolectado sin ser perturbado.

❖ **Zona de recolección de lodos**

Formada por una tolva donde se depositan los lodos sedimentados, una tubería y válvula para la evacuación periódica de lodos. (Organización Panamericana de la Salud - OPS 2005, 17-20)

1.3.3.2. *Criterios de diseño*

Tabla 7-1: Criterios para el diseño de Sedimentador convencional

Parámetro	Rango	Unidad
Parámetro para Sedimentador de placas paralelas (característica crítica de funcionamiento) (Sc)	1,5	Adimensional
Tiempo de retención	2-6	min
Ángulo de inclinación	60	grados
Carga superficial (Cs)	02-07	m ³ /m ² d
Número de Reynolds	< 500	Adimensional
Profundidad del Sedimentador	1,5 - 2,5	m
Relación Largo - Ancho (L/B)	03-jun	m

Fuente: (J. Romero 2004) - (Organización Panamericana de la Salud - OPS 2005)

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

1.3.3.3. Dimensionamiento del sedimentador convencional

El dimensionamiento será realizado con la utilización de las siguientes ecuaciones:

❖ Área de sedimentación

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

Ecuación 23

Dónde:

Cs = Carga superficial (m^3/m^2d)

As = Área de sedimentación (m^2)

Q = Caudal (m^3/d)

❖ Velocidad promedio de flujo

$$vo = \frac{Q}{As}$$

Ecuación 24

Dónde:

vo = Velocidad promedio del flujo (m/s)

Q = Caudal (m^3/d)

As = Área de sedimentación (m^2)

❖ Longitud del sedimentador

$$\frac{L}{B} = (3 - 6)$$

Ecuación 25

Dónde:

L = Longitud del Sedimentador (m)

B = Ancho (m)

$(3 - 6)$ = Relación L/B (Tabla 9-1)

❖ **Longitud relativa del Sedimentador**

$$Lr = \frac{L}{B}$$

Ecuación 26

Dónde:

Lr = Longitud relativa del sedimentador (m)

L = Longitud del sedimentador (m)

B = Ancho (m)

❖ **Numero de Reynolds**

$$Re = \frac{v_o * B}{\vartheta}$$

Ecuación 27

Dónde:

Re = Numero de Reynolds (adimensional)

v_o = Velocidad promedio del flujo (m/s)

B = Ancho (m)

ϑ = Viscosidad cinemática (m^2/s)

❖ **Longitud de transición**

$$L' = 0,013 * Re$$

Ecuación 28

Dónde:

L' = Longitud de transición (m)

Re = Numero de Reynolds (adimensional)

❖ **Longitud relativa del Sedimentador corregida en la longitud de transición**

$$Lcr = Lr - L'$$

Ecuación 29

Dónde:

Lcr = Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición (*m*)

L' = Longitud de transición (*m*)

Lr = Longitud relativa del sedimentador (*m*)

❖ **Velocidad de sedimentación crítica**

$$vsc = \frac{Sc * vo}{Sen \theta + (Lcr * Cos \theta)}$$

Ecuación 30

Dónde:

vsc = Velocidad de sedimentación crítica (*m/s*)

Sc = Parámetro característico

vo = Velocidad promedio del flujo (*m/s*)

Lcr = Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición (*m*)

θ = Angulo de inclinación

❖ **Tiempo de retención**

$$tr = \frac{l'}{Vo}$$

Ecuación 31

Dónde:

tr = Tiempo de retención (*s*)

l' = Longitud (*m*) (0,02 valor asumido en base a ensayos realizados en el laboratorio de Plusambiente.

Vo = Velocidad promedio del flujo (*m/s*)

❖ Volumen del sedimentador

$$Vd = L * B * H$$

Ecuación 32

Dónde:

Vd = Volumen del sedimentador (m^3)

L = Longitud del sedimentador (m)

B = Ancho (m)

H = Profundidad (m)

1.3.4. Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

Los filtros de arena son usados para eliminar pequeñas concentraciones de sólidos presentes en el agua. (Islas 2005, 159-168)

El carbón activado es capaz de fijar por adsorción en su superficie externa e interna moléculas orgánicas. Además es importante en relación con la capacidad de adsorción la distribución de tamaño de los poros y el tipo de activación o regeneración con vapor a temperaturas de 700 - 1100°C. (Islas 2005, 159-168)

1.3.4.1. Componentes

Consiste en depósitos cilíndricos verticales contenidos, generalmente contienen arena, tabuladoras de entrada y salida, instrumentación, válvulas, etc. Al fondo presenta un espacio vacío para la evacuación del filtrado y alimentación de los fluidos del lavado del lecho. Sobre el lecho existe un espacio libre, mayor que el 30% de la altura del lecho, por donde se alimenta el agua a ser filtrada. (Islas 2005, 159-168)

1.3.4.2. Criterios de diseño

Tabla 8-1: Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

Parámetro	Rango	Unidad
Filtro Lento		
Altura de arena	0,5 - 1,0	m
Altura de grava	0,3	m
Altura del drenaje	0,4 - 0,7	m
Coefficiente de uniformidad	1,8 - 2,0	Adimensional
Diámetro efectivo	0,15 - 0,35	mm
Tamaño efectivo del medio	0,15 - 0,35	mm
Tiempo de lavado	5 -15	min
Diseño de Laterales		
Espaciamiento de los laterales (nL)	1,5 - 2,0	Adimensional
Diámetro de los orificios de los laterales	2 – 4	mm
Velocidad en orificio	0,3	m/s
Diseño para Tuberías del Filtro		
Velocidad del Afluente	0,15 - 3	m/s
Velocidad del Efluente	0,4 - 0,9	m/s

Fuente: (J. Romero 2004) – (Organización Panamericana de la Salud - OPS 2005)

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

1.3.4.3. Dimensionamiento del Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

❖ Velocidad de filtración

$$v_F = \frac{Q}{A}$$

Ecuación 33

Dónde:

v_F = Velocidad de filtración (m/s)

Q = Caudal (m^3/min)

A = Área (m^2)

❖ Área superficial real

$$A_s = \frac{Q}{N * v_F}$$

Ecuación 34

Dónde:

A_s = Área superficial real (m^2)

Q = Caudal (m^3/min)

v_F = Velocidad de filtración (m/min)

N = Número de Unidades (*Adimensional*)

❖ **Coefficiente de mínimo costo**

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

Ecuación 35

Dónde:

K = Coeficiente de mínimo costo (*Adimensional*)

N = Número de Unidades (*Adimensional*)

❖ **Longitud del filtro**

$$L = (A_s * K)^{1/2}$$

Ecuación 36

Dónde:

L = Longitud del filtro (m)

A_s = Área superficial real (m^2)

K = Coeficiente de mínimo costo (*Adimensional*)

❖ **Ancho del filtro**

$$B = \left(\frac{A_s}{K}\right)^{1/2}$$

Ecuación 37

Dónde:

B = Ancho del filtro (m)

A_s = Área superficial real (m^2)

K = Coeficiente de mínimo costo (*Adimensional*)

❖ **Velocidad de filtración real**

$$v_{FR} = \frac{Q}{2 * A_s * B}$$

Ecuación 38

Dónde:

v_{FR} = Velocidad de filtración real (m/s)

Q = Caudal (m^3/min)

A_s = Área superficial real (m^2)

B = Ancho del filtro (m)

❖ **Altura del filtro**

$$Z_F = F_S (C_A + L_A + C_S + F_C)$$

Ecuación 39

Dónde:

Z_F = Altura del filtro (m)

F_S = Factor de seguridad (m)

C_A = Altura de la capa de agua (m)

L_A = Altura del lecho filtrante (m)

C_S = Altura de la capa de soporte (m)

F_C = Altura de drenaje (m)

❖ **Sistema de drenaje**

Provee una correcta distribución del agua para el lavado del equipo, igualmente recolecta el agua tratada y filtrada.

❖ **Área de orificios laterales**

$$A_O = \frac{\pi * D_O^2}{4}$$

Ecuación 40

Dónde:

A_O = Área de orificios laterales (m^2)

D_O^2 = Diámetro del orificio (m)

π = Pi (*Constante adimensional*)

❖ **Caudal que ingresa a cada orificio**

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 41

Dónde:

Q_o = Caudal que ingresa a cada orificio (m^3/s)

A_o = Área de orificios laterales (m^2)

v_o = Velocidad en orificio (m/s)

❖ **Numero de laterales**

$$N_L = n_L * \frac{L_L}{e_L}$$

Ecuación 42

Dónde:

N_L = Numero de laterales (*Adimensional*)

n_L = Espaciamiento de los laterales (*Adimensional*)

L_L = Longitud para laterales (m)

e_L = Separación entre laterales (m)

❖ **Diámetro de la tubería de entrada del filtro**

$$D_{TE} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_e}}$$

Ecuación 43

Dónde:

D_{TE} = Diámetro de la tubería de entrada del filtro (m)

Q = Caudal (m^3/s)

π = Pi (*Constante adimensional*)

v_e = Velocidad de entrada (m/s)

❖ **Diámetro de la tubería de salida del filtro**

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_s}}$$

Ecuación 44

Dónde:

D_{TS} = Diámetro de la tubería de entrada del filtro (m)

Q = Caudal (m^3/s)

π = Pi (*Constante adimensional*)

v_s = Velocidad de salida (m/s)

❖ **Sistema de lavado del filtro**

El lavado de los filtro permitirá devolver las propiedades depuradoras, generalmente el lavados de los filtro se realiza en contracorriente propagando el carbón activado y los granos de arena para establecer una suspensión.

❖ **Velocidad optima de lavado del filtro**

$$v_L = C_U * T_E$$

Ecuación 45

Dónde:

v_L = Velocidad optima de lavado del filtro (m/s)

C_U = Coeficiente de uniformidad (*Adimensional*)

T_E = Tamaño efectivo de la arena (mm)

❖ **Cantidad de agua para lavado del filtro**

$$V_L = v_L * A_s * t_L$$

Ecuación 46

Dónde:

V_L = Cantidad de agua para lavado del filtro (m^3)

v_L = Velocidad optima de lavado del filtro (m/s)

$A_s =$ Área superficial real (m^2)

$t_L =$ Tiempo óptimo de lavado (s)

1.3.5. Tanque de Cloración

Las aguas residuales no tratadas causan un impacto en el ambiente, salud y seguridad. Por lo cual la desinfección es un mecanismo usado para desactivar o destruir a los organismos patógenos presentes en las aguas. (EPA 1999, 1)

El uso del cloro es frecuentemente por su poder para desactivar a los microorganismos mediante la oxidación del material celular. (EPA 1999, 1)

Algunos factores que influyen en la cloración son:

- Naturales, concentración y distribución de los microorganismos patógenos y los productos resultantes de la reacción con el agua.
- Tipo y concentración del desinfectante a emplearse.
- Naturaleza y temperatura del agua a ser tratada.
- Tiempo de contacto entre el cloro y el agua para su reacción.
- El pH que presenta el agua a ser tratada.

1.3.5.1. Criterios de Diseño

Al añadirse el cloro gas o hipoclorito al agua, se da la hidrólisis e ionización para dar lugar al ácido hipocloroso (HOCL) e iones de hipoclorito (OCI), conocidos como cloro libre disponible. El OCI reacciona velozmente con el amoníaco en efluentes no nitrificados para formar compuestos combinados de cloro, originalmente la monoclorimina. (EPA 1999, 2,3)

1.3.5.2. Dimensionamiento del Tanque de Cloración

❖ Volumen del tanque

$$V = Q * t$$

Ecuación 47

Dónde:

$V =$ Volumen del tanque (m^3)

$Q =$ Caudal (m^3/s)

$t =$ Tiempo de reacción (s)

❖ **Altura del tanque**

$$A_T = \frac{V}{L * B}$$

Ecuación 48

Dónde:

A_T = Altura del tanque (m)

V = Volumen del tanque (m^3)

L = Longitud del tanque (m)

B = Ancho del Tanque (m)

1.3.6. Dosificación de desinfectante

El desinfectante a usarse es el hipoclorito de calcio, también denominado HTH.

❖ **Dosis de hipoclorito de calcio**

$$Dosis_{HTH} = 0,012 * Q * C$$

Ecuación 49

Dónde:

$Dosis_{HTH}$ = Dosis de hipoclorito de calcio ($lb/día$)

$0,012$ = Constante (*Adimensional*)

Q = Caudal (gal/min) (gpm)

C = Concentración de hipoclorito de calcio (mg/L)

❖ **Volumen de agua necesario para diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre**

$$V_{SlnMadre} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

Ecuación 50

Dónde:

$V_{SlnMadre}$ = Volumen de agua necesario diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre (L)

m_{HTH} = Masa del hipoclorito de calcio (g)

ρ_{HTH} = Densidad del hipoclorito de calcio (g/L)

❖ **Volumen de la solución madre**

$$V_1 = \frac{V_{SlnMadre} * 65\%}{8.5\%}$$

Ecuación 51

Dónde:

V_1 = Volumen de la solución madre (L)

$V_{SlnMadre}$ = Volumen de agua necesario diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre (L)

❖ **Volumen de agua requerido para diluir la solución madre**

$$V_2 = \frac{C_1 * V_1}{C_2}$$

Ecuación 52

Dónde:

V_2 = Volumen de agua requerido para diluir la solución madre (L)

V_1 = Volumen de la solución madre (L)

C_1 = Concentración de dosificación de hipoclorito de calcio (mg/L)

C_2 = Concentración del hipoclorito de calcio (mg/L)

❖ **Volumen total de la solución**

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuación 53

Dónde:

V_T = Volumen total de la solución (L)

V_1 = Volumen de la solución madre (L)

V_2 = Volumen de agua requerido para diluir la solución madre (L)

❖ **Goteo de la solución para la desinfección en el tanque**

$$Goteo = \frac{V_T}{t}$$

Ecuación 54

Dónde:

Goteo = Goteo de la solución para la desinfección en el tanque (mL/min)

V_T = Volumen total de la solución (L)

t = Tiempo ($día$)

1.3.7. Eras de Secado

Son sistemas sencillos y de bajo costo. Su función es la deshidratación de los lodos resultantes del proceso de tratamiento, su acción se da mediante la evaporación de agua por acción del sol.

El residuo final, después de ser estabilizado, se puede utilizar para acondicionamiento de suelos o también pueden ser trasladados a un vertedero controlado. (ROMERO 2004)

En la Tabla 11-1. Se muestran las ventajas y desventajas del uso de las eras de secado.

Tabla 9-1: Ventajas y desventajas de las eras de secado.

Desventajas	Ventajas
Requiere áreas grandes	No necesita operación especializada.
Visible al público	Consumo bajo de energía
Sensible a cambios de clima	Poco sensible a cambios en las características del lodo
Requiere gran cantidad de obra para su remoción	Contenido alto de sólidos en los lodos

Fuente: Romero J., 2002.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

1.3.7.1. Componentes

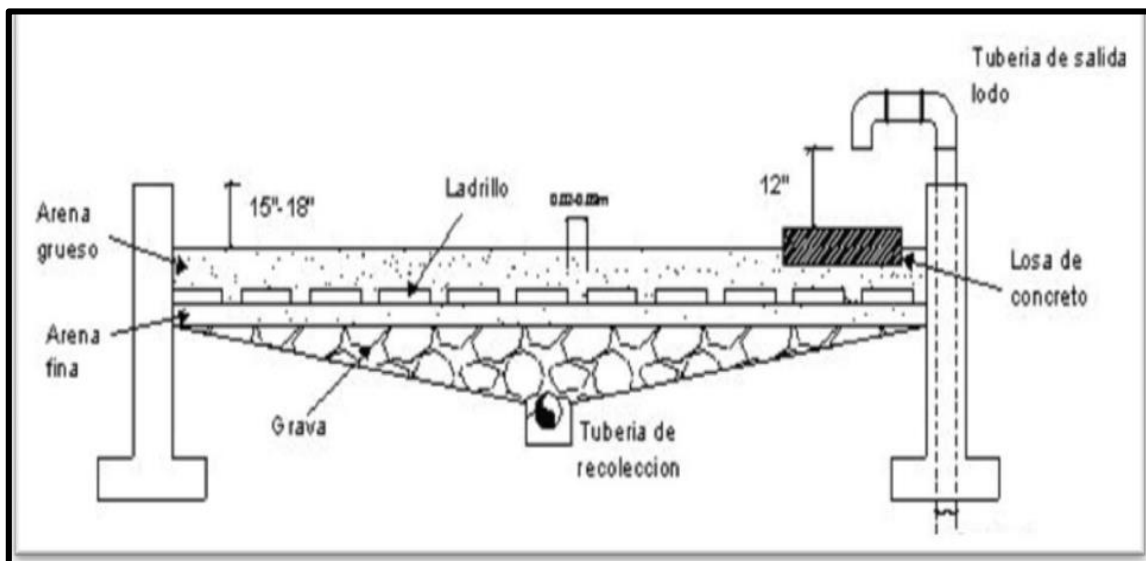


Figura N° 3-1: Eras de Secado

Fuente: OPS/CEPIS, 2005

1.3.7.2. Criterios de diseño para eras de secado

Tabla 10-1: Criterios de Diseño para Eras de Secado

Parámetro	Rango	Unidad
Profundidad total útil	50 a 60	cm
Ancho de eras de secado	3 a 6	m
Medio de drenaje	0,30 de espesor	m
*Diámetro de tubería de drenaje	no menor a 100	mm
*Pendiente	no menor a 1	%
*Canales laterales de alimentación de las tuberías principales	Espaciamiento entre 2,5 y 3	m
*Medio de soporte	capa de 15	cm
*Arena	Tamaño de 0,3 a 1,3	mm
*Grava	Entre 51 y 200 de espesor	mm

Fuente: CEPIS 2005., * Norma RAS., 2000.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

En la Tabla 12-1. Se muestra el tiempo requerido para la digestión de los lodos de las eras de secado, en función de la temperatura.

Tabla 11-1: Tiempo requerido para la digestión de lodos

Temperatura °C	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: CEPIS 2005., * Norma RAS., 2000.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

1.3.7.3. Dimensionamiento de las Eras de Secado

En el dimensionamiento de las eras de secado el procedimiento es el siguiente:

$$PE = \frac{V * DBO}{C}$$

Ecuación 55

Dónde:

PE = Población Equivalente (*hab*)

V = Volumen $\left(\frac{m^3}{dia}\right)$

DBO = DBO5 del efluente doméstico $\left(\frac{g}{m^3}\right)$

C = Carga orgánica contaminante típica per cápita g/hab*día (valor típico 60).

❖ Cálculo de la carga de sólidos.

$$SS = SS * Q * \left(\frac{1}{P}\right)$$

Ecuación 56

Dónde:

SS = Sólidos suspendidos $\left(\frac{g}{m^3}\right)$

Q = Caudal $\left(\frac{m^3}{dia}\right)$

P = Población (*hab*)

❖ Cálculo de sólidos suspendidos.

$$Cs = \frac{P * SS}{1000g}$$

Ecuación 57

Dónde:

C_s = Contribución per cápita (KgSS/hab*día).

SS = Sólidos suspendidos $\left(\frac{g}{m^3}\right)$

P = Población (*hab*)

❖ Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos.

$$Ms = (0.5 * 0.7 * 0.5 * cS) + (0.5 * 0.3 * cS)$$

Ecuación 58

Dónde:

Ms = Masa de sólidos que conforman los lodos (*kg/dia*)

C = Carga de sólidos (*kg/dia*)

- ❖ Cálculo del volumen diario de lodos digeridos.

$$V_{ld} = \frac{M_s}{\rho_{lodos} * \left(\% \frac{sol}{100}\right)}$$

Ecuación 59

Dónde:

V_{ld} = Volumen diario de lodos digeridos (L/día).

ρ_{lodos} = 1,04 (kg/día).

M_s = Masa de sólidos (kg/día)

% **Sólidos** = Porcentaje de sólidos (%)

- ❖ Cálculo del volumen de lodos a extraerse.

$$V_{le} = \frac{v_{ld} * Tr}{1000}$$

Ecuación 60

Dónde:

V_{le} = Volumen de lodos a extraerse (m^3).

Tr = Tiempo de retención hidráulica (día).

v_{ld} = Volumen diario de lodos digeridos (L/día).

- ❖ Cálculo de área de eras de secado.

$$A_{ls} = \frac{v_{le}}{H_A}$$

Ecuación 61

1.4. Rendimiento de las Pruebas de Tratabilidad

El rendimiento en las pruebas de tratabilidad, permite establecer la eficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales. Aplicando las siguientes ecuaciones:

$$S_o \rightarrow 100\% \\ x = R_e \rightarrow \text{Remoción teórica } \%$$

Ecuación 62

$$Re = \frac{S_o * \text{Remoción teórica}}{100\%}$$

Ecuación 63

Dónde:

Re = Remoción en cada etapa de tratamiento (mg/L)

S_o = Concentración del agua residual (inicial de cada etapa de tratamiento) (mg/L)

$$S_e = S_o - R_e$$

Ecuación 64

Dónde:

S_e = Concentración en el efluente para cada etapa de tratamiento (mg/L)

S_o = Concentración del agua residual (inicial de cada etapa de tratamiento) (mg/L)

R_e = Remoción en cada etapa de tratamiento (mg/L)

$$ET = \frac{S_o - S_e}{S_o} * 100$$

Ecuación 65

Dónde:

ET = Rendimiento en la planta (%)

S_e = Concentración en el efluente para cada etapa de tratamiento (mg/L)

S_o = Concentración del agua residual (inicial de cada etapa de tratamiento) (mg/L)

1.5. Estudio de Impacto Ambiental

1.5.1. Valoración e Identificación de Impactos Ambientales-Matriz de Leopold

El modelo de Leopold, consiste en una matriz interactiva causa- efecto, permite identificar y valorara el impacto ambiental a través de resultados cuali-cuantitativos. La matriz está conformada por columnas que indican las acciones humanas que pueden alterar el sistema, y por filas en donde están los parámetros ambientales que pueden ser afectados por la ejecución del proyecto. (Conesa 2010, 300-305)

La importancia de esta matriz reside en que: Fuerza a considerar los posibles impactos de acciones proyectadas sobre diferentes factores ambientales. Sirve como resumen de la información contenida en el informe de impacto ambiental. (Borderías y Muguza 2014, 231)

1.6. Marco Legal

El desarrollo del presente trabajo de titulación, está basado en el siguiente marco legal.

- Constitución de la República Del Ecuador, Título II, Derechos, Artículos. 14, 15, Capítulo Séptimo, Derecho de la Naturaleza. 71, 72. Título VII, Régimen Del Buen Vivir, Artículos. 396 y 411
- Ley de Gestión Ambiental, Artículo 33
- Ley de Aguas, Titulo II .Capítulo I, De La Conservación, Artículo. 21. Título II, Capítulo II, De La Contaminación, Artículo. 22.
- Reglamento Ambiental de Actividades Hidrocarburíferas, Decreto Ejecutivo 1215, Registro Oficial 265 de 13-feb-2001

El detalle y contenido del marco legal se encuentra en el **Anexo 2**.

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Localización

El presente proyecto de investigación se realizó en la Empresa Plusambiente Cía. Ltda., ubicada en la Provincia Orellana, Cantón La Joya de los Sachas, Parroquia San Sebastián del Coca, Sector vía minas del Huataracu.

2.2. Metodología

2.2.1. Materiales, equipos y reactivos

Se procedido a definir los materiales y reactivos para la caracterización de agua residual industrial.

Tabla 12-2: Materiales, Equipos y Reactivos para Caracterización del Agua Residual

Materiales	Equipos	Reactivos
Vasos de precipitación	Conductívimetro	Alkaline cyanide
Cono Imhoff	pH - metro	Aluver
Cámara fotográfica	Espectrofotómetro	Ampollas endo
Mandil	Digestor	Ampollas m-colibblue
Esferográfico	Incubadora	Ascorbic acid
Guantes		BariVer 4 Barium
Mascarilla		Bleaching 3
Pipeta volumétrica		Buffer pH 4.0
Pizeta		Buffer pH 7.0
Probeta milimetrada		Chromater 3
Soporte universal		Cuver 1
Pera de succión		DPD cloro total
Varilla		EDTA (Sobres)
Libreta		EDTA 0.020 N

Fuente: Laboratorio de Plusambiente.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Tabla 13-2: Materiales, Equipos y Reactivos para Pruebas de Coagulación, Floculación y Sedimentación

Materiales	Equipos	Reactivos
Balones de aforación	Balanza analítica	Agua destilada
Escobilla de cerdas	Cronometro	Cal T-30
Espátulas	Test de jarras	Auxiliar de la coagulación (Chemfloc N-100)
Guantes	Destilador de agua	Poli cloruro de aluminio (PAC-08)
Jeringuillas		Sulfato de Aluminio
Mandil		
Mascarillas		
Paños para limpieza		
Pizeta		
Vasos de precipitación		

Fuente: Laboratorio de Plusambiente.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

2.2.2. *Características técnicas del equipo*

Para la recopilación de la información técnica del equipo se efectuó lo siguiente:

- ❖ Se realizó la recopilación de la información técnica del equipo.
- ❖ Se procesó la información recopilada.

2.2.3. *Método de Muestreo*

2.2.3.1. *Caracterización física, química del agua residual industrial*

Para realizar la caracterización se tomaron 3 muestras en un periodo de 6 meses, para lo cual se consideró las piscinas donde descargan los vacuum, de tal manera que en ocasiones las muestras recolectadas correspondían a distintos clientes de distintas formas de utilización de las aguas. Se consideró la última muestra, para realizar análisis específicos de floculación, coagulación y sedimentación, debido a que presentaba mayor alteración en las propiedades organolépticas, estéticas, físicas, químicas y microbiológicas.

2.2.3.2. Parámetros analizados

Para la medición de los parámetros físicos, químicos, se realizó tomando en consideración los siguientes métodos.

Tabla 14-2: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua

Parámetro	Unidad	Método
Conductividad	μS/cm	SM 2510 B
pH	-----	SM 4500-H+B
Sólidos totales disueltos	mg/L	SM 2540 B
Turbidez	NTU	SM 2130 B
Color	PtCo	HACH 8025

Fuente: Laboratorio de Plusambiente.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Tabla 15-2: Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua

Parámetro	Unidad	Método
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	HACH 8000
Hidrocarburos Totales	mg/L	EPA 418.1
Bario	mg/L	SM 3030 B, 3111 D
Cromo (total)	mg/L	SM 3030 B, 3111 B
Plomo	mg/L	SM 3030 B, 3111 B
Vanadio	mg/L	SM 3030 B, 3111 D

Fuente: Laboratorio de Plusambiente.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

2.2.4. Determinación del volumen del agua residual recolectada en la piscina de efluentes industriales.

Para establecer el volumen de agua residual industrial almacenada en la piscina de recepción de efluentes industriales, se realizó el aforo del volumen en el periodo comprendido entre mayo–octubre del 2015, para lo cual:

- ❖ Se determinó el volumen de agua residual industrial contenida en la piscina de recepción de efluentes.
- ❖ Se registraron los valores de volumen, obtenidos durante el periodo de recepción.

2.2.5. Medición de caudal

Para determinar del caudal del inicio del proceso de tratamiento de aguas industriales se tomó los caudales con los que se descargan los efluentes de los vacuum que los transportan monitoreándolos semanalmente durante los meses que se estableció en el cronograma de tesis.

2.2.6. Pruebas de tratabilidad para el agua residual

Para todas las pruebas se utilizó un vaso de precipitación adicional con el agua residual como control, se determinó la turbiedad antes y después de cada etapa y además se realizó una caracterización general al inicio y al final de toda la prueba, para conocer su rendimiento de remoción.

