



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

**“DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIÓN Y PLAN DE  
GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS PARA LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,  
MACAS, MORONA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Presentado para optar por el grado académico de:  
**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: RIVERA CHALCO GIANINA MIREYA**  
**TUTORA: ING. CARRILLO MORENO ELSA MARIELA MSC.**

Macas-Ecuador

2018

**©2018, Gianina Mireya Rivera Chalco**

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

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

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: “DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIÓN Y PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MACAS, MORONA”, de responsabilidad de la estudiante Gianina Mireya Rivera Chalco, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Elsa Carrillo Moreno

**DIRECTORA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dra. Janeth Jara Samaniego

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Yo, Gianina Mireya Rivera Chalco soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**Gianina Mireya Rivera Chalco**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

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

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

Macas, 23 de febrero del 2018.

**Gianina Mireya Rivera Chalco**

**C.I 140118847-7**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación y el esfuerzo que éste ha conllevado va dedicado a las personas extraordinarias que aportan día a día en mi vida.

A las personas que hacen que el mundo sea un lugar maravilloso, mi esposo David y mi pequeña Annabeth. Este viaje no ha sido fácil, pero ustedes han sido mi motivación, mi bastón, mi fuerza, gracias por llenar nuestro hogar de amor y alegría.

A mis amados padres Eduardo Rivera y Blanca Chalco, quienes siempre me motivaron y me brindaron su apoyo, sin su ayuda el culmen de este proyecto no hubiera sido posible, gracias, por tanto.

A mis hermanos Andrea, Vanessa y Josué quienes me alentaron en los momentos de debilidad y me brindaron su amor cuando más lo necesitaba, gracias por confiar en mí. Josué mi gran pequeño gracias por toda tu ayuda.

Este logro es nuestro, mi esfuerzo es inspirado en ustedes. Los amo con el alma.

***Gianina***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de formarme académicamente, por darme la sabiduría y fortaleza para vencer cada adversidad y lograr culminar una etapa de mi formación profesional.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme ser parte de tan noble institución, y a cada uno de los docentes que guiaron mi formación académica y que de la mejor manera compartieron sus conocimientos y sabiduría.

A la Ingeniera Elsa Carrillo por su tiempo, colaboración y asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo de titulación, gracias infinitas.

A la Doctora Janeth Jara por el apoyo y aporte brindado para la elaboración de este trabajo.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Morona, en especial a la Dirección de Gestión de Agua potable y Alcantarillado por brindarme las facilidades para el desarrollo de mi trabajo de titulación.

A mis padres por su amor, por su paciencia, por su comprensión, y a la Familia Andrade Mendoza por brindarme su apoyo incondicional durante todo el proceso de formación personal y académica, gracias de todo corazón.

De manera especial y con mucho cariño agradezco a la persona que es el motor de mi vida, quien me impulsa a ser mejor cada día, mi compañero de lucha, mi amado esposo, David.

A familiares y amigos quienes de alguna u otra manera formaron parte de esta importante etapa en mi vida y que con sus palabras me alentaron para hacer posible este logro académico, a todos y cada uno de ustedes, muchas gracias.

*Gianina*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xxii
SUMMARY .....	xxiii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Aguas residuales.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.1. Aguas residuales urbanas .....</b>	<b>4</b>
<i>1.1.1.1. Composición de aguas residuales urbanas .....</i>	<i>4</i>
<b>1.1.2. Caracterización de aguas residuales.....</b>	<b>6</b>
<i>1.1.2.1. Monitoreo de aguas residuales.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2.2. Características de aguas residuales urbanas .....</i>	<i>8</i>
<b>1.1.3. Base legal para el manejo de aguas residuales.....</b>	<b>16</b>
<i>1.1.3.1. Plantas de tratamiento de aguas residuales .....</i>	<i>18</i>
<i>1.1.3.2. Gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales .....</i>	<i>22</i>
<b>1.2. Desechos sólidos.....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.1. Desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales.....</b>	<b>23</b>
<i>1.2.1.1. Clasificación de desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales .....</i>	<i>23</i>
<i>1.2.1.2. Características de desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales ..</i>	<i>24</i>
<i>1.2.1.3. Impacto de los desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales .....</i>	<i>26</i>
<b>1.2.2. Legislación para el manejo de desechos sólidos.....</b>	<b>27</b>
<i>1.2.2.1. Gestión integral de desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales.</i>	<i>30</i>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>31</b>
<b>2.1. Localización del estudio.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2. Técnicas y Métodos .....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.1. Objetivo 1 .....</b>	<b>31</b>



2.2.1.1. <i>Método</i> .....	31
<b>2.2.2. Objetivo 2</b> .....	35
2.2.2.1. <i>Método</i> .....	35
<b>2.2.3. Objetivo 3</b> .....	36
2.2.3.1. <i>Método</i> .....	37
<b>2.2.4. Objetivo 4</b> .....	37
2.2.4.1. <i>Método</i> .....	37

### **CAPÍTULO III**

<b>3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	45
<b>3.1. Caracterización del agua residual</b> .....	45
3.1.1. <i>Caracterización del afluente de la PTAR de la ciudad de Macas</i> .....	45
3.1.2. <i>Caracterización del efluente de la PTAR de la ciudad de Macas</i> .....	46
3.1.3. <i>Eficiencia de la PTAR de la ciudad de Macas</i> .....	47
<b>3.2. Identificación de las condiciones climáticas de la ciudad de Macas</b> .....	49
3.2.1. <i>Determinación del clima de la ciudad de Macas</i> .....	51
<b>3.3. Identificación de las características operacionales de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas</b> .....	51
3.3.1. <i>Unidades de tratamiento</i> .....	51
3.3.2. <i>Funcionalidad de las unidades de tratamiento</i> .....	53
3.3.3. <i>Capacidad de operación</i> .....	54
3.3.3.1. <i>Caudal de operación</i> .....	54
3.3.3.2. <i>Capacidad de remoción de carga orgánica de las lagunas facultativas</i> .....	54
3.3.3.3. <i>Capacidad de remoción de la carga microbológica de las lagunas de maduración</i> ..	54
<b>3.4. Elaboración del Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos</b> .....	54
3.4.1. <i>Caracterización de desechos sólidos de la PTAR de la ciudad de Macas</i> .....	54
3.4.1.1. <i>Generación diaria</i> .....	54
3.4.1.2. <i>Producción Per cápita</i> .....	55
3.4.1.3. <i>Densidad suelta</i> .....	56
3.4.1.4. <i>Composición gravimétrica</i> .....	56

<b>3.4.2. Evaluación de impactos ambientales</b> .....	60
3.4.2.1. <i>Valoración de impactos ambientales</i> .....	60

## **CAPÍTULO IV**

<b>4. PROPUESTA TÉCNICA</b> .....	62
<b>4.1. Manual de Operación para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Macas</b> .....	62
4.1.1. <b>Descripción</b> .....	62
4.1.2. <b>Alcance</b> .....	62
4.1.3. <b>Objetivos</b> .....	63
4.1.4. <b>Control de documentos y registros</b> .....	63
4.1.5. <b>Requerimientos de personal</b> .....	63
4.1.6. <b>Estudio técnico</b> .....	72
4.1.7. <b>Programas estratégicos</b> .....	75
4.1.7.1. <i>Programa de Puesta en Operación</i> .....	75
4.1.7.2. <i>Programa de Operación</i> .....	85
4.1.7.3. <i>Programa de Mantenimiento</i> .....	96
4.1.7.4. <i>Programa de Monitoreo y Control de Calidad del Agua</i> .....	111
<b>4.2. Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Macas</b> .....	120
4.2.1. <b>Descripción</b> .....	120
4.2.2. <b>Alcance</b> .....	120
4.2.3. <b>Objetivos</b> .....	120
4.2.4. <b>Control de Documentos y Registros</b> .....	121
4.2.5. <b>Responsabilidades</b> .....	121
4.2.6. <b>Estudio Técnico</b> .....	123
4.2.6.1. <i>Información del Establecimiento</i> .....	123
4.2.6.2. <i>Representante Legal</i> .....	123
4.2.6.3. <i>Responsable de la gestión de desechos sólidos</i> .....	123
4.2.6.4. <i>Tipo de establecimiento</i> .....	123

