



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES – CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DE
GANADO DE ORELLANA”**

TESIS DE GRADO

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

LUIS GUSTAVO GREFA VEGAY

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

AGRADECIMIENTOS

- *A Dios por darme su amor, protección y fortaleza en todo momento.*
- *A mis padres pilares fundamentales de mi vida, infinitas gracias por su amor, entereza y apoyo incondicional en mi formación personal y académica, a mis hermanos por todo el cariño, y cooperación.*
- *Agradezco también a Mayuri, por su apoyo y ayuda incondicional.*
- *A mi Directora de Tesis Dra. Magdy Echeverría, a mi colaborador Ing. Pablo Wayllas, por la confianza y paciencia brindada; y por su invaluable colaboración en el desarrollo de la presente investigación; a ustedes mi gratitud eterna.*
- *Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Francisco de Orellana, mismos que brindaron el auspicio para la realización de esta investigación y de manera especial al Ing. Marcos Baño por la contribución y apertura prestadas para la realización de mi trabajo de Tesis.*
- *A todos quienes de alguna u otra manera me brindaron su ayuda desinteresada para conseguir culminar esta investigación, “gracias amigos”.*

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado de manera especial a mis Padres Washington y Hermelinda, y a mis hermanos, quienes se han constituido en una fuente de apoyo incondicional en cada instante de mi vida.

A mis amigos, con quienes siempre hemos compartido gratos momentos.

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

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DE GANADO DE ORELLANA”**, de responsabilidad del señor egresado Luis Gustavo Grefa Vegay ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez Luna DECANA FAC. CIENCIAS
Lic. Wilvo Vásquez DIRECTOR EXT. NORTE AMAZÓNICA
Dra. Magdy Echeverría DIRECTORA DE TESIS
Ing. Pablo Wayllas MIEBRO-TRIBUNAL
NOTA DE TESIS ESCRITA	

“Yo, Luis Gustavo Grefa Vegay, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

LUIS GUSTAVO GREFA VEGAY

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°	Grados
°C	Grados Centígrados
θ	Ángulo
β	Factor Dependiente de las Formas de barras
AR	Agua Residual
A	Área
A_L	Área Libre al Paso del Agua
b	Ancho del Canal
bg	Suma de Separación entre Barras
cm	Centímetros
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
e	Separación entre Barras
Ec.	Ecuación
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
gr	Gramos
h	Pérdida de Carga
HAFS	Humedal Artificial de Flujo Superficial
HAFSs	Humedal Artificial de flujo Subsuperficial
HP	Potencia de la Bomba
km	Kilómetros
L	Longitud Rejilla
L/s	Litros por Segundo
L/min	Litros por Minuto
L/día	Litros por Día

m	Metros
m ²	Metros Cuadrados
M.O.	Materia Orgánica
mm	Milímetros
ml	Mililitros
M1-2-3	Muestreo 1-2-3
n	Número de Barras
s	Segundo
pH	Potencial Hidrógeno
PVC	Policloruro de Vinilo
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
TAT	Tratamiento por Aplicación al Terreno
TRH	Tiempo de Retención Hidráulica
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente
Vol.	Volumen
v _a	Velocidad de Aproximación

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
OBJETIVOS.....	vi

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 AGUAS RESIDUALES.	2
1.2 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.	2
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	4
1.3.1 Características Físicas.....	5
1.3.2 Características Químicas.	7
1.3.3 Características Biológicas.....	10
1.4 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.	12
1.4.1 Pretratamiento.....	13
1.4.2 Tratamiento Primario.....	14
1.4.3 Tratamiento Secundario.....	15
1.4.4 Tratamiento Terciario	15
1.5 SISTEMAS NATURALES DE DEPURACIÓN	16
1.5.1 Lagunaje	17
1.5.1.1 Funcionamiento.....	17
1.5.1.2 Tipos de Laguna	18
1.5.2 Humedales Artificiales	19
1.5.2.1 Clasificación de los Humedales Artificiales	19

1.6	PLANTA DE TRATAMIENTO “CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DE GANADO DE ORELLANA”	22
1.6.1	Procesos de Tratamientos de la Planta	23
1.7	NORMATIVA AMBIENTAL	25
1.7.1	Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua .	25
1.8	REDISEÑO O REINGENIERÍA.....	27
1.8.1	Desbaste.....	28
1.8.1.1	Tipos de Sistemas de Rejas	28
1.8.1.2	Consideraciones de Diseño de Rejilla de Limpieza Manual.....	28
1.8.2	Consideraciones Para el Rediseño del Medio Filtrante del Humedal	29
1.8.2.1	Sistemas de Distribución y Recogida.....	29
1.8.2.2	Medio Granular	30

CAPÍTULO II

2	PARTE EXPERIMENTAL.....	32
2.1	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	32
2.2	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	33
2.3	PLAN DE MUESTREO	34
2.3.1	Puntos de Muestreo	36
2.4	METODOLOGÍA	37
2.4.1	Métodos	37
2.4.2	Técnicas	39
2.4.3	Medición de Caudales en la Planta de Tratamiento	46
2.4.3.1	Caudal al Ingreso del Sistema	46
2.4.3.2	Caudal a la Salida del Sistema o Pérdida de Agua.....	46

CAPÍTULO III

3	CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
3.1	DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA.....	49
3.1.1	Sistema de Tratamiento de Agua Residual del Centro de Faenamiento de Francisco de Orellana	51
3.1.1.1	Descripción de la Planta.....	51
3.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA.....	53
3.2.1	Análisis del Agua Captada	54
3.2.2	Análisis del Agua Tratada (Descarga).....	55
3.2.2.1	Evaluación de la Caracterización del Agua Residual.....	58
3.2.3	Análisis del Agua en el Digestor	59
3.2.3.1	Evaluación del Agua en el Digestor	61
3.3	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	61
3.3.1	Dimensionamiento de Rejilla de Limpieza Manual	62
3.3.1.1	Resultados del Diseño de Rejilla.....	66
3.3.2	Rediseño de los Humedales Artificiales.....	67
3.3.2.1	Resultados del Nuevo Lecho Filtrante de los Humedales.....	70
3.3.3	Determinación de Caudales	72
3.3.3.1	Caudal al Ingreso del Sistema	72
3.3.3.2	Caudal a la Salida del Sistema	72
3.4	PROPUESTA ECONÓMICA.	74
3.4.1	Sistema de Rejilla	74
3.4.2	Rediseño de los Humedales.....	75

CAPÍTULO IV

4	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	77
4.1	IMPORTANCIA.....	77

4.1.1	Necesidad de Control.....	78
4.1.2	Necesidad de Mantenimiento	78
4.2	INTRODUCCIÓN	79
4.3	OBJETIVOS	79
4.3.1	General.....	79
4.3.2	Específicos.....	79
4.4	PROCEDIMIENTOS.....	80
4.4.1	Procedimientos de Instalación de los Procesos a Implementarse.....	80
4.4.1.1	Instalación del sistema de rejilla	80
4.4.1.2	Instalación del nuevo lecho filtrante en los humedales.....	80
4.4.2	Responsabilidades Personales	81
4.4.2.1	Funciones del Operador	81
4.4.3	Operación y Mantenimiennto del Sistema de Tratamiento	82
4.4.3.1	Área de Faenamamiento.....	83
4.4.3.2	Limpieza de Corrales Considerando Procedimientos Sanitarios y Ambientales	83
4.4.3.3	Sistema de Rejilla de Limpieza Manual.....	84
4.4.3.4	Tanque Sedimentador de Sólidos Gruesos.....	85
4.4.3.5	Tanque Sedimentador de Sólidos “Digestor”.....	85
4.4.3.6	Humedales Artificiales (filtros con plantas macrofitas).....	85
4.4.3.7	Caseta de Cloración.....	87
4.5	SEGURIDAD LABORAL	87
4.5.1	Hábitos Personales.....	87
4.5.2	Equipos de Seguridad	88
4.5.3	Herramientas a Utilizarse	88
4.6	RECOMENDACIONES	88

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1	CONCLUSIONES.....	90
5.2	RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Composición de Aguas Residuales.....	4
TABLA 2. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.....	26
TABLA 3. Rejillas de Limpieza Manual	29
TABLA 4. Características del Medio Granular	30
TABLA 5. Procedimiento Para la Recolección de Información.....	34
TABLA 6. Métodos de Parámetros Analizados.....	38
TABLA 7. Potencial de Hidrógeno pH.....	39
TABLA 8. Sólidos Totales Suspendedos	40
TABLA 9. Sólidos Sedimentables	41
TABLA 10. Demanda Química de Oxígeno.....	42
TABLA 11. Nitratos	43
TABLA 12. Hierro Total	44
TABLA 13. Color	45
TABLA 14. Frecuencia Para Determinar el Caudal en el Reservorio	46
TABLA 15. Frecuencia Para Determinar el Caudal en la Salida del Sistema	47
TABLA 16. Descripción de los Componentes de la Planta de Tratamiento Actual.	51
TABLA 17. Resultados del Agua Residual Captada.	54
TABLA 18. Resultados del Agua Residual Tratada (descarga), en la Primera Semana.	55
TABLA 19. Resultados del Agua Residual Tratada (descarga), en la Segunda Semana.	56
TABLA 20. Datos Promedios de la Caracterización del Agua Residual Tratada	57
TABLA 21. Comparación de los Resultados Promedios y Límites Permisibles.....	58
TABLA 22. Resultados del Agua Residual en el Digestor.	60
TABLA 23. Valores de β de Kirschmer	65
TABLA 24. Resultados del Dimensionamiento de Rejilla Delgada.....	66

TABLA 25. Consideraciones del Medio Granular para Humedales de Flujo Subsuperficial	68
TABLA 26. Especificaciones para el Nuevo Lecho Filtrante de los Humedales	70
TABLA 27. Resultados del Caudal al Ingreso del Sistema	72
TABLA 28. Resultados del Caudal a la salida del Sistema	73
TABLA 29. Costos de Construcción del Sistema de Rejilla	74
TABLA 30. Costos para el Rediseño de los Humedales	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Esquema de una EDAR	13
FIGURA 2. Simbiosis entre Algas y Bacterias	17
FIGURA 3. Laguna Estabilización.....	18
FIGURA 4. Clasificación de Humedales Artificiales con Macrofitas	19
FIGURA 5. Humedal Artificial de Flujo Superficial	20
FIGURA 6. Humedal de Flujo Subsuperficial de Flujo Horizontal	21
FIGURA 7. Humedal de Flujo Subsuperficial de Flujo Vertical	22
FIGURA 8. Espesores de la Capas del Medio Granular	30
FIGURA 9. Ubicación de la Planta de Tratamientos del Centro de Faenamiento de Francisco de Orellana.	33
FIGURA 10. Puntos de Muestreo de la PTAR – Centro de Faenamiento de Ganado de Orellana	36
FIGURA 11. Representación de la Variación de Concentraciones del Afluente vs Efluente.....	59
FIGURA 12. Dimensiones de la Rejilla Delgada.....	67
FIGURA 13. Estructura Actual de los Lechos Filtrantes en los Humedales Artificiales	68
FIGURA 14. Estructura para del Nuevo Lecho Filtrante a Emplearse en el Primer Humedal	71
FIGURA 15. Estructura para del Nuevo Lecho Filtrante a Emplearse en el Segundo Humedal	71

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Estado Actual de la Planta.....	100
ANEXO 2. Descarga Directa del Agua de Faenamiento de Porcino al Río Chambira .	102
ANEXO 3. Caracterización de las Aguas Residuales.....	102
ANEXO 4. Vista de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Actual - Propuesta	104
ANEXO 5. Detalle del Diseño del Sistema de Rejilla.....	105
ANEXO 6. Resultados de la Caracterización de AR (Entrada PTAR).....	106
ANEXO 7. Resultados de la Caracterización de AR (Salida PTAR).....	107
ANEXO 8. Resultados de la Caracterización del AR (Digestor).....	116
ANEXO 9. Cotización de los Materiales a Utilizarse en los Humedales	118

RESUMEN

La presente investigación de rediseño se realizó en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Centro de Faenamiento Municipal de Francisco de Orellana, Provincia de Orellana.

Para el cual se utilizó el método analítico, que determinaron las variables que se consideran de importancia para el análisis del agua residual del sistema de tratamiento, dando a conocer las condiciones físicas-químicas-biológicas del agua tratada en la planta. Los análisis respectivos fueron realizados en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Planta (LABSU), utilizando técnicas y material de laboratorio basados en métodos Normalizados APHA,AWWA,WPCF 17 ed. Mediante un plan de muestreo se cogió las muestras de agua residual, usando botellas de vidrio ámbar, frascos estériles, guantes y mascarilla.

Los resultados de laboratorio indican que la concentración de la demanda química de oxígeno (350,87 mg/L), hierro total (12,46 mg/L), sólidos totales suspendidos (128,17 mg/L), sólidos sedimentables (2,33 mg/L), color real (516,5 PtCo) y coliformes fecales ($2,01 \times 10^6$ Col/100ml) no garantizan la calidad del agua de acuerdo a lo establecido en el TULSMA. El rediseño implicara dos procesos de mejora: el primero corresponde el dimensionamiento de un sistema de rejilla fina (0,51m*0,40m), con 17 barras metálicas, 0,9cm de espesor y una separación entre ellas de 1,5 cm; y la segunda consiste en el cambio del material filtrante del primer humedal una capa de 30 cm de grava de 5mm diámetro, la segunda y tercera capa de 20 cm de grava de 15 y 25 mm de diámetro respectivamente, y el segundo humedal una capa de 40 cm de arena, la segunda y tercera capa de 15cm de grava de 15 y 25 mm de diámetro respectivamente.

El rediseño es de gran importancia ya que permitirá descargar un efluente de buena calidad (río Chambira), el cual cumpla con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, establecido en la normativa ambiental ecuatoriana vigente.

Se recomienda a la Municipalidad mantener el control de la calidad del agua tratada en el sistema de tratamiento y dar un mantenimiento adecuado, para evitar inconvenientes en el sistema de tratamiento.

SUMMARY

The present research of redesign was carried out in the wastewater treatment plant of the Cattle Slaughterhouse Center from Francisco de Orellana Municipality, province of Orellana.

The analytical method was used, determining the variables considered important for the wastewater treatment system analysis, releasing the physical-chemical-biological conditions of the treated water in the plant. The analysis were carried out in the soil, water and plant testing laboratory (LABSU), using techniques and laboratory material based in APHA, AWWA, WPCF 17 ed standard methods. By means of a sampling plan a wastewater samples were collected, using amber glass bottle, sterile recipients, gloves and mask.

The laboratory results indicate that concentration of the chemical oxygen demand (350,87 mg/L), total iron (12,46 mg/L), total suspended solids (128,17 mg/L), sediment solids (2,33 mg/L), real color (516,5 PtCo) and fecal coliforms ($2,01 \times 10^6$) do not guarantee the water quality established by TULSMA, the redesign will involve two improvement processes: the first corresponds the dimensioning of a fine-grille system (0,51m*0,40m), with 17 iron bars, 0,9 cm in thickness and a separation between iron bars of 1,5 cm; the second corresponds in the change of the material filtered from the first wetland a gravel layer of 30 cm, 5 mm diameter, the second and third layer of 20 cm of grava from 15 and 25 mm diameter respectively, and the second wetland a sand layer of 40 cm, the second and third layer of 15 cm of grava from 15 and 25 mm diameter respectively.

The redesign has great importance due to allow discharge an effluent of good quality (Chambira river), which follows with the discharge limits to a freshwater affluent, established by the current Ecuadorian environmental regulation.

It is recommended that the Municipality keep the quality control of the treated water in the treatment system and provide an adequate maintenance, for avoiding inconveniences in the treatment system.

INTRODUCCIÓN

La población mundial durante el último siglo se ha triplicado, produciéndose un mayor consumo de agua. Estos cambios ha traído consigo un alto costo ambiental, desapareciendo durante el último siglo XX la mitad de los humedales.¹

A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios, lo que llevó a la construcción de instalaciones de depuración, como las fosas sépticas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Durante la segunda década del siglo, en Gran Bretaña se desarrolló el proceso del lodo activado que demostró ser muy eficiente para el tratamiento, por lo que empezó a emplearse en muchas localidades de ese país y de todo el mundo.²

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2001, el 90 % de los desagües de América Latina son vertidos sin ningún tratamiento a los ríos y mares o son usados en el riego, generando serios problemas de salud pública y contaminación ambiental.

El desarrollo de los humedales artificiales para la recepción de aguas servidas tiene sus inicios a comienzos del siglo XIX. Los primeros conceptos científicos con relación al uso de humedales fueron desarrollados en el año de 1946 con Seidel. Realizándose en Alemania a comienzos de los años 50, en el instituto Max Planck, los primeros experimentos con macrofitas para el tratamiento de aguas residuales, mismos que fueron hechos por Kathe Seidel.¹

En el Ecuador, el 6,3% de las aguas residuales promedio recibe algún tipo de tratamiento, siendo a nivel urbano el 7% y a nivel rural el 5%, un ejemplo visible de la aplicación de un estudio de tratabilidad previo al diseño de una planta de tratamiento se llevó a cabo en 1988 en la ciudad de Cuenca, con el fin de tratar el agua de los ríos contaminados, en

¹ MORALES, G., Tendencias de la Investigación en Ingeniería Ambiental., 1a. ed., Medellín-Colombia., Gladis Estela Morales., 2009

² <http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/aguas.htm>

base a los resultados obtenidos, se diseñó la planta de tratamiento que actualmente es reconocida como una de las mejores a nivel nacional.³

De los 214 cantones del país, apenas 19 tienen algún tipo de tratamiento, mayormente lagunas de oxidación. Los recursos hídricos del país más contaminados se encuentran en el Golfo de Guayaquil: los ríos Daule y Babahoyo; en la vertiente Amazónica: las cuencas de los ríos Napo, Pastaza y Zamora; en la región interandina: las áreas de influencia de las ciudades de Quito, Cuenca, Ambato, Loja e Ibarra, tales como el río Machangara y el río Cutuchi. El problema empeora por el aumento de los volúmenes de desechos líquidos y sólidos producto del crecimiento poblacional y la actividad industrial.⁴

En la provincia de Orellana, los ríos Napo, Coca y Payamino están recibiendo el 80 % de las aguas servidas de la población del Coca, causando malos olores y contaminación. Debido a este gran problema que presenta la Ciudad, las autoridades pertinentes están tomando cartas en el asunto; para minimizar la carga contaminante que aporta el centro de faenamiento al río Napo. El Gobierno Municipal de Francisco de Orellana, consciente de la importancia que representa la protección del ambiente, planificó la construcción de la planta de tratamiento de las aguas residuales para su posterior descarga del efluente al río Chambira.

La planta de tratamiento cuenta con los siguientes elementos: cajón recolector de aguas servidas, canal recolector de aguas servidas y cajón repartidor de caudales, decantadores, caseta de oxigenación, filtros verdes y caseta de cloración.

El proyecto tiene como fin proponer una solución a los problemas presentados en la planta de tratamiento de agua residual del Centro de Faenamiento de Ganado, debido a que el tratamiento que se le da al momento no es el adecuado por la presencia excesiva de sólidos orgánicos (residuos de vísceras), ligado a la falta de recolección en el proceso de generación, afectado el proceso de digestión en los decantadores y el taponamiento de

³ http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitio_congreso_2011/papers/V3.pdf

⁴ LÓPEZ, J., Evaluación de la eficiencia de un reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos UASB para el tratamiento de aguas residuales., TESIS., Quito., 2011

las tuberías que no permiten el paso al siguiente tratamiento, por lo que tienen que hacer una remoción de estos sólidos cada tres veces por semana.

Es importante indicar la preservación del Río Chambira debido a que este recurso desemboca en el Río Napo, y este a su vez es el asentamiento de muchas poblaciones étnicas que hacen uso de este recurso para satisfacer sus necesidades.

Por las razones antes expuestas es una necesidad que la planta de tratamiento sea sometida a un estudio a fondo para establecer cuáles son las causas del deficiente proceso de tratamiento y sobre todo encontrar soluciones para mejorar la actuales condiciones.

Por tanto el Gobierno Municipal de Francisco de Orellana, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus pobladores y minimizar los impactos ambientales en su cantón ha priorizado el cuidado del medio ambiente, por ello considera el proyecto de “**REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DE GANADO DE ORELLANA**”.

OBJETIVOS

GENERAL

- Rediseñar la planta de tratamiento de Aguas Residuales provenientes del Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana para su posterior descarga al Río Chambira.

ESPECÍFICOS

- Efectuar un diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la planta.
- Caracterización física, química y microbiológica de las aguas residuales del Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana.
- Determinar los puntos críticos del sistema y los posibles cambios en el diseño original de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO.