2.2.7. Prueba de jarras mediante coagulación y floculación

Para la realización de la prueba se utilizó: PAC-P25A, Auxiliar de la coagulación, también llamado floculante o Chemfloc C-25 y Cal T-30 (Especial)

Se realizaron los siguientes pasos:

❖ Prueba de jarras para la determinación de dosis óptima:

- Se llenó 6 vasos de precipitación con el agua residual.
- Se preparó las disoluciones de PAC con una concentración de 0.4 g/L y de auxiliar de la Coagulación (Chemfloc C-25) a una concentración de 0.2 g/L, por recomendación técnica.
- Se midió las cantidades de PAC y del auxiliar de la coagulación (Chemfloc C-25), para dosis de 5, 10, 15, 20, 30, 40 mL/L.
- Se encendió el equipo y se activaron los agitadores de paletas a 100 rpm (mezcla rápida).
- Se inyectó el PAC y el Auxiliar de la coagulación (Chemfloc C-25) con jeringas hipodérmicas.
- Se disminuyó la velocidad a 40 rpm y se mantuvo por 20 minutos (mezcla lenta).
- Luego se suspendió la agitación, se retiraron las jarras y se dejaron reposar por 10 minutos.
- Posteriormente se tomó las muestras para el análisis de turbiedad, para cada dosis.
- Se graficó los resultados (turbiedad residual vs. dosis) y se seleccionó como dosis óptima la que produjo menor turbiedad residual.

❖ **Prueba de jarras para la determinación del pH óptimo:**

- Se ajustó el pH del agua residual para los valores de 4, 5, 6, 7, 8, y 9. Se utilizó cal diluida a una concentración de 0.2 g/L para estabilizar la mezcla y modificar el pH.
- Se efectuó la prueba de jarras en forma convencional, se añadió el PAC y el Auxiliar de la coagulación (Chemfloc) con la dosis óptima.
- Luego se realizó la mezcla rápida, floculación y decantación.
- Se determinó la turbiedad residual para cada pH.
- Se graficó los resultados (turbiedad residual vs. pH), se seleccionó el pH óptimo con el que se obtuvo la mayor remoción de turbiedad residual

❖ **Prueba de jarras para la determinación de la floculación:**

- Con las variables previamente determinadas, se efectuó la mezcla rápida.
- Después de finalizada la mezcla rápida se inició la floculación, para lo que se modificó la velocidad de agitación, las rpm, de acuerdo a las gradientes de velocidad de: 20, 40, 60, y $80 s^{-1}$.
- Se floculó el agua por 2 minutos, se retiró el primer vaso y se dejó sedimentar por 10 minutos.
- Los siguientes vasos 2, 3, 4, 5 y 6 se retiraron a los tiempos de 5, 10, 15, 20, 25 minutos respectivamente.
- Se determinó la turbiedad residual para cada muestra.
- Se repitió el ensayo incrementando la velocidad de agitación, las rpm, de acuerdo a los gradientes de velocidad que se seleccionó con anterioridad.
- Se graficó los valores de turbiedad residual vs. los tiempos de floculación para los valores de gradiente de velocidad, de esta curva se seleccionó el tiempo de floculación total, con el que se produjo la menor turbiedad residual.
- Se graficó los valores de turbiedad residual vs. las gradientes de velocidad para los diferentes tiempos de floculación, con esta curvase comprobó la mejor gradiente de velocidad para la coagulación.
- Posteriormente se graficó el ajuste de los valores (gradientes de velocidad vs tiempos de floculación) por medio de la teoría de los mínimos cuadrados.

❖ **Prueba de jarras para la determinación del tiempo la decantación o sedimentación:**

- Se efectuó la prueba de jarras de una forma convencional, se trabajó con tres vasos, a mezcla rápida por 1 minuto a 100 rpm, floculación por 20 minutos y 40 rpm.

- Después de la floculación se detuvo el equipo y se tomó las muestras a 6cm de profundidad, a los tiempos de: 30 segundos, 1, 2, 3, 4, 5, y 10 minutos.
- Se determinó la turbiedad residual a cada una de las muestras y se calculó su promedio.
- Se calculó la velocidad de sedimentación, los datos se obtuvieron midiendo la altura del agua y el tiempo de sedimentación.
- Se calculó la fracción de turbiedad residual, dividiendo la turbiedad promedio final por la turbiedad inicial.
- Se graficó la fracción de turbiedad residual vs. la velocidad de sedimentación.

2.2.8. *Procesos adecuados para el tratamiento de aguas residuales industriales*

Para realizar el dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales se utilizaron los siguientes criterios de diseño:

❖ Caudal

Se consideró criterios de medición propuestos por la Gerencia de Plusambiente, en la medición de caudales por las descargas de los camiones que transportan los fluidos contaminados.

❖ Diseño del Tanque de Almacenamiento y Coagulación

Se consideró los criterios de diseño propuestos por el Programa regional HPE/OPS/CEPIS, y los requerimientos propuestos por parte de la Gerencia de Plusambiente.

❖ Diseño del Sedimentador Convencional

Se consideró los criterios de diseño propuestos por la OPS/CEPI/05.158 UNATSABAR, Romero Jairo, y los requerimientos propuestos por parte de la Gerencia de Plusambiente.

❖ Diseño del Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

Se consideró los criterios de diseño propuestos por la OPS/CEPI/06.174 UNATSABAR, Romero Jairo, y los requerimientos propuestos por parte de la Gerencia de Plusambiente.

❖ Diseño del Tanque de Cloración

Se consideró criterios de diseño propuestos por la Gerencia de Plusambiente, tanto para el diseño del tanque así como también; para la dosificación adecuada de cloro.

❖ Diseño de Eras de Secado

Se consideró criterios de diseño propuestos por la Gerencia de Plusambiente, por los sedimentos de la planta de tratamiento compacta extraídos por cada lote tratado.

2.2.9. *Elaboración de planos*

Para la elaboración de los planos de la planta de tratamiento de agua residuales industriales se consideraron los resultados técnicos obtenidos, y mediante el uso del Software AutoCAD 2014, se procedió a elaborar los planos correspondientes.

2.2.10. *Valoración e identificación de impactos ambientales*

La valoración e identificación de impactos ambientales fueron evaluadas mediante el uso de la Matriz de Leopold, considerando todos los factores que afectaran la implementación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales industriales.

- ❖ Identificar y seleccionar los factores ambientales que se puedan afectar por la implementación de la PTARI. Se consideran 100 acciones y 88 factores ambientales; las acciones se ubican en el eje de las “X” y los factores en el eje de las “Y”.
- ❖ Identificar el efecto que producen las acciones en los factores ambientales, indicando con un signo (-) que la afectación es negativa y con un signo (+) que es positiva.
- ❖ Valorar la magnitud e importancia, de la relación causa – efecto, de acciones sobre factores ambientales, tomando los valores de la **Tabla 16-2.** en la matriz cada celda de interacción está dividida con una diagonal, en la parte superior; se ubica la magnitud y en la inferior la importancia.

Tabla 16-2: Valoración e identificación de impactos ambientales

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Calificación	Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia
1	Baja	Baja	1	Temporal	Puntual
2	Baja	Media	2	Media	Puntual
3	Baja	Alta	3	Permanente	Puntual
4	Media	Baja	4	Temporal	Local
5	Media	Media	5	Media	Local
6	Media	Alta	6	Permanente	Local
7	Alta	Baja	7	Temporal	Regional
8	Alta	Media	8	Media	Regional
9	Alta	Alta	9	Permanente	Regional
10	Muy Alta	Alta	10	Permanente	Nacional

Fuente: (Conesa 2010)

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

- ❖ Indicar el número de afectaciones positivas y negativas, existentes en la matriz.
- ❖ Calcular las agregaciones de impactos.
- ❖ Al establecerse la matriz, multiplicar el valor de la magnitud por el de la importancia, en cada interacción, realizar la sumatoria final para obtener el valor de la agregación de impactos, y evaluar considerando la **Tabla 17-2**.

Tabla 17-2: Evaluación de Impactos según la Matriz de Leopold

RANGO	IMPACTO	
	-70.1 a -100	Negativo
-50.1 a -70	Negativo	Alto
-25.1 a -50	Negativo	Medio
-1 a -25	Negativo	Bajo
1 a 25	Positivo	Bajo
25.1 a 50	Positivo	Medio
50.1 a 80	Positivo	Alto
80.1 a 100 o >	Positivo	Muy Alto

Fuente: (Conesa 2010)

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

- ❖ Calcular el nivel de significancia, usando la siguiente ecuación:

$$Ca = \sqrt{\frac{Agregacion_{Impactos}}{Numero_{Interacciones}}}$$

Ecuación 66

Dónde:

Ca: Calificación Ambiental; determinándose su grado de significancia considerando la **Tabla 18-2**.

Tabla 18-2: Rango para la calificación ambiental

RANGO	SIGNIFICADO
0 a 2.5	Bajo
2.6 a 5.5	Moderado
5.6 a 7.5	Severo
7.6 a 10	Crítico

Fuente: (Conesa 2010)

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

- ❖ Se concluyó el grado de significancia e impactos, que se ocasionaran con la implementación de la PTAR.

2.3. Dimensionamiento

2.3.1. Caudal de diseño

Datos:

Q : Caudal = 9,5 L/min

25%: Incremento futuro (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 11.

$$Q_{Diseño} = Q + 0,5Q$$

$$Q_{Diseño} = 9,5 \text{ L/min} + 0,5(9,5)$$

$$Q_{Diseño} = 13,75 \text{ L/min}$$

$$Q_{Diseño} = 2,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

2.3.2. Tanque de almacenamiento y coagulación

- ❖ **Calculo del volumen de entrada al tanque**

Se consideró una pérdida de volumen del 25 % del volumen inicial de 120 m³, por la decantación de lodos hidratados.

Datos:

$V_{inicial}$: Volumen inicial = 120 m³

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 12.

$$V_1 = V_{inicial} * 25\%$$

$$V_1 = 120\text{m}^3 * 25\%$$

$$V_1 = 30 \text{ m}^3$$

Datos:

V_1 : Volumen total menos el porcentaje de lodos = 30m³

$V_{inicial}$: Volumen inicial = $120m^3$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 13

$$V_2 = V_{inicial} - V_1$$

$$V_2 = 120m^3 - 30m^3$$

$$V_2 = 90 m^3$$

Se consideró la instalación de una tubería de 75mm desde la salida del tanque de coagulación y floculación hasta el sedimentador, lo que provoca que exista una variación del caudal mediante la manipulación de la válvula de control.

❖ Radio del tanque del cilindro vertical

Dt = Diámetro de la cámara de mezcla = $6m$ (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 14.

$$r = \frac{Dt}{2}$$

$$r = \frac{6m}{2}$$

$$r = 3m$$

❖ Altura del tanque del cilindro vertical

Datos:

V = Volumen = $90m^3$

π = Pi = 3,1416 (Constante adimensional)

r = Radio del tanque = $3m$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 15.

$$h = \frac{V}{\pi * r^2}$$

$$h = \frac{90m^3}{\pi * (3m)^2}$$

$$h = 3m$$

❖ **Calculo para el agitador de 6 paletas a partir de los criterios de diseño de tanque de mezcla rápida**

Para realizar los siguientes cálculos se ha tomado en cuenta la Tabla 7-1

❖ **Diámetro del agitador**

Datos:

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{Da}{4} = 0,5$$

Despejando *Da*:

$$Da = 0,5 * 4$$

$$Da = 2m$$

❖ **Altura del rodete sobre el fondo del tanque**

Datos:

Dt = Diámetro de la cámara de mezcla = 6m

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$$

Despejando *C*:

$$C = \frac{1}{3}Dt$$

$$C = \frac{1}{3} * 6m$$

$$C = 2m$$

❖ **Ancho de las paletas**

Datos:

Da: Diámetro del agitador = 2m

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

Despejando *W*:

$$W = \frac{1}{5} Da$$

$$W = \frac{1}{5} * 2m$$

$$W = 0,4 m$$

❖ **Diámetro del sujetador de las paletas**

Datos:

Da: Diámetro del agitador = 2m

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{Dd}{Da} = \frac{2}{3}$$

Despejando *Dd* =

$$Dd = \frac{2}{3} Da$$

$$Dd = \frac{2}{3} * 2m$$

$$Dd = 1,3 m$$

❖ **Ancho de las placas deflectoras**

Datos:

Dt: Diámetro de la cámara de mezcla = 6m

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

Despejando J :

$$J = \frac{1}{12}Dt$$

$$J = \frac{1}{12} * 6m$$

$$J = 0,5m$$

❖ Longitud de las palas del rodete

Datos:

Da : Diámetro del agitador = $2m$

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

Despejando L :

$$L = \frac{1}{4}Da$$

$$L = \frac{1}{4} * 2m$$

$$L = 0,5 m$$

❖ Altura del líquido

Datos:

Dt = Diámetro de la cámara de mezcla = $6m$

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{H}{Dt} = 1$$

Despejando H :

$$H = 1 * Dt$$

$$H = 1 * 6m$$

$$H = 6 m$$

❖ **Altura total del tanque**

Datos:

h = Altura del tanque del cilindro vertical = 3 m

h_s = Altura de seguridad = 1,5m (Valor asumido)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 16.

$$h_T = h + h_s$$

$$h_T = 3m + 1,5m$$

$$h_T = 4,5 m$$

❖ **Potencia del motor para el agitador**

Datos:

G : Gradiente de velocidad = $80s^{-1}$ (Valor asumido)

V : Volumen = $90m^3$

μ : Viscosidad dinámica del fluido = $1,102 \times 10^{-3} kg/ms$ (Tabla 2-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 17.

$$P = G^2 V \mu$$

$$P = (80s^{-1})^2 * 90m^3 * 1,102 \times 10^{-3} kg/ms$$

$$P = 634,75 W$$

Se considera una eficiencia del 90%, obteniéndose:

$$P = \frac{634.75W}{0,90}$$

$$P = 705,27 W$$

❖ Velocidad de rotación para el agitador

Datos:

P: Potencia del motor = $705,27 \text{ kg m}^2 / \text{s}^3$

K: Constante de agitación = 6,3 (Tabla 9-1, para una turbina de 6 aletas planas)

ρ : Densidad del líquido = $998,2 \text{ kg/m}^3$ (Tabla 2-1)

Da: Diámetro del agitador = 2 m

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 18.

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * Da^5}}$$

$$N = \sqrt[3]{\frac{705,27 \text{ kg m}^2 / \text{s}^3}{6,3 * 998,2 \text{ kg} / \text{m}^3 * (2 \text{ m})^5}}$$

$$N = 0,23 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$N = 13,8 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Se determinó el tiempo óptimo de mezcla en la prueba de jarras de 5 min.

2.3.3. Cálculos para dosificación de químicos en la coagulación y floculación

❖ Cálculo de la dosificación de PAC-P25A

Los datos a continuación fueron obtenidos mediante la prueba de jarras en el laboratorio. La concentración de PAC, es de 37 g/L

Datos:

V_{tanque} : 90000 (L)

$D_{PAC\ Jarras}$: 15 (ml)

$V_{P\ Jarras}$: 1 (L)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 19.

$$Dosis_{PAC} = \frac{V_{tanque} * D_{PAC\ Jarras}}{V_{P\ Jarras}}$$

$$Dosis_{PAC} = \frac{90000\ L * 15\ ml}{1\ L}$$

$$Dosis_{PAC} = 1350000\ ml$$

Realizando la conversión a litros se tiene:

$$Dosis_{PAC} = 1350000\ ml * \frac{1\ L}{1000\ ml}$$

$$Dosis_{PAC} = 1350\ L$$

La dosificación del químico es de 1350 L por tanque de tratamiento, para el volumen del tanque de almacenamiento de 90000 L.

La cantidad de PAC en gramos, es:

$$Cantidad_{PAC} = \frac{37\ g * 1350\ L}{1\ L}$$

$$Cantidad_{PAC} = 49950\ g$$

❖ Cálculo de la dosificación de Auxiliar de la coagulación (Chemfloc C-25)

Los datos a continuación fueron obtenidos mediante la prueba de jarras en el laboratorio, se trabajó con el auxiliar de la coagulación (Chemfloc C-25) a una concentración de 0.5g/L.

Datos:

V_{tanque} : 90000 (L)

$D_{Auxiliar\ Jarras}$: 15 (ml)

$V_{P\ Jarras}$: 1 (L)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 20.

$$Dosis_{Auxiliar} = \frac{V_{tanque} * D_{PAC\ Jarras}}{V_{P\ Jarras}}$$

$$Dosis_{Auxiliar} = \frac{90000\ L * 15\ ml}{1\ L}$$

$$Dosis_{Auxiliar} = 1350000\ ml$$

Realizando la conversión a litros se tiene:

$$Dosis_{Auxiliar} = 1350000\ ml * \frac{1\ L}{1000\ ml}$$

$$Dosis_{Auxiliar} = 1350\ L$$

La dosificación del químico es de 1350 L por tanque de tratamiento al igual que el PAC, para el volumen del tanque de almacenamiento de 90000 L.

La cantidad de Auxiliar en gramos, es:

$$Cantidad_{Auxiliar} = \frac{0,5\ g * 1350\ L}{1\ L}$$

$$Cantidad_{Auxiliar} = 675\ g$$

❖ **Cálculo la dosis de cal T-30**

Los datos a continuación fueron obtenidos mediante la prueba de jarras en el laboratorio. Se determinó la concentración de 37 g/L.

Datos:

$$V_{tanque}: 90000 (L)$$

$$D_{Cal Jarras}: 10 (ml)$$

$$V_{P Jarras}: 1 (L)$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 21.

$$Dosis_{Cal} = \frac{V_{tanque} * D_{PAC Jarras}}{V_{P Jarras}}$$

$$Dosis_{Cal} = \frac{90000 L * 10 ml}{1 L}$$

$$Dosis_{Cal} = 900000 ml$$

Realizando la conversión a litros se tiene:

$$Dosis_{Cal} = 900000 ml * \frac{1 L}{1000 ml}$$

$$Dosis_{Cal} = 900 L$$

La dosificación del químico es de 1350 L por tanque de tratamiento al igual que el PAC, para el volumen del tanque de almacenamiento de 90000 L.

La cantidad de Auxiliar en gramos, es:

$$Cantidad_{Cal} = \frac{37 g * 900 L}{1L}$$

$$Cantidad_{Cal} = 33300 g$$

2.3.4. Sedimentador Convencional

❖ Área de sedimentación

Datos:

C_s = Carga superficial = $2\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ (valor asumido Tabla 9-1)

Q = Caudal = $19,87\text{m}^3/\text{d}$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 22.

$$A_s = \frac{Q}{C_s}$$

$$A_s = \frac{19,87\text{m}^3/\text{d}}{2\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}}$$

$$A_s = 9,936 \text{ m}^2 \cong 10\text{m}^2$$

❖ Velocidad promedio de flujo

Datos:

Q = Caudal = $2,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

A_s = Área de sedimentación = 10m^2

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 23.

$$v_o = \frac{Q}{A_s}$$

$$v_o = \frac{2,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{10\text{m}^2}$$

$$v_o = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

❖ Longitud del Sedimentador

Datos:

B = Ancho = 4m (valor asumido)

Relación $L/B = 4$ (valor asumido Tabla 9-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 24.

$$\frac{L}{B} = (3 - 6)$$

$$\frac{L}{3m} = 4$$

$$L = 4 * 3m$$

$$L = 12m$$

❖ Longitud relativa del Sedimentador

Datos:

L = Longitud del Sedimentador = 12m

B = Ancho = 4m (valor asumido)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 25.

$$Lr = \frac{L}{B}$$

$$Lr = \frac{12m}{3m}$$

$$Lr = 4m$$

❖ Numero de Reynolds

Datos:

v_o = Velocidad promedio del flujo = 2,3x10-5m/s

B = Ancho = 3m

ϑ = Viscosidad cinemática = 9,21x10-7m²/s (Valor requerido por la empresa Plusambiente)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 26.

$$Re = \frac{v_o * B}{\vartheta}$$

$$Re = \frac{2,3 \times 10^{-5} \text{ m/s} * 3 \text{ m}}{9,21 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 74.8195 \cong 75$$

❖ **Longitud de transición**

Datos:

Re = Numero de Reynolds = 75 (adimensional)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 27.

$$L' = 0,013 * Re$$

$$L' = 0,013 * 75$$

$$L' = 0,975 \cong 0,98$$

❖ **Longitud relativa del Sedimentador corregida en la longitud de transición**

Datos:

L' = Longitud de transición = 1,13m

Lr = Longitud relativa del Sedimentador = 4m

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 28.

$$Lcr = Lr - L'$$

$$Lcr = 4\text{m} - 0,98\text{m}$$

$$Lcr = 3\text{m}$$

❖ **Velocidad de sedimentación crítica**

Datos:

Sc = Parámetro característico = 1,5 (valor asumido Tabla 9-1)

vo = Velocidad promedio del flujo = 2,3x10⁻⁵ m/s

Lcr = Longitud relativa del Sedimentador corregida en la longitud de transición = 3m

$\theta = 60^\circ$ Angulo de inclinación

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 29.

$$v_{sc} = \frac{Sc * v_o}{\text{Sen } \theta + (Lcr * \text{Cos } \theta)}$$

$$v_{sc} = \frac{1,5 * 2,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}}{\text{Sen } 60 + (3 \text{ m} * \text{Cos } 60)}$$

$$v_{sc} = 1,73 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

❖ Tiempo de retención

Datos:

$v_o =$ Velocidad promedio del flujo = $2,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

$l' =$ Longitud = $0,02 \text{ m}$ (valor asumido en base a ensayos realizados anteriormente por Plusambiente)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 30.

$$tr = \frac{l'}{v_o}$$

$$tr = \frac{0,02 \text{ m}}{2,3 \times 10^{-5} \text{ m/s}}$$

$$tr = 751,879 \text{ s} \cong 751,88 \text{ s}$$

$$tr = 12,53 \text{ min}$$

❖ Volumen del Sedimentador

$L =$ Longitud recorrida = 12 m

$B =$ Ancho = 3 m

$H =$ Profundidad = 2 m (valor asumido Tabla 9-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 31.

$$Vd = L * B * H$$

$$Vd = 12m * 3m * 2m$$

$$Vd = 72m^3$$

2.3.5. Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

❖ Velocidad de filtración

Datos:

$$Q = \text{Caudal} = 0,029 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$A = \text{Área} = 30\text{m}^2 (\text{Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente})$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 32.

$$v_F = \frac{Q}{A}$$

$$v_F = \frac{0,029 \text{ m}^3/\text{min}}{30\text{m}^2}$$

$$v_F = 9,66 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{min}$$

$$v_F = 0,058 \text{ m}/\text{h}$$

❖ Área superficial real

Datos:

$$Q = \text{Caudal} = 0,029 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$v_F = \text{Velocidad de filtración} = 9,66 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{min}$$

$$N = \text{Número de Unidades} = 2 (\text{Adimensional})$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 33.

$$A_s = \frac{Q}{N * v_F}$$

$$A_s = \frac{0,029 \text{ m}^3/\text{min}}{2 * 9,66 \times 10^{-4} \text{ m}/\text{min}}$$

$$A_s = 15 \text{ m}^2$$

❖ **Coeficiente de mínimo costo**

Datos:

N = Número de Unidades = 2 (*Adimensional*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 34.

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

$$K = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$K = 1,33$$

❖ **Longitud del filtro**

Datos:

A_s = Área superficial real = 15 m^2

K = Coeficiente de mínimo costo = 1,33 (*Adimensional*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 35.

$$L = (A_s * K)^{1/2}$$

$$L = (15 \text{ m}^2 * 1,33)^{1/2}$$

$$L = 4,41 \text{ m}$$

❖ Ancho del filtro

Datos:

$$A_s = \text{Área superficial real} = 15m^2$$

$$K = \text{Coeficiente de mínimo costo} = 1,33 \text{ (Adimensional)}$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 36.

$$B = \left(\frac{A_s}{K}\right)^{1/2}$$

$$B = \left(\frac{15m^2}{1,33}\right)^{1/2}$$

$$B = 3,39 m$$

❖ Velocidad de filtración real

Datos:

$$Q = \text{Caudal} = 0,029 m^3/min$$

$$A_s = \text{Área superficial real} = 15m^2$$

$$B = \text{Ancho del filtro} = 3,39m$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 37.

$$v_{FR} = \frac{Q}{2 * A_s * B}$$

$$v_{FR} = \frac{0,029 m^3/min}{2 * 15m^2 * 3,39m}$$

$$v_{FR} = 2,85 \times 10^{-4} \frac{m}{min}$$

$$v_{FR} = 0,017 m/h$$

Se considera la composición del filtro con las siguientes especificaciones: altura de arena 0,5m; altura de carbón 0,8m; diámetro efectivo 0,30mm; altura de grava 0,3m; altura de agua 0,4m; coeficiente de uniformidad deseable 2,0; altura del lecho de soporte 0,3m; altura de drenaje 0,5m.

❖ **Altura del filtro**

Datos:

F_S = Factor de seguridad = 1,20m (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

C_A = Altura de la capa de agua = 0,4m (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

L_A = Altura del lecho filtrante = 1,3m (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

C_S = Altura de la capa de soporte = 0,3m (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

F_C = Altura de drenaje = 0,5m (Valor considerado de la Tabla 10-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 38.

$$Z_F = F_S (C_A + L_A + C_S + F_C)$$

$$Z_F = 1,20 \text{ m} (0,4\text{m} + 1,3\text{m} + 0,3\text{m} + 0,5\text{m})$$

$$Z_F = 3 \text{ m}$$

❖ **Sistema de drenaje**

❖ **Área de orificios laterales**

Datos:

D_o^2 = Diámetro del orificio = 0,002m (Valor considerado de la Tabla 10-1)

π = Pi = 3,1416 (Constante adimensional)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 39.

$$A_o = \frac{\pi * D_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{3.1416 * (0,002\text{m})^2}{4}$$

$$A_o = 3,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_o = 0,0314 \text{ cm}^2$$

❖ **Caudal que ingresa a cada orificio**

Datos:

$$A_o = \text{Área de orificios laterales} = 3,14 \times 10^{-6} m^2$$

$$v_o = \text{Velocidad en orificio} = 0,3 m/s \text{ (Valor considerado de la Tabla 10-1)}$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 40.

$$Q_o = A_o * v_o$$

$$Q_o = 3,14 \times 10^{-6} m^2 * 0,3 m/s$$

$$Q_o = 1,88 \times 10^{-6} m^3/s$$

❖ **Numero de laterales**

Datos:

$$n_L = \text{Espaciamiento de los laterales} = 1,5 \text{ (Adimensional) (Valor considerado de la Tabla 10-1)}$$

$$L_L = \text{Longitud para laterales} = 4m$$

$$e_L = \text{Separación entre laterales} = 1m \text{ (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)}$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 41.

$$N_L = n_L * \frac{L_L}{e_L}$$

$$N_L = 1,5 * \frac{4m}{1m}$$

$$N_L = 6 \text{ Laterales}$$

❖ **Diámetro de la tubería de entrada del filtro**

Datos:

$$Q = \text{Caudal} = 4,87 \times 10^{-4} m^3/s$$

$$\pi = \text{Pi } 3,1416 \text{ (Constante adimensional)}$$

$$v_e = \text{Velocidad de entrada} = 1,3 m/s \text{ (Valor considerado de la Tabla 10-1, afluente)}$$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 42.

$$D_{TE} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_e}}$$

$$D_{TE} = \sqrt{\frac{4 * 4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{3.1416 * 1.3 \text{ m/s}}}$$

$$D_{TE} = 0,021 \text{ m}$$

$$D_{TE} = 2,1 \text{ cm}$$

❖ Diámetro de la tubería de salida del filtro

Datos:

Q = Caudal = $4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

π = Pi = 3,1416 (*Constante adimensional*)

v_s = Velocidad de salida = $0,6 \text{ m/s}$ (*Valor considerado de la Tabla 10-1, efluente*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 43.