4.2.6.5. <i>Personal</i> .....	123
4.2.6.6. <i>Diagnostico actual de la Gestión Integral de Desechos Sólidos</i> .....	124
<b>4.2.7. Estructura del Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos</b> .....	<b>124</b>
4.2.7.1. <i>Plan de Capacitación</i> .....	124
4.2.7.2. <i>Plan de Prevención y Mitigación de Impactos</i> .....	127
4.2.7.3. <i>Plan de Manejo de Desechos Sólidos</i> .....	129
4.2.7.4. <i>Plan de Salud y Seguridad Ocupacional</i> .....	135
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>139</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	17
<b>Tabla 2-1:</b> Eficiencia de remoción de lagunas de estabilización .....	22
<b>Tabla 3-1:</b> Vectores y enfermedades asociadas al manejo inadecuado de residuos sólidos .....	26
<b>Tabla 1-2:</b> Puntos de muestreo-PTAR de la ciudad de Macas .....	32
<b>Tabla 2-2:</b> Métodos empleados en el análisis de aguas residuales.....	34
<b>Tabla 3-2:</b> Rango de caudales de operación en canales Parshall .....	36
<b>Tabla 4-2:</b> Zonificación de las áreas de muestreo de la PTAR de la ciudad de Macas.....	38
<b>Tabla 5-2:</b> Aspectos ambientales de la PTAR de la ciudad de Macas .....	43
<b>Tabla 6-2:</b> Criterios de Conesa para la valoración de impactos ambientales.....	44
<b>Tabla 7-2:</b> Clasificación de impacto ambiental.....	44
<b>Tabla 1-3:</b> Valores promedios del afluente de la PTAR de la ciudad de Macas.....	45
<b>Tabla 2-3:</b> Valores promedios del efluente de la PTAR de la ciudad de Macas.....	47
<b>Tabla 3-3:</b> Rendimiento de la PTAR expresado en porcentajes de remoción.....	48
<b>Tabla 4-3:</b> Funcionalidad de las unidades de la planta tratamiento .....	53
<b>Tabla 5-3:</b> Generación diaria de desechos sólidos en la PTAR de Macas .....	55
<b>Tabla 6-3:</b> Densidad suelta de desechos sólidos de la PTAR de Macas .....	56
<b>Tabla 7-3:</b> Composición gravimétrica Zona 1 .....	57
<b>Tabla 8-3:</b> Composición gravimétrica Zona 2 .....	57
<b>Tabla 9-3:</b> Composición gravimétrica Zona 3 .....	58
<b>Tabla 10-3:</b> Composición gravimétrica Zona 4 .....	59
<b>Tabla 11-3:</b> Matriz de evaluación de impactos ambientales .....	60
<b>Tabla 12-3:</b> Identificación de impactos ambientales significativos .....	61
<b>Tabla 1-4:</b> Personal necesario para la operación y mantenimiento de PTAR de la ciudad de Macas .....	64
<b>Tabla 2-4:</b> Requerimientos administrativos del jefe de planta.....	70
<b>Tabla 3-4:</b> Requerimientos administrativos del personal de laboratorio.....	70
<b>Tabla 4-4:</b> Requerimientos administrativos del personal operativo.....	71
<b>Tabla 5-4:</b> Requerimientos administrativos del personal auxiliar.....	71
<b>Tabla 6-4:</b> Caudales de diseño de la PTAR de la ciudad de Macas .....	75
<b>Tabla 7-4:</b> Lista de chequeo para Puesta en Operación de la PTAR de la ciudad de Macas .....	80
<b>Tabla 8-4:</b> Lista de chequeo para Puesta en Operación del tanque de quietamiento.....	80
<b>Tabla 9-4:</b> Lista de chequeo para Puesta en Operación de cribas I y cribas II.....	81
<b>Tabla 10-4:</b> Lista de chequeo para la Puesta en Operación del vertedero de alivio.....	82
<b>Tabla 11-4:</b> Lista de chequeo para la Puesta en Operación del desarenador .....	82

<b>Tabla 12-4:</b> Lista de chequeo para la Puesta en Operación de la canaleta parshall .....	83
<b>Tabla 13-4:</b> Lista de Chequeo para la Puesta en Operación del tanque repartidor de caudales .	84
<b>Tabla 14-4:</b> Lista de Chequeo para la Puesta en Operación de las lagunas facultativas y de maduración.....	84
<b>Tabla 15-4:</b> Registro de Parada de Emergencia .....	91
<b>Tabla 16-4:</b> Control del nivel de depósitos en el desarenador .....	91
<b>Tabla 17-4:</b> Valoración de caudales-Canaleta parshall.....	92
<b>Tabla 18-4:</b> Registro de medición de caudal.....	93
<b>Tabla 19-4:</b> Registro de observaciones-lagunas facultativas .....	93
<b>Tabla 20-4:</b> Registro de observaciones-lagunas de maduración .....	94
<b>Tabla 21-4:</b> Frecuencia de Actividades de Mantenimiento de la PTAR de la ciudad de Macas .....	103
<b>Tabla 22-4:</b> Registro de lavado del tanque de aquietamiento .....	104
<b>Tabla 23-4:</b> Registro de remoción de sedimentos del tanque de aquietamiento .....	105
<b>Tabla 24-4:</b> Registro de mantenimiento de la escotilla del tanque de aquietamiento .....	105
<b>Tabla 25-4:</b> Registro de remoción de solidos de las cribas .....	105
<b>Tabla 26-4:</b> Registro de mantenimiento del vertedero de alivio .....	106
<b>Tabla 27-4:</b> Registro del mantenimiento del desarenador.....	106
<b>Tabla 28-4:</b> Registro de mantenimiento de la canaleta parshall.....	107
<b>Tabla 29-4:</b> Registro de mantenimiento del tanque repartidor de caudales .....	107
<b>Tabla 30-4:</b> Registro de remoción de natas y sólidos en Lagunas facultativas.....	108
<b>Tabla 31-4:</b> Registro de mantenimiento de lagunas facultativas-Remoción de lodos y sedimentos de fondo de laguna .....	108
<b>Tabla 32-4:</b> Registro de mantenimiento de lagunas de maduración-Remoción de natas y sólidos .....	110
<b>Tabla 33-4:</b> Zonas de muestreo de la PTAR de la ciudad de Macas.....	112
<b>Tabla 34-4:</b> Importancia de parámetros de campo .....	114
<b>Tabla 35-4:</b> Importancia de parámetros analizados en laboratorio .....	115
<b>Tabla 36-4:</b> Frecuencia de análisis de campo y laboratorio.....	117
<b>Tabla 37-4:</b> Ficha de muestreo-PTAR de la ciudad de Macas.....	118
<b>Tabla 38-4:</b> Registro de resultados-Parámetros in situ .....	119
<b>Tabla 39-4:</b> Registro de resultados de análisis de laboratorio.....	119
<b>Tabla 40-4:</b> Registro de asistencia a capacitaciones .....	126
<b>Tabla 41-4:</b> Evaluación de desempeño .....	126
<b>Tabla 42-4:</b> Ubicación de estaciones de desechos sólidos .....	130
<b>Tabla 43-4:</b> Clasificación de desechos sólidos comunes .....	131
<b>Tabla 44-4:</b> Clasificación de desechos sólidos especiales y peligrosos .....	131

<b>Tabla 45-4:</b> Clasificación de desechos en la estación de transferencia.....	133
<b>Tabla 46-4:</b> Registro de desechos generados en la PTAR de la ciudad de Macas.....	134
<b>Tabla 47-4:</b> Ubicación de señaléticas en la PTAR de la ciudad de Macas .....	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Procedimiento-Método de cuarteo de desechos sólidos.....	41
<b>Figura 1-3:</b> Diagrama de tratamiento de la PTAR de la ciudad de Macas.....	52
<b>Figura 1-4:</b> Organigrama y estructura organizativa de la PTAR de la ciudad de Macas.....	64
<b>Figura 2-4:</b> Diagrama de flujo para la puesta en operación de la PTAR .....	79
<b>Figura 3-4:</b> Diagrama de muestreo-Lagunas facultativas .....	113
<b>Figura 4-4:</b> Diagrama de muestreo-Lagunas de maduración.....	113
<b>Figura 5-4:</b> Clasificación de los parámetros de valoración de la calidad del agua. ....	114

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1-3:</b> Distribución mensual de la velocidad del viento.....	49
<b>Gráfica 2-3:</b> Distribución mensual de la temperatura ambiental .....	50
<b>Gráfica 3-3:</b> Distribución mensual de las precipitaciones .....	50
<b>Gráfica 4-3:</b> Composición gravimétrica Zona 1 .....	57
<b>Gráfica 5-4:</b> Composición gravimétrica Zona 2 .....	58
<b>Gráfica 6-3:</b> Composición gravimétrica Zona 3 .....	58
<b>Gráfica 7-3:</b> Composición gravimétrica Zona 4 .....	59



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1-4:</b> Ubicación de la PTAR de la ciudad de Macas .....	72
---	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO A:** Resultados de análisis físico-químicos y microbiológicos de la PTAR de Macas

**ANEXO B:** Registros históricos de factores climáticos de la ciudad de Macas

**ANEXO C:** Entrevista realizada para la recolección de información de la PTAR de la ciudad de  
Macas

**ANEXO D:** Formulario empleado para la determinación del caudal

**ANEXO E:** Entrevista realizada para la recolección de información referente a la gestión  
integral de desechos sólidos de la PTAR de Macas.