1.1 AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales se definen como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.⁵

1.2 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

De acuerdo a su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

⁵ http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf

- a. **Aguas Residuales Domesticas:** Son aquellos residuos humanos utilizadas con fines higiénicos (baños, cocina, etc.), y también residuos originados por establecimientos comerciales, públicos y otros.
- ❖ **Aguas Negras.-** Conformadas por las aguas escatológicas, presentando una alta concentración de materia orgánica y microorganismos.
 - ❖ **Aguas Blancas.-** Son las que han sido empleadas para limpieza.
- b. **Aguas Residuales de Industria:** Son líquidos generados en los procesos industriales, dependiendo del tipo de industria.
- ❖ **Aguas Orgánicas.-** Constituidas por los resultantes de industrias de leche, alimentos, textiles, destilerías, etc. Que presentan una alta concentración de materia orgánica y pueden ocasionar severa contaminación.
 - ❖ **Aguas Tóxicas.-** Son el resultado de procesos industriales de productos químicos, metálicos, etc., que pueden ocasionar incluso daños de corrosión y alterar los tratamientos.
 - ❖ **Aguas Inertes.-** Son residuos de industrias de cerámica, mármoles, aparatos de refrigeradoras, que producen obstrucciones por sedimentación y contaminación física.
- c. **Agua de Infiltración:** Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza.
- d. **Aguas Pluviales:** Son aguas de lluvia que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas, etc., que pueden estar sobre el suelo.⁶

⁶http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/manilla_1_m/capitulo6.pdf

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Por la variedad de componentes que presentan las aguas residuales pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos; siendo de mucha importancia la caracterización de las aguas residuales para establecer principalmente las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resultarán más eficaces y económicos.⁷

TABLA 1. Composición de Aguas Residuales.

DESCRIPCIÓN		CONCENTRACIÓN	
Contaminantes	Unidad	Intervalo	Valor típico
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 a 5 días	mg/L	110-400	210
Carbono orgánico total	mg/L	80-290	160
Demanda química de oxígeno	mg/L	250 - 1000	500
Nitrógeno total	mg/L	20 – 85	35
Nitrógeno 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
Fósforo total	mg/L	4-15	7
Fósforo orgánico	mg/L	1-5	2
Fósforo 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> 400	100-400
Coliformes totales	NMP	10 ⁶ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸
Coliformes fecales	NMP	10 ³ - 10 ⁷	10 ⁴ - 10 ⁵

FUENTE: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.

⁷ CRITES, R., Y TCHOBANOGLIOUS, G., Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., Bogotá-Colombia., McGraw-Hill., 2000

1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Las principales características físicas de un agua residual son: turbiedad, color, olor, temperatura, sólidos y conductividad.

Turbidez: Es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad en el agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.⁸

Color: El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual, como:

- Color café claro.- El agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga.
- Color gris claro.- Es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en sistemas de recolección.
- Color gris oscuro o negro.- Se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacteriana bajo condiciones anaerobias. El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso (FeS).⁹

El color causado por sólidos suspendidos se llama color aparente, mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.⁸

Olor: El olor se produce por desprendimiento de gases de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual. Una característica del olor es que

⁸ ROMERO, J., Calidad del Agua., 1a. ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2002

⁹ DELGADILLO, O., Y OTROS., Depuración de Aguas Residuales por Medio de Humedales Artificiales., Cochabamba-Bolivia., 2010

cantidades muy pequeñas de determinados compuestos pueden producir niveles elevados de olor; así como las aguas residuales frescas no presentan olores desagradables, y mientras que el tiempo avanza el olor aumenta, por desprendimiento de gases como sulfhídrico o compuestos amoniacales por descomposición anaerobia.¹⁰

Temperatura: La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. Es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos.⁹

Sólidos: El contenido de sólidos totales de un agua residual se define como toda materia sólida que permanece como residuo después de la evaporación o secado a 103 °C. Los sólidos totales se clasifican como sólidos disueltos (residuo filtrante) y sólidos en suspensión (sedimentables).

La determinación de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles es importante para evaluar la concentración del agua residual y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento; el valor de sólidos sedimentables es básico para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación como unidades de tratamiento y para controlar su eficiencia.

Conductividad: La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio, por esta razón el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.⁸

¹⁰ SAINZ, J., Tecnologías para la Sostenibilidad: Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales., 1a. ed., Madrid-España., Fundación EOI Gregorio del Amo., 2005

1.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

Los compuestos químicos de las aguas residuales son con frecuencia clasificados en inorgánicos y orgánicos, entre los cuales se pueden mencionar.

Alcalinidad: Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos, provocada principalmente por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos. Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos. La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica.

La alcalinidad en un agua residual es importante en aquellos casos en los que empleen tratamientos químicos porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación, y en la eliminación biológica de nutrientes.¹¹

Ácido sulfhídrico: Es un gas que se forma al descomponerse ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre en medios aerobios. El azufre es requerido en la síntesis de las proteínas y es liberado en su degradación.

Su presencia se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, indicativo de su descomposición en azufre e hidrógeno, debido a que es poco estable al calor.¹²

Grasas y Aceites: Aquí se consideran todas aquellas sustancias poco solubles que al ser inmiscibles con el agua, flotan formando natas, espumas y capas iridiscentes sobre el agua. En aguas residuales los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia, que pueden dificultar cualquier tipo de tratamiento físico o químico.

¹¹<http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/620/1/BVCI0000570.pdf>

¹² SEOÁNEZ, M., Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano., Madrid-España., Mundi-Prensa., 2000

Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, mataderos, procesadoras de carnes y embutidos e industrias de distinta índole.

Además las grasas y aceites afectan adversamente la transferencia de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el paso del oxígeno del agua a las células, ni la salida del CO₂ hacia la atmósfera, provocando una deficiencia en los procesos de tratamiento biológico anaeróbico. La rotura de las emulsiones aceitosas puede requerir acidificación o agregación de coagulantes.

Detergentes: Los detergentes son productos químicos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y que actúan como contaminantes del agua al ser arrojados en las aguas residuales. El poder contaminante de los detergentes presenta problemas en los procesos de tratamiento biológicos puesto que las bacterias no pueden utilizar como alimentos, inhibiendo la actividad biológica. Además el uso intensivo va inhibiendo el proceso de la fotosíntesis en los vegetales acuáticos originando la muerte de la flora y la fauna acuática, contribuyendo también al incremento de la concentración de fósforo.⁸

Cloruros: Los cloruros que se encuentran en el agua natural los cuales pueden tener diversas procedencias naturales: infiltración de aguas marinas, disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Una fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales. El organismo humano necesita del ion cloruro solo en pequeñas cantidades, de manera que la mayoría cloruros se elimina en las heces las cuales contienen 6 gr de cloruro por persona y por día.

Nitrógeno: El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de plantas que junto con el fosforo constituyen los llamados nutrientes. En el agua residual el nitrógeno es de suma importancia ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos, y si no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir dificultades en los tratamientos biológicos. Pero también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento

del oxígeno y la eutrofización de las aguas cuando se encuentra en elevadas concentraciones.

El nitrógeno se encuentra en 4 formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. El nitrógeno presente en las aguas residuales frescas, se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana, y a medida que el agua se estabiliza, se generan nitritos y nitratos por oxidación bacteriana en medio aerobio.

Fósforo: El fósforo es otro componente importante para el desarrollo de los microorganismos. Tanto el fósforo como el nitrógeno es esencial para el crecimiento biológico. En el agua residual el fósforo se encuentra en formas: ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos, siendo más fácil de asimila por los microorganismos el ortofosfato.

Es importante reseñar que la descarga tanto de fósforo como de nitrógeno debe ser controlada porque puede provocar un crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras, causando una disminución del oxígeno disuelto y, a largo plazo, serios problemas de contaminación.¹³

pH: El valor del pH es un parámetro de gran importancia para determinar la calidad del agua residual, debido a que el rango en el cual se desarrollan los procesos de tratamiento biológicos del agua corresponden a un intervalo estrecho y crítico (5,5 – 9,5), aunque determinados microorganismos pueden vivir a valores más extremos de los indicados. Se debe tener en cuenta que el pH del agua se ve afectada por la toxicidad de determinados productos químicos.¹⁰

Gases: Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N₂), el oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃), y el metano (CH₄). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

¹³ http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/U3C3S6.htm#Anchor9

El oxígeno disuelto es el más importante para la respiración de los microorganismos aerobios, dependiendo de muchos factores como la temperatura, altitud, actividad biológica, actividad química, etc.¹²

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): La demanda bioquímica de oxígeno de un agua residual, se define como la cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos, para la eliminación de la materia orgánica biodegradable durante cinco días y a 20°C y corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. La DBO puede medir la eficiencia de algunos procesos de tratamientos.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación de la materia orgánica y algún compuesto inorgánico, por medio de reactivos químicos. La relación entre la DBO₅ y DQO siempre será menor que la unidad ($DBO_5/DQO < 1$), debido a que la DQO oxida toda la materia orgánica y algunos compuestos inorgánicos, y la DBO solo la biodegradable.¹⁰

1.3.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.

Las características biológicas son muy importantes en el control de enfermedades causadas por microorganismos patógenos y por la importancia que tienen las bacterias y otros microorganismos que interviene en la disgregación y estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual. Entre los organismos biológicos tenemos: los microorganismos, organismos patógenos y organismos indicadores.

Microorganismos: los principales grupos de organismos presentes en el agua residual como superficiales tenemos: organismos eucariotas, bacterias y arqueobacterias.

Tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento de aguas residuales, las bacterias cumplen un papel fundamental y de gran importancia en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, por lo que es necesario conocer sus características, funciones, metabolismos y procesos de síntesis.

Los hongos presentan ciertas ventajas sobre las bacterias: pueden crecer y desarrollarse en zonas de baja humedad y a pH bajos.

La presencia de las algas puede afectar la calidad del agua de abastecimiento, ya que pueden ocasionar problemas de olor y sabor. Uno de los problemas más importantes es determinar el proceso de tratamiento que se debe aplicar al agua residual que proviene de diversos orígenes de modo que los efluentes no favorezcan el crecimiento de las algas y otras plantas acuáticas.

Los protozoarios que se deben tomar en cuenta para el tratamiento de las aguas residuales son las amebas, flagelados y los ciliados libres y fijos. Tienen gran importancia tanto para el funcionamiento de los tratamientos biológicos, como en la purificación del agua, debido a que estos son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos (bacterias). Se debe controlar también el agua de suministro ya que ciertos protozoarios son patógenos como el *Cryptosporidium parvum* y la *Giardia Lamblia*.

Organismos Patógenos: Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o sean portadores de una determinada enfermedad. Entre los principales organismos patógenos tenemos a las bacterias, virus y protozoarios. Los organismos bacterianos excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera, siendo responsable de un gran número de muertes.

Organismos Indicadores: Debido a que los organismos patógenos son muy difíciles de aislar y de identificar, se emplea al organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de distinguir (forma de bastoncillo). El tracto intestinal del ser humano contiene innumerables bacterias conocida como organismo coliforme, cada persona evacua de 1×10^5 a 4×10^5 de coliformes al día.

Por ello la presencia de coliformes puede ser un indicador de la presencia de organismos patógenos.¹⁴

¹⁴ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo2.pdf

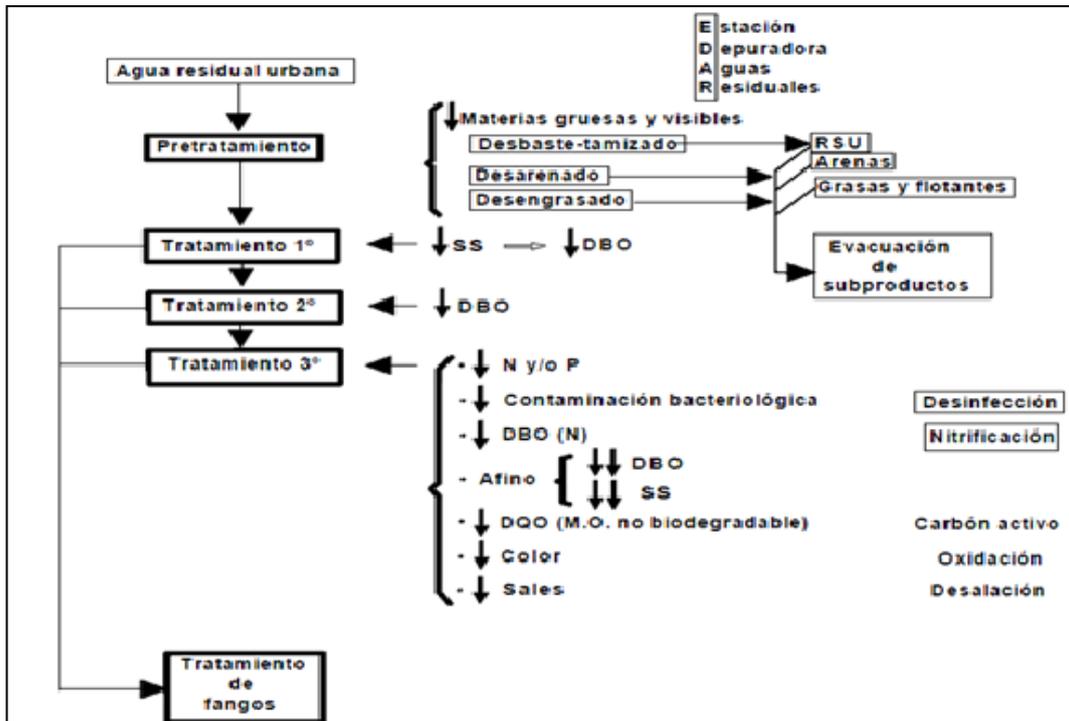
1.4 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El objetivo de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR), es reducir la contaminación de las mismas para hacer admisible bien su vertido al medio acuático natural: ríos, mar, lagos, embalses, o al terreno, como su reutilización para la agricultura, industria u otros fines. Cuando el destino es la reutilización se suele hablar de regeneración de aguas residuales.

Mediante modelos de capacidad de autodepuración del medio receptor y la revisión de las normas de calidad a cumplir o los objetivos a alcanzar se establece el grado de depuración necesario para cada tipo de contaminante.

La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, como: preliminar o pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario y tratamiento terciario o avanzado.

FIGURA 1. Esquema de una EDAR



FUENTE: Monzón I.

1.4.1 PRETRATAMIENTO

Su objetivo básico es eliminar todas las materias gruesas o visibles que lleva el agua residual. El vertido de estas materias al medio receptor produce un impacto fundamentalmente estético. Si pasan etapas posteriores de la línea de depuración se generan problemas y un deficiente funcionamiento de los procesos.

Se trata de eliminar:

- ❖ **Residuos sólidos** o basura que se pueden encontrar en un colector. Se evitan problemas que este material grueso podría provocar en otros tratamientos posteriores (estancamiento fundamentalmente).
- ❖ **Partículas discretas sedimentables o arenas**, perjudiciales para los posteriores procesos de eliminación de contaminación (M.O., DBO, SS, etc.).

Las arenas producen abrasión sobre los mecanismos, sedimentación en los canales u otros lugares perjudicando el flujo.

- ❖ **Grasas, flotantes y espumas**, que pueden en un momento dado acceder a la superficie y adherirse a los objetos. Dificultando la aireación de la masa de agua, fundamentalmente en los procesos biológicos aerobios.

Las operaciones que comprenden generalmente son: desbaste, desarenado y desengrasado, aunque en algunos casos también se pueden incluir preaireación, tamizado, predecantación, etc.¹⁵

1.4.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

El objetivo del tratamiento primario es la reducción del material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 65% de sólidos sedimentables y hasta un 30 a 35 % de sólidos suspendidos presentes en el agua residual¹⁶. Igualmente, se puede conseguir una reducción de la contaminación bacteriológica.

El grado de tratamiento o nivel de reducción de estos índices de contaminación que se alcanza en un tratamiento primario depende del proceso utilizado y de las características de las aguas residuales.

Existen también múltiples procesos que se pueden considerar incluidos dentro del tratamiento primario (filtración, tamizado, lagunas, fosas sépticas, tanques imhoff, etc.) los principales procesos utilizados en la depuración de cierta importancia de las aguas residuales se pueden clasificar como:

¹⁵ MONZÓN, I., Y OTROS., Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental., V.4., 1a. ed., Madrid-España., Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos., Canales y Puertos., 2001

¹⁶ <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/residuales/residuales.htm>

- Procesos de separación sólido – líquido:
 - ✓ Sedimentación o decantación primaria.
 - ✓ Flotación.
 - ✓ Proceso mixto (decantación – flotación).

- Procesos complementarios de mejora:
 - ✓ Floculación.
 - ✓ Coagulación (proceso físico – químico).¹⁵

1.4.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

También conocidos como tratamientos biológicos: Este proceso acelera la descomposición de los contaminantes orgánicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por los microorganismos¹⁶. Entre los procesos más utilizados tenemos los: lodos activados, filtros percolados, lagunas de estabilización y aireadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico¹⁵. Los tratamientos biológicos de estas categorías tienen una eficiencia de remoción de hasta un 90 % o más de DBO.¹²

1.4.4 TRATAMIENTO TERCIARIO

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes como: fósforo, nitrógeno, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias.

El tratamiento terciario se emplea para mejorar el efluente del tratamiento biológico secundario, de modo que se pueda aplicarse al riego de áreas agrícolas, zonas verdes, crianza de peces y otras actividades productivas.¹⁶

1.5 SISTEMAS NATURALES DE DEPURACIÓN

Una de las diferencias fundamentales entre los distintos procesos biológicos consiste en la proporción de masa bacteriana que emplean. Los sistemas intensivos (tecnológicos: lechos bacterianos, fangos activados) exigen altas concentraciones de microorganismos degradadores que actúan durante tiempos relativamente cortos. Los sistemas extensivos, como es la autodepuración natural, operan con reducidas concentraciones de biomasa que ejercen su acción a lo largo de periodos prolongados.

Para acelerar el proceso, se puede recurrir a la mezcla mecánica de las aguas residuales con la biomasa activa, poniendo en contacto el oxígeno atmosférico con las bacterias que lo necesitan para su respiración. En los sistemas extensivos o naturales recurren a las fuerzas de la naturaleza, en lugar de utilizar energía artificial la mezcla se confía a factores como la agitación del viento o la mezcla por corrientes de densidad provocadas por el distinto calentamiento de las aguas. En algunos de estos sistemas la aportación de oxígeno se asegura por la función clorofílica de las algas.

Los procesos naturales requieren tiempos mayores para degradar la materia orgánica, exigen pues mayores tiempos de permanencia de las aguas y son mayores los volúmenes en contacto con la biomasa, con lo que se necesitan superficies más grandes, lo que reduce considerablemente los costes de explotación. A estos procesos naturales, como los humedales artificiales o los sistemas de lagunaje se los suele denominar como procesos de depuración de bajo coste.

1.5.1 LAGUNAJE

Las lagunas de estabilización son estructuras sencillas de tierra, abiertas al sol y el aire, los cuales constituyen los recursos naturales para lograr el tratamiento. La estabilización de las aguas residuales, brutas o parcialmente tratadas, que reciben se debe a la acción conjunta de la luz solar, del aire y los microorganismos.

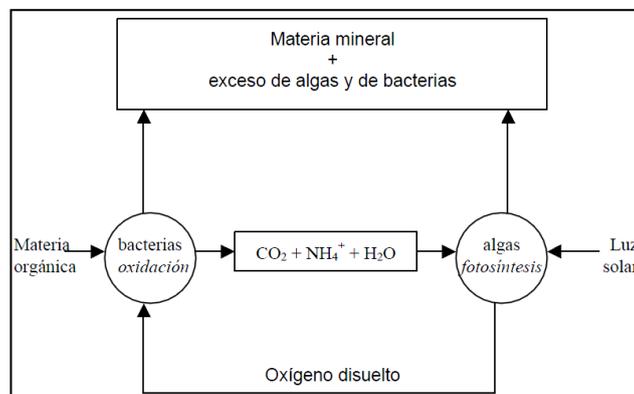
Las lagunas suelen emplearse fundamentalmente en zonas en las que prevalecen climas calurosos y días soleados, pero funcionan también con resultados satisfactorios en climas más fríos y nublados

1.5.1.1 Funcionamiento

Se establece un ciclo simbiótico en el interior de la laguna mediante el cual las algas, organismos autótrofos, sintetizan su material celular a partir de la materia inorgánica liberando consigo oxígeno; mientras que las bacterias presentes se alimentan de la materia orgánica de los desechos y utilizan el oxígeno disuelto del agua para su respiración, liberando dióxido de carbono que es necesario para la fotosíntesis de las algas.

Los sólidos de las aguas negras entran a la laguna en un estado putrescible y salen en forma de células de algas muy estables sin causar efectos deletéreos.

FIGURA 2. Simbiosis entre Algas y Bacterias



FUENTE: Monzón I.