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_s}}$$

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 * 4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{3.1416 * 0,6 \text{ m/s}}}$$

$$D_{TS} = 0,032 \text{ m}$$

$$D_{TE} = 3,2 \text{ cm}$$

❖ Sistema de lavado del filtro

❖ Velocidad optima de lavado del filtro

Datos:

C_U = Coeficiente de uniformidad = 2 (*Adimensional*) (*Valor considerado de la Tabla 10-1*)

T_E = Tamaño efectivo de la arena = $0,0002 \text{ mm}$ (*Valor considerado de la Tabla 10-1*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 44.

$$v_L = C_U * T_E$$

$$v_L = 2 * 0,0002$$

$$v_L = 4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

❖ Cantidad de agua para lavado del filtro

Datos:

V_L = Velocidad optima de lavado del filtro = $4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

A_s = Área superficial real = 15 m^2

t_L = Tiempo óptimo de lavado = 600 s (Valor considerado de la Tabla 10-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 45.

$$V_L = v_L * A_s * t_L$$

$$V_L = 4 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} * 15 \text{ m}^2 * 600 \text{ s}$$

$$V_L = 3,6 \text{ m}^3$$

2.3.6. Tanque de Cloración

❖ Volumen del tanque

Datos:

Q = Caudal = $4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

t = Tiempo de reacción = 442 s (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 46.

$$V = Q * t$$

$$V = 4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} * 442 \text{ s}$$

$$V = 2,15 \text{ m}^3$$

❖ **Altura del tanque**

Datos:

$V =$ Volumen del tanque = $2.15m^3$

$L =$ Longitud del tanque = $2.2m$ (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

$B =$ Ancho del Tanque = $1.35m$ (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 47.

$$A_T = \frac{V}{L * B}$$

$$A_T = \frac{2.15m^3}{2.2m * 1.35m}$$

$$A_T = 0,72m$$

2.3.7. *Dosificación del desinfectante*

El caudal será de 4,32L/s de una tubería de 75mm que corresponde a una velocidad de 0.98m/s. Además por fines de diseño se considera una altura de 5cm, desde los filtros hacia el tanque de desinfección para que trabaje a gravedad. Considerando que la válvula trabajara con 2 vueltas abiertas que corresponden al paso de 0,72L/s; siendo este caudal usado para el cálculo en la dosificación de hipoclorito de calcio.

❖ **Dosis de hipoclorito de calcio**

Datos:

0,012 = Constante (*Adimensional*)

$Q =$ Caudal = $11,41gpm$

$C =$ Concentración de hipoclorito de calcio = $6mg/L$ (Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 48.

$$Dosis_{HTH} = 0,012 * Q * C$$

$$Dosis_{HTH} = 0,012 * 11,41gpm * 6mg/L$$

$$Dosis_{HTH} = 0,82 lb/día$$

❖ **Volumen de agua necesario para diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre**

Datos:

m_{HTH} = Masa del hipoclorito de calcio = 371,88g (*Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente*)

ρ_{HTH} = Densidad del hipoclorito de calcio = 800g/L (*Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 49.

$$V_{SlnMadre} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

$$V_{SlnMadre} = \frac{371,88g}{800g/L}$$

$$V_{SlnMadre} = 0,46 L$$

❖ **Volumen de la solución madre**

Datos:

$V_{SlnMadre}$ = Volumen de agua necesario diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre = 0,46L

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 50.

$$V_1 = \frac{V_{SlnMadre} * 65\%}{8.5\%}$$

$$V_1 = \frac{0,46L * 65\%}{8.5\%}$$

$$V_1 = 3,52L$$

❖ **Volumen de agua requerido para diluir la solución madre**

Datos:

V_1 = Volumen de la solución madre = 3,52L

C_1 = Concentración de dosificación de hipoclorito de calcio = 6mg/L (*Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente*)

C_2 = Concentración del hipoclorito de calcio = 0,65mg/L (*Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 51.

$$V_2 = \frac{C_1 * V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{6mg/L * 3,52L}{0,65mg/L}$$

$$V_2 = 32,49L \cong 33L$$

❖ **Volumen total de la solución**

Datos:

V_1 = Volumen de la solución madre = 3,17L (*Se considera la pérdida del 10% del $V_1=3,52L$*)

V_2 = Volumen de agua requerido para diluir la solución madre = 33L

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 52.

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 3,17L + 33L$$

$$V_T = 36,17L$$

❖ **Goteo de la solución para la desinfección en el tanque**

Datos:

V_T = Volumen total de la solución = 36,17L

t = Tiempo = 1 día (*Valor sugerido por la Gerencia de Plusambiente*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 53.

$$Goteo = \frac{V_T}{t}$$

$$Goteo = \frac{36,17L}{1 \text{ día}} * \frac{1000mL}{1L} * \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}}$$

$$Goteo = 25,11 \text{ mL/min}$$

2.3.8. Eras de Secado

Consideramos los criterios de la Norma OPS/ CEPIS 2005 y RAS 2000.

❖ Población equivalente

Datos:

PE = Población Equivalente (hab).

V = 67.01 m³/día

DBO = 250 gr/m³

C = 60 gr/hab*día

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 54

$$PE = \frac{V * DBO}{C}$$

$$PE = \frac{67.01 \text{ m}^3/\text{día} * 250 \text{ gr/m}^3}{60 \text{ gr/hab} * \text{ día}}$$

$$PE = 279$$

Cálculo de la carga de sólidos.

Datos:

SS = 570 gr/m³

Q = 67.01 m³/día

Q = 279 hab

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 55

$$SS = SS * Q * \left(\frac{1}{P}\right)$$

$$SS = 570 \text{ gr/m}^3 * 67.01 \text{ m}^3/\text{dia} * \left(\frac{1}{279 \text{ hab}}\right)$$

$$SS = 137.86 \text{ grSS/ha} * \text{dia}$$

❖ **Cálculo de sólidos suspendidos.**

Datos:

C_s = Contribución per cápita (KgSS/hab*día).

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 56

$$Cs = \frac{P * SS}{1000g}$$

$$Cs = \frac{279 \text{ hab} * 137.86 \text{ grSS/hab} * \text{dia}}{1000g}$$

$$Cs = 38.46 \text{ KgSS/hab} * \text{dia}$$

❖ **Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos.**

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 57

$$Ms = (0.5 * 0.7 * 0.5 * cS) + (0.5 * 0.3 * cS)$$

$$Ms = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 38.46 \text{ KgSS/hab} * \text{dia}) + (0.5 * 0.3 * 38.46 \text{ KgSS/hab} * \text{dia})$$

$$Ms = 10.99 \text{ KgSS/hab} * \text{dia}$$

❖ **Cálculo del volumen diario de lodos digeridos.**

Datos:

V_{ld} = Volumen diario de lodos digeridos (L/día).

ρ_{lodos} = 1,04 Kg/L

M_s = 10.99 KgSS/hab * dia

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 58

$$v_{ld} = \frac{M_s}{\rho_{lodos} * \left(\% \frac{sol}{100}\right)}$$

$$v_{ld} = \frac{10.99 \text{ KgSS/hab} * \text{dia}_s}{1,04 \text{ Kg/L} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$v_{ld} = 88.06 \text{ L/dia}$$

❖ **Cálculo del volumen de lodos a extraerse.**

Datos:

V_{le} = Volumen de lodos a extraerse (m³).

Tr = 55 días.

$v_{ld} = 88.06 \text{ L/dia}$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 59

$$V_{le} = \frac{v_{ld} * Tr}{1000}$$

$$V_{le} = \frac{88.06 \text{ L/dia} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{le} = 4.84 \text{ m}^3$$

❖ **Cálculo de área de eras de secado.**

Datos:

A_{ls} = Área de eras de secado (m²).

$V_{le} = 4.84 \text{ m}^3$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 60

$$A_{ls} = \frac{v_{le}}{H_A}$$

$$A_s = \frac{4.84 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 12 \text{ m}^2$$

PRESUPUESTO

Tabla 19-2: Presupuesto para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Acero de refuerzo (e=12mm)	qq	40	\$ 50,00	\$ 2.000,00
Arena	m ³	8	\$ 11,00	\$ 88,00
Carbón activado	m ³	8	\$ 900,00	\$ 7.200,00
Codo PVC-D 75mm	U	4	\$ 4,00	\$ 16,00
Codo PVC-D 90mm	U	4	\$ 4,50	\$ 18,00
Compuerta de volante de acero inoxidable	U	4	\$ 140,00	\$ 560,00
Empedrado (e=10 cm)	m ²	180	\$ 8,00	\$ 1.440,00
Encofrado recto	m ²	40	\$ 15,00	\$ 600,00
Enlucido Horizontal a lisado	m ²	90	\$ 14,00	\$ 1.260,00
Enlucido Vertical paleteado	m ²	80	\$ 11,00	\$ 880,00
Estructura de soporte de acero	U	3	\$ 80,00	\$ 240,00
Excavación y recolección del material	m ³	270	\$ 5,50	\$ 1.485,00
Grava	m ³	8	\$ 12,00	\$ 96,00
Hormigón fc 210 kg/cm2 y encofrado	m ³	50	\$ 130,00	\$ 10.400,00
Hormigón replantillo fc 180 kg/cm2	m ³	20	\$ 70,00	\$ 1.400,00
Limpieza y desbroce	m ²	140	\$ 1,00	\$ 140,00
Malla electro soldada 6mm 15x15 cm	m ²	150	\$ 10,00	\$ 1.500,00
Motor de agitación industrial	U	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Pintura de caucho interior/externo		180	\$ 4,50	\$ 810,00
Punto de iluminación	Pto.	6	\$ 29,50	\$ 177,00
Replanteo y nivelación	m ²	140	\$ 2,00	\$ 280,00
Tablero de control, dos breakers	U	1	\$ 58,00	\$ 58,00
Tanque PVC 2000 L	U	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
Tomacorrientes dobles	U	4	\$ 8,00	\$ 32,00
Tubería PVC-D 75mm	m	12	\$ 13,50	\$ 162,00
Tubería PVC-D 90mm	m	6	\$ 17,00	\$ 102,00
Turbina de 6 aspas	U	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Válvula de compuerta (75mm)	U	2	\$ 80,00	\$ 160,00
Válvula de compuerta (90mm)	U	2	\$ 85,00	\$ 170,00
Mano de obra				
Albañil jefe	-	1	\$ 900,00	\$ 900,00
Albañil (ayudante)	-	5	\$ 400,00	\$ 2.000,00
Chofer	-	1	\$ 400,00	\$ 400,00
Operador de maquinaria	-	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Soldador	-	2	\$ 400,00	\$ 800,00
Subtotal				\$ 38.574,00
Imprevistos (15%)				\$ 5.788,50
Total				\$ 44.362,50

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Tabla 20-2: Presupuesto de los productos químicos usados para el tratamiento

Producto	Consumo trat. Por tanque (Kg)	Consumo trat. Semanal (Kg)	Consumo trat. Mensual (Kg)	Consumo trat. Anual (Kg)	Costo Kg.	Costo Anual
PAC	49,95	99,90	399,60	4795,50	\$ 0,95	4555,72
CAL	33,30	66,60	266,40	3196,80	\$ 0,50	1598,40
Chemfloc	0,675	1,35	5,40	64,80	\$ 9,00	583,20
Hipoclorito de calcio	0,37188	0,74376	2,97504	35,70	\$ 4,00	142,80
Subtotal						6880,12
Imprevistos (10%)						688,012
Total						7568,132

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSION

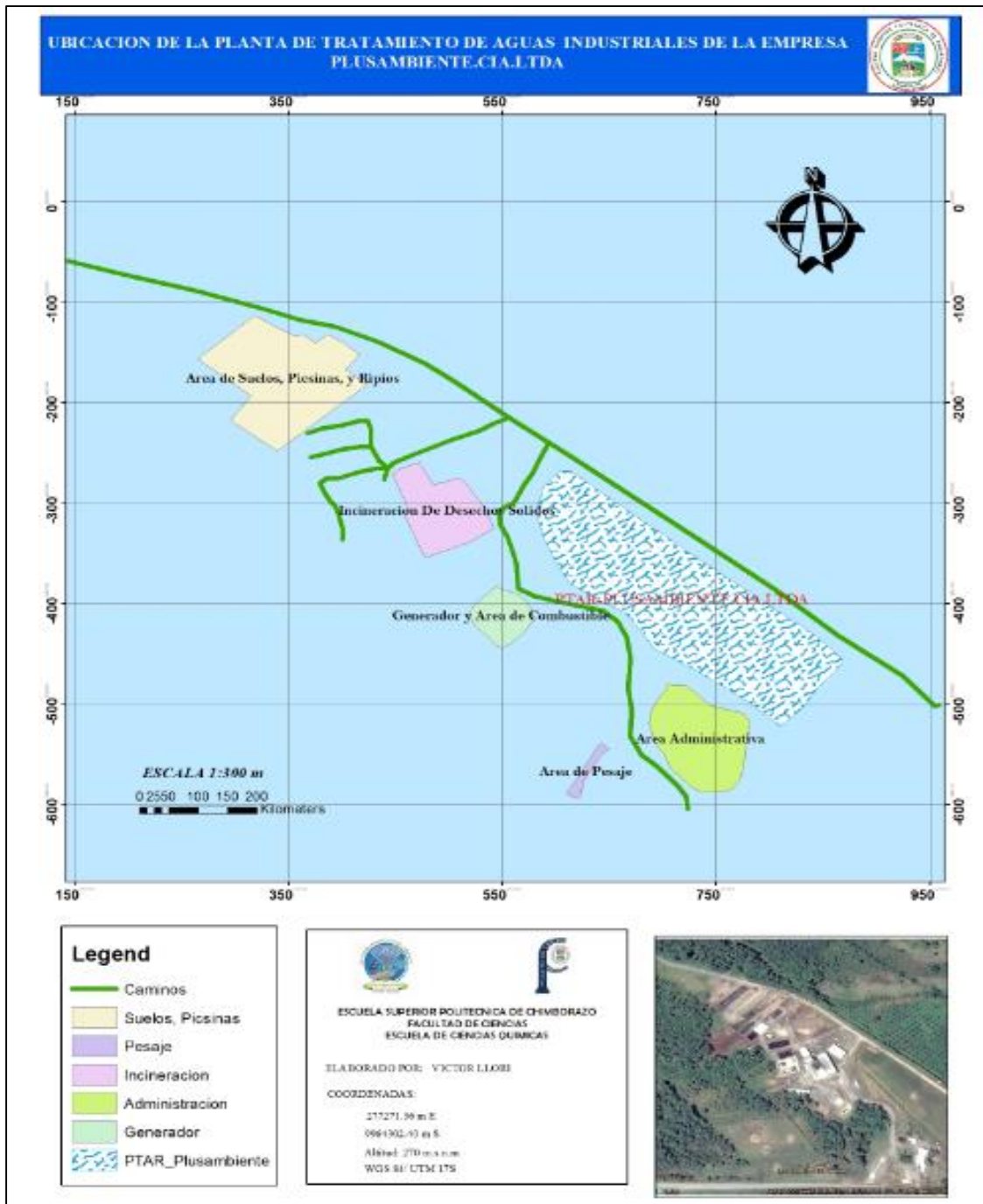
3.1.LOCALIZACIÓN

Las identificaciones de la georeferenciación para la Planta de Tratamiento de aguas Residuales Industriales para la Empresa Plusambiente Cía. Ltda., se encuentra en la **Tabla 21-3**. Sus coordenadas se encuentran el Sistema Geodésico Mundial WGS 84, usando la proyección UTM, por sus siglas en ingles Universal Transversal Mercator. Para la zona 17S. Todo en conjunto denominado WGS84/UTM zona 17S.

Tabla 21-3: Ficha técnica de localización

PROVINCIA		Orellana	
CANTON		La Joya de los Sachas	
PARROQUIA		San Sebastián del Coca	
SECTOR		Minas del Huataracu	
COORDENADAS REFERENCIAL DE UBICACIÓN			
VÉRTICE	ALTURA	X	Y
PP	299 msnm	277395	9965069

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 4-3: Mapa Ubicación PTAR

En la **Figura 4-3**. Se muestra el mapa de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, y las áreas que está conformada la empresa Plusambiente.

3.2. Medición del volumen de agua residual industrial recibida por la empresa Plusambiente.

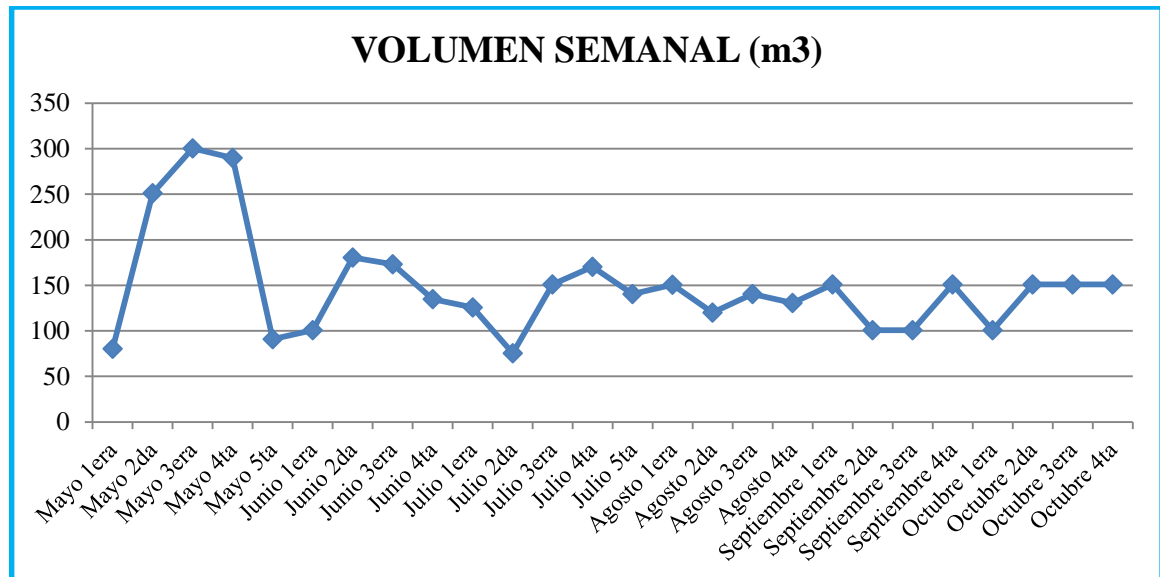
En la **Tabla 22-3** y **Tabla 23-3**, se presentan los resultados obtenidos en la medición del volumen semanal y mensual del agua residual industrial recibida por la empresa Plusambiente.

Tabla 22-3: Volumen Semanal

MESES	VOLUMEN SEMANAL (m3)
Mayo 1era	80,32
Mayo 2da	251,28
Mayo 3era	300,23
Mayo 4ta	289,76
Mayo 5ta	90,96
Junio 1era	100,64
Junio 2da	180,54
Junio 3era	173,23
Junio 4ta	134,92
Julio 1era	125,8
Julio 2da	75,48
Julio 3era	150,96
Julio 4ta	170,21
Julio 5ta	140,45
Agosto 1era	150,65
Agosto 2da	120,12
Agosto 3era	140,48
Agosto 4ta	130,64
Septiembre 1era	150,96

Septiembre 2da	100,64
Septiembre 3era	100,64
Septiembre 4ta	150,96
Octubre 1era	100,64
Octubre 2da	150,96
Octubre 3era	150,96
Octubre 4ta	150,96

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015



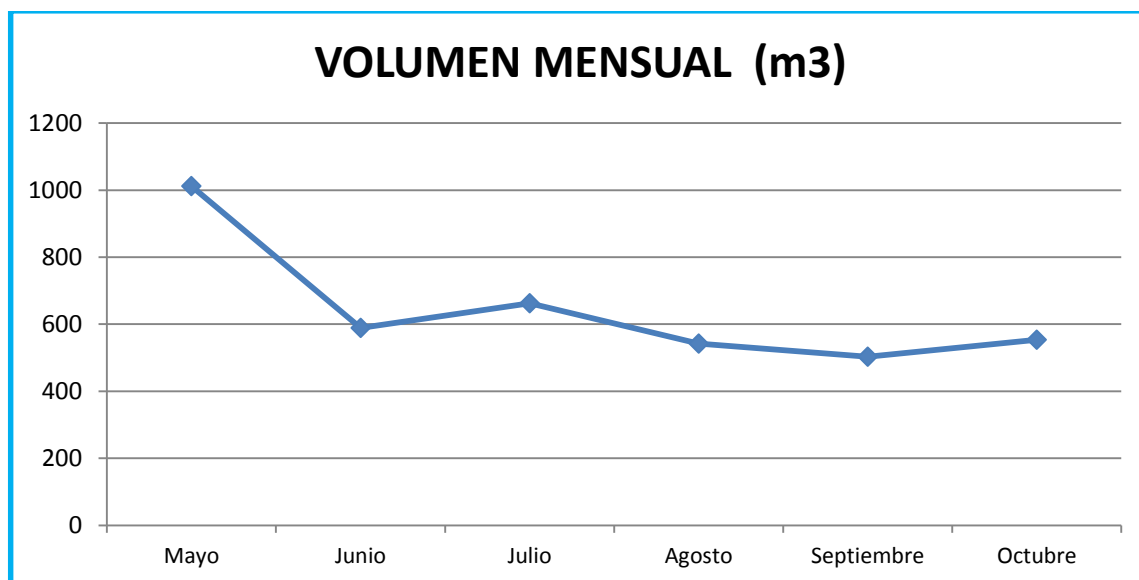
Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 5-3: Volumen Semanal

Tabla 23-3: Volumen Mensual

MESES	VOLUMEN MENSUAL
	(m3)
Mayo	1012,55
Junio	589,33
Julio	662,9
Agosto	541,89
Septiembre	503,2
Octubre	553,52

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 6-3: Volumen Mensual

El volumen semanal acorde a los meses de recepción de efluentes industriales de la empresa Plusambiente, indican que el mes que presentan mayor volumen de agua residual industrial, es en el mes de mayo; debido a que las empresas petrolera y sus prestadoras de servicios tienen mayor aumento de trabajo debido a que el precio de petrolero está a la baja y quieren aprovechar el precio alto del hidrocarburo.

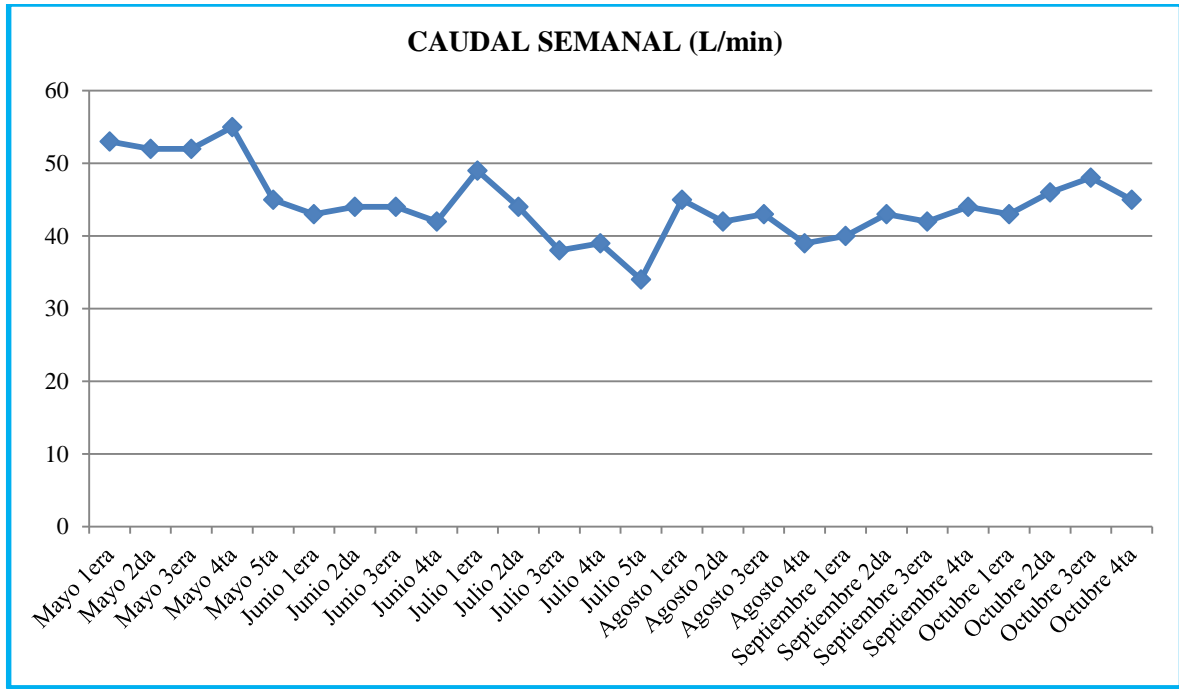
3.3. Medición del caudal

En la **Tabla 24-3** y **Tabla 25-3**, se presentan los resultados obtenidos en la medición del caudal semanal y mensual del agua residual industrial recolectada por la piscina de recepción los cuales son transportados por vacuum desde los clientes hasta Plusambiente.

Tabla 24-3: Caudal Semanal

MESES	CAUDAL SEMANAL (L/min)
Mayo 1era	53
Mayo 2da	52
Mayo 3era	52
Mayo 4ta	55
Mayo 5ta	45
Junio 1era	43
Junio 2da	44
Junio 3era	44
Junio 4ta	42
Julio 1era	49
Julio 2da	44
Julio 3era	38
Julio 4ta	39
Julio 5ta	34
Agosto 1era	45
Agosto 2da	42
Agosto 3era	43
Agosto 4ta	39
Septiembre 1era	40
Septiembre 2da	43
Septiembre 3era	42
Septiembre 4ta	44
Octubre 1era	43
Octubre 2da	46
Octubre 3era	48
Octubre 4ta	45

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015



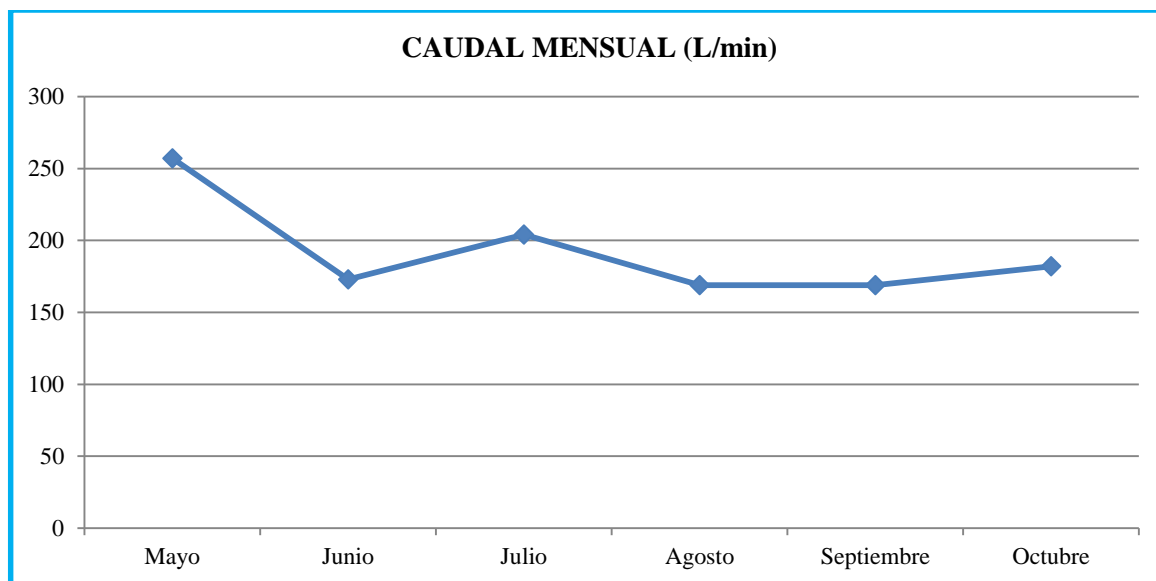
Elaborado por: LLORI, Víctor

Figura N° 7-3: Caudal Semanal

Tabla 25-3: Caudal Mensual

MESES	CAUDAL MENSUAL (L/min)
Mayo	257
Junio	173
Julio	204
Agosto	169
Septiembre	169
Octubre	182

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015



Elaborado por: LLORI, Víctor

Figura N° 8-3: Caudal Mensual

El caudal semanal acorde a los meses de recepción de efluentes industriales de la empresa Plusambiente, indican que el mes que presentan mayor caudal de agua residual industrial, es en el mes de mayo; debido a que las empresas petrolera y sus prestadoras de servicios tienen mayor aumento de trabajo debido a que el precio de petrolero está a la baja y quieren aprovechar el precio alto del hidrocarburo.