**ANEXO F:** Formulario empleado para la determinación de la cantidad de desechos sólidos

**ANEXO G:** Formulario empleado para la determinación de generación diaria de desechos  
sólidos

**ANEXO H:** Formulario empleado para la determinación de la densidad de desechos sólidos

**ANEXO I:** Formulario empleado para la determinación de la composición física de desechos  
sólidos

**ANEXO J:** Matriz de evaluación de impactos ambientales

**ANEXO K:** Fotografías

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-2</b>	Caudal de operación.....	36
<b>Ecuación 2-2</b>	Generación diaria por área .....	39
<b>Ecuación 3-2</b>	Generación total de la planta.....	39
<b>Ecuación 4-2</b>	Producción Per Cápita.....	40
<b>Ecuación 5-2</b>	Volumen suelto .....	40
<b>Ecuación 6-2</b>	Área del recipiente .....	40
<b>Ecuación 7-2</b>	Densidad suelta .....	41
<b>Ecuación 8-2</b>	Composición gravimétrica .....	42

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área de la laguna
Ab	Área de la base del recipiente
AC	Acumulación del impacto
Afa	Clima Tropical Ecuatorial
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfato de plata
A <sub>n</sub>	Acciones impactantes
APHA	American Public Health Association
C	Impacto Crítico
C.R.E.T.I.B	Corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso.
CI	Carácter del impacto
CIU	Código Internacional Industrial Uniforme
CLI	Clasificación del impacto
cm	Centímetros
CO	Impacto Compatible
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COIP	Código Orgánico Integral Penal
D	Densidad de desechos sólidos
DAC	Dirección de Aviación Civil del Ecuador
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígenos
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
EF	Efecto del impacto
EX	Extensión del impacto
g	Gramos
G	Peso total de la muestra.
G1	Peso del subproducto considerado.
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizada
H	Altura de la lámina de agua
H <sub>2</sub> O	Agua
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido Sulfúrico
I	Intensidad del impacto
IA	Impacto ambiental
ICCA	Ingenieros Consultores Constructores Asociados

IM	Importancia del Impacto
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos-Ecuador
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
$K_2Cr_2O_7$	Dicromato de potasio
kg	Kilogramos
kg/día	Kilogramos por día
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramos por metro cúbico
$K_{lodo}$	Tasa de acumulación
L	Litros
L/s	Litros por segundo
LCCA	Laboratorio de Control de Calidad de Agua-Macas
log10	Logaritmo en base 10
LSA	Laboratorio de Servicios Ambientales
M	Impacto Moderado
m	Metros
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
m/s	Metros por segundo
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup> /día	Metros cúbicos por día
m <sup>3</sup> /h	Metros cúbicos por hora
MC	Recuperabilidad del impacto
mg/L	Miligramos por litro
ml	Mililitros
ml/l	Mililitros por litro
MLF	Muestra de lagunas facultativas
MLM	Muestra de lagunas de maduración
mm	Milímetros
MO	Momento del impacto
MP	Muestra de pretratamiento
n	Periodo de limpieza
NH <sub>3</sub>	Amoniaco
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ion Amonio
NMP/100ml	Número más probable en 100 mililitros
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OD	Oxígeno Disuelto
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

P	Peso de desechos sólidos
Po	Población servida
PC	Plan de capacitación
PE	Persistencia del impacto
PET	Tereftalato de polietileno
PGIDS	Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos
pH	Potencial de Hidrógeno
PM	Programa de Mantenimiento
PMC	Programa de Monitoreo y Control de la Calidad del Agua
PMD	Plan de Manejo de Desechos Sólidos
PO	Programa de Operación
PP	Programa de Puesta en Operación
PPC	Producción Per Cápita
ppm	Partes por millón
PR	Periodicidad del impacto
PR	Plan de reciclaje
PS	Porcentaje del subproducto considerado.
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Pulg	Pulgadas
Q	Caudal
r	Radio del recipiente
RV	Reversibilidad del impacto
S	Impacto Severo
SD	Sólidos Disueltos
SI	Sinergia del impacto
SS	Sólidos Sedimentables
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TULSMA	Texto Único de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
UNACH	Universidad Nacional de Chimborazo
V	Volumen de los desechos sólidos en el recipiente
Ø	Diámetro
°C	Grados Centígrados
%	Porcentaje

## RESUMEN

El objetivo fue diseñar un Manual de operación y un Plan de gestión integral de desechos sólidos para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Macas. En relación al manual la investigación se inició con la caracterización del afluente y efluente de la planta, identificación de las condiciones climatológicas y determinación de las características operacionales; mientras que para la elaboración del plan de gestión de residuos se realizaron las siguientes actividades: caracterización de residuos sólidos y evaluación de impactos ambientales provocados por los mismos. Los resultados de estas acciones llevaron a determinar que la planta presenta una eficiencia de 56,58 % y que no alcanza mayor porcentaje debido a que las actividades de mantenimiento no son frecuentes por lo que existe acumulación excesiva de grasas y natas en las lagunas facultativas provocando un aumento del 4,66 % de DBO en el efluente. Macas, con un clima Tropical Ecuatorial, es un lugar idóneo para la operación adecuada de la PTAR. Las características operacionales indican que todas las unidades del sistema son funcionales y que actualmente la planta opera con un caudal inferior al de diseño (40,74 L/s). En lo referente al plan de gestión se determinó que la generación diaria de desechos sólidos de la planta es de 5,02 kg/día; y con la evaluación de impactos se encontró que las acciones impactantes son: remoción de materiales sólidos de las unidades de cribado y mantenimiento de áreas verdes y jardines. La investigación realizada ayudará a instaurar procedimientos de operación y mantenimiento adecuados para el óptimo funcionamiento de la planta. Adicionalmente, el plan servirá como guía para la prevención de la contaminación ambiental provocada por los desechos generados en la planta. Se recomienda analizar los lodos de las lagunas facultativas, para brindarles un adecuado aprovechamiento y/o disposición final.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <ANÁLISIS DE AGUA>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <ANÁLISIS DE DESECHOS SÓLIDOS>, <MANUAL DE OPERACIÓN>, <IMPACTOS AMBIENTALES>, <GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS>, <MACAS (PARROQUIA)>

## SUMMARY

The objective was to design an Operation Manual and a Solid Waste Management Plan for the Wastewater Treatment Plant (PTAR) of the Macas city. In relation to the manual, the investigation began with the characterization of the affluent and effluent of the plant, identification of the climatological conditions and determination of the operational characteristics; while for development of an action plan the following activities were carried out: characterization of solid waste and evaluation of environmental impacts caused by them. The results of these actions led to determine that the plant has an efficiency of 56.58% and that it does not reach a higher percentage because the maintenance activities are not frequent so there is an excessive accumulation of fats and creams in the facultative lagoons causing an increase of 4.66% of BOD in the effluent. Macas, with an Equatorial Tropical climate, it is an ideal place for the proper operation of the PTAR. The operational characteristics indicate that all the units of the system are functional and that current the plant operates with a flow lower than the design (40.74 L / s). Regarding the management plan, it was determined that the generation of solid waste of the plant is 5.02kg / day; and with the evaluation of impacts, it was found that the impacting actions are: removal of solid materials from the screening units and maintenance of green areas and gardens. The research carried out will help to establish adequate operation and maintenance procedures for the optimal functioning of the plant. Additionally, the plan will serve as a guide for the prevention of environmental pollution caused by the waste generated in the plant. It is recommended to analyze the facultative lagoons Sludge, to provide them with an adequate use and/or final disposal.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <WATER ANALYSIS>, <WASTEWATER TREATMENT>, <SOLID WASTE ANALYSIS>, <OPERATING MANUAL>, <ENVIRONMENTAL IMPACTS>, <SOLID WASTE MANAGEMENT>, <MACAS (PARISH)>



## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Macas, se encuentra ubicada al suroriente del Ecuador en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago. Con el paso del tiempo, la ciudad ha incrementado notablemente su población, presentando 19176 habitantes y una tasa de crecimiento del 3,45% (INEC, 2010)<sup>1</sup> en el año 2010. Debido al incremento poblacional ha sido fundamental extender el servicio de alcantarillado sanitario para cubrir las necesidades de la población.