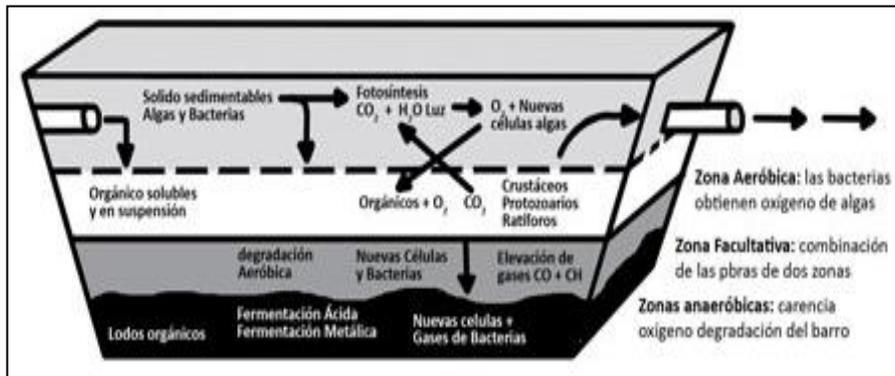
Las variables que mejor representan el funcionamiento de las lagunas son: el oxígeno disuelto, el pH y la alcalinidad que varían en función del tiempo, la estación climatológica y la profundidad del estanque.

1.5.1.2 Tipos de Laguna

Las lagunas de estabilización pueden clasificarse desde diversos puntos de vista. Sin embargo, se clasifican según su actividad biológica:

- **Aerobias.-** Son aquellas en que las bacterias aerobias descomponen los residuos mientras que las algas, por proceso de fotosíntesis, proveen de oxígeno suficiente para mantener un ambiente aerobio.
- **Anaerobias.-** Actúan de forma similar a un digestor, donde las bacterias anaerobias descomponen la materia orgánica.
- **Facultativas.-** Son aquellas en las que pueden encontrarse organismos aerobios, anaerobios y facultativos. Tienen una zona aerobia superior mantenida por algas y una zona anaerobia en el fondo.

FIGURA 3. Laguna Estabilización



FUENTE: Monzón I.

1.5.2 HUMEDALES ARTIFICIALES

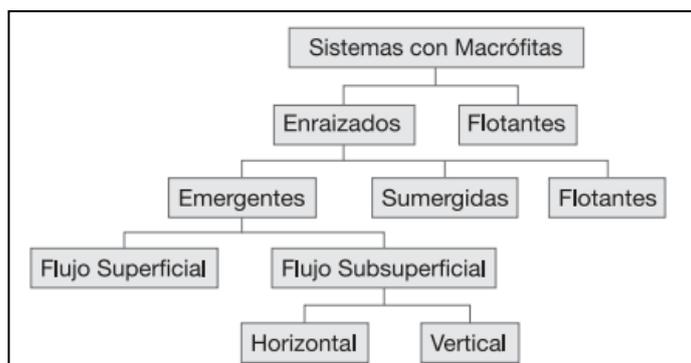
Los humedales son zonas que se inundan periódicamente con una frecuencia y profundidad tales que estimulan el crecimiento de una vegetación específica adaptada a las condiciones de los suelos saturados. Los humedales se forman naturalmente como zonas de transición entre ecosistemas acuáticos y las tierras altas.

Cuando se produce ingenierilmente la hidrología de los humedales se puede favorecer el desarrollo de una amplia variedad de plantas. Por tanto, es relativamente sencillo construir humedales artificiales. Funcionalmente, los humedales naturales y artificiales son similares, especialmente en cuanto a su potencial de asimilación de materia orgánica y nitrógeno.¹⁵

1.5.2.1 Clasificación de los Humedales Artificiales

Los humedales artificiales pueden ser clasificados según el tipo de macrofitas que empleen en su funcionamiento: macrofitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrofitas flotantes libres.

FIGURA 4. Clasificación de Humedales Artificiales con Macrofitas

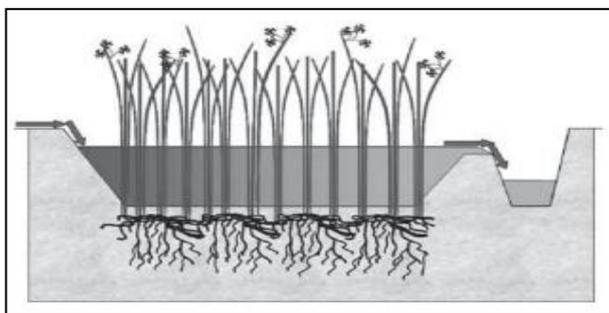


FUENTE: Delgadillo O. y otros

Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS)

Son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera. Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales. A diferencia de éstas, tienen menor profundidad (no más de 0,6 m) y tienen plantas.⁹

FIGURA 5. Humedal Artificial de Flujo Superficial



FUENTE: Delgadillo O. y otros

Los HAFS suelen instalarse para tratar efluentes procedentes de tratamientos secundarios. La alimentación a estos humedales se efectúa de forma continua y la depuración tiene lugar en el tránsito de las aguas a través de los tallos y las raíces de la vegetación emergente implantada. Tallos, raíces y hojas caídas sirven de soporte para la fijación de la película bacteriana responsable de los procesos de biodegradación, mientras que las hojas que están por encima de la superficie del agua dan sombra a la masa de agua, limitando el crecimiento de micro algas.¹⁷

Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSs)

Los sistemas de flujo subsuperficial, se caracterizan por que la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular, con una profundidad de agua cercana a los 0,6 m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de

¹⁷ <http://www.agropecuariosegovia.com/2Documentacion.pdf>

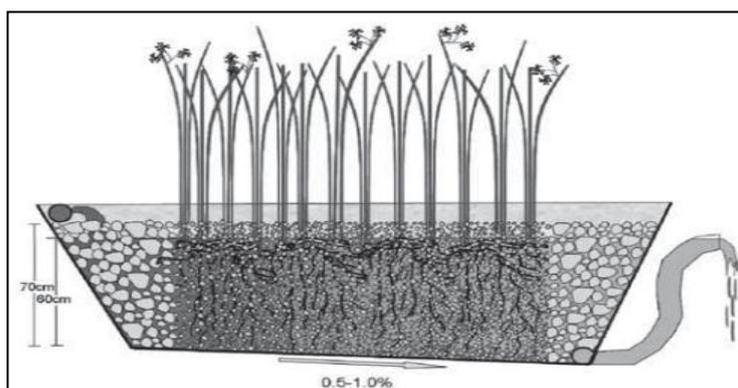
dos tipos de acuerdo a la aplicación de agua al sistema: humedales de flujo subsuperficial horizontal y humedales de flujo subsuperficial vertical.

Estos HAFSs suelen emplearse para tratar efluentes procedentes de tratamientos primarios.

- **Humedales subsuperficial de flujo horizontal**

El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrofitas. Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo.

FIGURA 6. Humedal de Flujo Subsuperficial de Flujo Horizontal



FUENTE: Delgadillo O. y otros

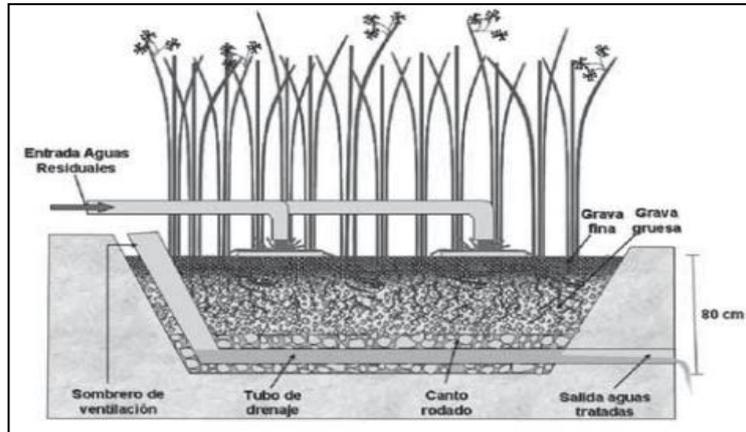
El agua ingresa de forma permanente, aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El sistema de entrada y salida del agua consiste en un tubo de drenaje cribado, rodeado con grava de igual tamaño. El diámetro de la grava de ingreso y salida oscila entre 50 mm a 100 mm.

El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso. La profundidad del lecho varía entre 0,45 m a 1 m y tiene una pendiente de entre 0,5 % a 1 %.

- **Humedales subsuperficial de flujo vertical**

También conocidos como filtros intermitentes, este tipo de humedales reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de aplicación de agua.

FIGURA 7. Humedal de Flujo Subsuperficial de Flujo Vertical



FUENTE: Delgadillo O. y otros

Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias.

Para favorecer las condiciones aerobias del medio poroso, se suele colocar un sistema de aeración con chimeneas, que son tuberías cribadas con salidas al exterior. A diferencia del humedal subsuperficial de flujo horizontal, el sustrato está constituido por varias capas, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo.⁹

1.6 PLANTA DE TRATAMIENTO “CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DE GANADO DE ORELLANA”

El agua que llega a la planta de tratamientos se da por gravedad, acumulándose en el cajón recolector, pasa luego al canal recolector de aguas servidas y cajón repartidor de caudales, llegando a los decantadores para su degradación por medio de microorganismos, pasando al instante por los humedales artificiales y la caseta de cloración para su posterior vertimiento al Río Chambira. La planta está rodeada de terrenos con forraje.

1.6.1 PROCESOS DE TRATAMIENTOS DE LA PLANTA

Los procesos de tratamiento con los que cuenta la planta en estudio, componen de hecho un sistema básico, es decir una tecnología simple de tratamiento. Se compone básicamente de los siguientes elementos:

Cajón Recolector de Aguas Servidas.- Este cajón tiene como finalidad recoger las aguas provenientes del área de faenamiento, de aseo de corrales, casa del operador, etc. Conduciéndose desde este lugar a los decantadores que constituyen el inicio del tratamiento propiamente dicho, y al mismo tiempo sirve para retener los sólidos gruesos. En este decantador se ha instalado una bomba sumergible para aguas residuales de ½ HP la misma que se conecta a las composteras mediante tubería PVC de presión de 63 mm.

Canal Recolector de Aguas Servidas y Cajón Repartidor de Caudales.- En esta estructura se recoge el caudal proveniente del cajón recolector, las aguas del retro lavado que se realiza al filtro y del sedimentador de lodos (tanque imhoff), estos caudales se dividen en partes iguales al cruzar por la caja repartidora y luego ingresan a los decantadores, donde se han instalado dos válvulas de PVC de 6 pulgadas que sirven para el control del ingreso del agua a los decantadores 1 y 2.

Decantadores.- Consta de dos decantadores A y B dispuestos en paralelo y divididos en dos cámaras cada uno, el objetivo fundamental es retener los sólidos que ingresan con el líquido, mediante sedimentación, donde serán degradados por ciertos microorganismos anaerobios presentes en el medio.

Caseta de oxigenación.- El efluente de los sedimentadores pasan por la cámara de oxigenación que están junto a los sedimentadores, en esta cámara se inyecta aire a presión mediante un compresor que se encuentra instalado en la caseta.

Filtros verdes (Humedales Artificiales).- Es un sistema de tratamiento de agua residual poco profundo, no más de 0.80 m, construidos por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas, para que la depuración de las aguas se den mediante procesos naturales. Los humedales artificiales construidos tienen ventajas respecto de los sistemas

de tratamientos alternativos, debido a que requieren poca o ninguna energía para funcionar y su construcción es de costo efectivo. Los humedales artificiales proporcionan el hábitat para la vida silvestre y son estéticamente agradables a vista.

El principio tecnológico se basa en el proceso físico de infiltración donde el manejo de los diferentes sustratos garantiza velocidades diferentes propias de un proceso de filtración en función de la textura y granulometría de cada elemento filtrante.

La planta consta de dos humedales de 20 x 12 m cada uno es decir 240 m² conectados en serie; el efluente de los decantadores pasa al primer humedal donde se produce el tratamiento denominado de lijado, y luego pasa al segundo humedal para el tratamiento de pulido, se ha ubicado tuberías y válvulas que permite controlar el funcionamiento de cada unidad y poder aislar el uno del otro para facilitar las operaciones de mantenimiento.

Los elementos que conforman los humedales son:

- **Diques Perimetrales**, conforman las paredes laterales de lecho que están constituidos por los taludes excavados en la plataforma con una inclinación de 45 grados. Debido al alto índice de permeabilidad del suelo se colocó una capa impermeable de geomembrana, en el fondo y en los taludes de cada lecho.
- **Sistema de Tuberías de Distribución**, (malla superior de tuberías) conduce el agua servida cruda luego de la sedimentación en los tanques, esta malla se ubica sobre el medio filtrante o bajo la superficie terminada de los lechos, conformadas por varios ramales de tubería PVC de 110 mm perforadas lateralmente, las tuberías se colocaron una pendiente mínima de 0.5 %. Sobre este sistema de tuberías y del medio filtrante se coloca una última capa de arena que se mantendrá libre de la acción del nivel del agua dentro de los lechos. En estas tuberías se conforman lateralmente los filtros a base de grava gruesa a cada lado de la tubería, y esta es cubierta con una capa de grava fina uniforme.
- **Sistema de Recolección de agua tratada** (malla inferior de tuberías), se localiza en el fondo de cada lecho formando varios ramales de tuberías PVC perforadas. Estas tuberías están conectadas a una tubería matriz de recolección de PVC, que

conducen el agua tratada hacia una caja de control de hormigón simple. Todas las tuberías se instalaron con una pendiente mínima del 0.5 %. Lateralmente en estas tuberías de recolección armaron los filtros a base de grava gruesa (ripio) y grava fina (chispa).

- **Cajas de control**, recibe el agua tratada proveniente del filtro, construidas de hormigón al final de los lechos de lijado y pulido. Dentro de estas se arma un sistema de control de niveles de agua que los lechos filtrantes tendrán durante todo el tiempo de tratamiento no más de 60 cm de carga hidráulica.
- **Pasto Alemán** (planta), el completo tratamiento lo hacen las plantas que reúnen características únicas propias de humedales, como es el caso del Pasto Alemán (echinoquia polistachyoa), ya que presenta extraordinarias condiciones para el tratamiento de las aguas servidas.

El sistema se complementa con las tuberías que conducen el agua hacia los diferentes lechos acopladas con válvulas de paso de PVC para su operación en serie, provocando una amplia versatilidad del tratamiento y la facilidad en su operación y mantenimiento.

A fin de proteger de la acción de escorrentías superficiales se ha previsto la construcción de cunetas perimetrales.

Caseta de Cloración.- El efluente de los filtros antes de la descarga final es clorado mediante una válvula de ½ pulg pvc.

1.7 NORMATIVA AMBIENTAL

1.7.1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control

de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.¹⁸

Para la caracterización del agua residual y calidad del efluente que se descarga al Río Chambira, se regirá la presente investigación a la normativa emitida por el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente “TULSMA”. La razón de la aplicación de ésta norma se justifica en que en la Ciudad de Orellana, no existe una normativa, ordenanza o ley que regule la descarga de agua residual.

- “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA”. Calidad de Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente “TULSMA”, Recurso Agua, Libro VI, Tabla 12, Anexo 1.

TABLA 2. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20

¹⁸ ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE., Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente., Quito-Ecuador., TULSMA., 2003

Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Temperatura	°C		< 35

FUENTE: TULSMA. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1.8 REDISEÑO O REINGENIERÍA

Consiste en hacer un diagnóstico de todos y cada uno de los procesos del sistema de tratamiento de agua residual, que permitirá tomar las medidas correspondientes en la modificación del diseño o implementación de nuevos procesos unitarios que mejoren la depuración del agua y garanticen el vertido de la misma, conforme establezca la norma vigente.¹⁹

¹⁹ <http://administracion.azc.uam.mx/descargas/revistagye/rv16/rev16art04.pdf>

1.8.1 DESBASTE

El desbaste es una de las operaciones de pretratamiento que se incorporan en la parte inicial de la EDAR, que tiene como objetivo de eliminar los residuos sólidos que arrastra el AR, haciendo pasar estas a través de barrotes verticales o ligeramente inclinados, con una separación entre ellos en función del tamaño del material a retener.

Se consideran rejas de desbaste grueso aquellas cuya separación entre barras es de 50 y 100 mm y rejas de desbaste fino aquellas que tienen espacios entre 10 a 25 mm, con espesores mínimos de 12 a 25 mm y de 6 a 12 mm, respectivamente.

1.8.1.1 Tipos de Sistemas de Rejas

Las rejas se pueden clasificar en:

- Verticales
- Inclinadas
- Circulares

En función de su sistema de limpieza las rejas pueden ser de limpieza manual o automática. La limpieza manual se realiza con un rastrillo y la rejilla más adecuada es la inclinada (60 - 80 respecto a la horizontal), y son muy aplicadas en pequeñas instalaciones para proteger bombas, válvulas, tuberías, entre otras.

Las rejas de limpieza mecánica eliminan los posibles problemas de atascos y reducen el tiempo para su mantenimiento, el mecanismo de limpieza suele ser un peine móvil que periódicamente barre la reja.

1.8.1.2 Consideraciones de Diseño de Rejilla de Limpieza Manual

Al realizar el diseño de una reja de desbaste se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: tipo de equipo a utilizar, dimensiones del canal, intervalo de variación de caudal, separación entre barras y el tipo de limpieza.¹⁵

TABLA 3. Rejillas de Limpieza Manual

Características	Unidad	Dimensiones
Tamaño barra (espesor)	mm	5 – 20
Separación entre barras	mm	20 – 50
Pendiente en relación a la vertical	°	30 – 45
Pérdida de carga admisible	mm	40
Material		Acero inoxidable

FUENTE: Crites, R., Y Tchobanoglous, G.

1.8.2 CONSIDERACIONES PARA EL REDISEÑO DEL MEDIO FILTRANTE DEL HUMEDAL

El humedal que se encuentra en planta de tratamiento es de flujo vertical subsuperficial que basa su funcionamiento en simular las condiciones propias de los humedales naturales. Normalmente son poco profundos menos de 1 m, plantados con especies vegetales propias de zonas húmedas.

El sustrato empleado sirve para conseguir una mayor eliminación de los sólidos en suspensión presentes en el agua por medio del proceso de filtración, también tienen la finalidad de servir de soporte para la fijación de bacterias, aumentando así la superficie de contacto entre éstas y el agua, y con ello el grado de depuración biológica.

1.8.2.1 Sistemas de Distribución y Recogida

El sistema de vertido está constituido por redes de tuberías perforadas con disposición lineal o radial que tienen como objetivo distribuir homogéneamente el agua en toda la superficie de la celda, cubiertas por un medio granular entre 0,05 y 0,1 m. Se suelen colocar una capa de arena para evitar la aparición de insectos.

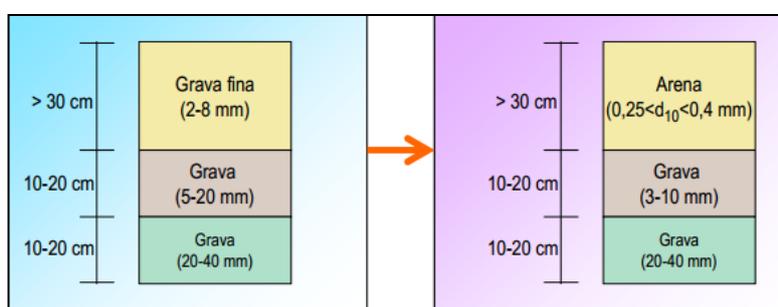
El sistema de recogida también consiste en una red de tuberías perforadas pero que en este caso está situada sobre el fondo de cada una de las celdas. Las tuberías se cubren con

una capa de gravas gruesas (2 a 20 cm) que evita que el medio granular entre dentro de las tuberías por las perforaciones.

1.8.2.2 Medio Granular

La profundidad del medio granular de los sistemas verticales oscila entre 0,5 y 0,8 m, y el resguardo suele ser de 0,5 m. Se puede utilizar una distribución del medio granular como la que se ilustra en la Figura.

FIGURA 8. Espesores de la Capas del Medio Granular



FUENTE: Corzo, A. y otros

En el medio granular se suelen insertar tuberías verticales de aireación que sirven para mantener aireadas las capas más profundas del medio. De esta manera se mejoran y favorecen los procesos de degradación aeróbica y la nitrificación.²⁰

TABLA 4. Características del Medio Granular

Tipo de material	Tamaño efectivo (mm)	Porosidad (n)
Arena gruesa	2	28 - 32
Arena gravosa	8	30 - 35
Grava fina	16	35 - 38
Grava media	32	36 - 40
Roca gruesa	128	30 - 45

FUENTE: Delgadillo O. y otros

²⁰ http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/2474/1/JGarcia_and_ACorzo.pdf

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

CAPÍTULO II

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se desarrolló en la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana.

Ubicación de la Provincia:	Nororiente del Ecuador
Lugar de Estudio:	Km 1 ½ de la vía los Zorros
✓ Parroquia:	Puerto Francisco de Orellana
✓ Cantón:	Francisco de Orellana
✓ Provincia:	Orellana
✓ Coordenadas UTM:	279209 E; 9946514 N; Altitud de 248,7 msnm

FIGURA 9. Ubicación de la Planta de Tratamientos del Centro de Faenamiento de Francisco de Orellana.