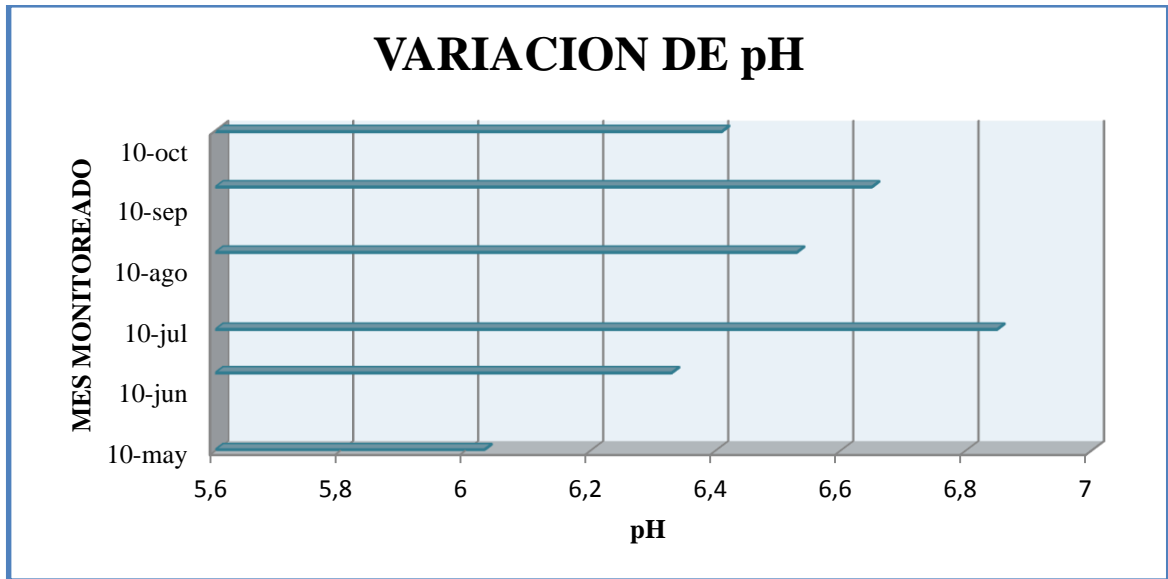
3.4. Caracterización Física, Química del Agua Residual Industrial.

Se presentan los resultados de los análisis realizados, durante el periodo mayo – octubre 2015.

Tabla 26-3: Caracterización física de los efluentes recibidos por la empresa Plusambiente.

PARÁMETROS	MES MONITOREADO						Promedio	Norma RAHOE 1215
	10-may	18-jun	10-jul	18-ago	20-sep	18-oct		Lim.Max.P er
PH	6.03	6.33	6.85	6..53	6.65	6.41	6.46	5,0-9,0
CONDUCTIVIDAD	617	752	665	874	795	732	739.1	< 2500
SOLIDOS TOTALES	2110.57	2458.25	2856.12	2152.02	1956.25	2045.32	2263.08	<1700
COLOR	700	350	420	545	620	480	519,17	Ina. en dis
TURBIEDAD	358,05	243,14	304,87	205,64	268,97	156,43	256,18	-
TEMPERATURA	19,7	19,64	19,82	19,84	19,75	19,54	19,72	< 35°

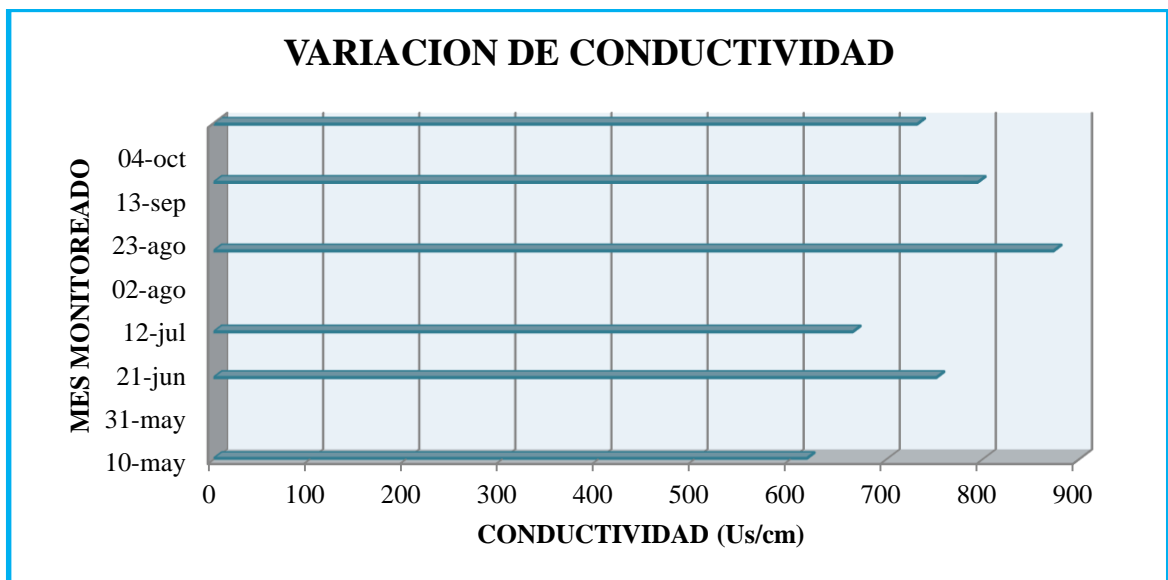
Elaborado por: Laboratorio de Control de Aguas de Plusambiente - LLORI, Víctor. 2015 (Tesis)



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 9-3: pH

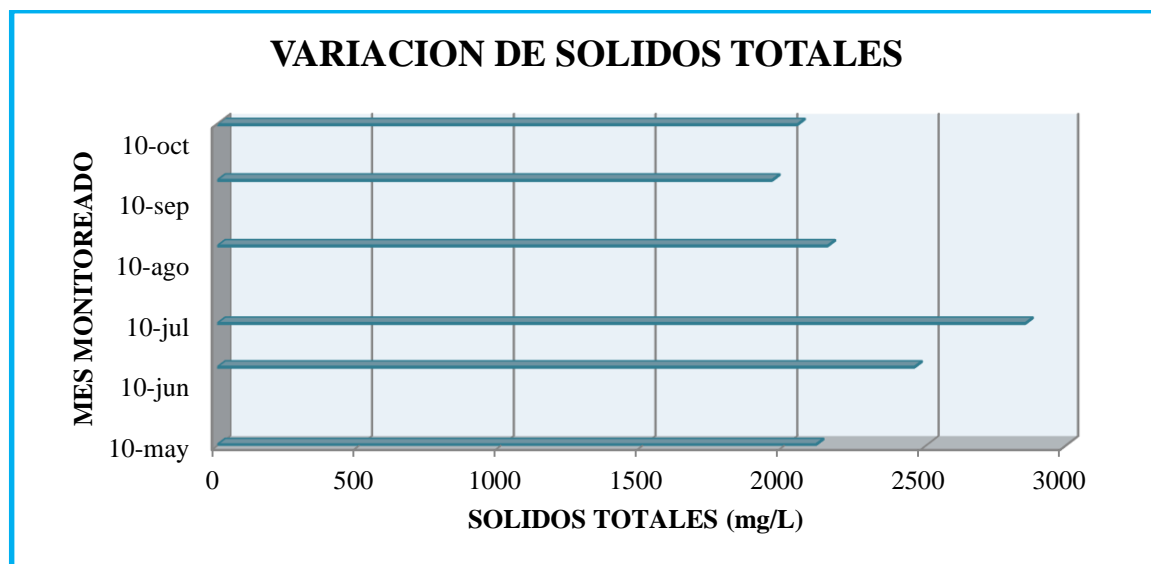
El pH se mantiene entre 6.03 mínimo y 6.85 máximo; lo que demuestra que no existe, variaciones significativas entre las muestras analizadas, durante el periodo de muestreo; es decir se presentó dentro de los límites permisibles de la RAHOE 1215.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 10-3: Conductividad

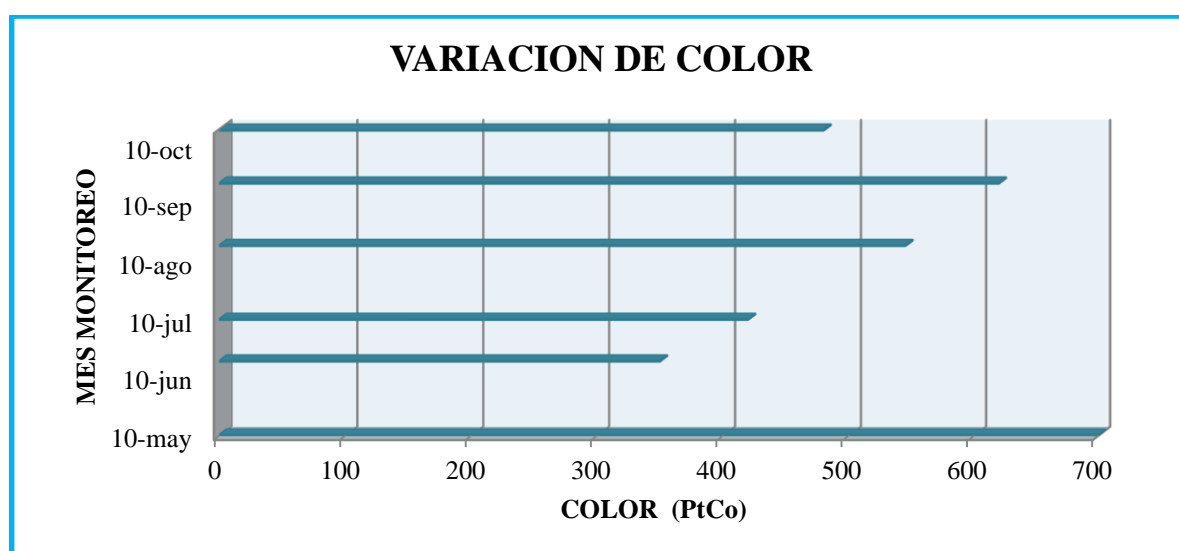
La conductividad presenta una variación del 45% entre el valor máximo y valor mínimo medido; las variaciones se explican debido que las muestras presentaban altas concentraciones de sólidos, relacionado con la turbiedad existente, teniendo un promedio 739.16 μ S/cm.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 11-3: Sólidos Totales

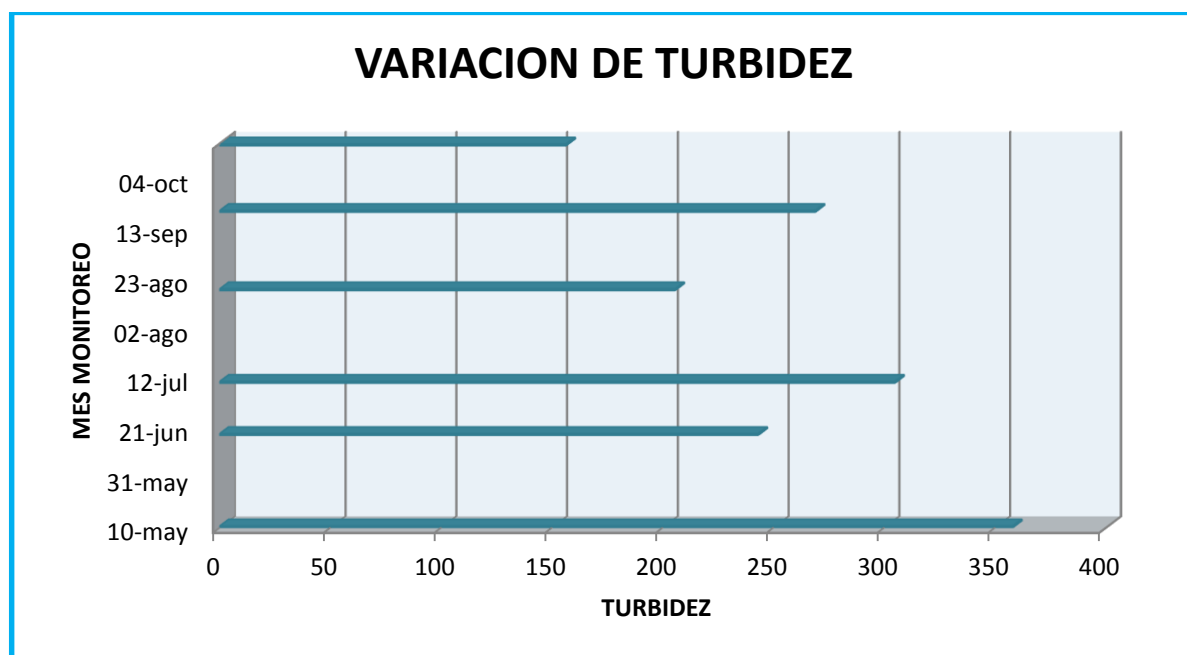
La Figura 8-3 indica una concentración de 1956.25 mg/L en el mes de septiembre, como el resultado de menor concentración, y 2856,12 mg/L en el mes de julio, como el resultado de mayor concentración; existiendo una variación del 58% debido a la presencia de altas cantidad de lodos que contienen compuestos iónicos, característicos de aguas industriales.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 12-3: Color

Los resultados del análisis de los parámetros físicos muestran variaciones durante los meses que se realizaron. De acuerdo a los valores obtenidos, el color presenta una variación de 50% entre el valor máximo y valor mínimo medido; las variaciones se explican debido a que las muestras fueron tomadas en pozos con diferente composición, situación que alteraba el color, resultando variaciones entre las muestras y mostrándose fuera del límite permisible del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA).



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 13-3: Turbidez

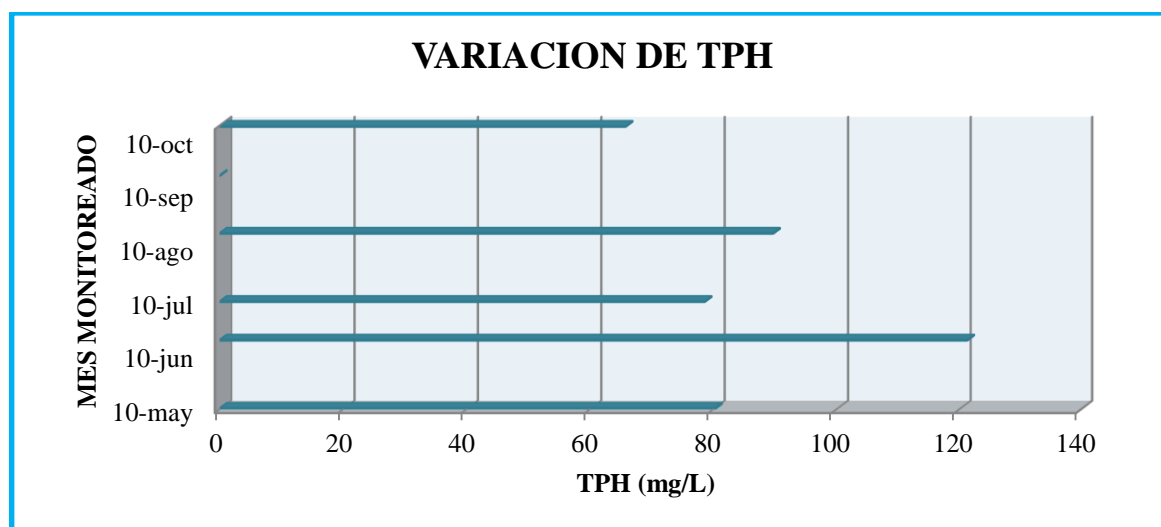
La turbidez presenta una variación del 56% entre el valor máximo y valor mínimo medido; las variaciones se explican debido a que las muestras fueron tomadas en pozos con diferente composición, situación que tenía influencia en la turbiedad; el resultado promedio de 256,18 NTU se considera elevado, debido a que valores mayores a 5NTU pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección.

Tabla 27-3: Caracterización química de los efluentes recibidos por la empresa Plusambiente.

PARÁMETROS	MES MONITOREADO						Promedio	Norma RAHOE 1215/Norma TULAS
	10-may	18-jun	10-jul	18-ago	20-sep	18-oct		Lim.Max.Per
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	4240,1	2568,3	1893,4	1745,3	2043,2	1965,4	2096,87	<120
BARIO	< 3	< 2	<4	< 3	<2	<3	<2,83	<5
CROMO(TOTAL)	< 0,1	<0,3	<0,2	<0,4	<0,5	<0,3	<0,25	<0,5
PLOMO	<0,5	< 0,3	< 0,4	< 0,2	< 0,2	<0,3	<0,31	<0,5
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	6050	5754	5434	7688	7426	5498	6308.33	100
VANADIO	< 1	< 1	<1	<1	< 1	<1	<1	<1
HIDROCARBUROS TOTALES	80,3	121,3	78,6	89,7	67,4	65,8	61,65	<20

Elaborado por: Laboratorio de Control de Aguas de Plusambiente - LLORI, Víctor. 2015 (Tesis)

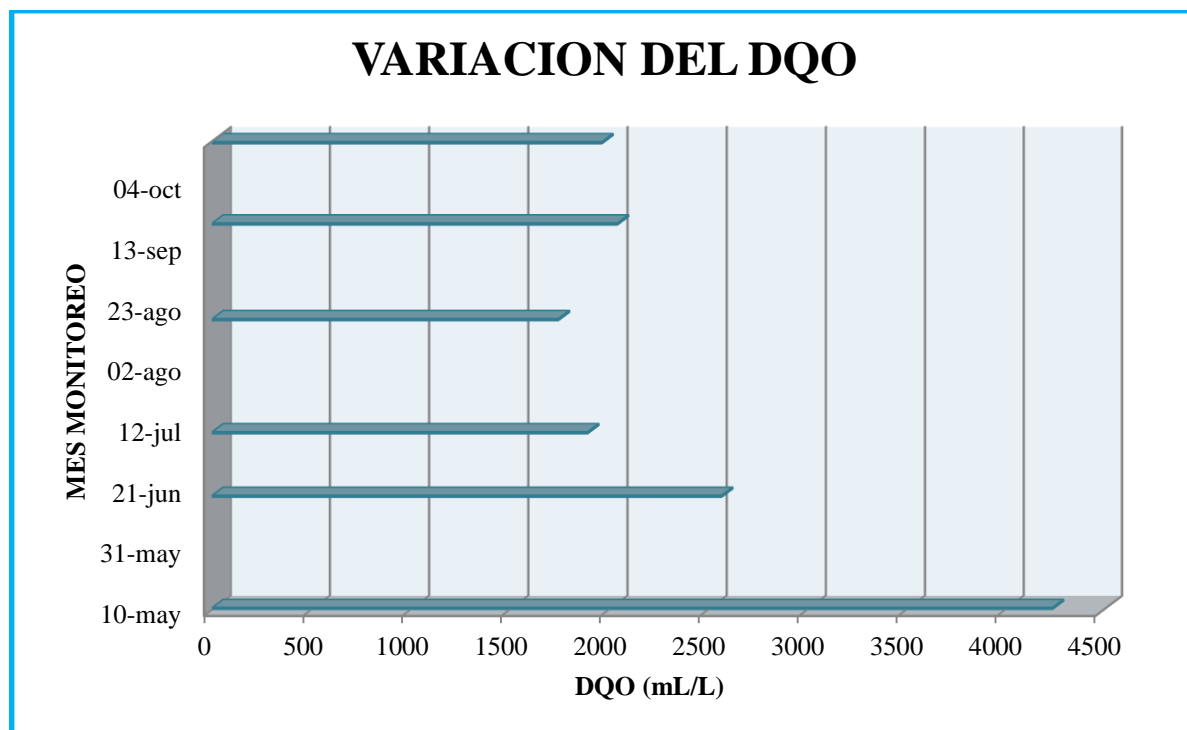
En la **Figura 14-3** y **Figura 15-3** tenemos que la Demanda Química de Oxígeno y los Hidrocarburos totales; se encuentran fuera de los límites permisibles del RAHOE 1215 y en **Figura 16-3** tenemos que Demanda Bioquímica de Oxígeno se encuentra fuera de parámetros de la tabla 9 del TULSMA



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 14-3: Hidrocarburos Totales

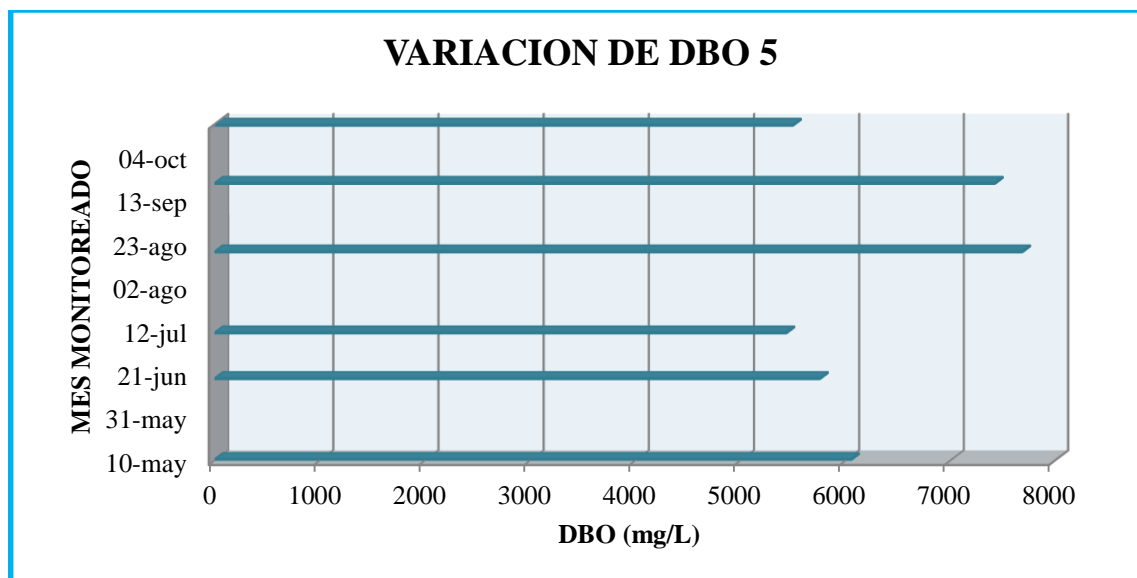
Los Hidrocarburos Totales presenta una variación del 20%, entre el mes de mayo – octubre de; 121,3 mg/L, como el valor de mayor concentración, y 65,8 mg/L, como el valor de menor concentración; debido que vienen de diferentes procesos de las empresa petroquímicas de la zona.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 15-3: Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno presenta una variación del 30%, entre el mes de mayo – octubre de; 4240,1 mg/L, como el valor de mayor concentración, y 1745,3 mg/L, como el valor de menor concentración; debiéndose principalmente a la presencia de grandes cantidades y la capacidad de oxidar la materia orgánica en medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 16-3: Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno presenta una variación del 75%, entre el mes de mayo – octubre de; 7688 mg/L, como el valor de mayor concentración, y 5434 mg/, como el valor de menor concentración; debido a la oxidación de sustancias poco estables frente al oxígeno, ya que el exceso de este parámetro actúa como un agente reductor, denominado valoración por retroceso.

En las concentraciones del Bario, Cromo Total, y Plomo; donde el Bario total presenta una concentración de <4 mg/L en el mes de julio, considerando una variación del 57% entre sus valores de concentración, durante su periodo de muestreo. El Cromo Total presenta una concentración de <0,5 mg/L en el mes de Septiembre, como el resultado de mayor concentración, y <0,1 mg/L en el mes de Mayo, como el resultado de menor concentración; teniendo una variación del 78%. El plomo presenta una concentración de 0,5 mg/L en el mes de mayo, como su mayor concentración y 0,1 mg/L en el mes de abril, como su menor concentración; habiendo una variación del 80%, el Vanadio no presenta variaciones en los 6 meses de monitoreo. Estas variaciones de Bario, Cromo Total, Plomo y Vanadio; se deben a la escasa presencia de oxígeno disuelto en el agua, considerando que son aguas residuales industriales.

3.5. Pruebas de coagulación, floculación y sedimentación

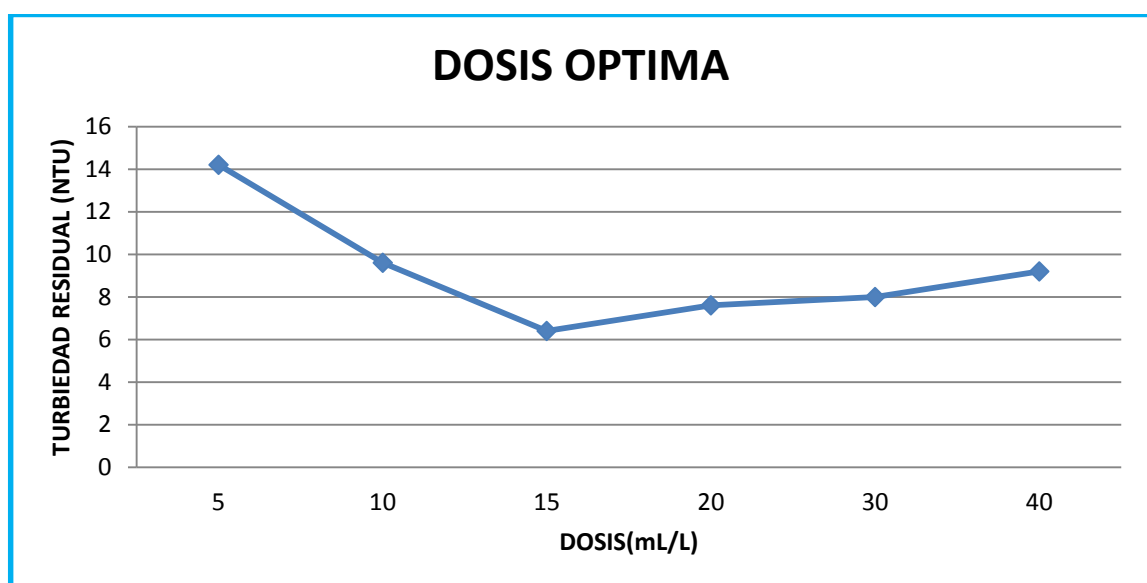
A continuación se muestran los resultados de la prueba para la dosis óptima, donde NTU, significa la turbiedad residual

3.5.1. Dosis óptima de PAC-25A y CHEMFLOC C-25

Tabla 28-3: Resultados de la dosificación óptima en la prueba de jarras

Jarra	Dosis (mL/L)	Turbiedad Residual (NTU)
	PAC-P25A y Aux.C (Chemfloc C-25)	
1	5	14,2
2	10	9,6
3	15	6,4
4	20	7,6
5	30	8,0
6	40	9,2

Elaborado por: LLORI, Víctor



Elaborado por: LLORI, Víctor

Figura N° 17-3: Dosis Óptima

En la **Figura 17-3**. Se muestra que la dosis óptima es el punto más bajo de la curva, con el que se obtiene la menor turbiedad, la dosis óptima de coagulante (PAC y Aux. C.) es de 15 mL/L para obtener una turbiedad de 6.4 NTU.