En la actualidad la ciudad dispone de una la planta de tratamiento de aguas residuales que tiene como afluente las aguas provenientes del sistema de alcantarillado de la ciudad de Macas, dicha planta está diseñada para operar con un caudal promedio de 6859 m<sup>3</sup>/día y prevé servir a una población de 23900 habitantes para el año 2029.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas posee un sistema de lagunaje oxidativo<sup>2</sup>, el cual cuenta con una estructura de pretratamiento, dos lagunas facultativas y dos lagunas de maduración, al finalizar la depuración las aguas tratadas son vertidas en el río Upano.

Al momento la planta no cuenta con un Manual de operación ni con un Plan de gestión integral de desechos sólidos, por lo que las actividades se realizan de manera empírica causando disminución de la eficiencia de depuración, reducción de la vida útil e incumplimiento de los límites permisibles de descarga establecidos en la normativa ambiental vigente y por lo tanto la contaminación del río Upano.

En el río Upano se realizan diversas actividades recreativas, al efectuarse estas actividades en un río que recibe aguas residuales tratadas es importante que éstas se encuentren dentro de los parámetros establecidos, debido a que, la población que hace uso de este cuerpo hídrico, pudiera contraer enfermedades causadas por la presencia de agentes patógenos. Además, una descarga que sobrepase los límites disminuye la belleza paisajística del río, y reduce las opciones turísticas que posee la ciudad.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística y Censos-Ecuador.

<sup>2</sup> Sistema de excavaciones de poca profundidad que depuran el agua residual doméstica mediante microorganismos.

## JUSTIFICACIÓN

La contaminación de los cuerpos hídricos por actividades antrópicas representa un problema global en la actualidad, puesto que disminuyen la calidad hídrica y estética de los mismos, haciéndolos inservibles para usos como potabilización, recreación, pesca, entre otros. En la ciudad de Macas esta problemática se ve evidenciada con las descargas de aguas residuales domésticas que se realizan en los diferentes cuerpos hídricos, por tal razón en el año 2016 el GAD<sup>3</sup> Municipal en conjunto con la empresa constructora ICCA empezaron la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.

La planta de tratamiento de aguas residuales pretende aportar con medidas de mitigación que ayuden a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que ésta tenga éxito debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de las aguas a tratar y con personal capacitado que lleve a cabo labores de operación, control y mantenimiento.

La operación incorrecta de la planta y la ejecución de actividades de manera empírica podrían causar un ineficiente funcionamiento de la planta, descargas fuera de los límites permisibles y pérdidas de inversión. Estos problemas se podrían evitar con la existencia de documentos en los que se establezcan lineamientos y procedimiento para cada una de las actividades que se realizan en la planta de tratamiento de aguas residuales.

El Manual de operación y el Plan de gestión integral de desechos sólidos son documentos importantes dentro del funcionamiento de una planta, pues se indicarán los programas, procedimientos e instrucciones que regularán las actividades operativas de la planta y el manejo adecuado de los residuos sólidos que se generen.

Estos elementos son importantes desde la puesta en marcha de la planta puesto que con ello se asegura que el efluente se encuentre dentro de los límites permisibles para ser descargado hacia el cuerpo hídrico receptor, además en el manual se establecerán programas de mantenimiento que permitirán el cumplimiento de vida útil de la misma.

Adicionalmente, un manual destaca el papel del mantenimiento, puesto que cuando los procesos se encuentran ordenados son llevados a cabo de una manera satisfactoria, elevando la eficiencia de la planta de tratamiento.

---

<sup>3</sup> Gobierno Autónomo Descentralizado

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Diseñar un manual de operación y un plan de gestión integral de desechos sólidos para la planta de tratamiento de aguas residuales, Macas, Morona.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas en base a análisis físico-químicos y microbiológicos.
- Identificar las condiciones climatológicas y las características operacionales que influyen directamente en el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas.
- Definir las actividades de operación, mantenimiento y control de calidad necesarias para el funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas.
- Establecer un plan de gestión integral de desechos sólidos para la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas que contribuya al cumplimiento de la vida útil del sistema.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Aguas residuales

Desde tiempos inmemorables las actividades antrópicas han originado contaminación causando daños al ambiente y sus componentes, entre ellos se evidencia la alteración de las propiedades y características naturales del agua lo cual es el resultado del uso indiscriminado de la misma, como consecuencia de este uso se generan efluentes de procesos industriales, actividades ganaderas, actividades agrícolas y actividades que se desarrollan dentro del perímetro urbano o rural, al conjunto de estos efluentes se denominan aguas residuales (OEFA, 2014, p. 02).

Además del daño ambiental, el agua residual que no es recolectada, transportada y tratada apropiadamente puede resultar perjudicial tanto para la salud de los seres humanos, así como de animales y plantas, debido a que, el agua resultante de diferentes usos posee determinadas características químicas, físicas y biológicas que la clasifican y definen como peligrosa (García & Pérez, 1985, p. 01).

#### *1.1.1. Aguas residuales urbanas*

Se conoce como aguas residuales urbanas a la mezcla de aguas resultantes de actividades domésticas, aguas lluvia y/o aguas residuales provenientes de los sectores industriales, que son recogidas en un sistema colector que comúnmente es llamado sistema de alcantarillado y que necesariamente deben ser tratadas antes de desembocar en un cuerpo hídrico ( Alianza por el Agua /Ecología y Desarrollo, 2008, p. 18).

##### *1.1.1.1. Composición de aguas residuales urbanas*

#### **Aguas blancas**

Comprende al agua que procede de precipitaciones atmosféricas, agua proveniente del desbordamiento de cuerpos hídricos, y agua subterránea que ha sido incorporada al sistema de alcantarillado (Cepeda, 2014, p. 02).

Originalmente las aguas blancas no poseen grandes cantidades de componentes contaminantes, pero al convertirse en agua de escorrentía arrastran consigo materiales como plásticos, restos vegetales, cartones, hidrocarburos, insecticidas entre otros, que incluyen elementos que pueden afectar el funcionamiento de sistema de alcantarillado y/o PTAR (Cepeda, 2014, p. 02).

### **Aguas residuales domésticas**

Implica el agua originada por actividades que se realizan en las viviendas, centros de comercio, mercados, instituciones educativas y financieras. Las aguas residuales domésticas a su vez se pueden clasificar en aguas grises y negras (Romero, et al., 2009, p. 158).

Las aguas grises son originadas por actividades de limpieza del hogar, parques y jardines, aseo personal y labores de cocina, en este tipo de aguas se evidencian espumas, detergentes, materia orgánica en suspensión, sales minerales, microorganismos, aceites y grasas (Niño & Martínez, 2013, p. 28).

Las aguas negras contienen desechos provenientes de los servicios sanitarios y comprenden grandes cantidades de heces y orina, presentando alto riesgo en la salud de los seres vivos, debido a que contienen grandes cantidades de organismos patógenos causantes de enfermedades infecciosas. Por tal motivo este tipo de aguas requieren de tratamientos antes de ser descargadas al ambiente (Muñoz, 2008, p. 16).

### **Aguas residuales industriales**

Implica al agua que es empleada en fábricas y que es vertida en el sistema de alcantarillado municipal, ya que se utilizan grandes cantidades en distintos procesos de producción, lo cual tiene como consecuencias la alteración de sus características iniciales (Rigola, 1990, p. 11).

La alteración de las propiedades y características del agua varía dependiendo del tipo de industria de la cual provenga. Por lo general el agua residual industrial puede contener sustancias químicas altamente peligrosas para los seres vivos y los componentes del ambiente, por lo que no deben ser vertidas sin haber pasado por un tratamiento específico para las características de cada efluente (Alianza por el agua, 2008, p. 17).

### ***1.1.2. Caracterización de aguas residuales***

Para caracterizar las aguas residuales es necesario programar un monitoreo apropiado a los objetivos de la investigación y posteriormente realizar el análisis de laboratorio de las muestras recolectadas.

#### ***1.1.2.1. Monitoreo de aguas residuales***

Se define como monitoreo a la evaluación continua y planificada de un recurso cuyo objetivo es supervisar y controlar la calidad de un cuerpo hídrico o de un efluente residual antes de ser descargado. El monitoreo de aguas debe ser aplicado bajo normativas y lineamientos establecidos, de tal manera que se obtenga una muestra representativa y completa de agua o fluido que se requiera analizar (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2010, p. 03).