FUENTE: Luis Grefa

2.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Todos los datos obtenidos durante la ejecución del estudio se los realizó mediante el método cualitativo (interpreta y analiza al objeto de estudio) y cuantitativo (mide valores cuantificables), a fin de que se facilite el análisis comparativo de los mismos, y la determinación de la condición actual de la planta así como el dimensionamiento y el rediseño del Sistema de Tratamiento.

2.3 PLAN DE MUESTREO

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

El muestreo se emprende por una serie de razones con el fin de obtener los siguientes propósitos:

- Para establecer la eficiencia o desempeño que presenta la planta de tratamientos.
- Para implementar nuevos procesos de tratamientos.
- Para tener reportes de cumplimiento con las normas.

Para alcanzar las metas del programa de muestreo, los datos recolectados deben ser: representativos; los datos deben representar el contenido del agua residual. Reproducibles; los datos pueden ser reproducidos por otros siguiendo el mismo muestreo y protocolos analíticos. Sustentados; la documentación debe estar disponible para validar el plan de muestreo.

Para lo cual se establece el siguiente protocolo de calidad:

1. Plan de muestreo: Para la caracterización de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual del sistema de tratamiento del Centro de Faenamiento, se tomaron muestras de agua tanto en la entrada, en el proceso de digestión y en la descarga.

TABLA 5. Procedimiento Para la Recolección de Información

Lugar de Muestreo	Número de Muestras	Días de Muestreo	Puntos de Muestreo	Total de Muestras
Agua captada	1	1	1	1
Proceso Digestión	2	1	2	2
Agua tratada	3	2	1	6

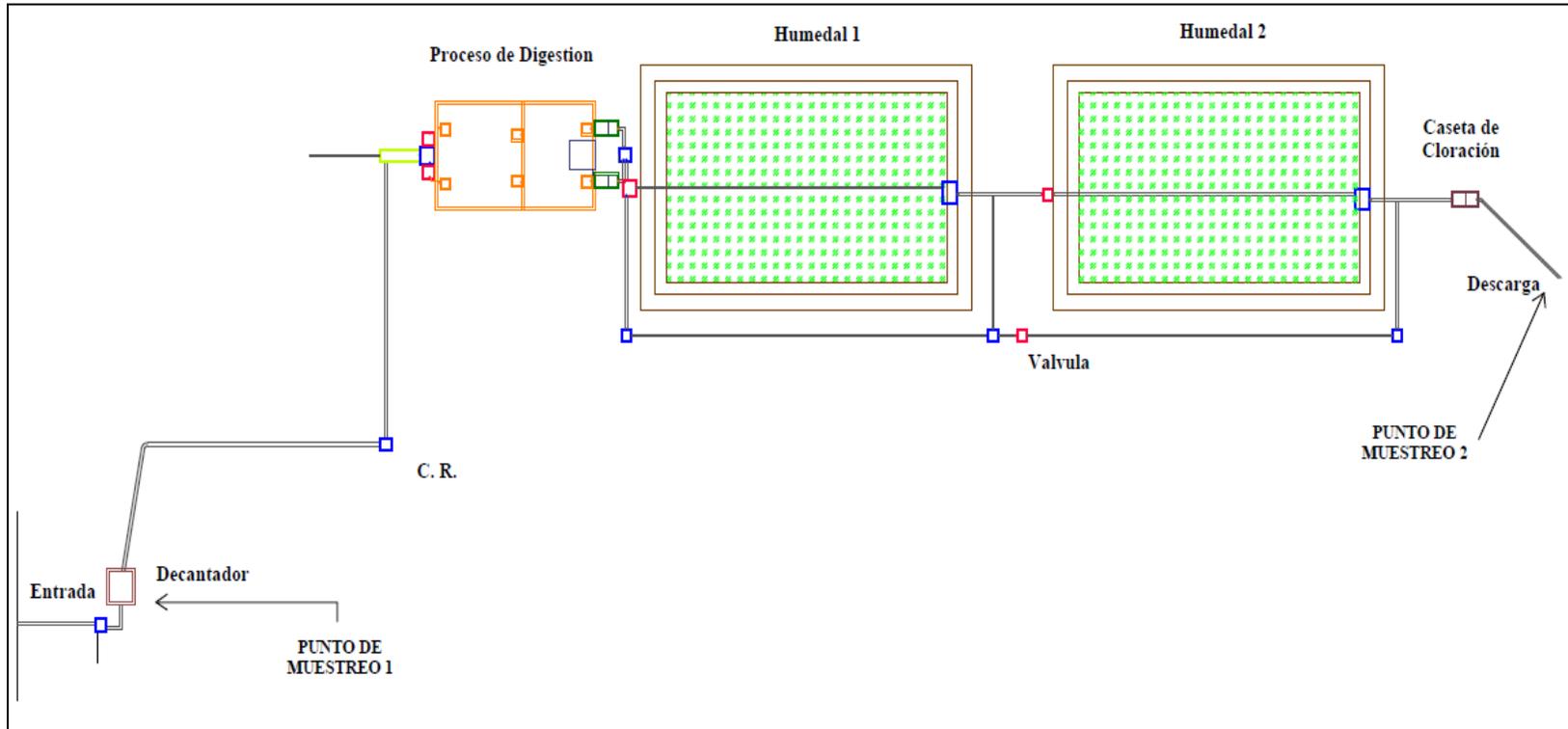
FUENTE: Luis Grefa

Se tomó este procedimiento de acuerdo a lo mencionado en el diagnóstico de la planta (tiempo de funcionamiento).

2. Clase de tamaño de muestra: Se realiza el muestreo simple, y tomar la cantidad de agua tratada respectiva para la determinación de los parámetros a analizar (primer muestreo) y para el segundo muestreo de agua tratada descartar los parámetros que cumplen con límites permisibles. Para determinar la eficiencia en el área de digestión se tomaran muestras de agua en la entrada y salida del digestor. Y tomar una muestra de agua en la captación.
3. Rotulado y cuidado de la muestra: Identificar las muestras con su respectivo nombre, lugar, fecha y hora, y para evitar derrame o alteraciones de las muestras cerrar bien los frascos.
4. Método de muestreo: Muestreo manual, para el cual se usa guantes y mascarilla.
5. Almacenamiento y preservación de la muestra: Los recipientes son: botellas de vidrio ámbar (1 litro), frascos estériles (250 ml); y se preservaran en refrigeración para que la integridad física – química - biológica se mantenga dentro del intervalo de tiempo comprendido entre la recolección de la muestra y su análisis.

2.3.1 PUNTOS DE MUESTREO

FIGURA 10. Puntos de Muestreo de la PTAR – Centro de Faenamiento de Ganado de Orellana



FUENTE: Luis Grefa

2.4 METODOLOGÍA

Las muestras de aguas recogidas fueron rotuladas y enviadas al Laboratorio LABSU (Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas) ya que el Municipio y la Extensión Norte Amazónica (ESPOCH-ENA) no cuenta con instalaciones apropiadas para realizar análisis de agua residual. Para realizar los análisis físicos, químicos y biológicos se cogieron muestras de agua en la entrada, proceso de digestión y descarga, alrededor de la 01:30 de la mañana hasta las 07:00 de la mañana, debido a que en estas horas la planta de tratamientos empieza a funcionar, siendo esta dependiente de las actividades de faenamiento produciéndose un mayor consumo de agua. El muestreo en la descarga se realizó 2 veces al mes, en cada muestreo se tomó tres replicas con una frecuencia de dos horas, debido a que era de mayor interés.

Para la determinación del caudal del sistema de tratamiento, se realizó mediciones durante 5 días (7 a 8 horas aproximadamente por cada día) de la cantidad de agua que se consume en el faenamiento, limpieza de los materiales y corrales de los animales, determinando con estos datos el caudal promedio representativo, con la cual ingresa a la planta de tratamiento.

2.4.1 MÉTODOS

Los métodos que se utilizaron están adaptados al manual “Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales” (standard Methods for Examination of Water and Wastewater).

TABLA 6. Métodos de Parámetros Analizados

PARÁMETROS	MÉTODO	PARÁMETROS	MÉTODO
Potencial de hidrógeno	SM 4500-H + B	Bario	SM 3030 B, 3111 D
Sólidos sedimentables	SM 2540 F	Cadmio	SM 3030 B, 3111 B
Sólidos totales suspendidos	SM 2540 D	Cobre	SM 3030 B, 3111 B
Demanda química de oxígeno	HACH 8000	Cromo hexavalente	SM 3030 B, 3111 B
Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B	Níquel	SM 3030 B, 3111 B
Cloro residual	SM 4500 Cl G	Hierro total	SM 3030 B, 3111 B
Color real	HACH 8025	Mercurio	SM 3030 B, 3112 B
Cloruros	SM 4500-Cl- B	Manganeso total	SM 3030 B, 3111 B
Fluoruros	HACH 8029	Arsénico	EPA 3050 B, SM 3114 C
Cianuro libre	HACH 8027	Aluminio	APHA 3120 B
Fósforo (PO ₄)	SM 4500 E	Fenoles	DIN 38409-H16-1
Nitritos (NO ₂)	SM 4500- NO ₂ B	Hidrocarburos totales	EPA 418.1
Nitratos (NO ₃)	SM 4500 NO ₃ B	Coliformes fecales	SM 9222 D

FUENTE: Laboratorio LABSU

2.4.2 TÉCNICAS

TABLA 7. Potencial de Hidrógeno pH

Método 4500-B

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El pH es un parámetro que nos indica la acidez o alcalinidad del agua, varía de 1 a 14. Si el agua posee un pH menor a 7 se considera acida, caso contrario básica, igual a 7 neutra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH-metro ▪ vaso de precipitación 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua Problema 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calibre en pH-metro ▪ Coloque en un vaso de vidrio limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo de vidrio. ▪ Sumerja los electrodos en la muestra y suavemente revuelva a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad y suspensión de los sólidos, y esperar hasta que la lectura se estabilice. ▪ Anote el valor de la lectura en el protocolo de trabajo. 	<p>Lectura directa</p>

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

TABLA 8. Sólidos Totales Suspendidos**Método 2540-D**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMEINTO	CÁLCULO
Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicados en la parte del análisis del agua o puede también ser medida evaporando una muestra de agua para secarla y posteriormente pesar sus residuos.	<ul style="list-style-type: none">▪ Vaso de precipitación de 250mL▪ Electrodo sensible HACH	<ul style="list-style-type: none">▪ Agua cruda▪ Agua tratada	<ul style="list-style-type: none">▪ Colocar aproximadamente 100mL de agua ya sea cruda o tratada en el vaso de 250mL.	Leer directamente el valor de STD en el HACH series.

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

TABLA 9. Sólidos Sedimentables**Método 2540-F**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Porción de sólidos suspendidos que puede sedimentar en un periodo determinado, que generalmente son eliminados en los primeros procesos de un tratamiento	<ul style="list-style-type: none">▪ cono Imhoff▪ vaso 250 ml	<ul style="list-style-type: none">▪ Agua destilada▪ Agua problema▪ Hexano	<ul style="list-style-type: none">▪ Agitar la muestra y llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 litro con la muestra.▪ Dejar sedimentar durante 50 minutos, luego rotar el cono por su eje vertical para que sedimenten también partículas adheridas a la pared, esperar 10 minutos más y realizar la lectura (ml/1)	Lectura directa de mililitros de solido por litro de agua.

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

TABLA 10. Demanda Química de Oxígeno

Método HACH 8000

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>La demanda química de oxígeno (DQO) se define como la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pipeta volumétrica ▪ Viales con reactivos ▪ Gradilla ▪ Tubos de digestión 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua problema ▪ Ftalato Ácido de Potasio (KHP). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Homogeneizar 100 ml de muestra durante 30 segundos en una mezcladora. Conectar el reactor de DQO y precalentar a 150°C. ▪ Preparar el reactivo para la curva patrón y luego se realizar diluciones del patrón (KHP). ▪ Sostener el tubo en un ángulo de 45 grados y adicionar 2 ml de cada dilución a los tubos. Para el punto cero de la curva se utiliza 2 ml de agua destilada. Se tapan los tubos y se los invierte cuidadosamente para mezclarlos completamente. ▪ Colocar los tubos en el bloque digestor precalentado a 150°C y digerir las muestras por 2 horas. Y dejar enfriar a °T ambiente colocando los tubos en una gradilla para evitar la formación de precipitado. 	<p>Lectura directa utilizando agua destilada como solución de referencia.</p>

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

TABLA 11. Nitratos

Método 4500-NO3-B

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales e incluso subterráneas, no superan unos cuantos miligramos por litro. En lugares donde no existen industrias, el aumento de niveles de nitratos se debe a las prácticas agrícolas y ganaderas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro para medir a 220 y 275 nm ▪ Equipo de filtración milipore con membranas tipo HA ▪ Erlenmeyer 250 ml ▪ Pipeta 1 ml ▪ Pipeta 5 ml ▪ Tubos Nesler. ▪ Celdas cuarzo 1 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua problema ▪ Solución madre de nitrato (secar KNO₃ en horno a 105°C/24 hr, disolver 0,7218 gr en agua y aforar a 1.000 mL ▪ Solución intermedia de nitratos (diluir 100 mL a 1.000 mL con agua) ▪ HCl 1N. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobre 50 mL de muestra transparente, añadir 1mL HCl y homogeneizar. ▪ Preparación de la curva de patrones: Preparar estándares de nitrato en el rango de 0 a 7 mL NO₃⁻-N/l por dilución a 50 mL de los volúmenes de solución intermedia de nitrato y leer la absorbancia de las muestras y patrones a 220 nm. ▪ Mida nuevamente la absorbancia de las muestras y a 275 nm, para efectuar la corrección por materia orgánica. 	<p>Para muestras y patrones debemos restar 2 veces la absorbancia leída a 275nm de la lectura a 220nm para obtener la absorbancia debida a los NO₃⁻ y construir la curva de calibrado de la cual se obtiene la concentración de la muestra.</p>

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

TABLA 12. Hierro Total**Método SM 3030 B, 3111 B.**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Es un constituyente inorgánico que está presente en las aguas de formación por lo tanto en los lodos provenientes de estas. El óxido de tubos de hierro o acero, también puede aumentar la concentración de materiales disueltos, así como la cantidad total de hierro.	<ul style="list-style-type: none">▪ Equipo de Absorción Atómica de llama	<ul style="list-style-type: none">▪ Agua cruda	<ul style="list-style-type: none">▪ Tomar 30mL de muestra problema, en caso de existir turbidez elevada filtrar el agua.▪ Someter a medición directa, según curva de calibración para hierro.	Lectura directa

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

TABLA 13. Color**Método HACH 8025**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
El color es causado por la presencia de sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color producido por sólidos suspendidos se denomina Color Aparente. Mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.	<ul style="list-style-type: none">▪ Colorímetro HACH▪ Vaso de precipitado de 250ml	<ul style="list-style-type: none">▪ Agua cruda▪ Agua tratada	<ul style="list-style-type: none">▪ Tomar la muestra en un vaso de precipitación y colocar en la celda.▪ Colocar la rueda colorimétrica de aguas crudas y leer comparativamente.▪ De la misma manera colocar la rueda colorimétrica para aguas limpias y leer comparativamente.	Anotar la lectura directamente.

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.²¹

²¹ ESPAÑA., APHA-AWWA-WPCF., Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales., 17a. ed., Madrid-España., 1992

2.4.3 MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

2.4.3.1 Caudal al Ingreso del Sistema

Para la determinación del caudal que ingresa a la planta de tratamientos se procedió a medir la cantidad de agua que se consume durante el faenamiento, debido a que en el decantador no da las facilidades para la medir mediante el método volumétrico.

2.4.3.1.1 Metodología para el cálculo

Para determina el caudal se aplicó el método de aforo directo controlado, que consiste en medir el descenso del agua y el tiempo de vaciado en un depósito con dimensiones conocidas.

2.4.3.1.2 Periodo de medición

Se realizó la medición durante 5 días, para obtener un valor promedio del caudal.

TABLA 14. Frecuencia Para Determinar el Caudal en el Reservorio

Número de Días	Tiempo de Actividad (segundos)	Agua Consumida (litros)
1	30600	45680
2	22212	38170
3	18298,8	27510
4	18900	31240
5	22068	46480

Fuente: Luis Grefa

2.4.3.2 Caudal a la Salida del Sistema o Pérdida de Agua

Las pérdidas de agua se producen por los diferentes procesos que presenta el sistema de tratamiento, por tuberías y accesorios, realizándose el vertimiento del agua a través de una tubería, en donde se procedió a medir el caudal. Para este procedimiento se utilizó el método volumétrico.

2.4.3.2.1 Metodología para el cálculo

Consistió en el uso de un recipiente de 4 L y un cronómetro para medir el tiempo que tarda en llenarse de agua, aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{\text{Vol}}{t} = (\text{l/s})$$

Ec. 1

Dónde:

Q = Caudal

Vol. = Volumen de agua

t = Tiempo de llenado

2.4.3.2.2 Periodo de medición

Se realizó diez mediciones de caudales, para obtener un valor promedio confiable, llevándose a acabo donde hay mayor consumo de agua en el faenamieto.

TABLA 15. Frecuencia Para Determinar el Caudal en la Salida del Sistema

Hora de Medición	Nº Frecuencia	Tiempo (s)
03:30 a 04:00 am	1	14.37
	2	14.22
	3	14.77
	4	14.71
	5	14.48
	6	13.6
	7	14.12
	8	13.94
	9	14.49
	10	14.19

FUENTE: Luis Grefa

CAPÍTULO III

CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPÍTULO III

3 CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

Al realizar el diagnóstico técnico del funcionamiento del sistema de tratamiento se observó, que recibe actualmente el agua residual del área de faenamiento, del aseo de los corrales, casa del operador, del lavado del filtro y tanque sedimentador de la planta de tratamiento de agua potable, vale indicar que en el área donde se produce el faenamiento de porcino, el agua que se utilizada en esta no ingresa al sistema de tratamiento, descargándose de forma directa al Río Chambira. *Ver Anexo 2.*

Con la información pertinente que facilito el Gobierno Municipal de Puerto Francisco de Orellana, se determinó que la planta de tratamiento de aguas estaba diseñada para 50 vacas/día, con un caudal de 50 m³/día, consumiendo una cantidad de agua de aproximadamente 1 m³/vaca, mientras que el caudal promedio medido de forma experimental es: 1.69 L/s o 37.82 m³/día (Método aforamiento – volumétrico).

Se verifico que el flujo de agua que ingresa a la planta es discontinuo, ya que la actividad de faenamiento dura aproximadamente de 6 a 7 horas (iniciando 01:30 am), con una cantidad promedio de 27 vacas y 12 porcinos faenados respectivamente; apreciándose que la planta no presenta actividad el resto del día. Por tanto el sistema de tratamiento

que fue diseñado si presenta la capacidad para tratar el agua residual, debido a lo antes mencionado, considerando los errores aleatorios al momento de medir el caudal.

Se notó que las composteras no están en funcionamiento debido a que se encuentran cerca del área de faenamiento, las cuales provocarían malos olores y aparición de insectos indeseables.

Además no se ha dado mantenimiento adecuado a los humedales, debido a que la tubería que conecta al primer humedal se encuentra taponada impidiendo que el agua se distribuya por todo el área y no realice el normal proceso de tratamiento (pulido), mientras que el segundo humedal en la parte adyacente a la caja de revisión se nota sobre el lecho la presencia de agua con material susceptible a la descomposición provocando problemas de malos olores y aparición de insectos. *Ver Anexo I - (f)*.

También existe una gran cantidad de tierra y maleza en las cunetas perimetrales que se encuentran en los humedales, impidiendo que las escorrentías superficiales mantengan su dirección sobre las cunetas. *Ver Anexo I - (g)*.

La determinación del estado actual de la planta, implicó el análisis físico, químico y microbiológico del agua residual que ingresa y se descarga de la planta para de esta manera tener los suficientes datos, de modo que se pueda establecer la eficiencia de la planta de tratamientos. Donde ciertos parámetros cumplen con la Normativa Ambiental TULSMA, a excepción del Color real, DQO, Fe, Sólidos Totales Suspendedos, Sólidos Sedimentables, Nitratos y Coliformes Fecales, las cuales son descargadas al río Chambira.

3.1.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DE FRANCISCO DE ORELLANA

3.1.1.1 Descripción de la Planta

TABLA 16. Descripción de los Componentes de la Planta de Tratamiento Actual.