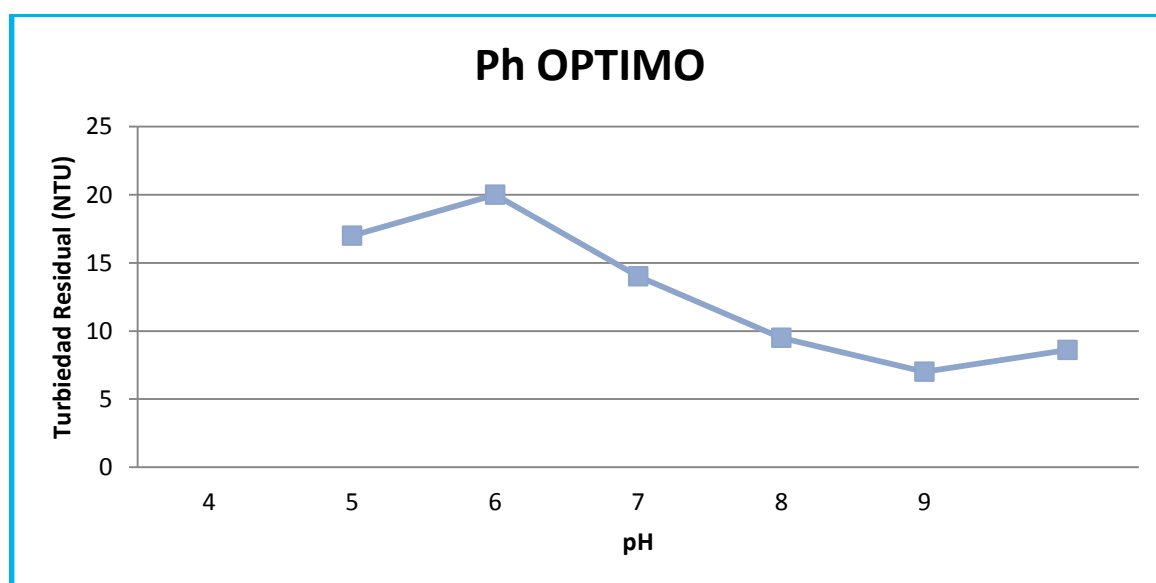
A continuación se muestran los resultados de la prueba para el pH óptimo, donde NTU, significa la turbiedad residual:

3.5.2. pH óptimo

Tabla 29-3: Resultados del pH óptimo en la prueba de jarras

Jarra	pH	Dosis (mL/L)		Turbiedad Residual (NTU)
		PAC-P25A y Aux.C (Chemofloc C-25)	CAL T-30	
1	4	15	0,5	17,0
2	5	15	1	20,0
3	6	15	3	14,0
4	7	15	5	9,5
5	8	15	10	7,0
6	9	15	15	8,6

Elaborado por: LLORI, Víctor



Elaborado por: LLORI, Víctor

Figura N° 18-3: pH Óptima

En la **Figura 18-3**. Se muestra que el pH óptimo para el tratamiento de coagulación es el punto más bajo de la curva, con el que se obtiene la menor turbiedad, es decir que el pH óptimo es 8 con el que se obtuvo una turbiedad de 7 NTU (debido a la adición de cal para la regulación del pH).

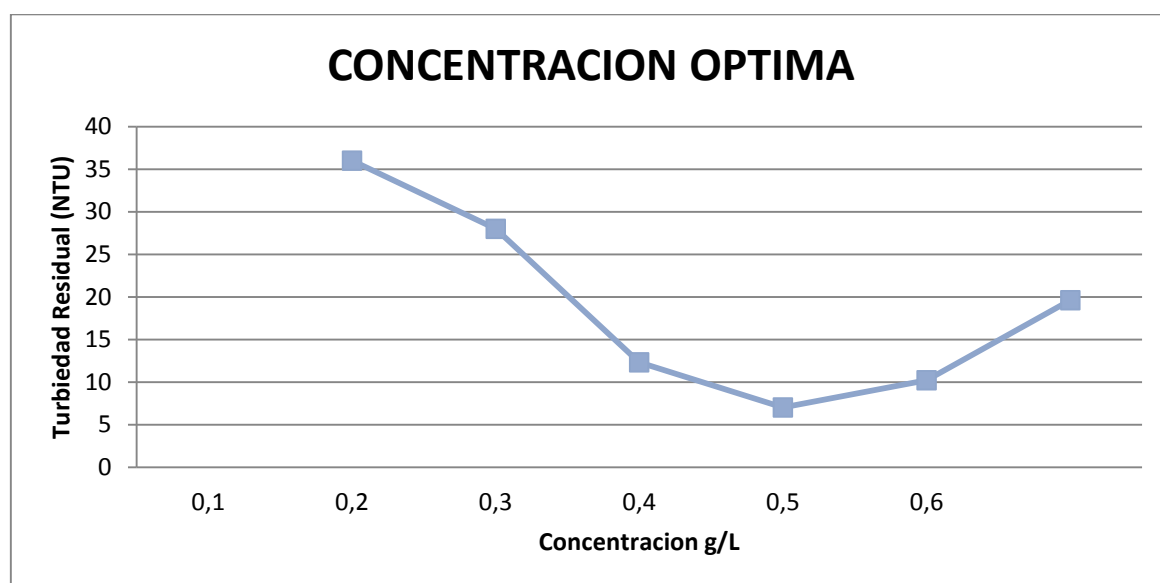
A continuación se muestran los resultados de la prueba para la concentración óptima, donde NTU, significa la turbiedad residual.

3.5.3. Concentración óptima

Tabla 30-3: Resultados de la concentración óptima en la prueba de jarras

Jarra	Dosis	pH	Concentración (g/L)	Turbiedad Residual (NTU)
1	15	8	0,1	36,0
2	15	8	0,2	28,0
3	15	8	0,3	12,3
4	15	8	0,4	7,0
5	15	8	0,5	10,2
6	15	8	0,6	19,6

Elaborado por: LLORI, Víctor



Elaborado por: LLORI, Víctor

Figura N° 19-3: Concentración Óptima

En la **Figura 19-3**. Se muestra que la concentración óptima es el punto más bajo de la curva, con la que se obtiene la menor turbiedad, es decir que la concentración óptima de coagulante PACP25A es de 0.4 g/L (se utilizó el Auxiliar Chemfloc C-25 a una concentración de 0.2 g/L, por recomendación técnica), esto dio una turbiedad residual de 7 NTU. Las primeras concentraciones al 0.1, 0.2 y 0.3 g/L disminuyen la turbiedad, pero no en la medida que se requiere y las concentraciones al 0.5 y 0.6 g/L saturan el agua provocando el aumento de la turbiedad. A continuación se muestran los resultados de la prueba para el tiempo y gradiente de velocidad óptimos de la floculación:

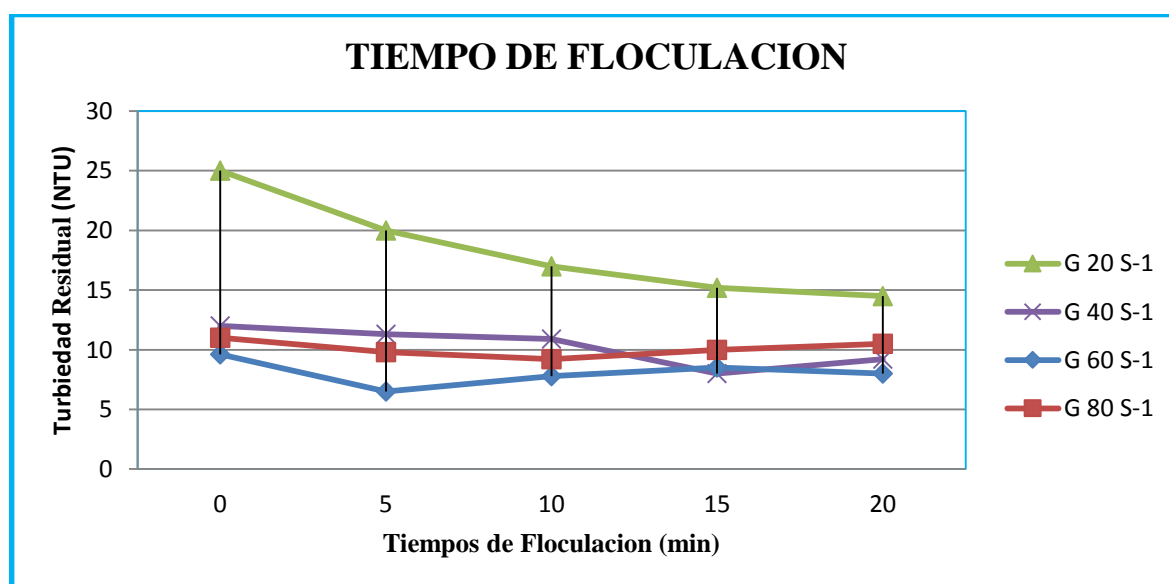
3.5.4. Tiempo de floculación

Tabla 31-3: Resultados del tiempo y gradiente óptimos de floculación en la prueba de jarras

rpm	$G s^{-1}$	Tiempo de floculación					Turbiedad Residual (NTU)
		2`	5`	10`	15`	20`	
20	20	25	20	17	15,2	14,5	
35	40	12	11,3	10,9	8	9,2	
45	60	9,6	6,5	7,8	8,5	8	
60	80	11	9,8	9,2	10	10,5	

rpm: revoluciones por minuto
G: gradiente de velocidad

Elaborado por: LLORI, Víctor



Elaborado por: LLORI, Víctor

Figura N° 20-3: Tiempo de floculación

En la **Figura 20-3**. Se muestran cuatro curvas, correspondientes a las gradientes de velocidad con las que se trabajó en función a las rpm del equipo de prueba de jarras. Cada gradiente se mantuvo por los tiempos de 2, 5, 10, 15, y 20 minutos, el tiempo en el que se obtuvo la menor turbiedad de 6.5 fue a los 5 minutos con la gradiente de 60s-1, correspondiente a 45 rpm. A una gradiente pequeña como la de 20s-1, se da un proceso coagulación donde la turbiedad va disminuyendo pero las dificultades son: la mayor cantidad de tiempo y también el consumo energético. Las demás gradientes no proporcionan las condiciones para la formación óptima del floculo.

3.5.5. Velocidad de Sedimentación

Tabla 32-3: Resultados de la sedimentación en la prueba de jarras

Tiempo	Velocidad de sed. (vs)(cm/s)	Turbiedad					Tf/To
		To	Tf Jarras 1°	Tf Jarras 2°	Tf Jarras 3°	Tf Prom	
30`	0,1	48,7	11	10	11	10,67	0,22
1`	0,05	48,7	9,6	9	9,4	9,33	0,19
2`	0,033	48,7	8,5	8,2	8,3	8,33	0,17
3`	0,025	48,7	8	7,9	8	7,97	0,16
4`	0,02	48,7	7,8	7,5	7,6	7,63	0,16
5`	0,01	48,7	7,3	6,6	7,2	7,03	0,14
10`	0,01	48,7	6,7	6,4	6,3	6,47	0,13

To: Turbiedad inicial.

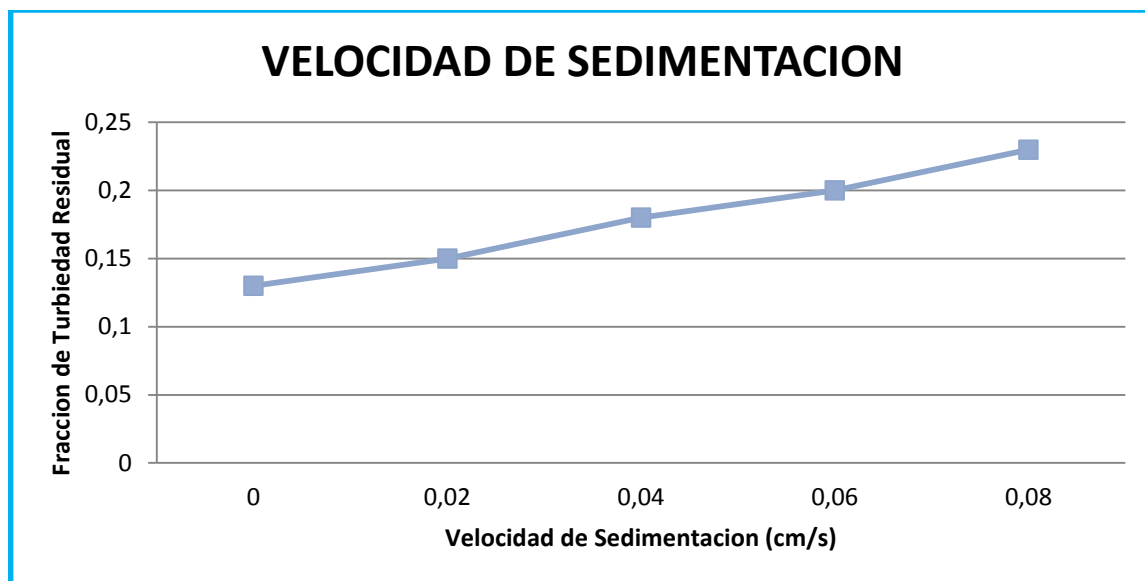
Tf Jarra: Turbiedad final para cada jarra

Tf Prom: Turbiedad final promedio.

Tf/To: Turbiedad residual.

Elaborado por: LLORI, Víctor 2015

En la Tabla 32-3. El primer tiempo se encuentra en segundos y el resto en minutos, la velocidad de sedimentación, se obtuvo como resultado del cálculo de la altura del agua libre de sedimento en el vaso de precipitación dividido por el tiempo de sedimentación.



Elaborado por: LLORI, Víctor

Figura N° 21-3: Velocidad de Sedimentación

En la **Figura 21-3**. Se muestra que la velocidad de sedimentación a la que se obtiene la menor fracción de turbiedad residuales de 0.01 cm/s. En el grafico se observa que a mayor velocidad la fracción de la turbiedad también es mayor, esto quiere decir que mientras el tiempo de sedimentación sea menor, la turbiedad aumentará.

A continuación se muestra la tabla resumen de los resultados óptimos de la prueba de coagulación, floculación y sedimentación:

Tabla 33-3: Resultados de la sedimentación en la prueba de jarras

Parámetro	Unidad	Valor
Dosificación Óptima / PAC-P25A y Aux. C. (Chemfloc C-25)	mL/L	15
pH Óptimo		8
Concentración Óptima/ PAC-P25A y Aux. C. (Chemfloc C-25)	%	4
Tiempo Óptimo de Floculación	min	5
Gradiente de velocidad Óptima	s-1	60
Tiempo Óptimo de Sedimentación	min	10

Elaborado por: LLORI, Víctor

3.5.6. Rendimiento de las pruebas de tratabilidad

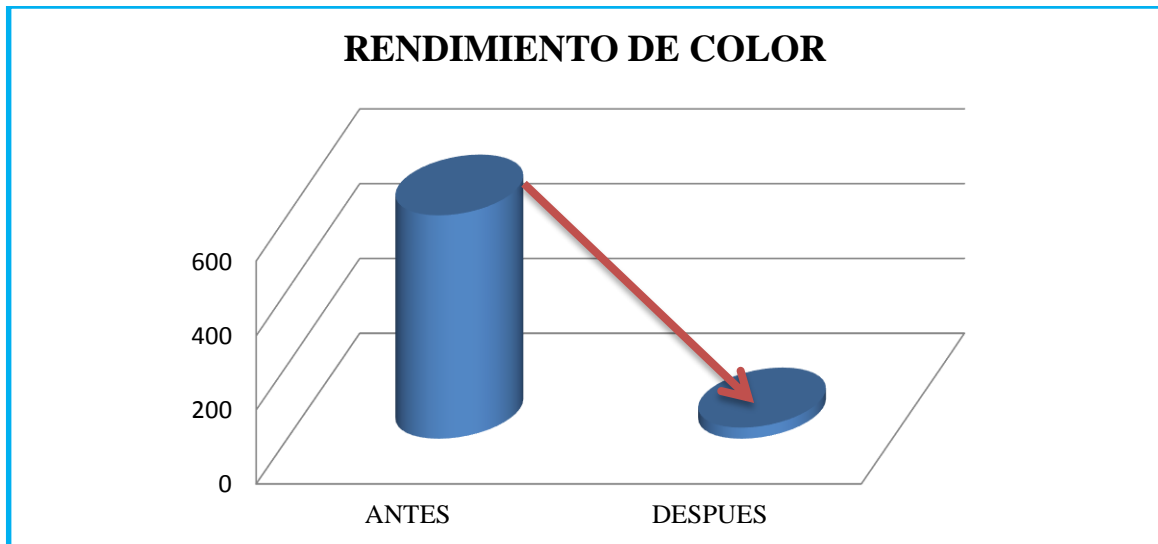
Después de realizarse las pruebas de tratabilidad y encontrar la dosis óptima y concentración óptima del polímero más el auxiliar, se realizó el análisis de agua residual; obteniéndose los siguientes resultados con su respectivo rendimiento:

Tabla 34-3: Resultados del rendimiento de la prueba de coagulación, floculación y sedimentación

PRUEBA DE COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN Y SEDIMENTACIÓN				
Parámetro	Concentración inicial (C1) (mg/L)	Concentración final (C2) (mg/L)	Remoción (mg/L)	Rendimiento total (%)
Conductividad	298	673.00	-----	-----
Sólidos totales disueltos	262.2	156.00	106.20	40.50
Turbiedad	48.20	7.00	41.20	85.48
Demanda química de oxígeno (DQO)	4240	1023	3217	76
Hidrocarburos Totales	203.35	15,76	187.59	90,2
Cromo (Total)	0,097	0,027	0.07	72,26
Plomo	1.17	0.01	1.16	99.15
Color	600	30,12	569,88	97,43
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	6050	1426	4624	77

Elaborado por: LLORI, Víctor

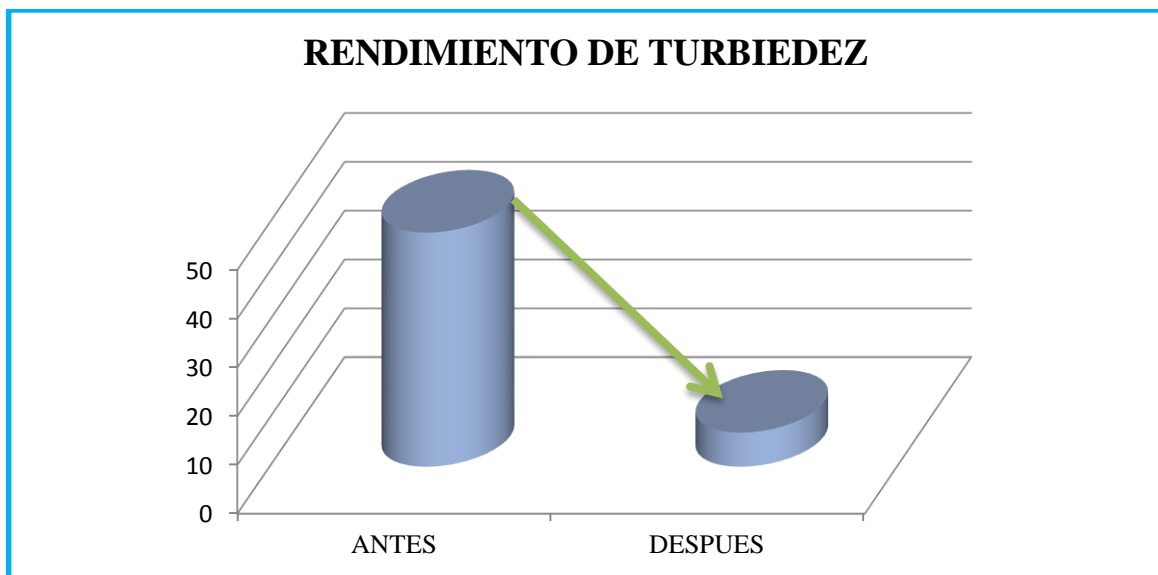
A continuación se consideran los porcentajes de mayor remoción para ser representados gráficamente, considerando a su vez el cumplimiento del TULSMA y tabla 4 A de la RAOHE 1215, y encontrándose dentro de los límites permisibles algunos parámetros:



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 22-3: Rendimiento del Color

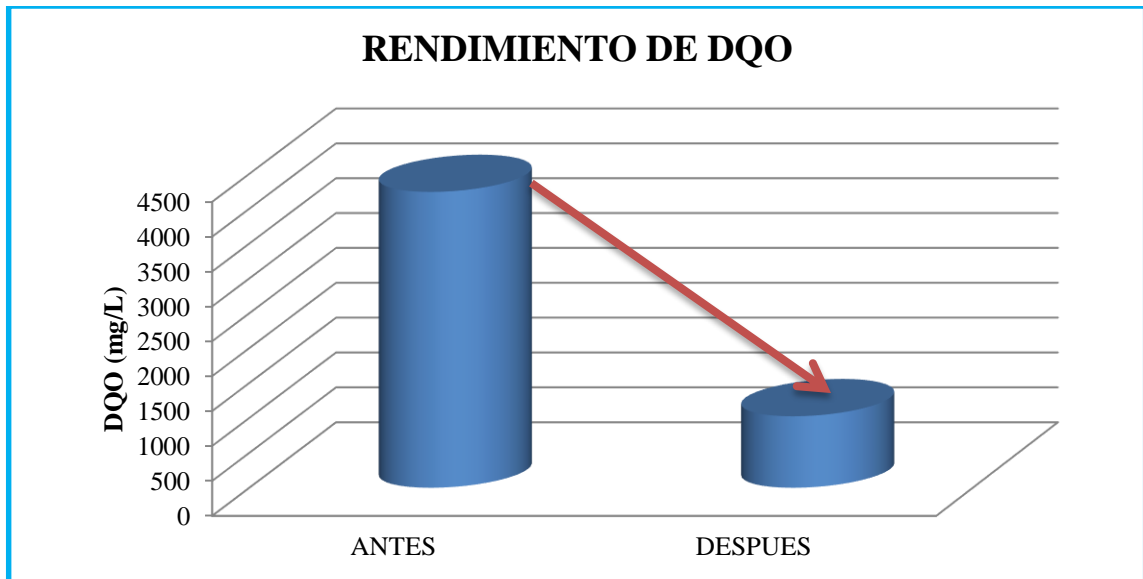
El rendimiento del color muestra el 93% de porcentaje de remoción; después del tratamiento con PAC-25A y CHEMFLOC C-25, reduciéndose de 600 UTC a 30 UTC.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 23-3: Rendimiento de Turbidez

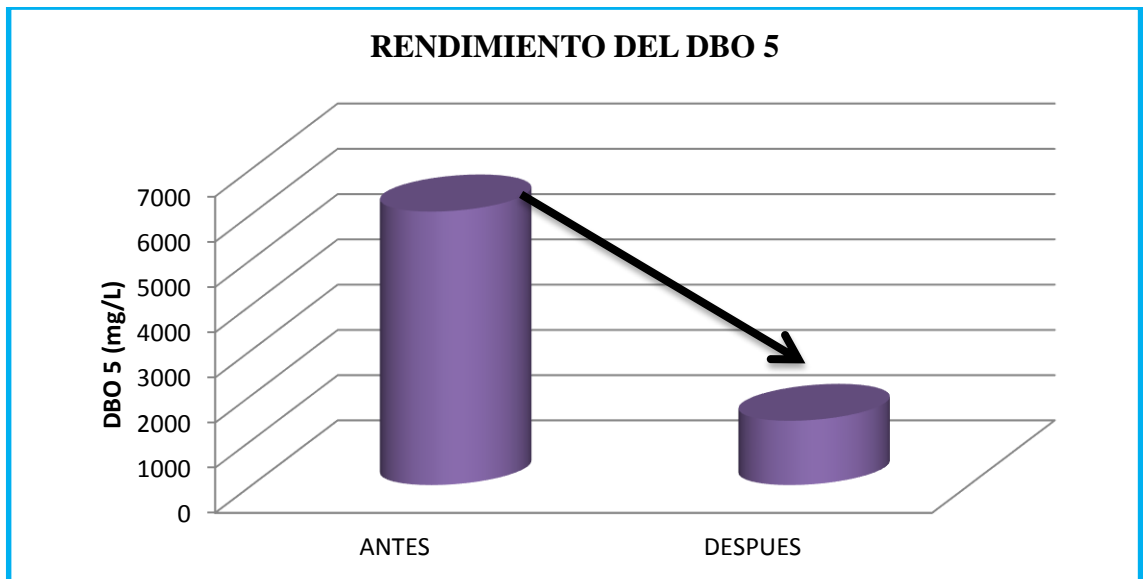
La turbidez antes de ser tratada con PAC-25A y CHEMFLOC C-25 tiene un valor de 48,20 NTU, después de se reduce a 7 NTU. El porcentaje de rendimiento para la remoción es del 99,5%.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 24-3: Rendimiento de la Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno antes del tratamiento tiene 4240 mg/L, al aplicarse el tratamiento se reduce a 1023 mg/L; teniendo el 70 % de rendimiento para la remoción, todavía sin cumplir la normativa.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 25-3: Rendimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

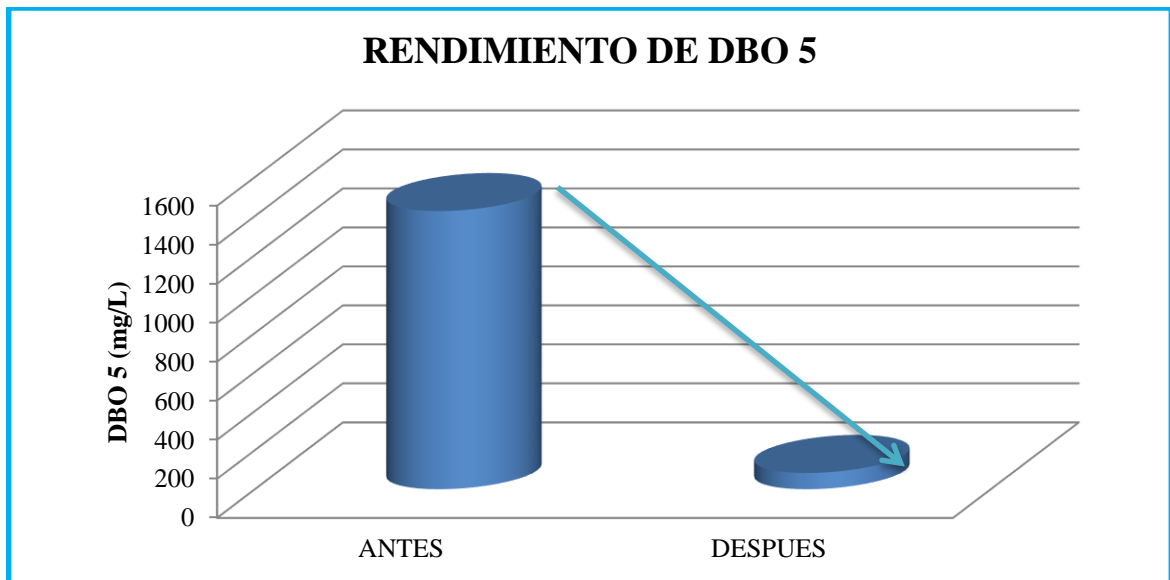
La demanda bioquímica de oxígeno antes del tratamiento tiene 6050 mg/L, al aplicarse el tratamiento se reduce a 1426 mg/L; teniendo el 77 % de rendimiento para la remoción, todavía sin cumplir la normativa

Tabla 35-3: Resultados del rendimiento de la prueba de cloración

Parámetro	Concentración inicial (C1) (mg/L)	Concentración final (C2) (mg/L)	Remoción (mg/L)	Rendimiento total (%)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	1426	83	1343	94
Demanda química de oxígeno (DQO)	1023	117	906	88,6

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

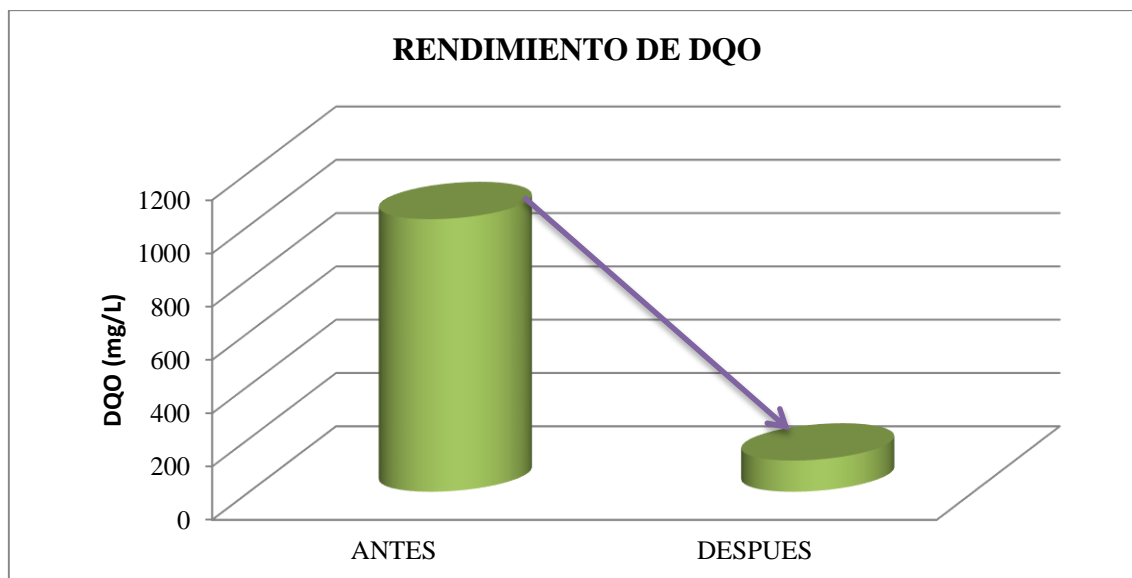
A continuación se consideran los porcentajes de mayor remoción para ser representados gráficamente, considerando a su vez el cumplimiento del TULSMA y tabla 4 A de la RAOHE 1215, y encontrándose dentro de los límites permisibles todos los parámetros:



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 26-3: Rendimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno antes del tratamiento tiene 1426 mg/L, al aplicarse el tratamiento se reduce a 83 mg/L; teniendo el 94 % de rendimiento para la remoción y encontrándose dentro de los límites permisibles.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 27-3: Rendimiento de la Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno antes del tratamiento tiene 1023 mg/L, al aplicarse el tratamiento se reduce a 117 mg/L; teniendo el 88,6 % de rendimiento para la remoción y encontrándose dentro de los límites permisibles.