Según la Norma Técnica Ecuatoriana 2169 “Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013, p. 06), para lograr realizar un muestreo adecuado se debe procurar que la muestra de agua posea la misma concentración de cada uno de los componentes que la concentración de que poseía la fuente o matriz.

#### **Programa de monitoreo**

Para la caracterización y control de calidad de cualquier fluido incluyendo las aguas originadas en por actividades antrópicas, es necesario el establecimiento de un programa de monitoreo, en donde se definan: sitios de muestreo, periodicidad del muestreo, tipo y número de muestras a tomar, preservación de muestras y parámetros a analizar (Gutiérrez, 2009, p. 04).

#### ***Selección de sitios de muestreo***

Según el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2010, p. 06), en un programa de monitoreo es necesario definir las zonas o sitios en los cuales se realizará la toma de muestras, e indica que los puntos deberán establecerse en base a los objetivos que persigue el proyecto o investigación.

Con el fin de evaluar la eficiencia de un proceso de tratamiento de aguas residuales es fundamental determinar la calidad tanto del afluente como del efluente, pudiendo también

analizar la eficiencia del proceso en un punto medio del tratamiento. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de Perú, 2013, p. 06)

### ***Tipos de muestras***

Para realizar un muestreo apropiado a los objetivos de la investigación se deberá definir el tipo de muestras que se tomarán durante el tiempo que dure el monitoreo, para este propósito el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su Norma técnica 2176 ha establecido los siguientes tipos de muestras:

#### ***Muestras puntuales***

Son muestras instantáneas e individuales es decir que se toman una sola vez en un solo punto y que muestran las condiciones del fluido en el momento en el cual se recolectan.

Se recomienda tomar este tipo de muestras cuando el vertimiento del agua residual es intermitente, cuando la descarga fluctúe a través de las horas, o cuando se soliciten análisis especiales.

#### ***Muestras compuestas***

Se forman por el conjunto de alícuotas (submuestras) tomadas a intervalos de tiempos establecidos o a distancias establecidas, se emplean cuando se pretende caracterizar un efluente final, cuando el proceso genere aguas residuales que fluctúan en función al tiempo o cuando se requiere conocer la composición promedio.

#### ***Muestras integradas***

Son aquellas muestras que se componen de varias alícuotas recogidas en el mismo intervalo de tiempo, es decir simultáneamente, pero en distintas zonas del cuerpo de agua. Este tipo de muestras también son llamadas muestras en serie cuando se requiere dar perfiles de profundidad, para esto se toman varias alícuotas a diferentes profundidades del cuerpo de agua, pero en una misma zona superficial.

### *Muestras periódicas*

Las muestras periódicas pueden ser recolectadas en función del flujo o en función del tiempo. En el primer caso es necesaria la toma de muestras de diferentes volúmenes en periodos constantes de tiempo. El volumen de la muestra depende del flujo.

En el caso de muestras en función del tiempo se obtienen alícuotas a intervalos de tiempo constantes, pero el volumen de cada alícuota es inversamente proporcional al caudal del efluente, es decir a mayor caudal menor es el volumen y el número de muestras que se deberán recolectar.

### *Conservación de muestras*

Las aguas residuales son vulnerables a variaciones por las reacciones químicas y biológicas que siguen su naturaleza aun estando dentro de una muestra, por tal motivo, es importante que se tomen precauciones antes durante y después del monitoreo, haciendo necesario que se brinde una conservación o almacenamiento apropiado hasta el momento en el que las muestras vayan a ser analizadas en el laboratorio.

Para tal efecto es fundamental que se incluya en el programa de monitoreo las formas de conservación a realizarse y los recipientes en los que se van a recolectar las muestras.

El método más utilizado para la conservación es la refrigeración, para lo cual se debe disponer de un cooler previsto a una temperatura de 4 °C, e introducir los recipientes hasta su llegada al laboratorio (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2010, p. 28).

#### *1.1.2.2. Características de aguas residuales urbanas*

Según (Cepeda, 2014, p. 03), para poder definir un tratamiento eficaz y vertimiento adecuado para el agua residual urbana es primordial conocer su naturaleza y el grado de contaminación de la misma, con este objetivo se deben determinar una serie de parámetros, los resultados de estas mediciones variarán en función al tamaño, hábitos y dinamismos de la población.

Para la caracterización de las aguas residuales urbanas es necesario determinar sus propiedades físicas, así como sus componentes químicos y biológicos, con el fin de determinar los cambios diarios y en las distintas temporadas del año, además de la interrelación que existe entre parámetros.



## **Características Físicas**

- ***Temperatura***

La temperatura es un parámetro físico de gran importancia en el tratamiento del agua residual debido a que ésta influye directamente en la velocidad de reacciones químicas y biológicas, formación y precipitación de depósitos, desarrollo de la vida acuática si, posterior al tratamiento, es vertida en un cuerpo hídrico natural y en las aplicaciones que se le otorgue al agua tratada si esta es reutilizada (Delgadillo, et al., 2010, p. 53).

Según (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2006, p. 22), la temperatura de las aguas residuales procedentes de las áreas urbanas fluctúa entre 15 °C y 22 °C, este rango de temperatura es adecuado para el desarrollo de la vida microbiana.

Temperaturas elevadas disminuyen la concentración de oxígeno disuelto causando agotamiento en épocas de verano, como consecuencia existirá hiper-eutrofización evidenciados por la presencia de hongos y plantas acuáticas (Carda, 2012).

- ***Sólidos Totales***

Una de las características físicas más sustanciales en la depuración biológico de aguas residuales son los sólidos totales debido a que un exceso podría causar aumento de la turbiedad y como consecuencia la disminución de la actividad fotosintética microbiana, de igual modo el exceso de sólidos en el agua residual formarán depósitos de lodos en fondo de las unidades de depuración, favoreciendo la aparición de condiciones anaerobias o el aumento de sales minerales que limitan la vida microbiana (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2006, p. 22).

Analíticamente se especifican a los sólidos totales como la materia que sobra tras evaporar y secar una muestra de agua a 103-105 °C (Severiche, et al., 2013, p. 44). Los sólidos totales se clasifican en sólidos suspendidos y sólidos disueltos, los primeros incluyen el material que no logra pasar a través de un filtro de fibra de vidrio de 1,2 micras de abertura, y los disueltos son aquellas partículas muy finas que por su tamaño inferior a 1,2 micras pasan a través del filtro (General Water Company Argentina, 2016, p. 03).

A su vez los sólidos suspendidos se clasifican en sólidos sedimentables y no sedimentables. Los sólidos sedimentables son aquella fracción de material que en un lapso de tiempo definido y por efecto de la gravedad pueden separarse del fluidos en el que se encuentran en suspensión, la

medición de este parámetro es primordial para el diseño, operación y mantenimiento de unidades de sedimentación y en la depuración de aguas residuales por sistemas de lagunaje, ya que brindan información que contribuyen a determinar la cantidad de fango que se acumulará en las unidades de depuración en un determinado periodo de tiempo (Martínez, 1999, p. 28).

- ***Turbiedad***

La turbiedad es el parámetro físico que mide la transmisión de luz en una muestra de agua, este parámetro está totalmente relacionado con la presencia de material en suspensión y material coloidal. Altas cantidades de limo, arcilla, colonias de microorganismos y materia orgánica impiden que un haz de luz se transmita sin alteración a través del agua ya que los rayos luminosos serán dispersados y absorbidos por las partículas (Metcalf & Eddy, INC., 1998, p. 53).

Según (Delgadillo, et al., 2010, p. 55), la turbiedad es inversamente proporcional al tamaño de las partículas presentes en una muestra de agua, es decir a menor tamaño el resultado de la medición de turbiedad será mayor. Altos niveles de turbiedad en el agua residual podrían causar que la actividad fotosintética de los microorganismos depuradores sea limitada y la desinfección por la acción solar se verá restringida ya que los rayos solares no lograrán atravesar la superficie.

- ***Caudal***

Según (Yaulema, 2015, p. 04), el término caudal hace referencia a la cantidad de un líquido que atraviesa un canal o tubería en un tiempo determinado, es decir el volumen de un fluido por unidad de tiempo y suele expresarse en m<sup>3</sup>/día si se trata de ríos, l/s si se está señalando el caudal de entrada de una planta de tratamiento y m<sup>3</sup>/día si está manifestando el caudal de descarga de una planta de tratamiento.