PARTES DEL SISTEMA	Descripción.
Caja de Revisión	<p>El agua residual que se genera durante el faenamiento es recolectado por la caja de revisión, siendo esta de hormigón con medidas: 90cm x 90cm x 30cm (largo, ancho y alto), conectándose luego por una tubería PVC de 8 pulgadas hacia el decantador.</p> <p>Todas las cajas de revisión que están instaladas en la planta, se encuentran en buen estado.</p>
Cajón Recolector de Aguas Servidas (decantador)	<p>Es de hormigón rectangular de 2.30 m x 2 m x 2 m, teniendo como función principal retener los sólidos gruesos; para la salida del agua del decantador se lo hace mediante un Cuello de Ganso de 8 pulgadas de diámetro ubicado a una altura de 40 cm desde la superficie del decantador hacia la parte inferior. Después de 7.90 m se conecta con un codo de PVC de 45°, posteriormente con una longitud de 33 m de tubería llega a la segunda caja de revisión de 90 cm x 90 cm x 60 cm siendo la entrada y salida de la tubería a la misma altura, conectándose esta al canal recolector de aguas servidas con tubería de PVC de 8 pulgadas con 17.5 m de distancia.</p> <p>En la actualidad su estructura está en perfectas condiciones, y no presenta la bomba sumergible de ½ HP, según mencionado en el manual de operación y mantenimiento. Debido a esto, el vehículo hidro succionador ingresa una vez por semana a retirar del decantador una parte de líquido que no ha pasado al siguiente</p>

	proceso, llevando consigo los sólidos gruesos retenidos.
Canal Recolector de Aguas Servidas y Cajón Repartidor de Caudales	<p>La dimensión de este canal recolector es rectangular de 2.80 m x 0.80 m x 0.775 m, donde las tuberías que ingresan están a la misma altura, donde la tubería que proviene de la caja de revisión de la compostera es de 4 pulgadas PVC, la cual recoge el agua que se genera en el retro lavado de los filtros y sedimentador de la planta tratamientos de agua potable.</p> <p>Junto al canal recolector se encuentra el cajón repartidor de caudales de 1.20 m x 1.10 m x 0.955 m, la cual el caudal que proviene del canal recolector se divide en partes iguales en la caja repartidora, donde las tuberías que ingresan a los decantadores se encuentran a la misma altura de la caja repartidora.</p>
Decantadores	<p>Posterior a los decantadores se encuentran instaladas dos válvulas de PVC de 6 pulgadas, mismas que sirven para controlar y mantener los decantadores. Su estructura es de hormigón de 11.40 m x 6.90 m x 3 m, la cual constan de dos compartimentos A y B dispuestos en paralelo, y divididos en dos cámaras cada uno, permitiendo una mayor retención de sólidos.</p> <p>En cada división de los decantadores presenta una tapa para el control del proceso, siendo estas de hormigón de 0.80 m x 0.80 m cada una. De igual manera existe una chimenea en cada división de los decantadores (4 chimeneas) para la emisión de gases que se producen en el proceso de digestión.</p> <p>En la actualidad a los compartimentos de los decantadores no se le ha dado el respectivo control de los residuos sólidos, debido a que presentan en la parte superficial una cantidad de residuos (botellas, fundas, palos, estiércol), las mismas que impiden con el proceso de tratamiento. <i>Ver anexo 1 – (d).</i></p>
Caseta de Oxigenación	Este proceso de tratamiento no se encuentra en actividad desde el

	<p>inicio de funcionamiento de la planta, siendo la cámara de oxigenación de 1.80 m x 1 m x 1.67 m. constatándose una deficiencia de oxígeno para el tratamiento del agua, provocando una deficiencia en el posterior tratamiento (humedales).</p>
<p>Humedales Artificiales</p>	<p>Mediante válvulas de PVC de 6 pulgadas se controla el ingreso del agua que ingresa a los humedales, facilitándonos también las operaciones de mantenimiento. Tanto el primer y segundo humedal presentan unas dimensiones de 20 m x 12 m de largo y ancho respectivamente, siendo estos sistemas de flujo subsuperficial que conducen el agua a través del lecho del sistema para que entren en contacto con las raíces de las plantas (pasto alemán). Presentan también una caja de revisión en la parte última de cada pantano.</p>
<p>Caseta de Cloración</p>	<p>El agua que sale de los humedales es receptado por la caseta de cloración donde está instalado un tanque PVC de 250 litros, mediante el cual con una válvula de ½ pulgada PVC se dosifica el agua que pasa por una estructura de 1.70 m x 0.80 m x 2.40 m, estando instalada la tubería de ingreso a una altura de 1.62 m desde la superficie; también se pudo notar la presencia de un vertedero ubicado a la mitad de longitud de la estructura (0.85 m) permitiendo que haya una mezcla homogénea de cloro para su posterior descargada al cuerpo receptor.</p>

FUENTE: Luis Grefa

3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

La caracterización del agua residual captada y tratada del sistema de tratamiento del centro de faenamiento fueron enviados al laboratorio LABSU, tal como se menciona en el capítulo II; cabe mencionar que para este estudio se puso mayor interés en la descarga,

donde se realizó el análisis de ciertos parámetros de acuerdo a una tabla de parámetros que presentaba un documento del municipio al momento de diseñar el sistema de tratamiento.

3.2.1 ANÁLISIS DEL AGUA CAPTADA

TABLA 17. Resultados del Agua Residual Captada.

Determinaciones	Unidades	Resultados	Límites Máximos Permisibles
Sólidos totales suspendidos	mg/L	1185	100
Sólidos sedimentables	mg/L	30,5	1,0
Demanda química de oxígeno	mg/L	2807	250
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	<0,2	10,0
Hierro total	mg/L	3,08	10,0
Color real	PtCo	482	15
Color aparente	PtCo	1600	15
Coliformes fecales	Col/100 ml	5,2x10 ⁶	< 3000

FUENTE: Laboratorio LABSU

TULSMA. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

EXAMEN FÍSICO

Olor: Desagradable (olor a estiércol y sangre).

Color: Rojizo Marrón

Aspecto: Turbio, presencia de sólidos sedimentables y suspendidos.

3.2.2 ANÁLISIS DEL AGUA TRATADA (DESCARGA)

TABLA 18. Resultados del Agua Residual Tratada (descarga), en la Primera Semana.

Determinaciones	Unidades	Resultados			Límites Máximos Permisibles
		M 1 (01:38 am)	M 2 (04:10 am)	M 3 (06:34 am)	
Potencial de hidrógeno	-	7,13	7,07	6,93	5 – 9
Sólidos sedimentables	mg/L	1,5	2,5	4	1,0
Sólidos totales suspendidos	mg/L	99	92	108	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	238,00	278,88	470,29	250
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	47,78	51,29	94	100
Cloro residual	mg/L	< 0,30	<0,30	<0,30	0,5
Cloruros	mg/L	98,40	84,92	105,14	1000
Color Real	PtCo	208	563	741	®
Fluoruros	mg/L	1,00	1,06	0,91	5,0
Cianuro libre	mg/L	0,020	0,022	0,052	0,1
Fósforo (PO ₄)	mg/L	0,80	1,18	0,99	10
Nitritos (NO ₂)	mg/L	0,12	<0,10	0,39	10,0
Nitratos (NO ₃)	mg/L	2,6	2,9	3,7	10,0
Bario	mg/L	< 0,30	<0,30	<0,30	2,0
Cadmio	mg/L	< 0,03	<0,03	<0,03	0,02
Cobre	mg/L	< 0,20	<0,20	<0,20	1,0
Cromo hexavalente	mg/L	< 0,10	<0,10	<0,10	0,5
Níquel	mg/L	< 0,10	<0,10	<0,10	2,0

Hierro total	mg/L	19,84	23,64	16,81	10,0
Mercurio	mg/L	< 0,002	<0,002	<0,002	0,005
Manganeso total	mg/L	1,66	1,61	1,23	2,0
Arsénico	mg/L	< 0,005	<0,005	<0,005	0,1
Aluminio	mg/L	0,168	0,205	0,323	5,0
Fenoles	mg/L	< 0,05	<0,05	<0,05	0,2
Hidrocarburos totales	mg/L	0,08	0,09	0,08	20,0
Coliformes fecales	Col/100 ml	2,5x10 ⁵	2x10 ⁵	1x10 ⁶	< 3000

FUENTE: Laboratorio LABSU

TULSMA. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
 ® Inapreciable en dilución 1/ 20.

TABLA 19. Resultados del Agua Residual Tratada (descarga), en la Segunda Semana.

Determinaciones	Unidades	Resultados			Límites Máximos Permisibles
		M 1 (01:38 am)	M 2 (04:10 am)	M 3 (06:34 am)	
Color real	PtCo	559	544	484	®
Demanda química de oxígeno	mg/L	314,10	357,25	446,70	250
Hierro total	mg/L	5,90	4,52	4,06	10,0
Sólidos totales suspendidos	mg/L	106,00	174,00	190,00	100
Sólidos sedimentables	mg/L	<0,50	2,50	3,50	1,0
Nitratos (N-NO3)	mg/L	0,40	0,50	0,70	10,0
Coliformes fecales	Col/100 ml	2,0x10 ⁶	3,0x10 ⁶	5,6x10 ⁶	< 3000

FUENTE. Laboratorio LABSU

TULAS. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
 ® Inapreciable en dilución 1/ 20.

EXAMEN FÍSICO

Olor: Desagradable.
Color: Gris Oscura.
Aspecto: Turbio, presencia de sólidos suspendidos.

La Tabla 20, presenta datos promedios de los parámetros que mayormente sobresalen de los límites permisibles, obtenidos de la tabla 18 y 19.

TABLA 20. Datos Promedios de la Caracterización del Agua Residual Tratada

Determinaciones	Unidades	Resultados (1era Semana)			Resultados (2da Semana)			Promedio
		M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3	
Color real	PtCo	208	563	741	559	544	484	516,5
Demanda química de oxígeno	mg/L	238,00	278,88	470,29	314,10	357,25	446,70	350,87
Hierro total	mg/L	19,84	23,64	16,81	5,90	4,52	4,06	12,46
Sólidos totales suspendidos	mg/L	99	92	108	106,00	174,00	190,00	128,17
Sólidos sedimentables	mg/L	1,5	2,5	4	<0,50	2,50	3,50	2,33
Coliformes fecales	Col/100 ml	$2,5 \times 10^5$	2×10^5	1×10^6	$2,0 \times 10^6$	$3,0 \times 10^6$	$5,6 \times 10^6$	$2,01 \times 10^6$

FUENTE: Luis Grefa

3.2.2.1 Evaluación de la Caracterización del Agua Residual

Se realizó el análisis del agua residual para caracterizar el fluido, cuyos resultados se exponen en las tablas anteriores, determinando que los parámetros analizados no están dentro de los límites que se dispone en el libro VI, tabla 12 del TULSMA.

Con los resultados de la caracterización del agua tratada y el diagnóstico respectivo de la planta de tratamiento, se verifica que el sistema de tratamiento actual no cumple con los objetivos de remoción, en base a los parámetros que permiten evaluar la eficiencia de la planta, entre las cuales se puede mencionar: color real, DQO, hierro total, sólidos totales suspendidos, sólidos sedimentables y coliformes fecales, mismos que se resumen en la tabla 21.

TABLA 21. Comparación de los Resultados Promedios y Límites Permisibles

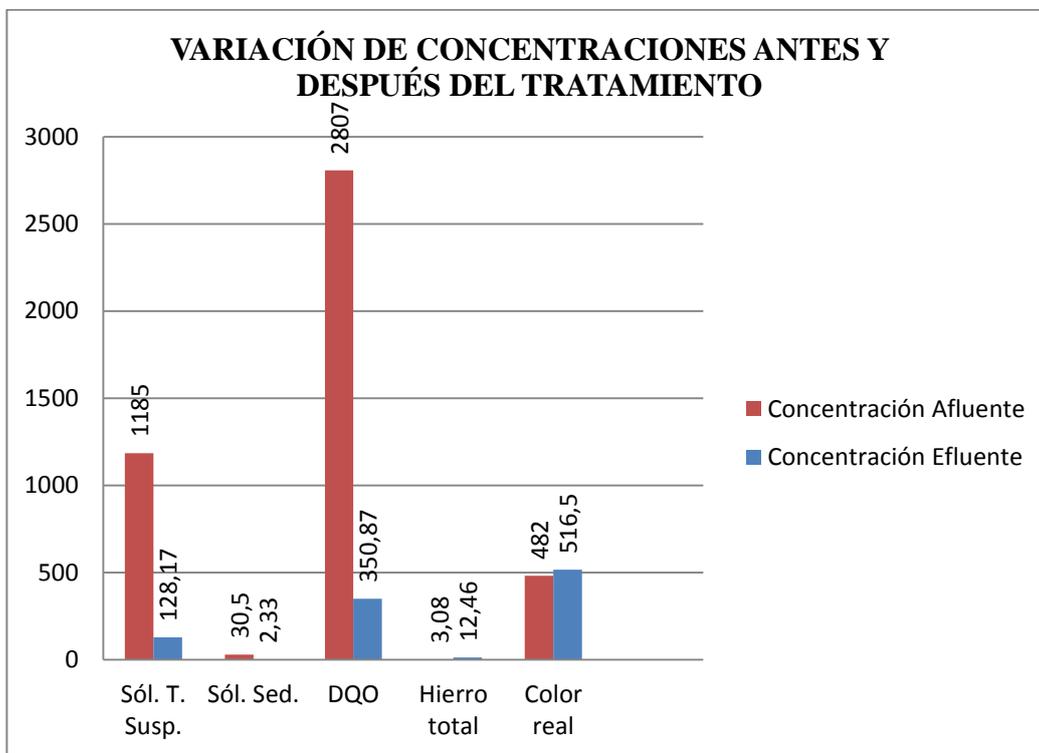
Determinaciones	Unidades	Promedio (Resultados)	Límites Máximos Permisibles	Condición
Color real	PtCo	516,5	®	No cumple
Demanda química de oxígeno	mg/L	350,87	250	No cumple
Hierro total	mg/L	12,46	10,0	No cumple
Sólidos totales suspendidos	mg/L	128,17	100	No cumple
Sólidos sedimentables	mg/L	2,33	1,0	No cumple
Coliformes fecales	Col/100 ml	$2,01 \times 10^6$	< 3000	No cumple

FUENTE. Luis Grefa

TULMAS. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

® Inapreciable en dilución 1/ 20.

FIGURA 11. Representación de la Variación de Concentraciones del Afluyente vs Efluente.



FUENTE: Luis Grefa

Como se puede visualizar en la figura 11 las concentraciones de los sólidos totales suspendidos, sólidos sedimentables y la demanda química de oxígeno presentan una reducción considerable en sus concentraciones, no así, el hierro total y el color aumentan, sin embargo estos parámetros analizados en el efluente no están cumpliendo con la normativa vigente TULSMA.

3.2.3 ANÁLISIS DEL AGUA EN EL DIGESTOR

Para determinar la eficiencia del digestor se procedió a analizar los siguientes parámetros: DBO, DQO, Coliformes Fecales y totales, y el cálculo del tiempo de retención hidráulico.

Nota: se envió analizar el agua a LABORATORIO CESTA.

TABLA 22. Resultados del Agua Residual en el Digestor.

Determinaciones	Unidades	Entrada	Salida
Demanda biológica de oxígeno	mg/L	1450	384
Demanda química de oxígeno	mg/L	2834	800
Coliformes fecales	Col/100 ml	>1x10 ⁸	>1x10 ⁸
Coliformes totales	Col/100 ml	>1x10 ⁸	>1x10 ⁸

FUENTE: Laboratorio CESTTA

TULSMA. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Eficiencia de remoción de la DBO₅:

$$Eficacia = \frac{Carga\ Contaminante\ Entrada - Carga\ Contaminante\ Salida}{Carga\ Contaminante\ Entrada} \times 100$$

Ec. 2

$$Eficacia\ DBO_5 = \frac{1450 - 384}{1450} \times 100$$

$$Eficacia\ DBO_5 = 73.52 \%$$

Eficiencia de remoción de la DQO:

$$Eficacia\ DQO = \frac{2834 - 800}{2834} \times 100$$

$$Eficacia\ DQO = 71.77 \%$$

Tiempo de retención hidráulica:

$$TRH = \frac{Volumen}{Caudal\ Q}$$

Ec. 3

Datos: $Q = 1.69 \text{ L/s} = 37.82 \text{ m}^3/\text{día}$

$$V = 184.06 \text{ m}^3$$

$$TRH = \frac{184.06 \text{ m}^3}{37.82 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$TRH = 4.87 = 5 \text{ días}$$

3.2.3.1 Evaluación del Agua en el Digestor

Como se puede notar en la tabla anterior los parámetros de DBO5 y DQO presentan valores muy aceptables, con un porcentaje de remoción de 73.52 % y 71.77 % respectivamente con un tiempo de retención hidráulica de 5 días.

Con estos datos se considera que el digestor si está cumpliendo casi en su totalidad con el proceso de depuración de las aguas, sin embargo no se pudo apreciar la eficiencia de remoción de coliformes fecales y totales, debido a que no existe valores afines que nos permitan determina dicha eficiencia.

3.3 REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para el Rediseño del Sistema de Tratamiento de Agua Residual del Centro de Faenamiento “Puerto Francisco de Orellana”, de acuerdo al diagnóstico actual del estado de la planta a través de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua captada y tratada, así como de la revisión del estado de la infraestructura y procesos de la planta; se considera oportuno implementar las siguientes operaciones con el fin de mejorar el funcionamiento óptimo del sistema de tratamientos.

El ingreso del agua a los diferentes procesos del sistema de tratamiento es impedido por la basura y piltrafas, provocando consigo el desbordamiento de las unidades, debido a esto se hace necesaria la implementación de un sistema de rejillas para sólidos finos, éste se localizará al inicio del sistema de tratamiento. Y para mejorar la eficiencia del humedal artificial, se realizará el destaponamiento de las tuberías de distribución y evacuación, y el cambio del tamaño de los lechos filtrantes.

3.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE REJILLA DE LIMPIEZA MANUAL

Para el diseño de rejillas finas de limpieza manual se tendrá en cuenta las respectivas consideraciones de diseño que se encuentran establecidas en la tabla 3.

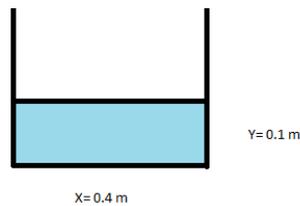
Datos para el dimensionamiento	Unidad	Valor
Barras cuadradas, espesor (s)	mm	9
Inclinación con la vertical	°	45
Separación entre barras (e)	mm	15
Caudal máximo	L/s	1.69

- **Cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja.**

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

Ec. 4

Dónde: “A” es el área transversal del tanque y es igual a la altura de la lámina de agua residual (Y) por el ancho del canal (X). Y “Q” es el caudal de ingreso al sistema de tratamiento.



$$A = X \cdot Y$$

Ec. 5

$$A = 0.4 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}$$

$$A = 0.04 \text{ m}^2$$

Datos:

$$Q = 1.69 \text{ L/s} = 0.00169 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 0.04 \text{ m}^2$$

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

$$v_a = \frac{0.00169 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.04 \text{ m}^2}$$

$$v_a = 0.042 \text{ m/s}$$

- **Cálculo de la suma de separación entre barras.**

$$b = \left(\frac{b_g}{e} - 1 \right) (s' + e) + e$$

Ec. 6

Dónde: b = ancho de canal (mm)

b_g = suma de las separaciones entre barras (mm)

e = separación entre barras (mm)

s' = espesor de las barras (mm)

$$400 = \left(\frac{b_g}{15} - 1 \right) (9 + 15) + 15$$

$$400 = \left(\frac{b_g - 15}{15} \right) (24) + 15$$

$$400 - 15 = \frac{b_g - 15}{15} (24)$$

$$\frac{385 \times 15}{24} = b_g - 15$$

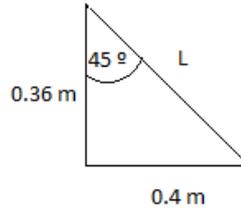
$$240.625 + 15 = b_g$$

$$b_g = 255.625 \text{ mm} = 0.26 \text{ m}$$

- **Cálculo de la longitud de la rejilla**

Alto del canal = 0,36 m

Ancho del canal = 0.4 m



$$L = \frac{\text{altura canal}}{\text{sen } 45}$$

Ec. 7

$$L = \frac{0.36 \text{ m}}{\text{sen } 45}$$

$$L = 0.51 \text{ m}$$

La longitud de la rejilla será de 0.51 m, calculada en función del canal existente.

- **Cálculo del área libre (A_L) al paso del agua.**

$$A_L = L \times b_g$$

Ec. 8

$$A_L = 0.51 \text{ m} \times 0.26 \text{ m}$$

$$A_L = 0.133 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del número de barras.**

$$Nb = \left(\frac{b}{e + s} \right)$$

Ec. 9

Dónde: b = ancho del canal (m)

e = separación entre barras (m)

s = espesor barras (m)

$$Nb = \left(\frac{0.4}{0.015 + 0.009} \right)$$

$$n = 16.67 = 17 \text{ barras}$$

- **Cálculo de la pérdida de carga en rejillas.**

$$h = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \text{ Sen } \theta$$

Ec. 10

- Dónde:
- h = pérdida de carga (m)
 - s = espesor de las barras (m)
 - e = separación entre barras (m)
 - $v^2/2g$ = carga de la velocidad antes de la reja (m)
 - θ = ángulo de inclinación de las barras
 - β = factor dependiente de la forma de las barras

Los valores de β dados por Kirschmer para diferentes formas de barras se presentan en la tabla siguiente.