3.6. Procesos para el tratamiento del agua residual industrial.

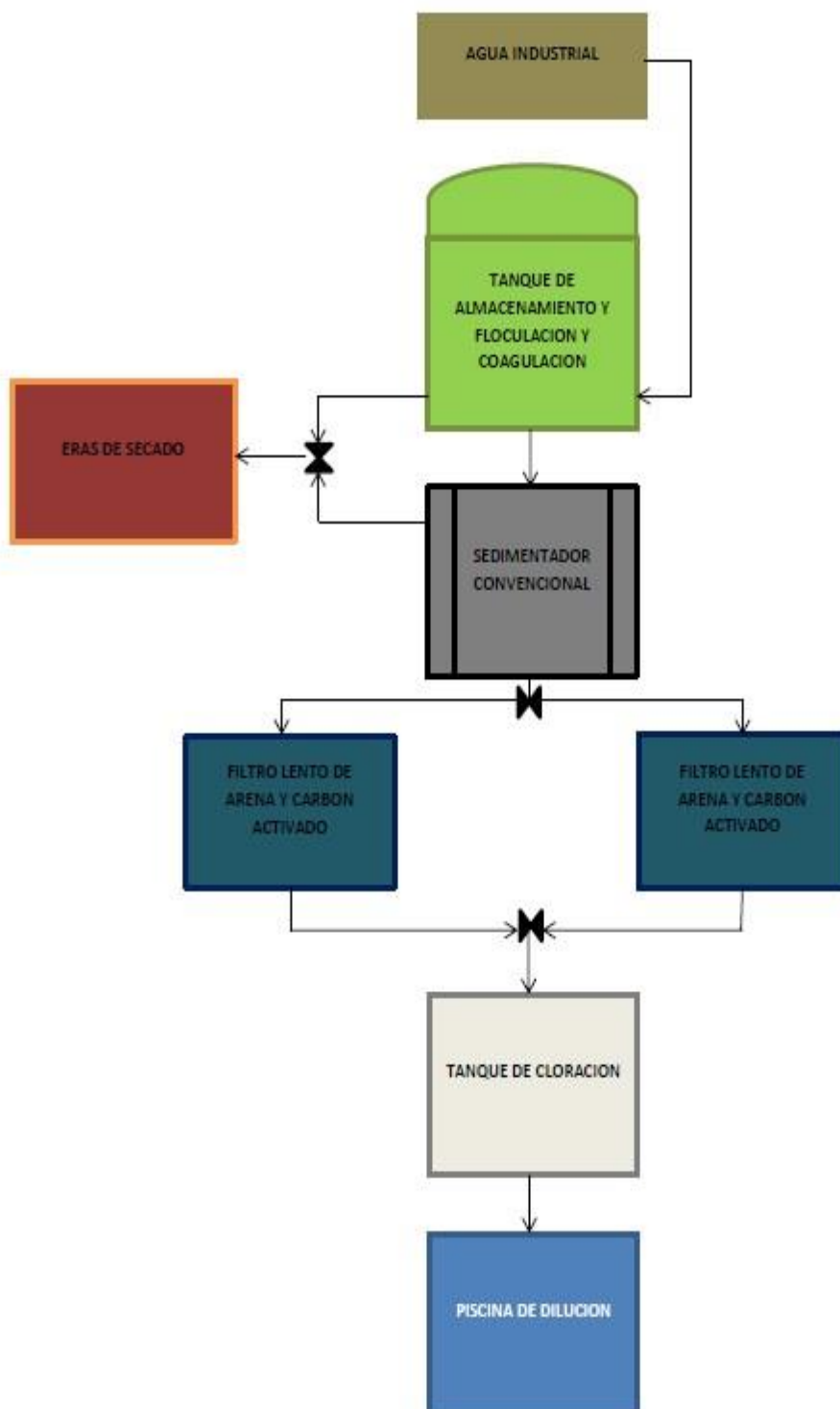
Para determinar los procesos apropiados para el tratamiento del agua residual industrial, por consideración de la Gerencia de Plusambiente se manejó un volumen máximo semanal de 90 m³, proyectado como un caudal de diseño de 9,5 L/m, considerando el incremento del 25% con visión a futuro. El trabajo se lo hace semanalmente debido a que es un proceso discontinuo.

A continuación se realizó la caracterización física, química y pruebas de tratabilidad; debido a que estos permitirán considerar el tipo de tratamiento y el tipo de unidades con la capacidad adecuada a usar. De igual manera se consideró la ubicación y los factores económicos más convenientes para la empresa.

Los parámetros encontrados fuera de norma son: color, sólidos totales, turbiedad, demanda química de oxígeno, hidrocarburos totales.

Para la reducción en la concentración de estos parámetros es recomendable el tratamiento de coagulación y floculación complementado con la sedimentación. Para la eliminación de olores se recomienda el uso de carbón activado y arena, y para la eliminación de Coliformes totales y fecales, la desinfección del agua, después del tratamiento físico y químico y los lodos resultantes deshidratarlos en una eras de secado para su posterior disposición final.

Después de haber realizado la caracterización física, química respectivas pruebas de laboratorio se llegó a que los procesos más adecuados para construir la planta de tratamiento de aguas residuales industriales para la empresa Plusambiente son las mencionadas en la **FIGURA 28-3**.



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Figura N° 28-3: Procesos adecuados para el tratamiento del agua residual industrial.

Se presenta la propuesta del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales; donde inicialmente el agua contaminada llega a un tanque de almacenamiento y coagulación donde después de alcanzar el volumen de aforo del tanque comenzará el funcionamiento dándose el proceso de coagulación por la dosificación del coagulante y polímero, mediante la agitación de sus paletas, para la formación de los flocs y su posterior precipitación y de ahí pasa al Sedimentador convencional, para la decantación de las partículas con mayor densidad, mismas que serán retenidas al fondo para su posterior desfogue.

Mediante un sistema de válvulas y su respectiva operación los lodos de los procesos de coagulación y sedimentación, serán conducidos a gravedad a un lecho de secado para la deshidratación y su posterior disposición final.

Después el agua pasa con la utilización de una válvula de control el agua pasará al filtro lento de arena y carbón activado, para lograr la clarificación total del agua y eliminación de olores, se diseñó un filtro adicional dado que el medio filtrante tiende a saturarse, incidiendo en un mantenimiento preventivo constante.

Finalmente el agua pasa a un tanque de cloración para eliminar la presencia de patógenos, donde se adicionara hipoclorito de calcio por goteo, luego de todos los procesos antes descritos el agua es conducida a una piscina donde se mezcla con agua lluvia y agua del proceso de tratamiento de aguas grises para tener una dilución y entrar en parámetros de la norma RAHOE 1215.

Para realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento, se consideró los siguientes criterios técnicos con los respectivos cálculos.

a) Caudal de diseño

Tabla 36-3: Caudal de diseño

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /s	2,3x10 ⁻⁴

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

b) Diseño Tanque de Almacenamiento y Coagulación

Tabla 37-3: Dimensionamiento del tanque de almacenamiento inicial

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del tanque	H	m	4.5
Diámetro del tanque	D	m	6
Radio del tanque	R	m	3
Volumen del tanque	V	m ³	90

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Tabla 38-3: Dimensionamiento del agitador de 6 paletas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura total del tanque	Ht	m	4.5
Altura del líquido	H	m	4
Altura del rodete sobre el fondo del tanque	C	m	2
Ancho de las paletas	W	m	0.4
Ancho de las placas deflectoras	J	m	0,5
Diámetro del agitador	Da	m	2
Diámetro del sujetador de las paletas	Dd	m	1,3
Longitud de las palas del rodete	L	m	0,5
Potencia del motor para el agitador	P	W	366,74
Tiempo óptimo de mezcla	t _o	min	9
Velocidad de rotación para el agitador	N	rev/s	0,12

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

c) Diseño del Sedimentador Convencional

Tabla 39-3: Diseño del Sedimentador Convencional

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho	B	m	4
Ángulo de inclinación	θ	Grados °	60
Área de sedimentación	As	m ²	10
Carga superficial	Cs	m ³ / m ² día	2
Gradiente de velocidad	G	s ⁻¹	30
Longitud de transición	L'	m	1,13
Longitud del Sedimentador	L	m	12
Longitud relativa del Sedimentador	Lr	m	4
Longitud relativa del Sedimentador corregida en la longitud de transición	Lcr	m	2,87
Número de Reynolds	Re	-	86,65
Tiempo de retención	tr	min	12,53
Velocidad de sedimentación critica	v _{sc}	m/s	1,73x10 ⁻⁵
Velocidad promedio de flujo	v _o	m/s	2,66x10 ⁻⁵
Volumen del Sedimentador	Vd	m ³	72

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

d) Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

Tabla 40-3: Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho del filtro	B	m	3,39
Área	A	m ²	30
Área superficial real	A _s	m ²	15
Coefficiente mínimo de costo	K	-	1,33
Longitud del filtro	L	m	4,41
Vertedero de entrada	ha	cm	3,92
Número de unidades	N	-	2
Velocidad de filtración	V _F	m/h	0,058
Velocidad de filtración real	v _{FR}	m/h	0,017
Profundidad	H	m	2
Altura del filtro	Z _F	m	3
Factor de seguridad	F _S	m	1,2
Altura de la capa de agua	C _A	m	0,4
Altura del lecho filtrante	L _A	m	1,3
Altura de la capa de soporte	C _S	m	0,3
Altura de drenaje	F _C	m	0,5

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Tabla 41-3: Sistema de drenaje

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área de orificios laterales	A_o	cm ²	0,0314
Diámetro de orificios	D_o	m	0,0002
Velocidad de orificio	v_o	m/s	0,3
Caudal que ingresa a cada orificio	Q_o	m ³ /s	$1,88 \times 10^{-6}$
Numero de laterales	N_L	Adimensional	6
Espaciamiento de los laterales	n_L	Adimensional	1,5
Longitud para laterales	L_L	m	4
Separación entre laterales	e_L	m	1
Diámetro de la tubería de entrada del filtro	D_{TE}	m	0,021
Velocidad de entrada	v_e	m/s	1,3
Diámetro de la tubería de salida del filtro	D_{TS}	m	0,032
Velocidad de salida	v_s	m/s	0,6

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

Tabla 42-3: Sistema de lavado del filtro

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Velocidad optima de lavado del filtro	v_L	m/s	4×10^{-4}
Coefficiente de uniformidad	C_U	Adimensional	2
Tamaño efectivo de arena	T_E	mm	0,0002
Tiempo óptimo de lavado	t_L	s	600
Cantidad de agua para lavado del filtro	V_L	m ³	3,6

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

e) Tanque de cloración

Tabla 43-3: Tanque de cloración

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /s	4,87x10 ⁻⁴
Volumen del tanque	V	m ³	2.15
Tiempo de reacción	t	s	442
Altura del tanque	Ar	m	0.72
Ancho del tanque	B	m	1.35
Longitud del tanque	L	m	2.2

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

f) Eras de Secado

Tabla 44-3: Eras de Secado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Carga de solidos	SS	gSS/hab*día	137,88
Solidos suspendidos salientes	Cs	KgSS/hab*día	38,46
Masa de solidos que conforman los lodos	Ms	KgSS/hab*día	10,99
Volumen diario de lodos digeridos	Vld	L/día	88,06
Volumen de lodos a extraerse	Vle		44,84
Área de era de secado	Als		12,00
Largo de era de secado	L	m	3,00
Ancho de era de secado	b	m	4,00
*Profundidad de seguridad		m	0,30
Profundidad de lodos		m	0,40
Espesor de capa de arena		m	0,20
Espesor de capa de grava		m	0,30
Altura total de eras de secado	H	m	1,00

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

3.7. Elaboración de planos

Los planos para cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales, se encuentran en el **Anexo 7**.

3.8. Valoración e identificación de impactos ambientales

Mediante la matriz de Leopold, de la **Anexo 3** se pudo identificar 52 afectaciones positivas, 127 afectaciones negativas, con un total de 179 interacciones, es decir, 110 agregaciones de impactos. Lo cual según la **Tabla 16-2** representa un impacto positivo muy alto.

Al calcular el nivel de significancia, usando la **Ecuación 60** se obtiene un valor de 1,32. De acuerdo con la **Tabla 17-2**, resulta ser bajo al encontrarse de 0 a 2,5.

Los impactos positivos altos más notorios se dan por la generación de empleo y el bienestar de la población, a medida que se ejecute la construcción del sistema de tratamiento contribuirá con el crecimiento y mejoramiento de la empresa, al incrementar la posibilidad de ofrecer nuevas y mejores plazas laborales e incentivar el mejoramiento continuo de la comunidad y la empresa. Debido al aumento de plazas de empleo durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento.

El impacto negativo más relevante se da por la contaminación del aire, generada en su mayoría en la etapa de construcción, causada por el traslado de material de construcción y material resultante de la limpieza del área a ser trabajada. Considerando la etapa de construcción corta e indicando que los cambios y molestias ocasionadas en la misma, serán controlados y reducidos posteriormente, tomando las medidas necesarias para las mismas.

En la **Tabla 45-3**. Se muestran los valores resumidos de las afectaciones y agregación de impactos por cada factor ambiental, donde se evidencia que el aire, es el factor ambiental más afectado negativamente, con un valor de agregación de impactos de: -72 en olores, -124 en polvo y -133 en ruido. La calidad del aire disminuye, principalmente debido al ruido generado por la maquinaria pesada, en el momento de la construcción, en esta etapa también se genera material particulado, además, en la etapa de operación y mantenimiento, el agua residual y los lodos producen olores.

También se considera de importancia, el factor ambiental con mayor cantidad de afectaciones positivas, que fue el socio económico, con un valor de agregación de impactos de: 392 en empleo, 120 en servicios básicos y 204 en el bienestar de la población. La generación de empleo y el

mejoramiento de la calidad ambiental, contribuyen al bienestar de la población en el área de influencia.

Las demás afectaciones positivas y negativas, para los factores ambientales restantes, son en menor grado.

En la **Tabla 46-3**. Se muestran los valores resumidos de las afectaciones y agregación de impactos por cada acción humana, se evidencia que en la etapa de construcción es dónde más agregación de impactos negativos existen, específicamente en la limpieza y desbroce con un valor de -121, en la excavación del suelo, un valor de -105, el compactado del terreno, con un valor de -99, generación de residuos peligrosos, con un valor de 92, ruido y vibraciones de la maquinaria pesada, un valor de -74. Estas acciones son las más nocivas para el ambiente. También se consideran de importancia los efectos positivos de las acciones desarrolladas en el proyecto, el mayor grado se da en la etapa de operación y mantenimiento, con un valor de agregación de impactos de: 154 para el vertido del agua tratada, 392 para el desarrollo de la zona.

Como conclusión se determinó que la construcción de la PTAR, tiene un impacto positivo para el factor socioeconómico, generando fuentes de trabajo, además de bienestar ambiental de los pobladores de la zona, por otro lado la ejecución del proyecto, especialmente en la etapa de construcción genera impactos negativos, sobre todo en el aire. En general el impacto ambiental presentó un nivel de significancia bajo, por lo que no se requiere de medidas correctoras al momento de realizar el proyecto con responsabilidad, con el paso del tiempo se corregirán los impactos negativos de menor valor.

Tabla 45-3: Valores de afectaciones y agregación de impactos por cada factor ambiental

FACTORES AMBIENTALES				AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AGREGACIÓN DE IMPACTOS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	SUELO	a. Calidad del Suelo	Textura	0	9	-44
		b. Contaminación del Suelo	Uso del suelo	1	13	-85
	AIRE	a. Calidad del Aire	Gases (Olores)	0	13	-68
			Material Particulado (Polvo)	0	8	-114
		b. Contaminación del Aire	Ruido	0	9	-132
			Proliferación de Vectores	0	7	-11
	AGUA	a. Calidad del Agua	Uso del Agua	3	1	92
		b. Contaminación del Agua	Recarga Cuerpo Receptor	2	0	84
FACTORES ABIÓTICOS	FLORA	a. Vegetación Primaria	Arboles	1	5	-33
		b. Vegetación Secundaria	Arbustos - Hierbas	0	5	-23
	FAUNA	a. Migración de especies	Aves	0	5	-66
			Animales Terrestres	0	7	-74
FACTORES CULTURALES	SOCIOECONÓMICOS	a. Usos de Terreno	animales Acuáticos	2	3	51
			Paisaje	2	10	-45
		b. Humanos	Empleo	16	0	392
			Servicios Básicos	9	0	120
			Bienestar de la Población	14	0	204
			Incomodidad de la Población	0	18	-88
Salud y Seguridad laboral	2	14	-50			
SUMATORIA				52	127	110

Tabla 46-3: Valoración de afectaciones y agregación de impactos por cada acción humana.

ACCIONES		AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AGREGACIÓN DE IMPACTOS
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	Limpieza y desbroce	1	12	-121
	Replanteo y Nivelación	1	6	-32
	Excavación del suelo Natural	1	11	-105
	Compactado del terreno	2	11	-99
	Desalojo del material	2	8	-9
	Transporte de material de construcción	1	8	-46
	Ruido y vibraciones de maquinaria pesada	0	5	-74
	Construcción de obras de concreto	3	11	-36
	Generación de Residuos Sólidos Comunes	2	7	-28
	Generación de Residuos Sólidos Peligrosos	2	12	-92
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Cambio del Paisaje	4	6	-17
	Compresión o importancia del mantenimiento del sistema	2	0	9
	Mantenimiento del tanque almacenamiento y de coagulación	3	6	51
	Mantenimiento del Sedimentador	3	6	46
	Mantenimiento del Filtro de Carbón y Arena	3	6	46
	Mantenimiento del Tanque de Cloración	3	6	46
	Extracción, secado y transporte de lodos	3	6	46
	Reutilización del agua tratada	4	0	133
	Desarrollo de la zona	12	0	392
SUMATORIA	52	127	110	

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Las caracterización físico, química realizada al agua residual industrial dieron las siguientes concentraciones fuera de los límites permisibles de la Tabla 4 A de la RAHOE1215 : Demanda química de oxígeno 4240.10 mg/L, solidos totales 2856,12 mg/L, Hidrocarburos totales 121,3 mg/L y Demanda bioquímica de oxígeno 7688 mg/L considerando además algunos parámetros que no se encuentran establecidos en esta normativa pero que son importantes por estética e indicadores en la calidad del agua tales como: turbiedad 358,2 NTU, color 700 pto.Co
- El rendimiento de la pruebas de coagulación, floculación, sedimentación y cloración obtuvo resultados esperados ya que todos los parámetros que se encontraban fuera de la norma ahora se hallan dentro de los límites permisibles de sus respectiva normativa y tabla: la Demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno con la floculación, coagulación y sedimentación tiene un rendimiento del 76% y 77 % respectivamente pero no entran dentro de los límites permisibles de cada tabla, pero al aplicar la cloración respectiva nos da un parámetro de 118 mg/L y 83 mg/L que está dentro de las normas, los Hidrocarburos totales, solidos totales disueltos, color y turbidez solo fueron necesarios los tres primeros procesos para que estén dentro de la norma.
- Los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, se basó a partir de caracterizaciones primarias del agua residual industrial, simulación de procesos de tratamiento en el laboratorio, estableciendo las siguientes unidades: tanque de almacenamiento y coagulación con un diámetro de 6 m y altura del tanque de 4.5 m, Sedimentador convencional con un ancho de 4 m y largo de 12 m, filtro lento de arena y carbón activado con un ancho de 3,39 y longitud de 4,41 m, tanque de cloración con un ancho de 1.35 m y una longitud de 2.2 m. Los lodos desfogados por el tanque de almacenamiento y coagulación y Sedimentador serán conducidos a unas eras de secado, para su posterior deshidratación que tiene una longitud de 5m y de ancho 4 m.

- El diseño se realizó usando el Software AutoCAD 2014, donde se puede evidenciar todos los cortes de vista planta con sus respectivos cortes del tanque de almacenamiento y de coagulación y floculación, sedimentador convencional, filtro de arena y carbón activado, tanque de desinfección o cloración y los lechos de secado o eras de secado.

Recomendaciones

- Se recomienda que los procesos funcionen a gravedad para obviar el gasto en bombas eléctricas, reduciendo el coste operacional.
- Se recomienda implementar la planta de tratamiento de aguas residuales, con el propósito de minimizar el impacto ambiental que generan las empresas al no dar tratamiento a estos efluentes.
- Se debería incluir el manual de operaciones y mantenimiento de la planta de aguas residuales industriales, dentro del Plan de Manejo Ambiental de la empresa.
- Se recomienda que la piscina de dilución se le de limpieza trimestralmente ya que el aguade la planta de tratamiento de aguas negras y grises puede traes partículas de lodos

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR , M.** *Tratamiento físico químico de aguas residuales: coagulación - floculación.* Murcia: Universidad de Murcia Servicio de Publicaciones, 2002.
- AGUILAR, M.I.,** J Sáez, M. Llórens, A. Soler, y J.F. Ortuño. *Tratamiento físico-químico de aguas residuales.* Murcia: F.G Graf S.L., 2002.
- ANDRADE, M.** *Gestión y uso del agua.* Bolivia , 2010.
- BORDERÍAS, Ma. Pilar,** y Carmen Muguruza. *Evaluación del impacto ambiental .* Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia Madrid, 2014.
- CAMPOS, Irene.** *Saneamiento Ambiental.* San José: EUNED, 2003.
- Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales . Diciembre de 2009. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf> (último acceso: 10 de Agosto de 2015).
- CONESA, Vicente.** *Guia metodologica para la evaluación del impacto ambiental.* S.A. Mundi-Prensa, 2010.
- CRITES, Ron, y GEORGE Tchobanogious.** *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados.* Santa Fé de Bogotá: McGraw-Hill, 2000.
- DAUGHERTY, Franzini.** *Mecánica de fluidos con aplicaciones de ingeniería .* Singapore: Mc Graw Hill Book Company, 1989.
- DOMÉNECH, Xavier.** *Química Ambiental de Sistemas Terrestres.* Barcelona: Reverté, S.A., 2006.
- ECURED.** *Conocimiento con todos y para todos.* 2015. <http://www.ecured.cu/index.php/Alcantarillado> (último acceso: 28 de Agosto de 2015).
- EL TELEGRAFO.** «Adquirido equipo succionador.» KINO. 18 de Julio de 2013. <http://www.telegrafo.com.ec/regionales/regional-centro/item/adquirido-equipo-succionador.html> (último acceso: 12 de Julio de 2015).
- EPA.** *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales - Desinfección con cloro .* Office of water Washington, D.C. Septiembre de 1999.

http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf (último acceso: 16 de Agosto de 2015).

EP-EMAPAG. *Reseña Histórica: EP-EMAPAG.* DISOFT. 2015.

<http://www.emapag.gob.ec/1/EPEMAPAG/Rese%C3%B1aHist%C3%B3rica.aspx>

(último acceso: 25 de Junio de 2015).

ETAPA EP. «Planta de tratamiento de aguas residuales Ucubamba.» *sitio web de ETAPA EP.*

NEU digitalmedia. 2015. <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Saneamiento/Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Ucubamba>

(último acceso: 1 de Agosto de 2015).

FALKENBERG, Karl. «Ecolabel.» *sitio web de Ecolabel.* Comstock. Febrero de 2010.

http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waste_water_es.pdf

(último acceso: 10 de Julio de 2015).

GRUPP, Adriane. «Diseño de un modelo de planta de tratamiento de aguas residuales

domesticas con tanques fibratank.» *Sitio web de Universidad Simón Bolívar.*

Universidad Simón Bolívar. Octubre de 2010. <http://159.90.80.55/tesis/000149222.pdf>

(último acceso: 12 de Agosto de 2015).

GUARGUATI, Juan, y FRANK Ramirez. *Evaluación toxicologica de la influencia de los*

detergentes provenientes del efluente del Rap de la UPB, sobre el crecimiento y

desarrollo de la Spirodella sp. Bucaramanga: Escuela de Ingenierias y Administración

Ingeniería Ambiental, 2008.

ISLAS, Ricardo. *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: Aguas de proceso, residuales*

y de refrigeración. España: BELLISCO, 2005.

LEVINE, A.G, TCHOBANGLIOUS, y T Asano. *Caracterización y distribución según el*

tamaño de contaminantes en aguas residuales: Tratamiento y Reutilización. México,

1985.

METCALF & EDDY. *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización.*

Madrid - España: McGraw-Hill, 2009.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *sitio web del Ministerio del Ambiente.* 07 de Noviembre de

2013. <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/images/articulos/archivos/am114.pdf>

(último acceso: 12 de Agosto de 2015).

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - OPS. «Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas.» *Sitio web de BVSDE.* Organización Panamericana de la Salud. 2005. http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf (último acceso: 13 de Agosto de 2015).

. «Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.» *Sitio web de slideshare.* Organización Panamericana de la Salud. 2005. <http://es.slideshare.net/wilfredosotoleon/diseo-de-desarenador> (último acceso: 15 de Julio de 2015).

RAMALHO, R. *Tratamiento de aguas residuales.* Sevilla - España: Reveté S.A., 2003.

RAS, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. «Tratamiento de Aguas Residuales.» *Sitio web de Ministerio de Desarrollo Económico.* Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Noviembre de 2000. http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf (último acceso: 20 de Agosto de 2015).

RIOS, Antonio. «El Agua .» *Sitio web de Issuu.* Issuu. Febrero de 2010. http://issuu.com/antonioros/docs/el_agua (último acceso: 25 de Julio de 2015).

ROMERO, J.A. *Acuiquímica.* Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1996.

—. *Calidad del agua.* Colombia: Marcombo, 2000.

ROMERO, J. *Tratamiento de aguas residuales, Teoría y Principios de diseño.* Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004.

SÁNCHEZ, Arturo. *Conceptos Básicos de Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable.* México DF: S y G editores, 2011.

TIMBALOMBO, Nelly. *Diseño de la planta de tratamiento de lixiviados del botadero de basura Curgua del Cantón Guaranda.* Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2014.

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR. *Sitio web de Universidad Estatal de Bolívar.* Ing. Abelardo Paucar Camacho MSC. Febrero de 2013. <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/846/1/Perfil%20Territorial%20GUARANDA.pdf> (último acceso: 15 de Julio de 2015).

ANEXOS

ANEXO 1. Protocolo para el muestreo del agua residual industrial

PASOS	DESCRIPCION
Selección de método de muestreo	Son técnicas y equipos apropiados para el muestreo
Seguir un plan de muestreo	Cantidad, clase y puntos de muestreo y sus tiempos
Tener una libreta de campo	Nos sirve para anotar la información del trabajo de campo
Indicar los componentes de la muestra	Mediante una lista de parámetros a medir, dependiendo el análisis a realizarse
Sellado de muestras	De forma hermética
Rotulación de las muestras	Con tinta permanente, claro y conciso, para su correcta identificación al momento de ser transportado y analizado
Preservación de muestras	Dependerá del tiempo de almacenamiento
Tipo de recipiente	Su almacenamiento puede ser en recipientes: plásticos, vidrio o ámbar
Análisis de la muestra	Ciertos parámetros deberán ser medidos in situ y otros en un laboratorio calificado.