## **Características Químicas**

- ***Potencial de Hidrógeno***

El potencial de hidrógeno (pH) es una medida del grado de acidez o basicidad de una solución acuosa electrolítica, cuyo resultado está determinado por la concentración del ion Hidrógeno. La importancia de la medición de este parámetro radica en que el intervalo de pH para la vida acuática es muy pequeño, normalmente oscila entre 6-9 (Barba, 2002, p. 37). Si un cuerpo hídrico natural recibe aguas que presentan un pH fuera de este rango, las distintas formas de vida se

verían impactadas negativamente ya que son sensibles a dichas variaciones, pudiendo presentar como consecuencia la inactividad de algas depuradoras y colonias microbianas.

En el caso de los sistemas de tratamiento biológicos es importante que el agua residual presente un valor de pH cercano a 7, para que los organismos depuradores puedan sanear el agua de forma efectiva (Knobelsdorf, 2005, pp. 12-14).

- ***Oxígeno Disuelto***

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro de gran importancia tanto en el tratamiento como en la descarga aguas residuales a cuerpos hídricos, ya que microorganismos aerobios y otras formas de vida necesitan de este gas para respirar y realizar procesos fotosintéticos que contribuyen a la depuración del agua (Yaulema, 2015, p. 16).

El oxígeno disuelto también es un indicador de la calidad del agua, una alta concentración del gas indica un agua de óptima calidad en la que la vida acuática se puede desarrollar de manera idónea, por el contrario, bajos niveles de oxígeno disuelto denotan que el agua no es apta para la vida. Los niveles de oxígeno en el agua podrían variar dependiendo de la temperatura, debido a que a altas temperaturas la velocidad de las reacciones bioquímicas que necesitan oxígeno es mayor, por tal razón los valores de oxígeno tiendan a bajar y ser críticos en épocas de verano inhibido la actividad de agentes biológicos depuradores (Peña, 2007, p. 02).

Según (Yaulema, 2015, p. 16), los niveles de oxígeno que se requieren tanto en el tratamiento de aguas residuales como en cuerpos hídricos naturales para el correcto desarrollo de seres acuáticos y microorganismos depuradores aerobios se encuentran en el rango de 5-8 ppm, en tanto que si el agua presenta valores de oxígeno inferiores a 2 ppm resultará perjudicial para la mayoría de especies acuáticas, teniendo como última consecuencia la mortalidad de las mismas. En el caso de las aguas residuales bajos niveles de OD inhibirán el crecimiento de microbiota depuradora y causara olores desagradables en las diferentes unidades del sistema de tratamiento.

- ***Demanda Bioquímica de Oxígeno***

Según (Raffo & Ruiz, 2014, p. 75), Dupré en 1884 demostró que había una relación entre la concentración del oxígeno disuelto presente en el agua residual y su grado de contaminación, tras evidenciar en laboratorio que el OD contenido en muestras incubadas se redujo a causa de la actividad metabólica microbiana, con lo cual pudo deducir que mientras mayor es la cantidad de materia orgánica presente en el agua, mayor es la concentración de oxígeno que necesitan los

microorganismos para degradarla, a esta relación se le llamó Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO.

La DBO es un parámetro químico muy importante ya que es un indicador de la contaminación en aguas residuales, pues mide la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos aerobios para oxidar o degradar la materia orgánica como nitratos, nitritos, sulfuros e ion ferroso contenida en una muestra de agua, en un periodo de incubación estandarizado de cinco días (APHA, et al., 1992, pp. 5-2).

- ***Demanda Química de Oxígeno***

Este análisis se realiza generalmente en aguas residuales ya que contribuye con la determinación del grado de contaminación de la misma, pues la demanda química de oxígeno mide la concentración de oxígeno disuelto necesario para oxidar por medios químicos la materia orgánica e inorgánica, degradable y biodegradable presente en una muestra de agua y convertirla en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), en un periodo de tres horas a una temperatura de  $160^\circ\text{C}$  (Metcalf & Eddy, INC., 1998, p. 93).

La importancia del análisis de la demanda química de oxígeno radica en la relación de este con la demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5/\text{DQO}$ ), debido a que esta relación nos revela el nivel de contaminación del agua residual analizada e indica el tipo de procedimiento que se le debe dar al agua, considerando la biodegradabilidad de la materia orgánica presente en la misma (Cisterna & Peña, 2013, pp. 9-10). De acuerdo con (Ronzano, 1995, p. 09), si el valor de la relación  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$  es inferior a 0,2 entonces el efluente proviene de procesos industriales, por lo tanto requiere de tratamiento químico para ser depurado. Por el contrario, si la relación es mayor a 0,5 el efluente proviene de área urbana y es biodegradable, consecuentemente se pueden aplicar tratamientos biológicos para su depuración.

- ***Nitrógeno Orgánico***

El nitrógeno orgánico es la primera forma en la que aparece el nitrógeno en el agua residual antes de ser convertido por bacterias y procesos oxidativos a nitrógeno amoniacal, por lo general se encuentra combinado con carbono formando parte de materia orgánica, material fecal, restos de animales, abonos y fertilizantes (Metcalf & Eddy, INC., 1998, pp. 98-99).

Si el agua residual evidencia una alta concentración de nitrógeno orgánico en su composición no deberá ser descargado a un cuerpo hídrico natural, ya que su presencia denota la existencia

de proteínas, polipéptidos y nutrientes que contribuyen desarrollo de algas nocivas y microorganismos patógenos, además su permanecía atraerá especies invasoras que podrían alterar el equilibrio del ecosistema acuático.

- ***Nitrógeno Amoniacal***

El nitrógeno amoniacal es esencial en el tratamiento biológico de aguas residuales ya que es un nutriente que permite el adecuado desarrollo de microorganismo y plantas acuáticas depuradoras, pero al ser descargado sin oxidar a un recurso hídrico se convierte en una sustancia altamente contaminante debido a que grandes cantidades podrían causar una proliferación excesiva de agentes patógenos, introducción y crecimiento de especies ajenas al lugar, problemas de eutrofización y con ellos condiciones anóxicas para el desarrollo de la vida acuática, además el amonio presenta un resultado tóxico en algas y peces (Mendonça, 2000, p. 207).

El nitrógeno amoniacal puede presentarse en forma de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) o como ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) ya que es el resultado de la descomposición de ciertas sustancias orgánicas que contienen nitrógeno, tal es el caso de la urea que por hidrolisis cambia su forma de nitrógeno tradicional a ion de amonio o la materia fecal orgánica que por actividad microbiana se descompone en amoniaco, o nitratos que por reducción bacteriana en condiciones anaerobias produce amoniaco, a su vez el nitrógeno amoniacal debe ser transformado mediante oxidación en nitritos o nitratos para poder ser descargado en un entorno natural (Boy, 2003, pp. 84-86).

- ***Grasas y Aceites***

Este parámetro comprende aceites industriales, ceras, aceites vegetales, grasas animales y productos derivados del petróleo como keroseno. Las grasas y aceites que tienen un origen animal o vegetal son triglicéridos es decir que están compuestos de ésteres de glicerina o glicéridos y ácidos grasos. Se denomina como aceites a los glicéridos que a temperatura ambiente se presentan en estado líquido y se distinguen como grasas al material que en las mismas condiciones de temperaturas se aprecian en estado sólido (Metcalf & Eddy, INC., 1998, pp. 74-76).

En aguas residuales urbanas las grasas y aceites provienen principalmente de las cocinas de los domicilios, camales en donde se realiza el faenamiento de animales, talleres mecánicos, garajes, lubricadoras que descarguen sus desechos directamente al alcantarillado municipal.

El análisis de este parámetro es de vital importancia ya que son compuestos orgánicos que presentan mucha estabilidad, por lo tanto, la descomposición por acción de microorganismos es limitada, causando en distintas fases del tratamiento de depuración problemas como: formación de espumas, olores desagradables, obstrucción de tuberías, deterioro de la belleza escénica (Bermeo & Santín, 2010, p. 11).

Por otra parte, si las grasas y aceites son descargados en cuerpos hídricos naturales pueden provocar un aumento de la tensión superficial formando películas en el cuerpo receptor, evitando así la transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua, lo cual provocaría condiciones anóxicas obteniendo como consecuencia el perecimiento de los seres acuáticos (Castro, et al., 2011, p. 17).