TABLA 23. Valores de β de Kirschmer

TIPO DE REJAS	β
Rectangular con bordes agudos	2.42
Rectangular con la cara de aguas arriba semicircular	1.83
Circular	1.79
Rectangular con ambas caras semicirculares	1.67

FUENTE: Monzón, I. y otros.

$$h = 2.42 \left(\frac{0.009}{0.015} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{0.042^2}{2 \times 9.8} \text{ Sen } 45$$

$$h = 0.00000665 \text{ m} = 0.00665 \text{ mm}$$

3.3.1.1 Resultados del Diseño de Rejilla

Las medidas respectivas de la rejilla que se implementará en el sistema de tratamiento de aguas residuales están expresadas en la siguiente tabla.

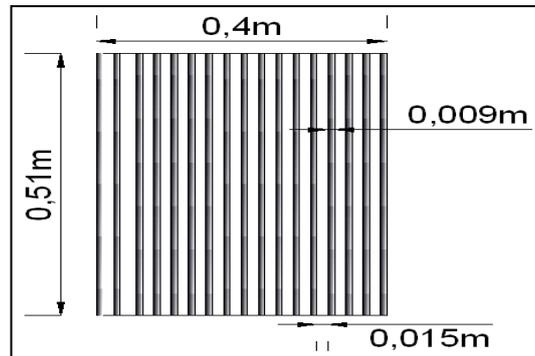
TABLA 24. Resultados del Dimensionamiento de Rejilla Delgada

Especificaciones de diseño	Unidad	Valor
Altura de la lámina de agua (Y)	m	0.1
Altura del canal	m	0.36
Ancho del canal (X)	m	0.40
Inclinación de rejilla con la vertical	°	45
Barras cuadradas, espesor (s)	mm	9
Separación entre barras (e)	mm	15
Longitud de la rejilla (L)	m	0.51
Número de barras	-	17
Velocidad de aproximación (V_a)	m/s	0.042
Suma de separación entre barras (b_g)	m	0.26
Área libre al paso de agua (A_L)	m ²	0.133
Pérdida de carga	mm	0.00665

FUENTE: Luis Grefa

Según los resultados de los cálculos, la rejilla de limpieza manual fina tiene 17 barras con pérdida a través de las rejillas 0.00665, siendo esta mínima. La rejilla será ubicada al inicio del sistema de tratamiento antes de la primera caja de revisión que presenta un espacio suficiente de 5.45 m para la instalación de la rejillas según las dimensiones calculadas, el fin es retener sólidos que ingresan al sistema.

FIGURA 12. Dimensiones de la Rejilla Delgada



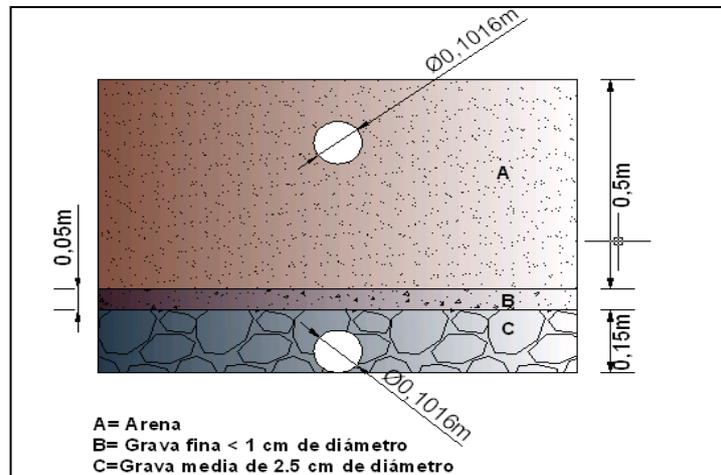
FUENTE: Luis Grefa

La retención de sólidos no influye en la composición química de las aguas residuales pero si facilita las etapas del proceso subsiguiente, tanto en la cámara de sedimentación como en la digestión, en el caso de la etapa de sedimentación los sólidos no obstruirá el conducto interno que intercomunica a las 4 cámaras existentes por tanto en la etapa de digestión ya no habrá presencia de sólidos, lo que es conveniente para evitar obstrucción en todo el sistema de tratamiento.

3.3.2 REDISEÑO DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

Para evitar problemas de obstrucción del flujo del agua en el lecho filtrante se considera realizar un cambio en la estructuración y características de los lechos filtrantes, para que así pueda cumplir con los respectivos objetivos por la que fue diseñada. Cabe mencionar que los dos humedales tienen los mismos lechos filtrantes y espesores tal como se demuestra en la siguiente figura.

FIGURA 13. Estructura Actual de los Lechos Filtrantes en los Humedales Artificiales



FUENTE: Luis Grefa

De acuerdo a los criterios de diseño de humedales de flujo subsuperficial vertical, se establecerá las nuevas características y espesores de arena y grava.

TABLA 25. Consideraciones del Medio Granular para Humedales de Flujo Subsuperficial

Tipo de material	Tamaño partícula (mm)	Tamaño lecho (cm)
Primera Etapa		
Grava fina	2 - 8	> 30
Grava	5 - 20	10 - 20
Grava	20 - 40	10 - 20
Segunda Etapa		
Arena	0.25 - 0.4	> 30
Grava	3 - 10	10 - 20
Grava	20 - 40	10 - 20

FUENTE: Corzo, A. y otros

- **Cálculo de la cantidad de medio filtrante para los humedales.**

Para el medio filtrante del humedal se tomara en cuenta los siguientes datos, en base a las especificaciones mencionadas en la tabla 18. Para determinar la cantidad de material filtrante se realizará mediante la siguiente ecuación:

$$Vol. = L \times A \times H$$

Ec. 11

Dónde: Vol. = Volumen necesario

L = largo (m)

A = ancho (m)

H = alto (m)

Primer Humedal:

Datos: L = largo humedal (20 m)

A = ancho del humedal (12 m)

Volumen de grava fina ($\theta = 5$ mm):

$$Vol. = 20 \times 12 \times 0.3$$

$$Vol. \text{ necesario} = 72 \text{ m}^3$$

Volumen de grava ($\theta = 15$ mm):

$$Vol. = 20 \times 12 \times 0.2$$

$$Vol. \text{ necesario} = 48 \text{ m}^3$$

Volumen de grava ($\theta = 25$ mm):

$$Vol. = 20 \times 12 \times 0.2$$

$$Vol. \text{ necesario} = 48 \text{ m}^3$$

Segundo Humedal:

Volumen de arena:

$$Vol. = 20 \times 12 \times 0.4$$

$$Vol. necesario = 96 m^3$$

Volumen de grava ($\theta = 15$ mm):

$$Vol. = 20 \times 12 \times 0.15$$

$$Vol. necesario = 36 m^3$$

Volumen de grava ($\theta = 25$ mm):

$$Vol. = 20 \times 12 \times 0.15$$

$$Vol. necesario = 36 m^3$$

3.3.2.1 Resultados del Nuevo Lecho Filtrante de los Humedales

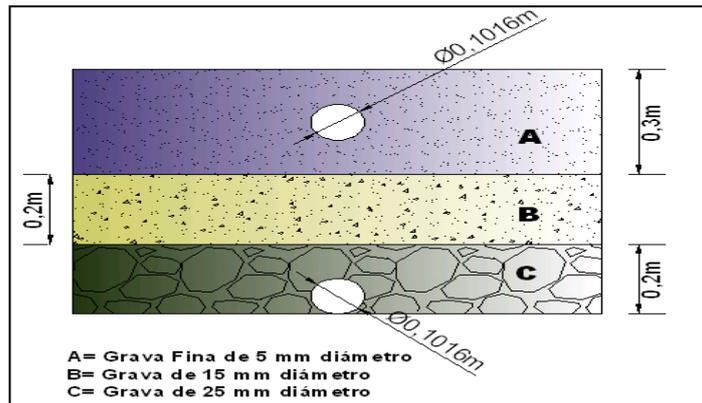
TABLA 26. Especificaciones para el Nuevo Lecho Filtrante de los Humedales

Tipo de material	Diámetro (mm)	Tamaño lecho (cm)	Vol. Necesario (m ³)
Primer Humedal			
Grava fina	5	30	72
Grava	15	20	48
Grava	25	20	48
Segundo Humedal			
Arena	< 0.25	40	96
Grava	15	15	36
Grava	25	15	36

FUENTE: Luis Grefa

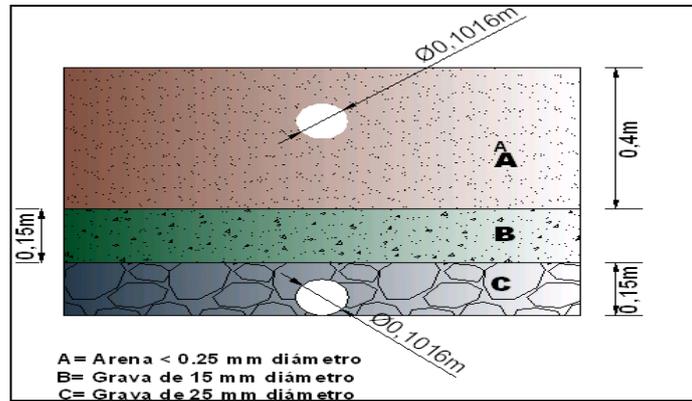
Para el rediseño de los humedales artificiales se tomó en cuenta 4 medios filtrantes como es grava fina, grava media, grava y arena, con espesores diferentes para cada humedal tal como se muestra en la figura 13 y 14; necesitando una cantidad en total de 96 m^3 de arena, 72 m^3 de grava fina, 84 m^3 de grava de diámetro de 15 mm y 84 m^3 de grava de diámetro de 25 mm.

FIGURA 14. Estructura para del Nuevo Lecho Filtrante a Emplearse en el Primer Humedal



FUENTE: Luis Grefa

FIGURA 15. Estructura para del Nuevo Lecho Filtrante a Emplearse en el Segundo Humedal



FUENTE: Luis Grefa

Se consideró esta distribución para cada humedal con el propósito de que el primer humedal tenga un buen proceso de filtración del agua y no sufra problemas de obstrucción por los sólidos que no son retenidos en el proceso de digestión, actuando este como un proceso de lijado; mientras que el segundo humedal por su forma de

distribución de los lechos filtrantes actúe como un proceso de pulido, mejorando así la calidad del efluente.

3.3.3 DETERMINACIÓN DE CAUDALES

3.3.3.1 Caudal al Ingreso del Sistema

Para determinar el caudal al ingreso al sistema de tratamiento utilizamos la Ec. 1.

Datos:

Vol. consumido = 45680 L

t = 30600 s

$$Q = \frac{45680 \text{ L}}{30600 \text{ s}}$$

$$Q = 1.49 \text{ L/s}$$

TABLA 27. Resultados del Caudal al Ingreso del Sistema

Determinación	Tiempo Actividad (s)	Vol. Consumido (litros)	Q (L/s)	Q (m³/día)
D1	30600	45680	1.49	45.68
D2	22212	38170	1.72	38.17
D3	18298,8	27510	1.50	27.51
D4	18900	31240	1.65	31.24
D5	22068	46480	2.10	46.48
Caudal Promedio			1.69	37.82

FUENTE: Luis Grefa

3.3.3.2 Caudal a la Salida del Sistema

Para determinar el caudal a la salida sistema de tratamiento también se utilizamos la Ec.

1.

Datos:

Vol. recipiente = 4 L

t = 14.37 s

$$Q = \frac{4 \text{ L}}{14.37 \text{ s}}$$

$$Q = 0.278 \text{ L/s}$$

TABLA 28. Resultados del Caudal a la salida del Sistema

Determinación	Tiempo (s)	Volumen (litros)	Q (L/s)	Q (L/min)
D1	14.37	4	0.278	16.70
D2	14.22	4	0.281	16.88
D3	14.77	4	0.271	16.25
D4	14.71	4	0.272	16.32
D5	14.48	4	0.276	16.57
D6	13.6	4	0.294	17.65
D7	14.12	4	0.283	17.00
D8	13.94	4	0.287	17.22
D9	14.49	4	0.276	16.56
D10	14.19	4	0.282	16.91
Caudal Promedio			0.28	16.81

FUENTE: Luis Grefa

La determinación del caudal nos permite predecir las variaciones y hacer los controles necesarios sobre el sistema, y verificar si está dentro de la capacidad para el que fue construida. En épocas de invierno no afecta mucho en el aumento del caudal ya que tiene un sistema simple alcantarillado para lluvias.

El caudal para el que fue diseñada la planta es de 50 m³/día para una cantidad de 50 vacas/día y un consumo de agua de 1 m³/vaca; mientras que el caudal medido de forma experimental es de 37.82 m³/día, con una cantidad promedio de 27 vacas y 12 porcinos.

De acuerdo a estos datos se considera que la planta presenta la capacidad necesaria para tratar las aguas residuales.

3.4 PROPUESTA ECONÓMICA.

3.4.1 SISTEMA DE REJILLA

TABLA 29. Costos de Construcción del Sistema de Rejilla

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Adecuación de la estructura			
Mano de obra	1	20,00	20,00-
Cemento (rocafuete)	1	7,25	8,25
Palas	1	12,00	12,00
Ripio y arena	-	-	-
Rejilla			
Rejilla delgada de 9mm cuadrada	1		80,00
COSTO TOTAL			120,25

FUENTE: Luis Grefa

Nota: Se requiere hacer la rejilla en un taller mecánico. Y no se especifica el valor del ripio y la arena ya que se ocupara del material que salga de los humedales debido a que no requiere de mucho material para la adecuación de sistema.

3.4.2 REDISEÑO DE LOS HUMEDALES

TABLA 30. Costos para el Rediseño de los Humedales

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Mano de obra	8 personas (5días)	15,00	600,00
Palas	4	12,00	48,00
Carretillas	3	45,00	135,00
Arena	8 volq. (1 volq = 12 m ³)	140,00	1120,00
Grava fina	6 volq.	290,00	1740,00
Grava (15 mm de diámetro)	7 volq.	290,00	2030,00
Grava (25 mm de diámetro)	7 volq.	290,00	2030,00
Costo Total			7703,00

FUENTE: Luis Grefa

CAPÍTULO IV

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

CAPÍTULO IV

4 MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

4.1 IMPORTANCIA

Un manual de procedimientos es un instrumento administrativo de gran importancia, que apoya el quehacer cotidiano de las diferentes áreas de una empresa o institución.

El manual de procedimientos es designado sistemáticamente, tanto las acciones como las operaciones que deben seguirse para llevar a cabo las funciones generales y además se pueda hacer un seguimiento adecuado y secuencial de las actividades programadas.

Todo procedimiento implica, además de las actividades y las tareas del personal, la determinación del tiempo de realización, el uso de recursos materiales, tecnológico y financiero, la aplicación de métodos de trabajo y de control para lograr un eficiente y eficaz desarrollo en las diferentes operaciones.²²

²² <http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/disenoinfo/6/1.htm>

4.1.1 NECESIDAD DE CONTROL

El control de la planta, se debe realizar de forma periódica en los diferentes procesos, para así garantizar un efluente de buena calidad. La recolección de los datos se debe realizar por la supervisión de los operadores de la planta.

En el control de la planta se registra las unidades que encuentran operando y si el flujo se encuentra ingresando en forma normal a ellas.²³

4.1.2 NECESIDAD DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento que se realiza a los sistemas de tratamientos de aguas se define como la conservación o protección de componentes o equipos para una condición determinada, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación.

Entre las principales ventajas del mantenimiento, podemos mencionar las siguientes:

- Mejor conservación de la infraestructura
- Aumento de la calidad
- Disminución de paralizaciones imprevistas
- Disminución de reparaciones
- Evita taponamiento de las tuberías.²⁴

²³ https://www.eseia.cl/archivos/Anexo_1_Manual_Operacion_PTAS_Cachagua.pdf

²⁴ <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap10.pdf>

4.2 INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de las aguas a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de tratamiento.

Para que los sistemas de tratamientos de aguas garanticen la calidad del efluente, resulta importante una buena operación y mantenimiento de cada uno de los procesos, ejecutándose de manera adecuada para lograr una buena eficiencia en la remoción de material contaminante de acuerdo con lo esperado y que no se produzcan interrupciones por falta de mantenimiento de los procesos u operaciones. Las labores de mantenimiento pueden ser ocasionales o rutinarias de operación dependiendo de la periodicidad con que se ejecuten. Con un mantenimiento correcto se previenen las emergencias o descuidos imprevisibles.

4.3 OBJETIVOS

4.3.1 GENERAL

- Implementar la metodología de operación y mantenimiento a seguir para el correcto funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas del Centro de Faenamiento Municipal de Orellana.

4.3.2 ESPECÍFICOS

- Describir los procedimientos para la operación y mantenimiento óptimo del sistema de tratamiento de aguas.
- Describir los procedimientos de instalación que se consideran en el rediseño.
- Establecer las funciones del personal a encargarse del control y mantenimiento del sistema de tratamiento.

4.4 PROCEDIMIENTOS

4.4.1 PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN DE LOS PROCESOS A IMPLEMENTARSE

4.4.1.1 Instalación del sistema de rejilla

Las barras que presentara la rejilla tendrá 9mm de espesor, la misma que se instalara antes de la primera caja de revisión que presenta el sistema de tratamiento, que tendrá una inclinación con la vertical de 45 grados, para esto se apropiara la estructura donde se colocara la rejilla.

4.4.1.2 Instalación del nuevo lecho filtrante en los humedales

De acuerdo a los problemas que presenta los humedales se considera realizar el cambio de los medios filtrantes, para ello se deben seguir los siguientes pasos:

1. Una vez terminada los procesos de faenamamiento, cerrar las válvulas que permiten el ingreso del agua a los humedales.
2. Con la ayuda de una carretilla y pala retirar toda la capa de arena, grava que se encuentran en el sistema y también el pasto alemán.
3. Limpiar las paredes y fondos de los humedales.
4. Una vez terminada con el retiro de los lechos filtrantes, se colocara los nuevos lechos filtrantes:

Primer Humedal.

- Colocar primero la grava de 25 mm de diámetro hasta un espesor de 20 cm.
- Posterior a este colocar una capa de grava de 15 mm de diámetro con un espesor de 20 cm.
- Y por último colocar la grava fina de 5 mm de diámetro con espesor de 30cm y sembrar el pasto alemán.

- En las tuberías de evacuación y distribución colocar alrededor de ellas gravas de mayor tamaño para evitar el taponamiento de las mismas y permita una buena distribución del agua por todo el lecho filtrante.

Segundo Humedal.

- Colocar primero la grava de 25 mm de diámetro hasta un espesor de 15 cm.
- Posterior a este colocar una capa de grava de 15 mm de diámetro con un espesor de 15 cm, debido al diámetro de las partículas que presenta este lecho se debe colocar una capa de grava fina para evitar que la arena filtre y evite el circulamiento del agua por el lecho.
- Y por último colocar la arena con un espesor de 40 cm y sembrar el pasto alemán.
- Al igual que el primer humedal se debe colocar en las tuberías de evacuación y distribución, gravas de mayor tamaño para evitar el taponamiento de las mismas y permita una buena distribución del agua por todo el lecho filtrante.

4.4.2 RESPONSABILIDADES PERSONALES

Administrador: Quien designará al personal que se encargará de la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.

Personal encargado: Quienes se encargarán de la limpieza y control del Sistema de Tratamiento y del medio circundante.

Personal adjunto: Personal del municipio encargado del vehículo hidro succionador para el retiro de los lodos acumulados en los decantadores.

4.4.2.1 Funciones del Operador

- Revisar periódicamente según sea el caso, los diferentes componentes del sistema de tratamiento.

- Realizar las tareas de operación y mantenimiento diarios, periódicos y eventuales.
- Controlar la ejecución de programas de emergencia (correctivo), cuando por circunstancias especiales fuere necesario.
- Verificar el cumplimiento y la calidad del agua después del tratamiento con la norma vigente.
- Solicitar los insumos, materiales, herramientas y equipos necesarios para el funcionamiento normal del sistema.
- Debe responder por las herramientas y equipos necesarios para la operación y el mantenimiento de las estructuras del sistema.²⁵

4.4.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El mantenimiento consiste en vigilar constantemente el funcionamiento de la planta y realizar periódicamente el mantenimiento de todos los procesos de tratamiento, tales como sedimentador, humedales, válvulas, tuberías, etc. a fin de garantizar el buen funcionamiento de la planta y que cumpla con su objetivo.

Para un funcionamiento óptimo del sistema de tratamiento y obtener agua de descarga que cumpla con la norma TULSMA, el personal deberá realizar las siguientes actividades:

²⁵ <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap10.pdf>

4.4.3.1 Área de Faenamiento

(a) Recolección de la sangre para que no ingrese al efluente

La sangre contribuye de forma significativa a la carga orgánica del efluente de los mataderos, por ello es importante recolectarla para que no forme parte del efluente, es recomendable evitar el uso de agua para remover la sangre.

(b) Recolección en seco del contenido ruminal y optimización del proceso de lavado de panzas

Durante el vaciado y lavado de los estómagos, se determinó que se obtiene entre 30 a 50 kg de contenido ruminal por res faenada. Y se debe evitar enviar al drenaje los residuos de piltrafa que se generan durante el proceso de faenamiento.