Fuente: Romero, J. Colombia 2006.

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

ANEXO 2 Marco Legal

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	
Título II, Derechos. Capítulo Segundo, Sección Segunda, Ambiente Sano	Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay.
	Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.
	Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.
Capítulo séptimo, Derecho de la Naturaleza	Art. 71.- La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.
	Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.
Título VII. Régimen del Buen Vivir. Capítulo Segundo, Sección Segunda, Ambiente Sano	Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los Impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

<p>Título VII. Régimen del Buen Vivir. Capítulo Segundo, Sección Sexta, Agua</p>	<p>Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua</p>
<p>LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL</p>	
	<p>Artículo 33.- Establézcanse como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.</p>
<p>LEY DE AGUAS</p>	
<p>TITULO II .CAPITULO I, DE LA CONSERVACIÓN</p>	<p>Art. 21.- El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio.</p>
<p>TITULO II, CAPITULO II, DE LA CONTAMINACIÓN</p>	<p>Art. 22.-Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.</p>
<p>REGLAMENTO AMBIENTAL DE ACTIVIDADES HIDROCARBURIFERAS (RAHOE 12 15)</p>	
<p>LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL Decreto Ejecutivo 1215</p>	<p>Art. 29.- Manejo y tratamiento de descargas líquidas.- a) Desechos líquidos industriales, aguas de producción descargas líquidas y aguas de formación.- Toda estación de producción y demás instalaciones industriales dispondrán de un sistema de tratamiento de fluidos resultantes de los procesos. No se descargará el agua de formación a cuerpos de agua mientras no cumpla con los límites permisibles constantes en la Tabla No- 4 del Anexo 2 de este Reglamento.</p>

	<p>b) Disposición.- Todo efluente líquido, proveniente de las diferentes fases de operación, que deba ser descargado al entorno, deberá cumplir antes de la descarga con los límites permisibles establecidos en la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento.</p> <p>Los desechos líquidos, las aguas de producción y las aguas de formación deberán ser tratadas y podrán ser inyectadas y dispuestas, conforme lo establecido en el literal c) de este mismo artículo, siempre que se cuente con el estudio de la formación receptora aprobado por la Dirección Nacional de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas en coordinación con la Subsecretaría de Protección Ambiental del mismo Ministerio. Si estos fluidos se dispusieren en otra forma que no sea a cuerpos de agua ni mediante inyección, en el Plan de Manejo Ambiental se establecerán los métodos, alternativas y técnicas que se utilizarán para su disposición con indicación de su justificación técnica y ambiental; los parámetros a cumplir serán los aprobados en el Plan de Manejo Ambiental</p>
--	--

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

ANEXO 3 Matriz de evaluación de impactos ambientales

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES (LEOPOLD) - PTAR DE PLUS AMBIENTE																																
ACCIONES FACTORES AMBIENTALES			ETAPA DE CONSTRUCCIÓN										ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							RESULTADOS												
			Limpieza y desbroce	Replanteo y nivelación	Excavación del suelo natural	Compacacdo del terreno	Desajolo del material	Transporte de materiales de construcción	Ruido y vibraciones de la maquinaria pesada	Construcción de obras de concreto	Generación de Residuos Sólidos Comunes	Generación de Residuos Sólidos Peligroso	Cambio del Paisaje	Comprensión e importancia del mantenimiento del sistema	Mantenimiento del tanque de coagulación y floculación	Mantenimiento del filtro lento de arena y carbon activado	Extracción, secado y transporte de lodos	Ventido del agua tratada al cuerpo receptor	Reutilización del agua tratada	Desarrollo de la zona	AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AGRAGACIÓN DE IMPACTOS	NÚMERO DE INTERACCIONES								
FACTORES FÍSICAS Y QUÍMICAS	SUELO	a. Calidad del Suelo	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2								0	9	-44	9							
		Textura	1	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	
	b. Contaminación del Suelo	-3	-3	-4	-5	-5	-2		-5		-1	-8	-1	-1					7			6	1	13	-85	14						
	Uso del suelo (Prof. Máx. 3m)	1	7	3	6	2	1		4		3	3	1	1																		
	AIRE	a. Calidad del Aire	-3	4		-3	4	-3	2	-3	2	-2	4	-1	1	-1	1	-2	1				0	13	-68	13						
		Material Particulado (Polvo)	-5	4		-7	4	-2	4	-5	4	-2	4	-2	1	-2	4						0	8	-114	8						
	b. Contaminación del Aire	-2	4	-2	4	-6	4	-5	4	-4	4	-4	4									0	9	-132	9							
	Ruido																					0	9	-132	9							
	Proliferación de Vectores												-2	4			-1	1	-1	1	-1	1	0	7	-11	7						
	a. Calidad del Agua	Uso del Agua										-5	2									7	6	3	1	92	4					
b. Contaminación del Agua	Recarga Cuerpo Receptor																				7	6	3	1	92	4						
FACTORES BIÓTICOS	FLORA	a. Vegetación Primaria	-6	3		-3	3	-6	3		-3	3																				
		Árboles																					7	6	1	5	-33	6				
	b. Vegetación Secundaria	-2	1		-2	1	-2	1				-3	3										0	5	-23	5						
Arbustos - Hierbas																																
FAUNA	a. Migración de Especies	-6	3							-3	3		-3	4	-3	4	-5	3														
	Aves																															
	Animales Terrestres	-5	2		-4	2	-4	2			-4	3		-3	4	-3	4	-4	3				0	7	-74	7						
Animales Acuáticos										-3	3		-3	4	-3	4					7	6		2	3	51	5					
FACTORES CULTURALES	SOCIO-ECONÓMICO	a. Usos del Terreno	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	5							2										
		Paisaje	4	4	4	4	3	1	4			6	6	4	4	4	4						4	2	10	-45	12					
	b. Humanos	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4			8	3	8	3	8	3									
	Empleo																	6	3	6	3	6	3									
	Servicios Básicos																	6	3	6	3	6	3									
Bienestar de la Población				3	4	4	6			6	3						3	3	3	3	6	3	6	6	3	6	4	14	0	204	14	
Incomodidad en la Población	-4	5	-1	4	-1	4	-2	4	-2	2	-1	4	-2	4	-2	4	-2	1	-2	1	-2	1	-2	1								
Salud y seguridad laboral	-2	3	-2	3	-3	3	-3	3	-2	3	-2	3					-2	3	-2	3	-2	3	-2	3	1	1	6	4	2	14	-50	16
																					Comprobación											
AFECTACIONES POSITIVAS			1	1	1	2	2	1	0	3	1	1	4	1	3	3	3	3	4	4	12	47										
AFECTACIONES NEGATIVAS			12	6	11	11	8	8	5	11	7	12	6	0	5	5	4	2	0	0			113									
AGRAGACIÓN DE IMPACTOS			-99	-21	-92	-91	-10	-32	-70	-41	-24	-55	-48	9	49	49	49	154	43	340				110								
NÚMERO DE INTERACCIONES			13	7	12	13	10	9	5	14	8	13	10	1	8	8	7	6	4	12				160								



Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

**ANEXO 4 Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes TABLA 4A
(descargas líquidas).**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Conductividad Eléctrica	CE	uS/cm	<2500
Sólidos totales	ST	mg/L	<1 700
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	<120
Bario	Ba	mg/L	<5
Cromo(total)	Cr	mg/L	<0.5
Plomo	Pb	mg/L	<0,5
Vanadio	V	mg/L	<1
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	<20,0

Realizado por: LLORI, Víctor. 2015

ANEXO 5 Resultados de Análisis

 <p>LABSU Laboratorio de Sólidos, Aguas y Plásticos</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Frey F. de Villanueva 5/N y Av. Labaka E-mail: labosustodo@labosu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Teléfono: (593) 6-2481105</p>	 <p>Sistema de Acreditación Ecuatoriano Acreditado N° 046 18 20 07 001 LABORATORIO DE SÓLIDOS</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 106.530</p>	
<p>SPS: 15 - 5 449</p>	<p>Análisis de agua</p>	

PLUSAMBIENTE

Atm Victor Llori
Dirección Ciudad del Coca

1.- Datos generales

Recogidas por Victor Llori
Fecha hora de toma de muestras 2015 05 15 13:40
Fecha hora de ingreso al Laboratorio 2015 05 15 15:20
Fecha de análisis 2015 05 15 a 2015 05 21
Condiciones Ambientales de Análisis T. Max: 25,0 °C T. Min. 21,0 °C
Codigo de LabSu Identificación de la Muestra
a 99529 Caracterización del agua industrial de plusambiente

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias

Item	Parámetros	Unidad	a 39 825	Tabla # 4a	FEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incógnita (K = 2)
1	Potencial de hidrógeno		6,03	50-50	FEE-LABSU-02	SM 4500-H-B	0,05
2	Conductividad Eléctrica	uS/cm	3521,00	<2500	FEE-LABSU-03	SM 2510 B	5%
3	Sólidos totales	mg/L	2810,08	<1700	FEE-LABSU-49	SM 2540 B	10%
4	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4240,30	<120	FEE-LABSU-49	HACH 8000	
5	Eario	mg/L	<0,30	<5	FEE-LABSU-22	SM 3000 B, 311 D	32%
6	Cromo (total)	mg/L	<0,10	<0,5	FEE-LABSU-21	SM 3000 B, 311 B	40%
7	Plomo	mg/L	<0,15	<0,5	FEE-LABSU-24	SM 3000 B, 311 B	30%
8	Vanado	mg/L	<0,40	d	FEE-LABSU-25	SM 3000 B, 311 D	30%
9	Hidrocarburos Totales	mg/L	70,00	<20,0	FEE-LABSU-10	EPA 418.1	6%

Ensayo: Reglamento Ambiental, para las Operaciones Hidrocarbónicas Decreto No.1225, febrero 2011;
Tabla 2.4.a Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (Resurgos líquidos).


3.- Responsables del Informe:


Autorización: Ing. Homero Yela W.
DIRECTOR TÉCNICO




Téc. Andrea Solís Plaza
RESPONSABLE CALIDAD

Nota: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
MC206-01

 Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Finq P. de Villanquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 Acreditación Nº 04E LE 10 87 003 LABORATORIO DE ENSAYOS
	INFORME DE ENSAYO N°: 108 978		
SPS: 16 - 1 635	Análisis de agua		

PLUSAMBIENTE

Atm Victor Llori
 Dirección Ciudad del Coca

1.- Datos generales

Recogidas por Victor Llori
 Fecha hora de toma de muestras 2015 09 15 15:40
 Fecha hora de ingreso al Laboratorio 2015 09 15 17:40
 Fecha de analisis 2015 09 15 a 2015 09 21
 Condiciones Ambientales de Analisis T. Max: 25,0 °C T. Min. 21,0 °C
 Codigo de LabSu Identificación de la Muestra
 a 99829 Muestra de Agua para resultado de tratabilidad de agua industrial.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias

Item	Parámetros	Unidad	a 99 829	100% # 4a	PEE-LABSU	ESTANDAR / REFERENCIA	CONCORDANCIA (K = 2)
1	Potencial de hidrógeno		6,03	5,0 - 9,0	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+B	0,05
2	Conductividad Eléctrica	nS/cm	1200,35	<1500	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	5%
3	Sólidos totales	mg/L	625,14	<1 700	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	10%
4	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000,32	<120	PEE-LABSU-89	HACH 8000	
5	Bario	mg/L	<0,30	<5	PEE-LABSU-22	SM 3030 B,3111 D	32%
6	Cromo(total)	mg/L	<0,10	<8,5	PEE-LABSU-21	SM 3030 B,3111 B	40%
7	Plomo	mg/L	<0,15	<0,5	PEE-LABSU-24	SM 3030 B,3111 B	30%
8	Vanadio	mg/L	<0,40	<1	PEE-LABSU-25	SM 3030 B,3111 D	30%
9	Hidrocarburos Totales	mg/L	<20	<20,0	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	6%

Decreto: Reglamento Ambiental, sobre las Operaciones y Hidrocarburos, Decreto 246.2215, febrero 2010.
 Tabla B.3.2. Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (Hidrocarburos líquidos).

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Ing. Homero Yela W.
 DIRECTOR TÉCNICO




 Etc. Andrea Solis Plaza
 SUPERVISORA CALIDAD

Nota: El informe sólo aplica a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio, sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos mencionados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del LABSU.

88C04148

Página 1 de 1

ANEXO 6 Especificaciones químicas de los productos

JP QUIMICA S.C.C.

Via Amaguaña, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Sangolquí

PAC - P25A

BOLETIN TECNICO PAC -P25A

BENEFICIOS:

- Policlورو de Aluminio utilizado para clarificar agua, para consumo.
- Es totalmente soluble en agua. No ocasiona taponamientos, ni incrustaciones.
- Reemplaza el uso de alumbre y otros coagulantes inorgánicos.
- Efectivo en aguas con alta y baja turbidez.
- Resistente al cloro, puede usarse en sistema con pre-cloración, sin reducción en su actividad.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 8,5 – 12,0

USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua de alta y baja turbidez con PH alcalino.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación.
- Trabaja con el uso adicional de un floculante orgánico para dar peso suficiente al floculo formado por la aglomeración de varios coloides para asentarse con la rapidez deseada.

CARACTERÍSTICAS:

Apariencia:	Líquido ligeramente marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.24 ± 0.01
PH puro:	Menor a 1
% Al ₂ O ₃ :	12.0 – 18.0

Hoja 1 de2

JP QUIMICA S.C.C.

Via Amaguaña, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Sangolquí

PAC - P25A

DOSIS:

La dosis del PAC – P25A en general está en función de la turbidez y pH del agua, pudiendo variar entre 20 a 350 ppm en la potabilización de agua; para determinar la dosis óptima se requiere aplicar el Producto diluido hasta que el agua se encuentre en un rango entre: 6,8 a 6,5 observando el punto de mejor clarificación por el tamaño y peso del floculo. Se debe evitar la sobredosificación porque el exceso de químico en el agua genera lodo muy liviano y el pH baja rápidamente, lo que puede producir agua muy ácida si no existe adecuado control.

APLICACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución dependiendo de las dosis y el Caudal a tratar.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador y en agua pre-clorada.

MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

SUMINISTRO:

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

Hoja 2 de2

PRODUCTO NEUTRO FLOCULANTE N-100

BENEFICIOS DEL PRODUCTO:

- Este producto es diseñado para facilitar y acelerar la aglomeración de floculo
- Las reacciones son muy rápidas; el 85% del floculante se adsorbe dentro de 10 segundos, en combinación con productos catiónicos o aniónicos.
- No causa incrustaciones ni taponamientos de filtros.
- No son corrosivos en concentraciones de dosificación.
- No varía el pH del agua tratada.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Producto presentación original

Color:	Blanco
Apariencia:	Granular
Forma:	Sólido
Olor:	Ninguno

EL Floculante Neutro es una formulación de polímeros orgánicos No iónicos (poliacrilamidas), usado en solución acuosa.

DOSIS:

- La dosis del Floculante Neutro generalmente está en el rango de 0.5 a 5 ppm, para tratamiento de agua para consumo.

ALIMENTACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en solución acuosa al 0.1%.

MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en su forma original, fundas plásticas en un lugar cubierto y seco. Una vez abierta la funda evitar el contacto con agua a no ser que se vaya a realizar la mezcla a inyectarse.
- El producto en solución pasados los 30 días va perdiendo efectividad,
- No es explosivo ni corrosivo.

PRESENTACIÓN:

- Fundas plásticas de 25 Kg presentación en sólido.
- Tanques de 220 Kg, en solución 0.1%

ARENA Y GRAVA SILISICA

FICHA TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD

INFORMACIÓN GENERAL:

- Producto utilizado como material filtrante para sistemas de potabilización y en tratamiento de efluentes.
- La grava silisica debido a su alta resistencia, ha sido ampliamente utilizada en sistemas de filtración para retener sólidos suspendidos y disminuir la turbidez en el agua tratada.
- Existen variadas granulometrías dependiendo del uso final, para sistemas de presión y gravedad se recomienda el uso de Malla N°16 (aproximadamente 0.6 a 1.2cm).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

COLOR:	Plomo a Marrón
MALLA N°:	16
FORMA:	Sólido
OLOR:	Ninguno
SOLUBILIDAD:	No aplicable
DENSIDAD APARENTE:	1.25 g/cc a 20°C

MANEJO Y APLICACIÓN:

- Debe colocarse en su forma original en el sistema de filtrados, como soporte para otros materiales como arena o carbón.
- Para eliminación de sólidos y turbidez en el agua, se recomienda las siguientes proporciones: En sistemas de gravedad el 15%
En sistemas de presión el 20 - 25%
En relación al volumen total del equipo o sistema a utilizar.
- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad, para evitar irritación en ojos y piel

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en su forma original, los sacos deben estar cubiertos y en un lugar seco.
- El producto no es perecible.
- No es explosivo ni corrosivo.

PRESENTACIÓN:

- Sacos de 50 Kg presentación.

CONTROL DE CALIDAD:

PRODUCTO:	GRAVA SILISICA	STANDAR
Origen:	Río / Canto rodado	-----
Cantidad:		-----
Aspecto:		SÓLIDO
Color:		PLOMO / MARRÓN
Granulometría:		MALLA #16
Fecha de Elaboración:		-----
N° Lote:		-----
Fecha de Expiración:		-----

Fecha: _____ Responsable: _____

CARBÓN ACTIVADO**FICHA TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD****INFORMACIÓN GENERAL:**

- Producto de origen vegetal, utilizado como material filtrante para sistemas de potabilización y en tratamiento de efluentes.
- Método de activación del carbón: vapor de agua a altas presiones.
- Debido a su alta porosidad, es un material altamente adsorbente.
- Tiempo de vida útil del carbón activado en sistemas de presión y gravedad es de 6 a 8 meses dependiendo de la calidad del agua a tratar.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

COLOR:	Negro
APARIENCIA:	Cuescos de palma africana
MALLA N°:	4
DENSIDAD APARENTE:	0.56 g/cc. ± 1 a 25°C
SOLUBILIDAD:	No aplicable
Método de activación:	Vapor de agua.

MANEJO Y APLICACIÓN:

- Debe colocarse en su forma original en el sistema de filtrados, sobre una capa de soporte de grava silícea.
- Para eliminación de color y olor en el agua, se recomienda las siguientes proporciones: En sistemas de gravedad el 50%
En sistemas de presión el 70%
En relación al volumen total del equipo o sistema a utilizar.
- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad, para evitar irritación en ojos y piel

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en su forma original, los sacos deben estar cubiertos y en un lugar seco.
- Si se mantiene en los sacos sellados el producto no es perecible; si entra en contacto con agua tiene un tiempo de vida de 6 a 8 meses.
- No es explosivo ni corrosivo.

PRESENTACIÓN:

- Sacos de 25 Kg presentación en sólido.

CONTROL DE CALIDAD:

PRODUCTO:	CARBÓN ACTIVADO	STANDAR
Origen:	Cuescos de palma	-----
Cantidad:		-----
Aspecto:		SÓLIDO
Color:		NEGRO
Granulometría:		MALLA #4
Fecha de Elaboración:		-----
N° Lote:		-----
Fecha de Expiración:		-----

Fecha: _____ Responsable: _____

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- Fabricante: Arch Chemicals, Inc.
- Nombre Químico: Hipoclorito de calcio al 68%
- Fórmula Química: $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Numero CAS: 7778-54-3
- Propiedades Físicas y Químicas

Parámetro	Especificaciones
Apariencia	Blanco, polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad en agua	18% a 25°C
Humedad	< 16%
pH	10.4 - 10.8 (solución al 1% en agua destilada neutral a 25°C)
Densidad	0.8 g/cc (Granular) 1.9 g/cc (Tabletas)

- Composición

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
Cloro libre	65 – 80%	68%
Cloruro de Sodio, NaCl	10 – 20%	17%
Clorato de Calcio, $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	0 – 5%	1.4%
Cloruro de Calcio, CaCl_2	0 – 5%	0.5%
Carbonato de Calcio, CaCO_3	0 – 5%	2.3%
Hidróxido de Calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0 – 4%	1.64%
Agua	5.5 – 8.5	
Insolubles	<5% w/w	

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



Parámetro	Arch Product
Arsénico (As)	< 1 mg/kg
Cadmio (Cd)	< 1 mg/kg
Cromo (Cr)	< 8 mg/kg
Hierro (Fe)	< 300 mg/kg
Manganeso (Mn)	< 10 mg/kg
Mercurio (Hg)	< 1 mg/kg
Níquel (Ni)	< 8 mg/kg
Plomo (Pb)	< 1 mg/kg
Antimonio (Sb)	< 2 mg/kg
Selenio (Se)	< 2 mg/kg
Ion Bromato (BrO_3^-)	< 121 mg/Kg
Ion Clorato (ClO_3^-)	< 21.1 g/Kg

- **Precauciones Para El Manejo, Transporte Y Almacenaje Seguro Del Producto**

1. Manténgase herméticamente cerrado en los contenedores originales.
2. Almacénese en un área fresca, seca y bien ventilada.
3. Almacénese lejos de productos inflamables o combustibles.
4. Mantenga el empaque del producto limpio y libre de toda contaminación, incluyendo, por ejem., otros productos para el tratamiento de albercas, ácidos, materiales orgánicos, compuestos que contengan nitrógeno, extintores de fuego de arena carbónica (que contengan fosfato monomaniaco), oxidantes, todo líquido corrosivo, materiales inflamables o combustibles, etc.
5. NO SE ALMACENE A TEMPERATURAS SUPERIORES A: 52 Grados C. (125 Grados F.) Almacenarlo arriba de estas temperaturas pudiera resultar en una descomposición rápida, evolución de gas de cloro y suficiente calor para encender productos combustibles.

- **Primeros Auxilios**

- EN CASO DE INHALACIÓN: Traslade a la persona a un lugar donde haya aire fresco. Si la persona no respira, llame a una ambulancia, luego dele respiración artificial, preferiblemente, boca a boca, si es posible. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar más consejos sobre el tratamiento.
- EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL O LA ROPA: Quítese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con mucha agua de 15 a 20 minutos. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Mantenga el ojo abierto y enjuágueselo lenta y suavemente con agua de 15 a 20 minutos. Si tiene lentes de contacto, quítelos después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagando. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- Ingestión: EN CASO DE INGESTION: Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico inmediatamente para solicitar consejos sobre el tratamiento. Pida a la persona que beba a sorbos un vaso de agua si puede tragar. No induzca el vómito, a menos que un centro de control de intoxicaciones o un médico se lo indique. No dé nada por la boca a una persona que haya perdido el conocimiento.
- Notas para el médico: El probable daño a las mucosas puede ser una contraindicación para el uso de lavado gástrico

Preparación de Soluciones de Cloro

Las soluciones de HTH® Cloro Seco deben prepararse en contenedores de polietileno limpios. Primero ponga el volumen requerido de agua. Después agregue la cantidad requerida de HTH® Cloro Seco al agua. Agite con un agitador de madera o metal limpio, asegurándose de mantenerlo lejos de la ropa, piel ojos. La solución resultante se puede colocar en otro contenedor o puede alimentarse de ese mismo contenedor, siempre y cuando la entrada de la línea a la bomba de alimentación química, este por arriba del nivel de los insolubles asentados.

Cloro Disponible	Volumen de Agua en Litros										
	100	180	300	400	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000
PPM	Gramos de HTH Cloro Seco Requeridos										
0.5	0.08	0.14	0.23	0.31	0.38	0.77	1.54	2.31	3.08	3.85	0.77
1	0.15	0.28	0.46	0.62	0.77	1.54	3.08	4.62	6.15	7.69	1.54
5	0.77	1.38	2.31	3.08	3.85	7.69	15.38	23.08	30.77	38.46	7.69
10	1.54	2.77	4.62	6.15	7.69	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	15.4
15	2.31	4.15	6.92	9.23	11.54	23.08	46.15	69.23	92.31	115.4	23.1
20	3.08	5.54	9.23	12.31	15.38	30.77	61.54	92.31	123.1	153.8	30.8
25	3.85	6.92	11.54	15.38	19.23	38.46	76.92	115.4	153.8	192.3	38.5
30	4.62	8.31	13.85	18.46	23.08	46.15	92.31	138.5	184.6	230.8	46.2
40	6.15	11.08	18.46	24.62	30.77	61.54	123.1	184.6	246.2	307.7	61.5
50	7.69	13.85	23.08	30.77	38.46	76.92	153.8	230.8	307.7	384.6	76.9
60	9.23	16.62	27.69	36.92	46.15	92.31	184.6	276.9	369.2	461.5	92.3
70	10.77	19.38	32.31	43.08	53.85	107.7	215.4	323.1	430.8	538.5	108
80	12.31	22.15	36.92	49.23	61.54	123.1	246.2	369.2	492.3	615.4	123
90	13.85	24.92	41.54	55.38	69.23	138.5	276.9	415.4	553.8	692.3	138
100	15.38	27.69	46.15	61.54	76.92	153.8	307.7	461.5	615.4	769.2	154

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio

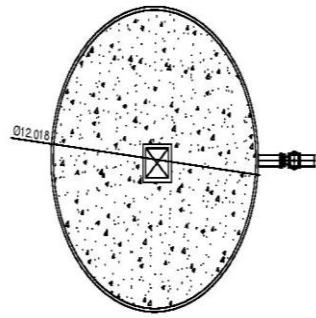


- País de Origen: El hipoclorito de calcio es fabricado en nuestra planta ubicada en Charleston, Tn. en los Estados Unidos de América.
- Presentaciones
 - HTH Granular tambores de 45 Kgs.
 - HTH Briquettes tambores de 45 Kgs.
 - Dimensiones: Aproximadamente 35 x 24 x 12 mm.
 - Peso: 6.4 – 7.0 gramos
 - CCH Tableta de 3" cubetas de 50 lbs.
 - Inhibidor (% en peso): 0.5% mínimo
 - Peso: Aproximadamente 300 gramos
 - Diámetro: Aproximadamente 3.0 pulgadas
 - Altura: 1.35 – 1.45 pulgadas
- Regulatorio:
 - EPA No. 1258-1179
 - NSF Standard 60, Drinking Water Additives
 - Cumple con AWWA Standard B300
 - Cumple con NMX-AA-124-SCFI-2006
 - UN2880 para HTH Granular y CCH Tableta de 3"
 - UN1748 para HTH Briquettes

ANEXO 7 PLANOS

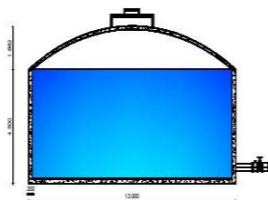
TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y COAGULACIÓN

VISTA PLANTA



81 m³

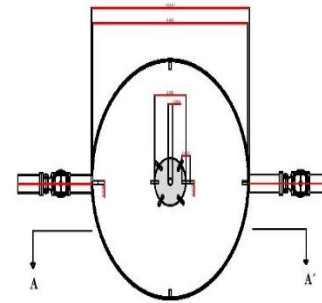
CORTE A-A'



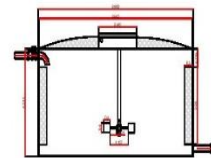
 INSTITUTO NACIONAL DE SALUD INSTITUTO NACIONAL DE SALUD INSTITUTO NACIONAL DE SALUD		
TÍTULO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES PARA LA SERVICIOS PLUMBANTES DEL TPO DE LA PROVINCIA DEL SEBASTIÁN DE OCHO DEL CANTÓN JOTA DE LOS SACHES EN LA PROVINCIA DE COTACACHI DEL ECUADOR		
CONTIENE: TANQUE DE ALMACENAMIENTO VISTA PLANTA Y CORTE		
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	
MOTOR LUBRIFICACIÓN	DE FALGADO Y VALLESA	DE GERENCIACIÓN
ESCALA: 1:500	FECHA: 08/08/2018	LÁMINA: 01/01

TANQUE DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

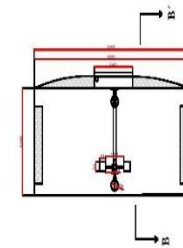
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