- ***Agentes Tensoactivos***

Se conoce como agentes tensoactivos o surfactantes a aquellas sustancias que presentan moléculas de gran tamaño y que son levemente solubles en el agua, debido a que presentan una estructura anfílica, es decir poseen una parte polar y otra no polar (Indigo Química, 2006, p. 06), por lo que tienden a concentrarse de forma convenientemente en la interface aire-agua formando una capa monomolecular que se encuentra adherida a dicha superficie, consiguiendo de esta manera la reducción de la tensión superficial, razón por la cual el término tensoactivo o surfactante significa agente de actividad superficial (Metcalf & Eddy, INC., 1998, pp. 75-76).

Las sustancias tensoactivas proceden del vertido de detergentes y jabones empleados en lavanderías industriales, domicilios y distintas operaciones de limpieza. El mayor problema que generan los agentes surfactantes es que causan la aparición de espumas tanto en el área superficial de los cuerpos hídricos que reciben aguas residuales como en sistemas de tratamiento, impidiendo una correcta sedimentación ya que las espumas atrapan las partículas sólidas (Pérez & Roldán, 1978, pp. 27-28).

- ***Sulfatos***

De acuerdo con (Metcalf & Eddy, INC., 1998, p. 100), los sulfatos se hallan de forma natural en la mayoría de cuerpos hídricos, sobre todo si estos se encuentran cerca de terrenos ricos en yesos, a su vez el agua residual puede presentar sulfatos cuando es el resultante de procesos industriales.

Sin embargo, la presencia de sulfatos es importante en un sistema biológico de tratamiento de aguas residuales, puesto que los microorganismos anaerobios depuradores necesitan disponer azufre para la síntesis de proteínas, los sulfatos posteriormente serán liberados mediante reducción química transformándose en sulfuros y sulfuros de hidrógenos. Sin embargo, altas concentraciones pueden causar problemas de corrosión en las tuberías, ya que el sulfato se oxidará y transformará en ácido sulfúrico.

- ***Fosfatos***

El fósforo se encuentra presente en los recursos hídricos de forma natural, principalmente en forma de fosfatos, en el caso de las aguas residuales se puede evidenciar la presencia de este compuesto por el uso de herbicidas, pesticidas, fertilizantes y detergentes, en las últimas décadas el uso de detergentes en actividades de limpieza ha aumentado considerablemente elevando en gran medida el contenido de fósforo en forma de fosfatos en las aguas residuales domésticas. Además, la materia fecal humana aporta cierto porcentaje de fosfatos al agua residual (Ronzano, 1995, p. 24).

Según (Lavie, et al., 2010, p. 170), el fósforo al igual que el nitrógeno es un nutriente esencial no solo para el crecimiento de las plantas sino para desarrollo de la flora bacteriana, organismos que son importantes en procesos de depuración biológica, por tal razón se conoce a estos dos elementos como bioestimuladores. Sin embargo, un exceso de fósforo en cuerpos hídricos puede generar un incremento excesivo de algas induciendo así problemas de eutrofización.

### **Características Biológicas**

- ***Coliformes Totales***

Se conoce como coliformes totales a las bacterias tanto aerobias como anaerobias facultativas, gram negativas, no esporuladas y de forma alargada, que generalmente desarrollan colonias con coloraciones rojizas. Este tipo de bacterias son utilizadas como indicadores de calidad en la industria alimentaria sobre todo en procesos de pasteurización y tratamientos de potabilización y depuración de aguas residuales (Yaulema, 2015, pp. 19-20).

De acuerdo con (Larrea, et al., 2013, pp. 24-34), las coliformes totales indican la totalidad del grupo de bacterias presentes en una muestra, es decir la sumatoria de las bacterias provenientes de la descomposición de la materia orgánica, las que se encuentran de forma natural en el ambiente y las bacterias de origen fecal.

- ***Coliformes Fecales***

Las coliformes fecales también llamados termo tolerantes son bacterias que se encuentran en el tracto digestivo tanto de los humanos como de los animales y son eliminados a través de las heces, son un subgrupo de los coliformes totales y por lo general son las responsables de causar enfermedades infectocontagiosas. Debido a que este tipo de bacterias provienen exclusivamente de las heces se emplea como indicador de contaminación fecal (López, et al., 2013, pp. 71-82).

Según (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2003, p. 225), alrededor del 95% de coliformes fecales, están formados por bacterias *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*, es por esta razón y debido a la relación que poseen las bacterias *E. coli* con el grupo tifoide-paratifoide que se emplean generalmente para la determinación del número de coliformes fecales.

### ***1.1.3. Base legal para el manejo de aguas residuales***

El presente trabajo de titulación tiene como base legal los siguientes instrumentos jurídicos referentes a la protección ambiental en el ámbito de gestión y calidad del agua: Constitución Nacional de la República del Ecuador, Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Código Orgánico Integral Penal (COIP), Acuerdo Ministerial 097A que constituye una Reforma al Texto Único de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

La Constitución Nacional de la República de Ecuador publicada en el Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre del 2008, en el Título II, Capítulo Segundo, Derechos del buen vivir, Sección segunda, Ambiente Sano en el Art. 14 establece:

*Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.* (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008, p. 29)

En el artículo 66 numeral 27 se reconoce y garantiza a las personas:

*El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.* (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008, p. 50)



La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua publicada en el Registro Oficial, Segundo Suplemento No. 305 de 6 de agosto de 2014, en el Artículo 80 se establece las siguientes prohibiciones:

*Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.*

*La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental. Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley. (Asamblea Nacional de la República de Ecuador , 2014, p. 18)*

En el Acuerdo Ministerial 097A Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, apartado 5.2.4. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce se encuentran establecidos los límites máximos permisibles de descarga.

**Tabla 1-1:** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alquil mercurio		mg/l	No detectable
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
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0

Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo total	P	mg/l	10,0
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	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50
Compuestos organoclorados	Compuestos organoclorados	mg/l	0,05
Compuestos organofosforados	Compuestos organofosforados	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

**Fuente:** (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015), Acuerdo Ministerial 097A

En el apartado 5.2.4.9 de la norma anteriormente mencionada se establece:

*Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.* (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015, p. 22)

#### 1.1.3.1. Plantas de tratamiento de aguas residuales

Para cumplir con la normativa ambiental es primordial retirar o remover contaminantes del agua residual, con este propósito se han desarrollado instalaciones en las que se ejecutan distintos tratamientos para tener como resultado un agua sin riesgos a la salud o al ambiente al ser descargada en un cuerpo receptor natural, a estas instalaciones se las conoce como Plantas de tratamiento de aguas residuales (Cepeda, 2014, p. 19).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales generalmente disponen de un tratamiento primario o pretratamiento y un tratamiento secundario. En el primario el agua residual recibe

acondicionamiento y usualmente procesos de sedimentación, remoción de cierto porcentaje de material suspendido, pero no reciben oxidación biológica o adición de químicos (Secretaría del Agua-Ecuador, 1992, p. 322). Mientras que en el tratamiento secundario se alcanzan altos niveles de remoción de DBO, sólidos suspendidos y coloidales mediante procesos biológicos aerobios y anaerobios (Ramalho, 1996, p. 253).

A continuación, se describen los distintos procesos de depuración que se originan en las lagunas de estabilización:

### **Lagunas de estabilización**

Se conoce como lagunas de estabilización a excavaciones de tierra de forma rectangular o cuadrada, que generalmente presentan una profundidad inferior a 5 m, y son diseñados para el tratamiento de agua residuales, el cual se realiza mediante procesos bioquímicos naturales, por medio de la interacción de la materia orgánica de desecho, y la biomasa, es decir el agua residual es depurada por la acción de microorganismo tales como algas, bacterias y protozoarios (Secretaría del Agua-Ecuador, 1992, p. 349).

Según (Mendonça, 2000, p. 01) las plantas de tratamiento de aguas residuales que emplean las de estabilización lagunas tienen tres objetivos planteados:

1. Reducir la materia orgánica que genera contaminación en los cuerpos receptores.
2. Eliminar del agua residual los microorganismos patógenos que podrían causar graves enfermedades en la población.
3. Reusar el agua residual que ya ha sido tratada en el riego de plantaciones contribuyendo así a la población que se dedique a la agricultura.

### ***Tipos de lagunas de estabilización***

Según (Mendonça, 2000, p. 02) existen cuatro tipos de lagunas de estabilización las cuales son construidas y empleadas según las características del agua a tratar:

- *Lagunas anaerobias*

Por lo general las lagunas anaerobias se construyen con una profundidad de 3 a 5 m, y son los primeros reactores de un sistema de lagunaje, recibe el agua residual bruta, después de haber pasado por el pre-tratamiento (Stewart, 2005, p. 78).