Si el contenido ruminal es enviado al afluente, se incrementa los contenidos de DBO5 y de sólidos sedimentables del efluente considerablemente. Por ello es imprescindible colectar en seco el contenido ruminal en vez de descargarlo al drenaje, con el cual se consigue los siguientes beneficios:

- Se reduce la DBO5 del afluente.
- Se reduce la descarga de sólidos sedimentables del afluente.
- Se reduce el consumo de agua por la recolección del contenido ruminal en seco.
- Se reduce la presencia de malos olores y proliferación de insectos.

4.4.3.2 Limpieza de Corrales Considerando Procedimientos Sanitarios y Ambientales

Los animales se reciben en el centro de faenamiento por menos unas 12 horas antes de ser faenados. Estos corrales presentan una infraestructura adecuada, de modo que los pisos y bebederos puedan ser lavados y las aguas puedan ser fácilmente evacuadas a las canaletas de desagüe. Los corrales deben ser limpiados y desinfectados a fin de evitar la

posible propagación de enfermedades animales y mantener las condiciones higiénicas en el centro de faenamiento.

Los sólidos que se generan en los corrales de los animales, deben ser removidos en seco y enviados al relleno sanitario para su respectivo tratamiento, y así evitar el aumento de la carga contaminante del efluente.

Como la limpieza en seco permite remover una buena parte de los sólidos adheridos a la superficie, la cantidad de agua utilizada para finalizar la limpieza será mucho menor. No obstante, cuando se emplee agua, se aconseja utilizar pistolas de baja presión y bajo caudal para remover partículas sólidas remanentes.

A su vez, los drenajes para la evacuación de líquidos deben tener rejillas para la retención de sólidos.

Beneficios:

- Se reduce el consumo de agua en la limpieza.
- Se disminuye la cantidad de sólidos suspendidos totales en el efluente.
- Se evita la propagación de insectos, malos olores y posibles enfermedades a los animales.

4.4.3.3 Sistema de Rejilla de Limpieza Manual

La limpieza de rejillas no requiere de personal especializado pero debe tener el equipo de protección personal para así evitar posibles enfermedades, se recomienda el uso de guantes de látex y una mascarilla.

Debido a que el sistema de tratamiento es intermitente se consideró el dimensionamiento de una rejilla, para ello se debe usar un rastrillo, recogedores metálicos y escobillas para sacar los residuos sólidos y depositar en los recipientes. Como los residuos son más de tipo orgánico estos deberán ser colocados en los contenedores que recogen el estiércol en seco para ser enviados al relleno para su disposición.

4.4.3.4 Tanque Sedimentador de Sólidos Gruesos

El agua proveniente de las labores de faenamiento, aseo de corrales, lavado de panzas y otras áreas como baterías sanitarias descargan a este tanque cargadas de materiales líquidos como sangre, orina materiales sólidos entre los cuales e puede destacar restos de material rumiante (estiércol y piltrafas), las mismas que beben quedar retenidas en este tanque.

Todo este material retenido se retirara con pala y colocadas en un contenedor para enviarlas al relleno sanitario y puedan ser tratados adecuadamente, este proceso se lo realizará cada 3 días; el retiro de este material se puede hacer también periódicamente con el vehículo hidro succionador del municipio.

4.4.3.5 Tanque Sedimentador de Sólidos “Digester”

Los sólidos que no son removidos en el proceso de decantación de sólidos gruesos se depositaran en este decantador, misma que presenta 4 compartimentos donde se producirá la degradación de la carga orgánica por acción bacteriana, estos lodos se irán acumulando en el fondo y por lo tanto subirá el nivel de lodos con forme pasa el tiempo; como medida de prevención se debe valorar periódicamente el nivel, y cuando haya alcanzado por lo menos 1/3 de la altura total del tanque debe ser extraído succionando con bomba y llevarlos al relleno sanitario.

Para facilitar la extracción de lodos se deberá cerrar las válvulas V1 y V2 que se encuentran en la entrada del digester A y B para no permitir el ingreso del agua, por tanto para realizar el mantenimiento del sedimentador A se deberá cerrar la válvula V1 y para el sedimentador B la válvula V2.

4.4.3.6 Humedales Artificiales (filtros con plantas macrofitas)

A fin de garantizar el buen funcionamiento de los humedales artificiales 1 y 2 se deben realizar las siguientes acciones:

- a. Eliminación de vegetación extraña:** En el lecho filtrante de los humedales aparece vegetación extraña al pasto alemán la misma que debe ser arrancada y

eliminada a fin de facilitar el desarrollo del pasto y permitir el flujo de agua entre las raíces, mismos que son encargados de remover los contaminantes del agua.

- b. Mantenimiento de las válvulas instaladas en los by pass:** El agua que fluye a través de la red de tuberías arrastra sedimentos y materia orgánica lo que hace que las válvulas se deterioren y sufran taponamientos, siendo necesario hacer el mantenimiento periódico, si es necesario se debe desarmar y extraerlas para su limpieza y nuevamente instalarlas.
- c. Arreglo de tapas y control de niveles:** El control de nivel de agua en los humedales es fundamental hacerlo diariamente y especialmente en épocas de lluvia o en las horas picos de faenamiento, para ello se ha instalado un dispositivo en cajas de revisión de hormigón provistas de tapas, siendo también necesario mantenerlas en buen estado ya que debido a los agentes atmosféricos y constante manipulaciones se deterioran.
- d. Limpieza de cunetas perimetrales a los humedales:** Las cunetas construidas alrededor de los humedales se rellenan con basura y tierra, producto del desmoronamiento de los diques aledaños, las mismas que deben permanecer limpias para no obstruir el paso de las aguas lluvias provenientes de la escorrentía y evitar que ingresen a los humedales.
- e. Desbroce de hierba:** El pasto alemán tiende a desarrollarse poblando completamente el lecho de los humedales extendiéndose a la periferia, por lo que se debe proceder a la poda y de esta forma mantener libre las ventilas perimetrales para facilitar la limpieza de las mallas de distribución y evacuación, también las áreas aledañas para permitir el acceso peatonal.

Cuando el pasto haya alcanzado su madurez debe ser podado de esta forma se facilitará que la planta se renueva de forma natural.

f. Limpieza de la malla de tuberías de distribución y evacuación: La malla de distribución está constituida por una red de tuberías perforadas de PVC de 4 pulgada con la finalidad de permitir la salida del agua al lecho filtrante, arrastrando consigo materia orgánica lo que hace que los orificios de los drenajes se taponen y la distribución no sea uniforme, a fin de corregir este inconveniente se realizará el lavado de las tuberías utilizando chorro de agua a presión a través de las ventilas instaladas; igual procedimiento se deberá realizar a la red de evacuación.

Para realizar las actividades de limpieza de las redes de distribución y drenaje del humedal N° 1 se deberá cerrar la válvula que está instalada en esta y dejar pasar el flujo de agua al segundo humedal, y de la misma manera se la deberá realizar la limpieza al humedal N° 2.

4.4.3.7 Caseta de Cloración

Al final del humedal N° 2 se encuentra instalada la caseta de cloración donde está instalado un tanque de pvc de 250 litros el cual debe contener siempre cloro líquido y pueda ser dosificado mediante la válvula de pvc el afluente.

4.5 SEGURIDAD LABORAL

La seguridad es un elemento imprescindible que debe incorporarse a la actividad laboral, siendo una responsabilidad de todos y cada uno; por ello se debe tener en cuenta.

4.5.1 HÁBITOS PERSONALES

- Evitar tocarse la cara y los ojos cuando se trabaja con sustancias químicas, solo hacerlo después de haberse lavado las manos.
- No fumar o ingerir alimentos durante las labores de mantenimiento.
- Lavarse las manos después de cada labor.

- Mantener en todo momento la vestimenta apropiada para cada labor que se lleve a cabo.
- Cualquier accidente por mínimo que sea debe ser comunicado inmediatamente.

4.5.2 EQUIPOS DE SEGURIDAD

- Casco
- Mascarilla
- Guantes
- Botas de cuero
- Ropa apropiada

4.5.3 HERRAMIENTAS A UTILIZARSE

- Rastrillo de mango corto y lago
- Cepillo metálico
- Palas y machetes
- Baldes
- Carretilla
- Escobas
- Manguera.²⁵

4.6 RECOMENDACIONES

- Sugerir a los señores técnicos que se encuentran en el área de desangrado de ganado, de impedir en lo mayor posible que la sangre penetre en el sistema de drenaje ya que es sumamente putrescente y difícil de eliminar en el tratamiento de aguas residuales.
- Mediante tuberías conducir el agua que se genera en el área de faenamiento de porcino hacia el sistema de tratamiento para evitar el vertido directo al río.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Actualmente en la planta tratamiento de aguas residuales del Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana, se evidencia que algunas unidades del sistema no están en funcionamiento como: el sistema de oxigenación, las compoteras y el primer humedal; el decantador de sólidos gruesos y el segundo humedal presentan deficiencia en el tratamiento para lo cual fue diseñada.
- Los análisis realizados al agua residual del Centro de Faenamiento antes y después del sistema de tratamiento, presentan una disminución de concentraciones pero no garantiza que todos los procesos de tratamiento sean eficiente, ya que los resultados en la descarga presentan: Color Real 516,5 PtCo; DQO de 350,87 mg/L; Hierro Total de 12,46 mg/L; Sólidos Totales Suspendidos de 128,17 mg/L; Sólidos Sedimentables de 2,33 mg/L y $2,01 \times 10^6$ de Coliformes Fecales; datos que no cumplen con la normativa vigente TULSMA, para la descarga de un agua residual a un cuerpo de agua dulce.

- Los puntos críticos que presenta el sistema de tratamiento son; el decantador de sólidos gruesos por el exceso de sólidos que son causantes del taponamiento de las tuberías; el primer y segundo humedal artificial, mismos que fueron verificados con el diagnóstico técnico que se realizó a la planta de tratamiento.
- El análisis del estado de la planta estableció el desarrollo de dos procesos de mejora: el primero corresponde el dimensionamiento de un sistema de rejilla fina de limpieza manual de 0.51 m de largo y 0,4 m de ancho, con 17 barras metálicas, 0.9 cm de espesor y una separación entre ellas de 1,5 cm para la retención de sólidos, la misma que se será ubicada antes de la primera caja de revisión que presenta el sistema de tratamiento. Y la segunda consiste en el cambio del material filtrante de los humedales horizontal de flujo subsuperficial, mismas que serán colocadas en orden ascendente con las siguientes características: las dos primeras capas serán de 20 cm de grava de 25 y 15 mm de diámetro respectivamente, y la tercera capa de 30 cm de grava de 5 mm de diámetro para el primer humedal; y para el segundo humedal: las dos primeras capas serán de 15 cm de grava de 25 y 15 mm de diámetro respectivamente, y la tercera capa de 40 cm de arena, con la finalidad de mejorar la calidad del agua en el efluente.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es importante considerar que las acciones relacionadas con la preservación del ambiente sean tomadas con responsabilidad e importancia, por tanto se recomienda con el fin de mejorar el nivel de vida de la población, minimizar los impactos ambientales y cuidar el recurso hídrico (río Chambira).
- Usar detergentes biodegradables en lugar de detergentes químicos para disminuir las concentraciones de demanda química de oxígeno en el afluente.

- Poner en práctica las respectivas manual de procedimiento para un funcionamiento apropiado del sistema de tratamiento, garantizando así el vertimiento del efluente.
- El material que salga de los humedales artificiales se puede utilizar para construcción o en los mismos humedales, previo a un lavado de los materiales y así minimizar gastos.
- Es necesario realizar un monitoreo mensual de los parámetros más sobresalientes o los mismos que fueron tomados por el estudio de investigación (Color Real ; DQO; Hierro Total; Sólidos Totales Suspendidos; Sólidos Sedimentables y Coliformes Fecales), mismos que demostraran la calidad del agua que será descarga al río Chambira.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO VI

6 BIBLIOGRAFÍA

- (1) **CRITES, R., Y TCHOBANOGLIOUS, G.**, Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., Bogotá-Colombia., McGraw-Hill., 2000., Pp. 42,43.
- (2) **DELGADILLO, O., Y OTROS.**, Depuración de Aguas Residuales por Medio de Humedales Artificiales., Cochabamba-Bolivia., 2010., Pp. 9, 10, 38, 53, 55, 56.
- (3) **MONZÓN, I., Y OTROS.**, Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental., V.4., 1a. ed., Madrid-España., Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos., 2001., .Pp. 365-367, 387, 388, 405, 515, 517-519, 536.

- (4) **MORALES, G.**, Tendencias de la Investigación en Ingeniería Ambiental., 1a. ed., Medellín-Colombia., Gladis Estela Morales., 2009., Pp. 81-83.
- (5) **ROMERO, J.**, Calidad del Agua., 1a. ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2002., Pp. 67, 69, 71-74, 156-158, 160.
- (6) **SAINZ, J.**, Tecnologías para la Sostenibilidad: Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales., 1a. ed., Madrid-España., Fundación EOI Gregorio del Amo., 2005., Pp. 34, 43, 45, 46.
- (7) **SEOÁNEZ, M.**, Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano., Madrid-España., Mundi Prensa., 2000., Pp. 57, 58, 86.
- (8) **ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE.,** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente., Libro VI- Tabla 12., Limites de descarga a un cuerpo de Agua dulce., Quito-Ecuador., TULSMA., 2003., Pp. 330 - 333
- (9) **ESPAÑA., APHA-AWWA-WPCF.,** Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales., 17a. ed., Madrid-España., Díaz de Santos, S.A., 1992., Pp. 3, 4, 6, 14, 17-19, 58-60, 90-94, 120,121.
- (10) **LÓPEZ, J.**, Evaluación de la Eficiencia de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente y Manto de Lodos UASB para el Tratamiento de Aguas Residuales-Escala Laboratorio., Colegio de Ciencias e Ingeniería., Ingeniería Química.,

Universidad San Francisco de Quito., Quito-Ecuador.,
TESIS., 2011., Pp. 12.

**(11) AGUAS RESIDUALES Y TRATAMIENTO DE EFLUENTES
CLOACALES.**

http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf

2012-08-27

(12) CARACTERIZACIÓN AGUA RESIDUAL.

http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/U3C3S6.htm#Anchor9

2013-03-16

**(13) ESTUDIO DE TRATABILIDAD BIOLÓGICA DE AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS.**

http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitio_congreso_2011/papers/V3.pdf

2012-10-04

**(14) FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL.**

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hamenken_aam/capitulo2.pdf

2013-03-20

**(15) GUÍA PRÁCTICA DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y
EXPLOTACIÓN DE HUMEDALES DE FLUJO
SUBSUPERFICIAL.**

http://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/2474/1/JGarcia_and_ACorzo.pdf

2013-06-29

(16) IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO.

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap10.pdf>
2013-07-20

(17) MANUAL DE GESTIÓN.

https://www.eseia.cl/archivos/Anexo_1_Manual_Operacion_PTAS_Cachagua.pdf
2013-07-20

(18) MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE ACUEDUCTO.

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap10.pdf>
2013-07-20

(19) MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.

<http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/disenoinfo/6/1.htm>
2013-07-20

(20) REDISEÑO O REINGENIERÍA.

<http://administracion.azc.uam.mx/descargas/revistagye/rv16/rev16art04.pdf>
2013-06-29

(21) SISTEMA DE CAPTACIÓN DE RESIDUOS.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/manilla_1_m/capitulo6.pdf

2013-03-11

(22) TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/residuales/residuales.htm>

2012-08-29

(23) TRATAMIENTO DE AGUAS.

<http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/aguas.htm>

2012-10-03

(24) TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

<http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/620/1/BVCI0000570.pdf>

2013-03-15

(25) TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR HUMEDALES

<http://www.agropecuariosegovia.com/2Documentacion.pdf>

2013-06-29

ANEXOS

ANEXO 1. ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA



(a) Área de corrales y faenamiento



(b) Caja Revisión



(c) Cajón Recolector de aguas



(d) Decantador (proceso de digestión anaerobia)



(e) Humedal 1 sin funcionamiento por el taponamiento de tubería.



(f) Desbordamiento del agua del segundo humedal



(g) Exceso de tierra en las cuentas perimetrales

ANEXO 2. DESCARGA DIRECTA DEL AGUA DE FAENAMIENTO DE PORCINO AL RÍO CHAMBIRA



ANEXO 3. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES



Toma de muestras de Agua en la Captación



Toma de muestras de Agua en la Entrada y Salida del Digestor



Toma de muestras de Agua en la Descarga



Muestras tomadas para enviar al laboratorio LABSU

ANEXO 4. VISTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ACTUAL - PROPUESTA

ANEXO 5. DETALLE DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE REJILLA

ANEXO 6. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE AR (ENTRADA PTAR)

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	INFORME DE ENSAYO N°: 72 333		
SPS: 13 - 2 365	Análisis de agua		

Coca, 16 de abril de 2013

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.

Atn: Ing. Marco Baños.
Dirección: Coca.

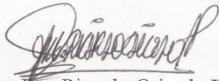
1.- Datos generales:

Recogidas por.....Sr. Luis Grefa.
 Fecha hora de toma de muestra.....2 013 04 06 04:15.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio2 013 04 06 08:59.
 Fecha del análisis.....2 013 04 06 a 2 013 04 16.
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Max. 27,0°C T. Min. 22,5°C
 Código de LabSu.....Identificación de la muestra.
 a 68 782.....Muestra de Agua Residual, entrada de planta de tratamiento.

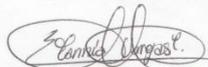
2.- Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 68 782	Límite máximo permisible	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	1185	100	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
2	*Sólidos sedimentables	ml/L	30,5	1,0	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
3	*Demanda química de oxígeno	mg/L	2 807	250	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
4	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	< 0,2	10,0	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
5	Hierro total	mg/L	3,08	10,0	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
6	Color real	PtCo	482	15	PEE-LABSU-84	HACH 8025	± 25%
7	Color aparente	PtCo	1 600	15	PEE-LABSU-84	HACH 8025	± 25%
8	Coliformes fecales	Col/100 mL	5,2x10 ⁶	< 3 000	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5 %

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Ing. Ricardo Caicedo Parra.
 DIRECTOR TECNICO




 Ing. Tannia Vargas Tierras.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: 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 OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

ANEXO 7. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE AR (SALIDA PTAR)

PRIMERA SEMANA DE MUESTREO "M1"

 <p style="text-align: center;">LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105</p> <p style="text-align: center;">AMPLIACIÓN AL INFORME DE ENSAYO N°: 68 528</p>	 <p style="text-align: center;">ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003</p>
SPS: 12 – 11 123	Análisis de agua	

Coca, 11 de enero de 2013

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baños.
Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Luis Grefa.
Fecha hora de toma de muestra 2 012 12 20 01:38.
Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 012 12 20 14:48.
Fecha del análisis 2 012 12 20 a 2 012 12 31.
Condiciones Ambientales de Análisis . T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
Código de LabSu Identificación de la muestra.
a 64 976 Muestra de Agua Residual, de la descarga de la Planta de Tratamiento.

2.- Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos sedimentables	mg/L	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
3	Sólidos totales suspendidos	mg/L	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
6	Cloro residual	mg/L	PEE-LABSU-07	SM 4500 Cl G	± 23%
7	Color real	PtCo	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
8	Cloruros	mg/L	PEE-LABSU-37	SM 4500-Cl- B	± 3%
9	Fluoruros	mg/L	PEE-LABSU-78	HACH 8029	~
10	Cianuro libre	mg/L	PEE-LABSU-36	HACH 8027	~
11	Fósforo (P-PO ₄)	mg/L	PEE-LABSU-19	SM 4500 E	~
12	Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO2 B	± 22%
13	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
14	Bario	mg/L	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
15	Cadmio	mg/L	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111 B	± 28%
16	Cobre	mg/L	PEE-LABSU-26	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
17	Cromo hexavalente	mg/L	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 B	~
18	Níquel	mg/L	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
19	Hierro total	mg/L	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
20	Mercurio	mg/L	PEE-LABSU-11	SM 3030 B, 3112 B	~
21	Manganeso total	mg/L	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
22	Arsénico	mg/L	PEE-LABSU-34	EPA 3050B, SM 3114C	± 25%
23	Aluminio	mg/L	PEE/ANCCY/74	APHA 3120 B	± 15%
24	Fenoles	mg/L	PEE-LABSU-05	EPA 4100-H16-1	± 21%
25	Hidrocarburos totales	mg/L	PEE-LABSU-10	EPA 4100	± 13%
26	Coliformes fecales	Col/100 mL	PEE-LABSU-03	SM 9222 D	± 5%



RUC: 1790161692001

Notas: 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 OAE

Página 1 de 2



VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO
 Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka
 E-mail: labsu@andinanet.net
 Coca, Provincia de Orellana - Ecuador
 Telefax: (593)06- 2881105

**AMPLIACIÓN AL INFORME
 DE ENSAYO N°: 68 528**

SPS: 12 - 11 123

Análisis de agua



ENSAYOS
 No OAE LE 2C 07-003

3.- Resultados:

Parámetros	Unidad	a 64 976	Límite máximo permisible
Potencial hidrógeno	~	7,13	5-9
*Sólidos sedimentables	ml/L	1,5	1,0
*Sólidos totales suspendidos	mg/L	99	100
*Demanda química de oxígeno	mg/L	238,00	250
*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	47,78	100
Cloro residual	mg/L	< 0,30	0,5
Cloruros	mg/L	98,40	1 000
*Color real	PtCo	208	®
*Fluoruros	mg/L	1,00	5,0
*Cianuro total	mg/L	0,020	0,1
*Fósforo (P-PO ₄)	mg/L	0,80	10
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	0,12	10,0
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	2,6	10,0
Bario	mg/L	< 0,30	2,0
Cadmio	mg/L	< 0,03	0,02
Cobre	mg/L	< 0,20	1,0
*Cromo hexavalente	mg/L	< 0,10	0,5
Níquel	mg/L	< 0,10	2,0
Hierro total	mg/L	19,84	10,0
*Mercurio	mg/L	< 0,002	0,005
Manganeso total	mg/L	1,66	2,0
Arsénico	mg/L	< 0,005	0,1
©Aluminio	mg/L	0,168	5,0
Fenoles	mg/L	< 0,05	0,2
Hidrocarburos totales	mg/L	0,08	20,0
Coliformes fecales	Col/100 mL	2,5x10 ⁵	< 3 000

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, marzo del 2003:

Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

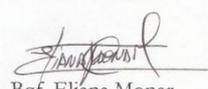
® Inapreciable en dilución 1/20.