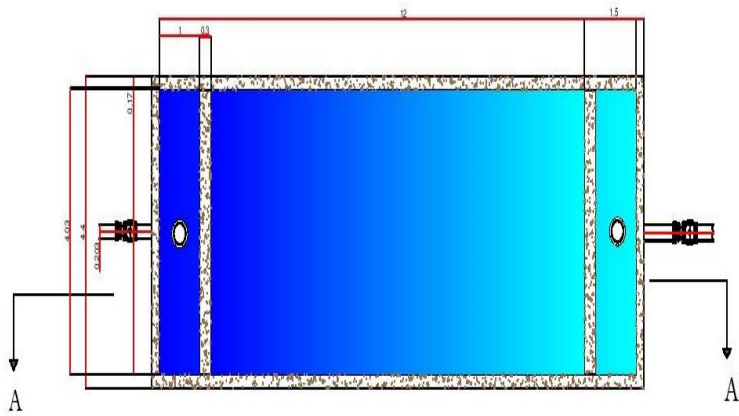
CORTE B-B'



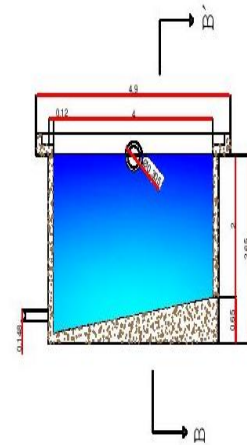
 INSTITUTO NACIONAL DE SALUD INSTITUTO NACIONAL DE SALUD INSTITUTO NACIONAL DE SALUD		
TÍTULO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES PARA LA SERVICIOS PLUMBANTES DEL TPO DE LA PROVINCIA DEL SEBASTIÁN DE OCHO DEL CANTÓN JOTA DE LOS SACHES EN LA PROVINCIA DE COTACACHI DEL ECUADOR		
CONTIENE: TANQUE DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN, VISTA PLANTA Y CORTE		
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	
MOTOR LUBRIFICACIÓN	DE FALGADO Y VALLESA	DE GERENCIACIÓN
ESCALA: 1:500	FECHA: 08/08/2018	LÁMINA: 01/01

SEDIMENTADOR CONVENCIONAL

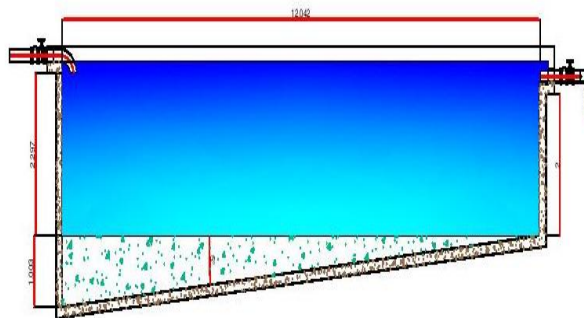
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



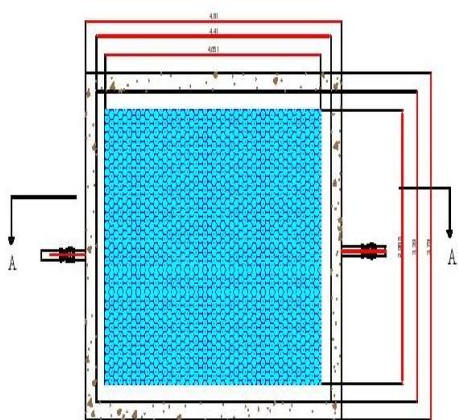
CORTE A-A'



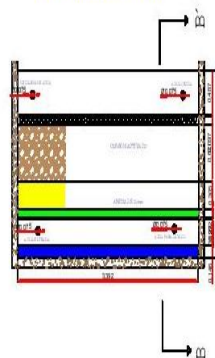
	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES PARA LA EMPRESA PULPAMERVELTA LTDA EN LA PARROQUIA SAN FERNANDO DE COCHI, CANTÓN AYTA DE LOS BACHAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA EN EL 2022
CONTIENE: SEDIMENTADOR CONVENCIONAL, VISTA PLANTA Y CORTE	
REALIZADO POR: VÍCTOR LOPE	REVISADO POR: DR. FABIÁN VALENZUELA DR. GERARDO LEÓN
ESCALA: 2:500	FECHA: 04-08-2022
LÁMINA: 01/50	

FILTRO LENTO O BIOLÓGICO

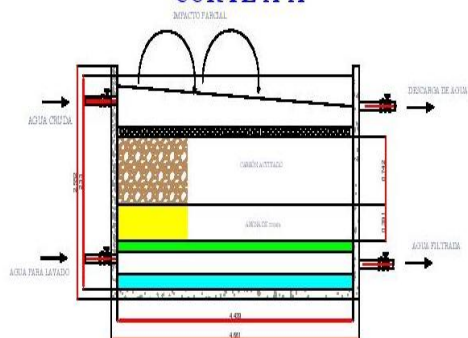
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



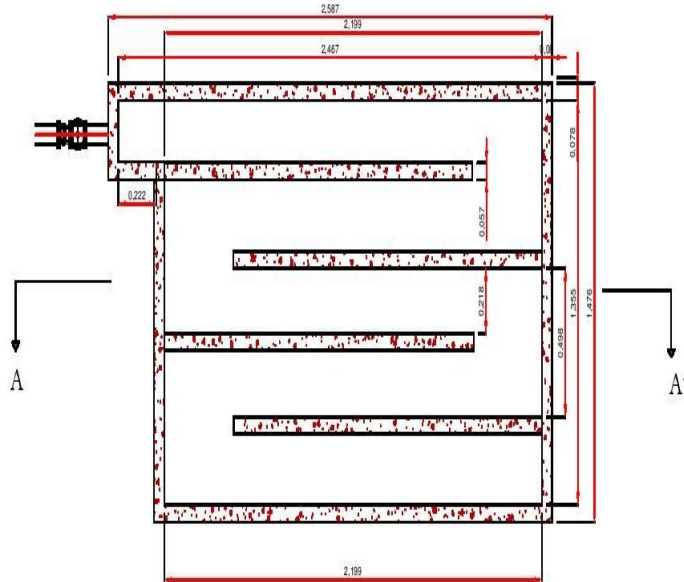
CORTE A-A'



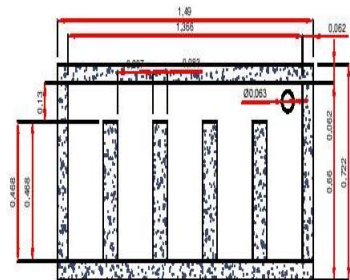
	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES PARA LA EMPRESA PLUSAMBIENTE CIA LTDA EN LA PARROQUIA SAN SEBASTIAN DEL COCA DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA EN EL 2016	
CONTIENE: FILTRO LENTO, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: VÍCTOR LLORI	REVISADO POR: DR. FAUSTO YAULEMA DR. CEBARDO LEÓN	
ESCALA: 1:300	FECHA: 04/06/2016	LÁMINA: 04/06

DESINFECCIÓN

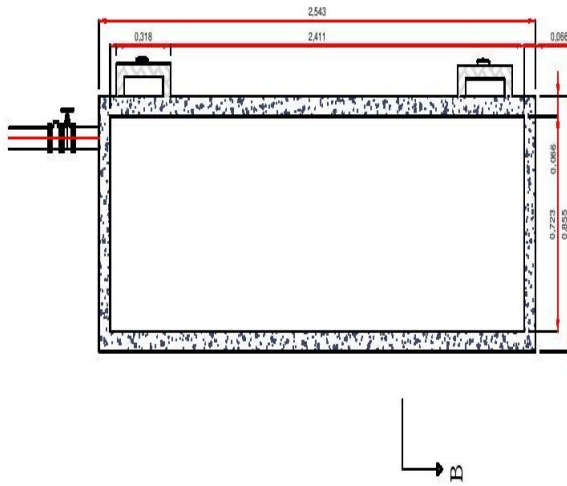
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



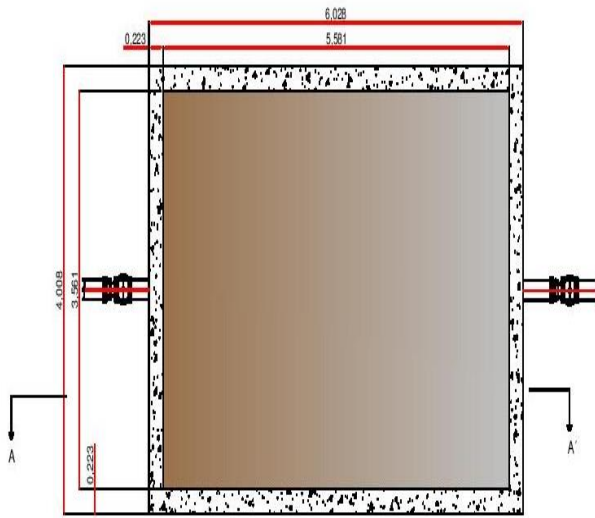
CORTE A-A'



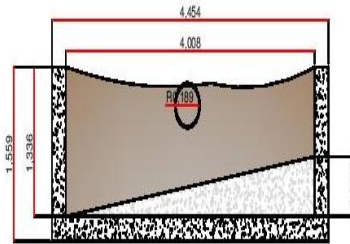
	"DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES PARA LA EMPRESA FLUJAMBIENTE CALITDA EN LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DEL COCA DEL CANTÓN HOYA DE LOS SACHAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA EN EL 2016"	
CONTIENE: TANQUE DE COLORACIÓN O DESINFECCIÓN, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: VÍCTOR LLORI	REVISADO POR: DR. FAUSTO YAULEMA DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:500	FECHA: 05-06-2016	LÁMINA: 05/06

ERAS DE SECADO

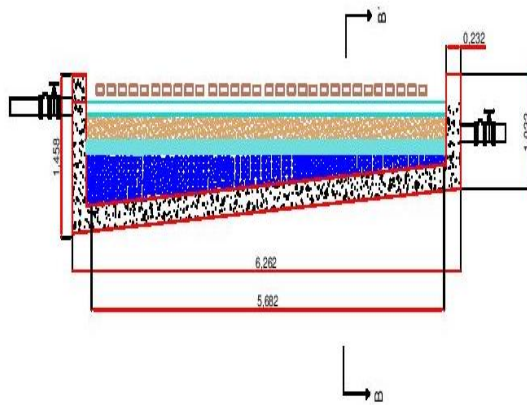
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



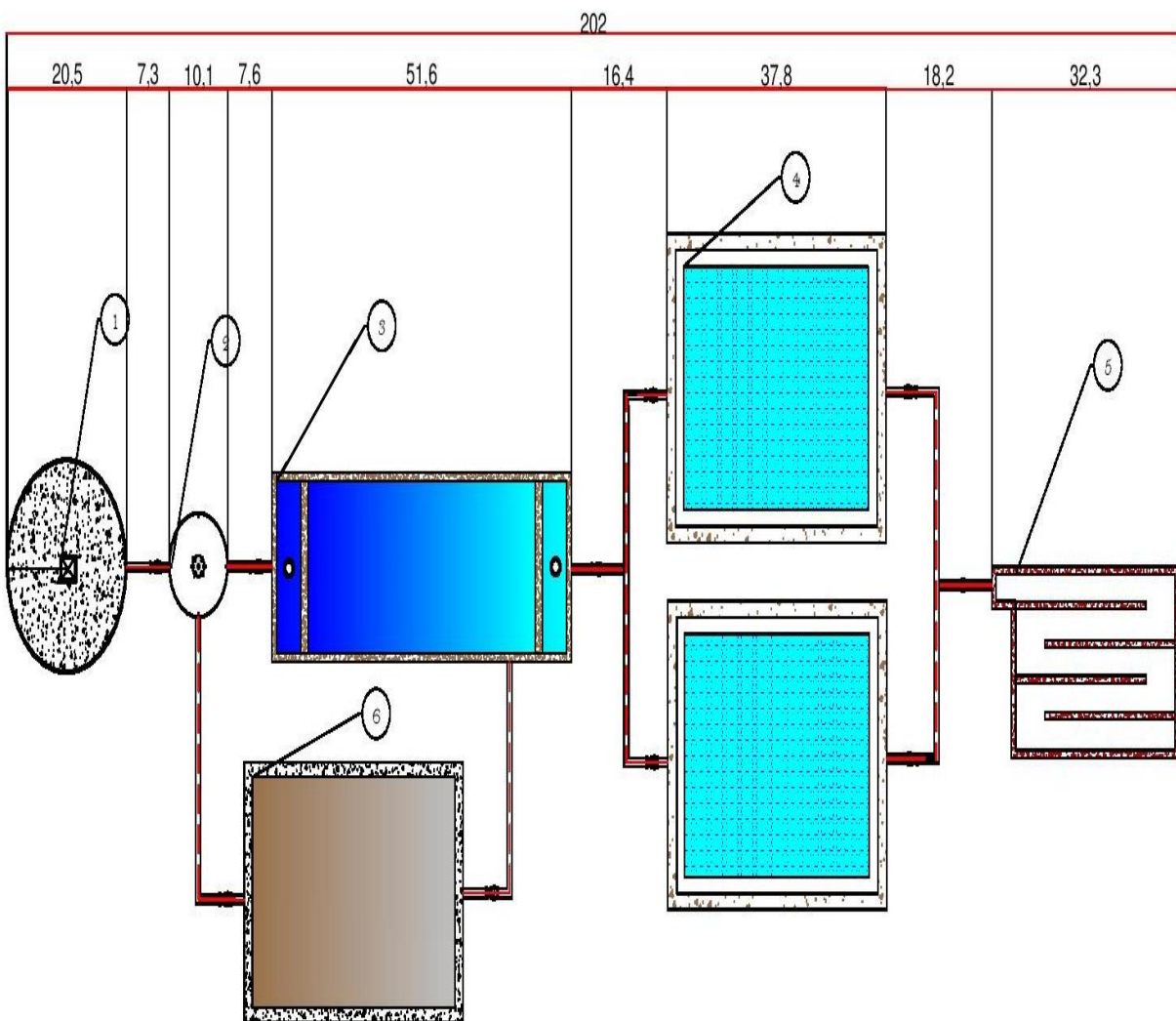
CORTE A-A'




 <p>"DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES PARA LA EMPRESA PULSAMBIENTE CIA. LTDA EN LA PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DEL COCA DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA EN EL 2015"</p>		
CONTIENE: ERAS DE SECADO DE LODOS, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: VICTOR LLORI	REVISADO POR: DR. FAUSTO YAULEMA DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:300	FECHA: 05-06-2016	LÁMINA: 0009

VISTA PLANTA

CORTE A-Á

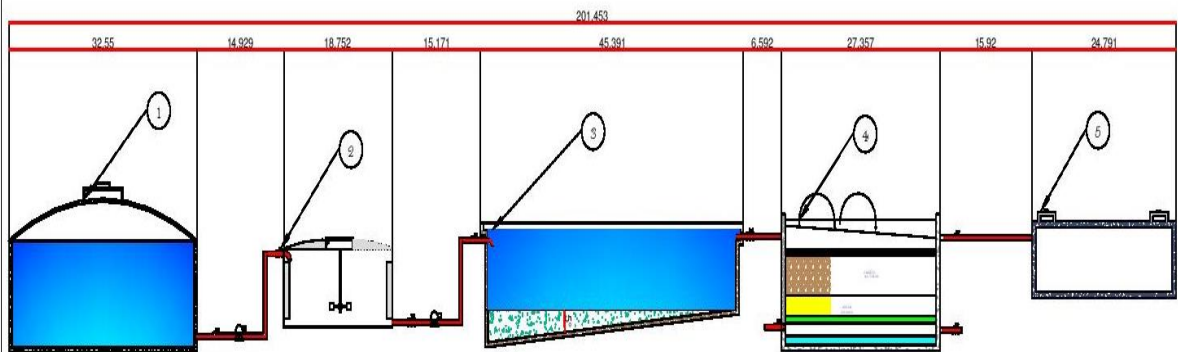


Nº	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
2	1	MEZCLA RAPIDA
3	1	SEDIMENTADOR CONVENCIONAL
4	2	FILTRO LENTO
5	1	DESINFECCIÓN
6	1	LECHO DE SECADO

		<small>“CENTRO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABILIZADAS PARA LA EMPRESA PISAPALMERA SA S.A. DE LA PARROQUIA DE SAN JUAN DE LOS RIOS DEL CANTÓN DE SAN JUAN DE LOS RIOS, PROVINCIA DE ORELLANA, ECUADOR”</small>	
CONTIENE: VISTA PLANTA			
<small>REALIZADO POR:</small> VERONICA		<small>REVISADO POR:</small> DR. RAFAEL VALDEMAR DR. GERARDO LEÓN	
<small>ESCALA: 1:50</small>	<small>FECHA: 16-04-2018</small>	<small>CALEDA: 2018</small>	

CORTE LONGITUDINAL

CORTE B-B'



N°	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
2	1	MEZCLA RÁPIDA
3	1	SEDIMENTADOR CONVENCIONAL
4	2	FILTRO LENTO
5	1	DESINFECCIÓN

OFICINA DE LA PLANTILLA DE AGUA SUBDIRECCIÓN DE LA EMPRESA DE AGUAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LOS RIOS		
TÍTULO: <u>CORTE LONGITUDINAL</u>		
REALIZADO POR: <u>VICTOR LUIS</u>	REVISADO POR: <u>DA FRIETTES VALERIA</u> <u>DE OBANDO LEON</u>	
ESCALA: 1:50	FECHA: 08/08/2018	LUGAR: 0000

ANEXO 8 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA



OBJETIVO

El objetivo de este manual es conocer los procedimientos básicos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa Plusambiente. Asegurando el cumplimiento del reglamento ambiental de actividades Hidrocarburíferas RAHOE 1215, Ley de Gestión Ambiental, Art. 29. Manejo y tratamiento de descargas líquidas, Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento.

ALCANCE

Comprende el personal a cargo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.

RESPONSABILIDADES

El Gerente de la empresa, mantendrá un liderazgo para la toma de decisiones en el cumplimiento de los reglamentos, delegará responsabilidades y autoridad al personal capacitado, controlará y tomará las medidas correctivas necesarias para optimizar la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.

El técnico a cargo, supervisará el correcto funcionamiento de los componentes físicos, dirigirá la aplicación de acciones preventivas y correctivas, capacitará al personal de operación, responderá inquietudes por parte de la gerencia, operados.

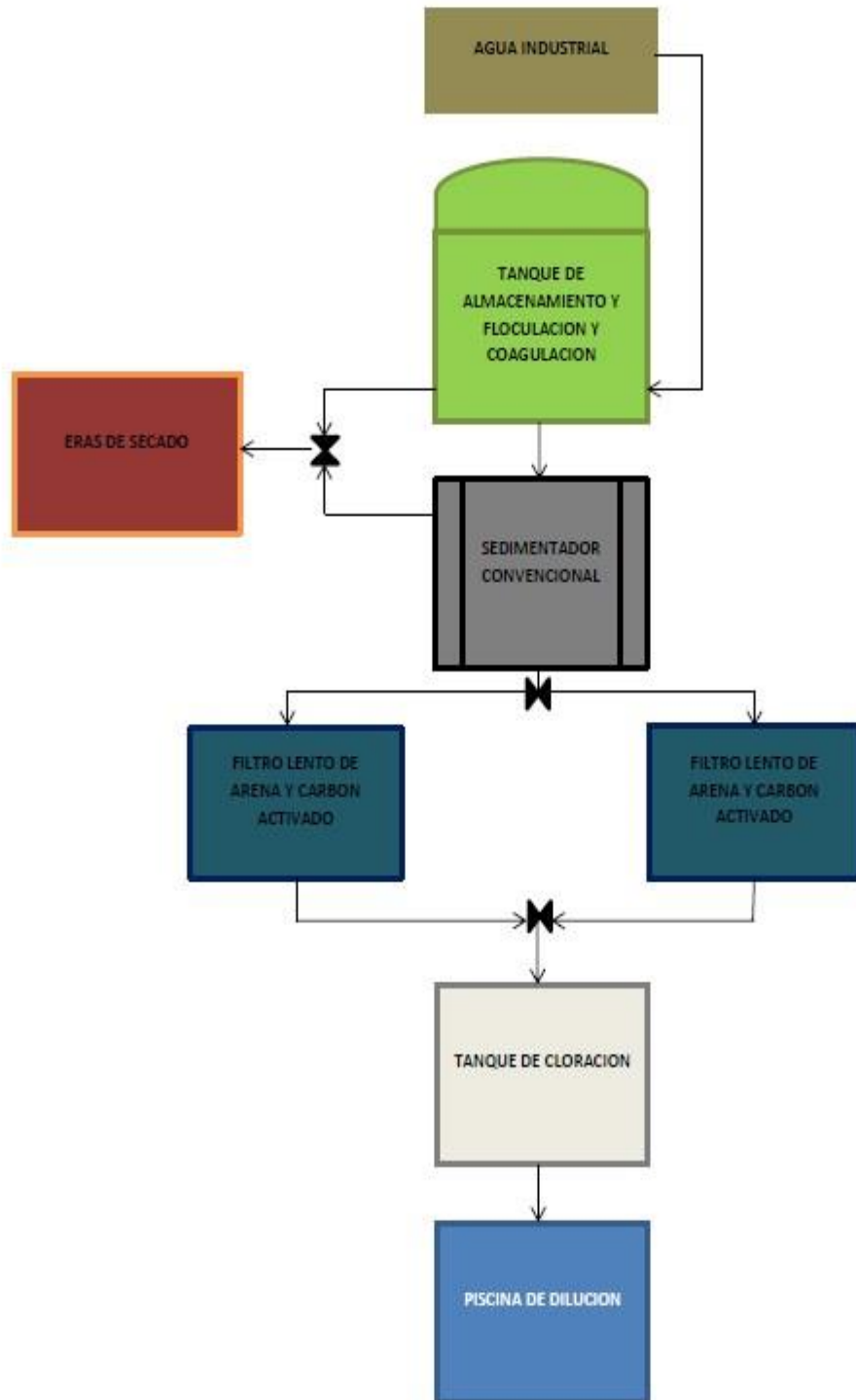
El personal operativo, controlará el funcionamiento adecuado de cada uno de los procesos, informará al técnico a cargo todas las novedades encontradas, realizará el mantenimiento constante a cada proceso, llevará un registro diario de los parámetros analizados y mantenimiento realizado.

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

El sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, presenta los siguientes procesos:

- Tanque de almacenamiento y coagulación
- Sedimentador convencional
- Filtro lento de carbón activado
- Tanque de cloración
- Eras de secado

Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales propuesta



Tanque de almacenamiento y coagulación

El tanque de almacenamiento y coagulación, tiene un diámetro de 6m, un volumen de 46,8m³, en su interior cuenta con un agitador removible de seis paletas con agitación de 0,12rev/s.

Sedimentador convencional

Sus dimensiones son: longitud del Sedimentador de 12m, ancho de 4m, ángulo de inclinación de 60°, área de sedimentación de 10m².

Filtro lento de arena y carbón activado

Cuenta con dos unidades cada una con las siguientes dimensiones: 3,39m de ancho, 4,41m de longitud, 2m profundidad, 15m² de área superficial.

Tanque de cloración

Es un tanque cuadrado de: 1m de longitud por 1m de ancho con un volumen de 0,87m³.

Eras de secado

Sus dimensiones son: 9m de largo, 8m de ancho, 1.5m de profundidad, 72 m².

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Verificación periódica

Revisiones periódicas ante problemas o inconvenientes, mediante inspecciones a las diferentes unidades. Caracterizaciones de agua residual y del agua tratada en cada tratamiento realizado. Verificación de la eficiencia o rendimiento de los procesos.

Mantenimiento periódico

Remoción de dispositivos que taponen el proceso de tratamiento y residuos del proceso.

Herramientas de mantenimiento

- ✓ Carretilla
- ✓ Escoba
- ✓ Manguera y baldes
- ✓ Palas

Equipo de protección para los operadores

- ✓ Mandil o ropa impermeable
- ✓ Guantes
- ✓ Botas de caucho
- ✓ Casco de protección
- ✓ Gafas protectoras
- ✓ Mascarilla

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Sustitución de tuberías, perno por roturas u obstrucciones, pintado en puntos de desgaste. El mantenimiento se realizará en períodos más extensos siendo anuales o en momentos emergentes.

MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

Tanque de Almacenamiento y Coagulación

Para el tanque de almacenamiento y coagulación, se recomienda la limpieza mensual del agitador removible de seis paletas, la parte interior del tanque contará con un sistema de medida del nivel de agua, para cuando el volumen alcance 46m³ el proceso de coagulación inicia. La unidad debe contar con dos válvulas de compuerta una para el paso el agua tratada y la otra de seguridad para el desfogue de lodos.

Se deberá engrasar mensualmente las piezas mecánicas de las válvulas. Se recomienda realizar un examen visual de las condiciones del tanque.

Sedimentador convencional

El Sedimentador puede trabajar con el caudal hasta con nueve vueltas abierta la válvula de compuerta de la unidad anterior, se debe considerar el tiempo de retención del agua.

Se deberá limpiar la zona de lodos, considerando el desfogue de los mismo a las eras de secado, su limpieza se realizará desde la parte más alta a la baja con la ayuda de una escalera empotrada al tanque, escobas y agua presión para la remoción de impurezas.

Se debe revisar y engrasar mensualmente las válvulas de compuerta, que conecta con las eras de secado, para la deshidratación de los lodos productos de la sedimentación y par el paso del agua sedimentada.

Filtro lento de arena y carbón activado

Se realizará un lavado quincenal con agua cruda o potable aproximadamente 4m³. Se limpiará sus capas biológicas trimestralmente, o en el caso de saturación, su limpieza deberá ser inmediata.

Tanque de cloración

Se recomienda que se trabaje con el caudal que pasa con dos vueltas abierta la válvula de compuerta de la unidad anterior. Se utiliza hipoclorito de calcio como desinfectante, su dosificación debe ser controlada en función a los parámetros de dosificación. Se limpiará cada seis meses empleando una escoba más el ingreso de agua a presión para la eliminación de costras

Eras de Secado

Se recomienda que trabaje con 40 cm de sedimentos para que el secado sea más efectivo y rápido y no se sature los orificios de descarga de aguas, realizar limpiezas programadas por cada cuatro lotes de sedimento secados.

APENDICE

Registro de instrucción a operadores

REGISTRO DE INSTRUCCION					
Responsable					Fecha:
Número de Registro			N°		
Capacitación					
TEMAS A TRATAR					
Personal Capacitado					
Cantidad	Nombre	Apellidos	Área	C.I	Firma
1					
2					
3					
4					
5					
6					
Responsable de la Capacitación					
Nombre		Apellidos	Área	C.I	Firma

Registro de operación de los procesos

REGISTRO DE OPERACIÓN				
Razón:		Fecha:		
Responsable:				
Proceso:				
Código	Hora	Caudal (L/s)	Turbiedad efluente (NTU)	N° de Unidad
Observaciones:				
		Aprobado por: Técnico	Aprobado por: Gerente	
		Fecha:	Fecha	

Registro de mantenimiento

Actividades de mantenimiento.

1.-Información del Suceso.

Fecha. _____ (día)/_____ (mes)/_____ (año).

Hora de Inicio de la Tarea. _____ (AM/PM).

Hora de Término de la Tarea. _____ (AM/PM).

2.-Objeto de Mantención.

Instalación Máquina Equipo

Nombre: _____

3.-Tipo de Mantención.

Preventiva Correctiva

4.-Descripción de Actividad Efectuada.

5.-Recursos Involucrados.

RRHH.

NOMBRE	CARGO	Nº HORAS TRABAJADAS

Materiales Empleados.

RECURSOS	UNIDADES

Aprobado por:

Técnico

Aprobado por:

Gerente

Fecha:

Fecha

Registro de extracción de lodos

REGISTRO DE EXTRACCION DE LODOS			
Razón:		Fecha:	
Responsable:			
Componente de la Planta:			
Código	Cantidad de lodos extraídos (m³)	Temperatura (°C)	Disposición final
Observaciones:			
		Aprobado por: Técnico	Aprobado por: Gerente
		Fecha:	Fecha