© Parámetro subcontratado.

4.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Dr. Fabián Arias Arias
 DIRECTOR TÉCNICO



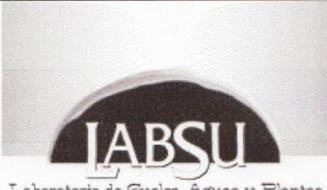

 Bqf. Eliana Monar.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: 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 OAE.

MC2201-03

Página 2 de 2

PRIMERA SEMANA DE MUESTREO "M2"

 Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105	 ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003
	AMPLIACIÓN AL INFORME DE ENSAYO N°: 68 529	
SPS: 12 – 11 123	Análisis de agua	

Coca, 11 de enero de 2013

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.

Atn: Ing. Marcos Baños.
Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Luis Grefa.
 Fecha hora de toma de muestra 2 012 12 20 04:10.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 012 12 20 14:48.
 Fecha del análisis..... 2 012 12 20 a 2 012 12 31.
 Condiciones Ambientales de Análisis ..T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
Código de LabSu..... Identificación de la muestra.
 a 64 977 Muestra de Agua Residual, de la descarga de la Planta de Tratamiento.

2.- Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos sedimentables	mg/L	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
3	Sólidos totales suspendidos	mg/L	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
6	Cloro residual	mg/L	PEE-LABSU-07	SM 4500 Cl G	± 23%
7	Color real	PtCo	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
8	Cloruros	mg/L	PEE-LABSU-37	SM 4500-Cl- B	± 3 %
9	Fluoruros	mg/L	PEE-LABSU-78	HACH 8029	~
10	Cianuro libre	mg/L	PEE-LABSU-36	HACH 8027	~
11	Fósforo (P-PO ₄)	mg/L	PEE-LABSU-19	SM 4500 E	~
12	Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO2 B	± 22%
13	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
14	Bario	mg/L	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
15	Cadmio	mg/L	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111 B	± 28%
16	Cobre	mg/L	PEE-LABSU-26	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
17	Cromo hexavalente	mg/L	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 B	~
18	Níquel	mg/L	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
19	Hierro total	mg/L	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
20	Mercurio	mg/L	PEE-LABSU-11	SM 3030 B, 3112 B	~
21	Manganeso total	mg/L	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
22	Arsénico	mg/L	PEE-LABSU-34	EPA 3050B, SM 3114C	± 25%
23	Aluminio	mg/L	PEE/ANCCY/74	APHA 3120 B	± 15%
24	Fenoles	mg/L	PEE-LABSU-05	DIN 38409, EPA 418.1	± 21%
25	Hidrocarburos totales	mg/L	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 13%
26	Coliformes fecales	Col/100 mL	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%



Notas: 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 OAE

MC2201-03

Página 1 de 2



VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO
 Fray P. de Villarquemade S/N y Av. Labaka
 E-mail: labsu@andinanet.net
 Coca, Provincia de Orellana - Ecuador
 Telefax:(593)06- 2881105

**AMPLIACIÓN AL INFORME
 DE ENSAYO N°: 68 529**

SPS: 12 - 11 123

Análisis de agua



ENSAYOS
 No OAE LE 2C 07-003

3.- Resultados:

Parámetros	Unidad	a 64 977	Límite máximo permisible
Potencial hidrógeno	~	7,07	5-9
*Sólidos sedimentables	ml/L	2,5	1,0
*Sólidos totales suspendidos	mg/L	92	100
*Demanda química de oxígeno	mg/L	278,88	250
*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	51,29	100
Cloro residual	mg/L	< 0,30	0,5
Cloruros	mg/L	84,92	1 000
*Color real	PtCo	563	®
*Fluoruros	mg/L	1,06	5,0
*Cianuro total	mg/L	0,022	0,1
*Fósforo (P-PO ₄)	mg/L	1,18	10
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	< 0,10	10,0
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	2,9	10,0
Bario	mg/L	< 0,30	2,0
Cadmio	mg/L	< 0,03	0,02
Cobre	mg/L	< 0,20	1,0
*Cromo hexavalente	mg/L	< 0,10	0,5
Níquel	mg/L	< 0,10	2,0
Hierro total	mg/L	23,64	10,0
*Mercurio	mg/L	< 0,002	0,005
Manganeso total	mg/L	1,61	2,0
Arsénico	mg/L	< 0,005	0,1
©Aluminio	mg/L	0,205	5,0
Fenoles	mg/L	< 0,05	0,2
Hidrocarburos totales	mg/L	0,09	20,0
Coliformes fecales	Col/100 mL	2x10 ⁵	< 3 000

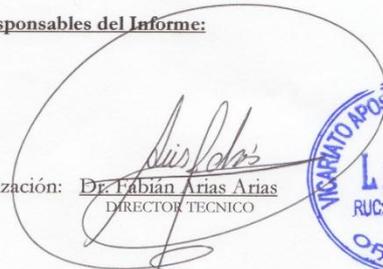
Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, marzo del 2003:

Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

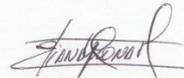
® Inapreciable en dilución 1/20.

© Parámetro subcontratado.

4.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Dr. Fabián Arias Arias
 DIRECTOR TÉCNICO



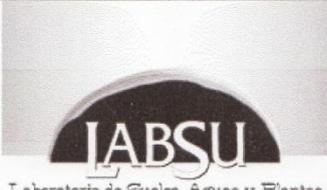

 Bqf. Eliana Monar.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: 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 OAE

MC2201-03

Página 2 de 2

PRIMERA SEMANA DE MUESTREO "M3"

 Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105	 ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003
	AMPLIACIÓN AL INFORME DE ENSAYO N°: 68 530	
SPS: 12 – 11 123	Análisis de agua	

Coca, 11 de enero de 2013

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.

Atm: Ing. Marcos Baños.
Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Luis Grefa.
 Fecha hora de toma de muestra 2 012 12 20 06:34.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 012 12 20 14:48.
 Fecha del análisis 2 012 12 20 a 2 012 12 31.
 Condiciones Ambientales de Análisis ..T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C
Código de LabSu..... Identificación de la muestra.
 a 64 978 Muestra de Agua Residual, de la descarga de la Planta de Tratamiento.

2.- Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Sólidos sedimentables	mg/L	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
3	Sólidos totales suspendidos	mg/L	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
5	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
6	Cloro residual	mg/L	PEE-LABSU-07	SM 4500 Cl G	± 23%
7	Color real	PtCo	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
8	Cloruros	mg/L	PEE-LABSU-37	SM 4500-Cl- B	± 3%
9	Fluoruros	mg/L	PEE-LABSU-78	HACH 8029	~
10	Cianuro libre	mg/L	PEE-LABSU-36	HACH 8027	~
11	Fósforo (P-PO ₄)	mg/L	PEE-LABSU-19	SM 4500 E	~
12	Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO2 B	± 22%
13	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
14	Bario	mg/L	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
15	Cadmio	mg/L	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111 B	± 28%
16	Cobre	mg/L	PEE-LABSU-26	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
17	Cromo hexavalente	mg/L	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 B	~
18	Níquel	mg/L	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
19	Hierro total	mg/L	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
20	Mercurio	mg/L	PEE-LABSU-11	SM 3030 B, 3112 B	~
21	Manganeso total	mg/L	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
22	Arsénico	mg/L	PEE-LABSU-34	EPA 3050B, SM 3114C	± 25%
23	Aluminio	mg/L	PEE/ANCCY/74	APHA 3120 B	± 15%
24	Fenoles	mg/L	PEE-LABSU-05	APHA 4100 B	± 21%
25	Hidrocarburos totales	mg/L	PEE-LABSU-10	APHA 418.1	± 13%
26	Coliformes fecales	Col/100 mL	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%



Notas: 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 OAE

MC2201-03

Página 1 de 2



VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO

Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka

E-mail: labsu@andinanet.net

Coca, Provincia de Orellana - Ecuador

Telefax: (593)06- 2881105

AMPLIACIÓN AL INFORME

DE ENSAYO N°: 68 530

SPS: 12 - 11 123

Análisis de agua



ENSAYOS
No OAE LE 2C 07-003

3.- Resultados:

Parámetros	Unidad	a 64 978	Límite máximo permisible
Potencial hidrógeno	~	6,93	5-9
*Sólidos sedimentables	mg/L	4,0	1,0
*Sólidos totales suspendidos	mg/L	108	100
*Demanda química de oxígeno	mg/L	470,29	250
*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	94,00	100
Cloro residual	mg/L	< 0,30	0,5
Cloruros	mg/L	105,14	1 000
*Color real	PtCo	741	®
*Fluoruros	mg/L	0,91	5,0
*Cianuro total	mg/L	0,052	0,1
*Fósforo (P-PO ₄)	mg/L	0,99	10
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	0,39	10,0
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	3,7	10,0
Bario	mg/L	< 0,30	2,0
Cadmio	mg/L	< 0,03	0,02
Cobre	mg/L	< 0,20	1,0
*Cromo hexavalente	mg/L	< 0,10	0,5
Níquel	mg/L	< 0,10	2,0
Hierro total	mg/L	16,81	10,0
*Mercurio	mg/L	< 0,002	0,005
Manganeso total	mg/L	1,23	2,0
Arsénico	mg/L	< 0,005	0,1
©Aluminio	mg/L	0,323	5,0
Fenoles	mg/L	< 0,05	0,2
Hidrocarburos totales	mg/L	0,08	20,0
Coliformes fecales	Col/100 mL	1x10 ⁶	< 3 000

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, marzo del 2003:

Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

® Inapreciable en dilución 1/20.

© Parámetro subcontratado.

4.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Dr. Fabián Arias Arias
DIRECTOR TÉCNICO




Bqf. Eliana Monar.
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: 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 OAE

MC2201-03

Página 2 de 2

SEGUNDA SEMANA DE MUESTREO "M1"

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 06- 2881105		TRABAJAMOS CON UN SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD ACORDE A LA NORMA ISO/IEC 17025:2005
	INFORME DE ENSAYO N°: 68 895		
SPS: 13 - 0 209		Análisis de agua	

Coca, 18 de enero de 2013

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.

Atn: Ing. Marcos Baño.
Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Luis Grefa.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 01 09 02:10.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 01 09 10:32.
 Fecha del análisis 2 013 01 09 a 2 013 01 19.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 a 65 667 Muestra de Agua Residual. En la descarga de la Planta de Tratamiento Camal.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 65 667	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Color real	PtCo	559	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
2	*Demanda química de oxígeno	mg/L	314,10	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
3	*Hierro total	mg/L	5,90	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	~
4	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	106,00	PEE-LABSU-56	SM 2540D	~
5	*Sólidos sedimentables	ml/L	< 0,50	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
6	Nitratos (NO ₃)	mg/L	0,40	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	2,0X 10 ⁶	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Ing. Armando Meléndrez
DIRECTOR TECNICO




Bqf. Eliana Monar Luna
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: 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 OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

SEGUNDA SEMANA DE MUESTREO "M2"

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		TRABAJAMOS CON UN SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD ACORDE A LA NORMA ISO/IEC 17025:2005
	INFORME DE ENSAYO N°: 68 896		
SPS: 13 - 0 209		Análisis de agua	

Coca, 18 de enero de 2013

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.

Atn: Ing. Marcos Baño.
Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Luis Grefa.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 01 09 04:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 01 09 10:32.
 Fecha del análisis 2 013 01 09 a 2 013 01 19.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 a 65 668 Muestra de Agua Residual. En la descarga de la Planta de Tratamiento Camal.

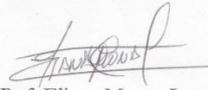
2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 65 668*	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Color real	PtCo	544	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
2	*Demanda química de oxígeno	mg/L	357,25	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
3	*Hierro total	mg/L	4,52	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	~
4	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	174,00	PEE-LABSU-56	SM 2540D	~
5	*Sólidos sedimentables	ml/L	2,50	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
6	Nitratos (NO ₃)	mg/L	0,50	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	3,0x10 ⁶	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Ing. Armando Meléndrez
DIRECTOR TÉCNICO




Bqf. Eliana Monar Luna
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: 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 OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

SEGUNDA SEMANA DE MUESTREO "M3"

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		TRABAJAMOS CON UN SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD ACORDE A LA NORMA ISO/IEC 17025:2005
	INFORME DE ENSAYO N°: 68 897		
SPS: 13 – 0 209		Análisis de agua	

Coca, 18 de enero de 2013

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.

Atn: Ing. Marcos Baño.
Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Sr. Luis Grefa.
 Fecha hora de toma de muestra 2 013 01 09 07:00.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 013 01 09 10:32.
 Fecha del análisis 2 013 01 09 a 2 013 01 19.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 a 65 669 Muestra de Agua Residual. En la descarga de la Planta de Tratamiento Camal.

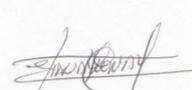
2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 65 669	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Color real	PtCo	484	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
2	*Demanda química de oxígeno	mg/L	446,70	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
3	*Hierro total	mg/L	4,06	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	~
4	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	190,00	PEE-LABSU-56	SM 2540D	~
5	*Sólidos sedimentables	ml/L	3,50	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
6	Nitratos (NO ₃)	mg/L	0,70	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	5,6x 10 ⁶	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Ing. Armando Meléndrez
DIRECTOR TÉCNICO




Bqf. Eliana Monar Luna
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: 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 OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

ANEXO 8. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AR (DIGESTOR)

ENTRADA DEL DIGESTOR

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 1310
ST: 13 – 665 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FRANCISCO DE ORELLANA
Ata: NA
Dirección: Orellana / Francisco De Orellana / Napo 11-05 Y Uquillas
FECHA: 19 de Julio del 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 07 / 11– 17:30
FECHA DE MUESTREO: 2013 / 07 / 09 03:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 07 / 11- 2013 / 07 / 19
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 2152-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: T1
PUNTO DE MUESTREO: Entrada al proceso de digestión del camal municipal.
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico-Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Personal de calidad Ambiente
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (I=2)
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 E	mg/L	2,18	-	±9%
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	1450	-	±15%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	2834	-	±3%
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	120	-	±1%
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H' B	Unidades de pH	6,82	-	±0,10
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	1060	-	±11%
Conductividad Eléctrica	PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B	µS/ cm	2162	-	±5%
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O G	mg/L	< 1	-	-

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los parámetros con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME:

<u>Dr. Mauricio Alvarez</u> RESPONSABLE TÉCNICO	<u>Ing. Marcela Erazo</u> JEFE DE LABORATORIO
---	---

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 1
Edición 2

MC01-14

SALIDA DEL DIGESTOR

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC</p>	<p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>																																																																		
<p>INFORME DE ENSAYO No: 1310 ST: 13 - 665 ANÁLISIS DE AGUAS Nombre Peticionario: GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FRANCISCO DE ORELLANA Atn: NA Dirección: Orellana / Francisco De Orellana / Napo 11-05 Y Uquillas FECHA: 19 de Julio del 2013 NUMERO DE MUESTRAS: 1 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 07 / 11- 17:30 FECHA DE MUESTREO: 2013 / 07 / 09 03:15 FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 07 / 11- 2013 / 07 / 19 TIPO DE MUESTRA: Agua residual CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 2153-13 CÓDIGO DE LA EMPRESA: T2 PUNTO DE MUESTREO: Salida del proceso de digestión del camal municipal ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico-Microbiológico PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Personal de calidad Ambiente CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C</p>																																																																				
<p>RESULTADOS ANALÍTICOS:</p>																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <th>MÉTODO /NORMA</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> <th>VALOR LÍMITE PERMISIBLE</th> <th>INCERTIDUMBRE (k=2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hierro</td> <td>PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 E</td> <td>mg/L</td> <td>2,62</td> <td>-</td> <td>±9%</td> </tr> <tr> <td>Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)</td> <td>PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B</td> <td>mg/L</td> <td>384</td> <td>-</td> <td>±20%</td> </tr> <tr> <td>Demanda Química de Oxígeno</td> <td>PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D</td> <td>mg/L</td> <td>800</td> <td>-</td> <td>±3%</td> </tr> <tr> <td>Coliformes Totales</td> <td>PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B</td> <td>UFC/100ml</td> <td>>1*10⁸</td> <td>-</td> <td>±20%</td> </tr> <tr> <td>Coliformes Fecales</td> <td>PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221</td> <td>UFC/100ml</td> <td>>1*10⁸</td> <td>-</td> <td>±20%</td> </tr> <tr> <td>Grasas y Aceites</td> <td>PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B</td> <td>mg/L</td> <td>51,2</td> <td>-</td> <td>±3%</td> </tr> <tr> <td>Potencial de Hidrógeno</td> <td>PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H'B</td> <td>Unidades de pH</td> <td>6,88</td> <td>-</td> <td>±0,10</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Totales Disueltos</td> <td>PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C</td> <td>mg/L</td> <td>588</td> <td>-</td> <td>±11%</td> </tr> <tr> <td>Conductividad Eléctrica</td> <td>PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B</td> <td>µS/ cm</td> <td>1197</td> <td>-</td> <td>±5%</td> </tr> <tr> <td>*Oxígeno disuelto</td> <td>PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O G</td> <td>mg/L</td> <td>< 1</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>			PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)	Hierro	PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 E	mg/L	2,62	-	±9%	Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	384	-	±20%	Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	800	-	±3%	Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%	Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%	Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	51,2	-	±3%	Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H'B	Unidades de pH	6,88	-	±0,10	Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	588	-	±11%	Conductividad Eléctrica	PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B	µS/ cm	1197	-	±5%	*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O G	mg/L	< 1	-	-
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)																																																															
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 E	mg/L	2,62	-	±9%																																																															
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	384	-	±20%																																																															
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	800	-	±3%																																																															
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%																																																															
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221	UFC/100ml	>1*10 ⁸	-	±20%																																																															
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	51,2	-	±3%																																																															
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H'B	Unidades de pH	6,88	-	±0,10																																																															
Sólidos Totales Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	588	-	±11%																																																															
Conductividad Eléctrica	PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B	µS/ cm	1197	-	±5%																																																															
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 APHA 4500-O G	mg/L	< 1	-	-																																																															
<p>OBSERVACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muestra transportada en refrigeración. • Los parámetros con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE 																																																																				
<p>RESPONSABLES DEL INFORME:</p>																																																																				
<p>Dr. Mauricio Alvarez RESPONSABLE TÉCNICO</p>	<p>Ing. Marcela Erazo JEFE DE LABORATORIO</p>																																																																			
<p>Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados MC01-14</p>		<p>Página 1 de 1 Edición 2</p>																																																																		

ANEXO 9. COTIZACIÓN DE LOS MATERIALES A UTILIZARSE EN LOS HUMEDALES



COOPERATIVA DE VOLQUETE PUERTO ORELLANA

Aprobado Mediante Acuerdo Ministerial N° 0160 el 4 de Abril del 1997
Registro DNC.5970 R.U.C. 1590017457001

Francisco de Orellana, 13 de agosto de 2013

COTIZACIÓN

Por medio del presente me es grato poner en su conocimiento los costos correspondientes al servicio de transporte de material pétreo, trabajo por horas, materiales, etc mismos que detallo a continuación.

DESCRIPCION	TIPO VOLQUETA	VALOR
- MATERIAL RIPIO	2 MULA	580
- MATERIAL LASTRE	1 MULA	140
VALOR TOTAL		720

Para resolver cualquier inquietud favor comunicarse al teléfono
2880-958.Cel.097800729
Mail. Copeorellana@yahoo.com



Atentamente,

Sr. ELVIS MERA
GERENTE GENERAL
COOP. "PUERTO ORELLANA"