En estas lagunas sedimenta gran parte de la materia orgánica, razón por la cual existe una alta demanda de oxígeno disuelto que, sumada a la poca superficie de intercambio y gran profundidad, condiciona el predominio de los fenómenos de tipo anaerobio. El principal propósito de las lagunas anaeróbicas es reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno mediante la remoción de carga orgánica y sólidos suspendidos, por la acción de bacterias anaeróbicas que descomponen la materia orgánica mediante asimilación anaeróbica generando como resultado del proceso bioquímico dióxido de carbono, metano y otros productos secundarios (Correa, 2008, p. 22).

- *Lagunas facultativas*

Las lagunas facultativas por lo general deben presentar de 1,5 a 2 m de profundidad con la finalidad de que ocurran fenómenos aerobios en la superficie, anaerobios en el fondo y facultativos en el centro. En este tipo de laguna se da la sedimentación de los sólidos en suspensión que no fueron retenidos en el reactor previo o en el pretratamiento. Generalmente suelen ir precedidas de una laguna anaerobia, aunque en ocasiones las lagunas facultativas se las emplea como primer reactor en el proceso de depuración (Mendonça, 2000, p. 03).

Existen dos maneras por las cuales se adiciona de oxígeno al estrato superior: la re-aireación que ocurre por la acción del viento y la fotosíntesis que es llevada a cabo por las algas. Las bacterias aeróbicas asimilan y oxidan la materia orgánica disuelta, resultando como producto dióxido de carbono y productos secundarios de la descomposición de nutrientes; en tanto que las algas emplean estos productos para producir oxígeno mediante la fotosíntesis. En la zona anaerobia la descomposición de la materia ocurre como en las lagunas anaeróbicas (Stewart, 2005, p. 74).

- *Lagunas de maduración*

De acuerdo con (Mendonça, 2000, p. 04), las lagunas de maduración se caracterizan por tener profundidades de 0,6 a 1,5 m, es decir son poco profundas por lo tanto mantienen un ambiente aeróbico en todo su estrato.

La principal finalidad es reducir el número de microorganismos patógenos sobre todo coliformes fecales mediante la acción solar. Deben ser construidas siempre después de las lagunas facultativas para asegurar que el agua a ingresar no posea materia orgánica o nutrientes que favorezcan la proliferación de microorganismos (Marrero, 1998, p. 28).

Adicionalmente las lagunas de maduración cumplen otros objetivos de gran importancia como son: remoción de nutrientes, nitrificación del nitrógeno amoniacal, oxigenación y clarificación del efluente (Jarquin, 2003, pp. 18-19).

- *Lagunas de aireación estricta*

Las lagunas de aireación estricta son muy poco hondas, presentando profundidades que varían entre 0,3 y 0,5 m, son usadas principalmente en la producción y cosecha de algas y reciben aguas residuales que han sido tratadas en tanques de decantación. Los efluentes de estas lagunas habitualmente presentan alto contenido de nutrientes por lo que son empleados en la agricultura como una manera de reaprovechar el agua (Mendonça, 2000, p. 04).

### ***Factores climáticos que influyen en el funcionamiento del sistema de lagunaje***

Existen varios factores climatológicos que son determinantes en el funcionamiento de lagunas de estabilización entre los más relevantes se encuentran:

- *Precipitación*

Según (Mendonça, 2000, p. 10) fuertes precipitaciones podrían afectar el correcto funcionamiento del sistema de lagunaje ya que el agua lluvia arrastraría consigo sólidos de tamaño considerable y levantaría material sedimentado en las lagunas, aumentando así la demanda de oxígeno.

Además, lluvias intensas pueden diluir el contenido de material orgánico reduciendo los nutrientes esenciales para los microorganismos depuradores. En épocas de lluvia se deberá reducir el tiempo de retención ya que el aumento del caudal podría ocasionar desbordamientos.

- *Temperatura*

Es un factor importante en la eficiencia de un sistema de lagunaje, debido a que la velocidad de descomposición aeróbica y anaeróbica es directamente proporcional a la temperatura, por lo que si el agua residual es fría se quedara en el fondo de la laguna presentando una remediación

ineficaz, además temperaturas superiores a 25 ° C favorecen el crecimiento de algas depuradoras e influyen positivamente sobre la fotosíntesis (Rodríguez, 2013, p. 54).

- *Velocidad del viento*

De acuerdo con (Jarquin, 2003, p. 21), el viento juega un papel de gran importancia en el funcionamiento de las lagunas de estabilización ya que mezcla uniformemente el agua residual con la materia orgánica, distribuye equitativamente algas y bacterias en toda la laguna e incrementa los niveles de oxígeno disuelto, brindando un efluente de mejor calidad.

Cuando la velocidad del viento es baja surgen problemas de estratificación de algas, principalmente de aquellas que carecen de movimiento pero que son muy importantes en el proceso de depuración ya producen oxígeno en grandes cantidades.

En la siguiente tabla se muestra la eficiencia estándar que presentan un sistema de lagunaje convencional:

**Tabla 2-1:** Eficiencia de remoción de lagunas de estabilización

PARÁMETROS	REMOCIÓN (%)		
	Laguna Anaerobia	Laguna facultativa	Laguna de maduración
<b>Sólidos suspendidos</b>	40-60	40-70	40-80
<b>DBO<sub>5</sub></b>	40-50	60-80	70-80
<b>DQO</b>	40-50	50-70	79-80
<b>Nitrógeno</b>	0-15	30-60	30-80
<b>Fósforo</b>	0-5	0-30	10-60
<b>Coliformes fecales</b>	20-30	70-80	90-99

Fuente: (Correa, 2008), Evaluación y monitoreo de sistemas de lagunas de estabilización

### 1.1.3.2. Gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales

Para evitar la contaminación de los recursos hídricos se debería descargar en ellos solamente efluentes que han sido tratados adecuadamente, por tal motivo resulta imprescindible que se realice un tratamiento eficiente al agua residual, haciéndose necesario efectuar una correcta gestión de la planta de tratamiento.

Para el cumplimiento de este propósito es importante que cada PTAR cuente con un manual en el que el personal pueda guiarse para realizar los distintos procedimientos de operación, mantenimiento y control de cada una de las unidades que existen en la planta (Organización Panamericana de la Salud, 2005, p. 05).

El manual de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales debe establecer los requisitos administrativos, operativos y auxiliares necesarios para el funcionamiento de la misma, además debe determinar los lineamientos y directrices para el arranque inicial, operación y mantenimiento y control de calidad. De esta manera se consigue la regulación de las actividades rutinarias y de mantenimiento con la finalidad de lograr la estandarización en la eficiencia de la depuración de la planta, y alcanzar los porcentajes de remoción de cada unidad y los parámetros de calidad del agua requerida por la legislación nacional que regula las descargas a los cuerpos de agua superficial.

## **1.2. Desechos sólidos**

Término que se refiere a cualquier resto, material, o elemento que se encuentre en estado sólido y sea el producto o resultante del consumo o ejecución de actividades, que ha sido abandonado, porque ya no tiene utilidad o ha perdido su valor y que requiere tratamiento o una disposición final adecuada (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 1).

Según (Bertolino, et al., 2005, p. 11) los desechos sólidos se pueden clasificar de varias maneras, según su biodegradabilidad se clasifican en desechos sólidos orgánicos y desechos sólidos inorgánicos. Según su origen se pueden clasificar en: desechos sólidos domiciliarios, municipales comerciales, industriales, institucionales, hospitalarios o de construcción. Según su grado de peligrosidad se pueden clasificar en desechos sólidos peligrosos y desechos sólidos no peligrosos o inertes.

### ***1.2.1. Desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales***

#### ***1.2.1.1. Clasificación de desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales***

En las diferentes actividades de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales se generan varios tipos de desechos sólidos, que a continuación serán explicados a detalle.

## **Desechos sólidos no peligrosos**

Son aquellos que no presentan un riesgo para la salud de los seres vivos y poseen características similares a los desechos sólidos comunes. Principalmente son generados en actividades de mantenimiento tales como limpieza de taludes, labores de jardinería y tareas administrativas, estos residuos a su vez pueden ser clasificados en orgánicos e inorgánicos. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007, pp. 11-13).

## **Desechos sólidos peligrosos**

En la Norma Técnica Ecuatoriana 2266 “Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos.” El (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013, p. 02) define a los desechos peligrosos como aquellos elementos que presenten propiedades reactivas, corrosivas, infecciosas, inflamables, radioactivas, de riesgo biológico o que presenten cualquier otra característica que pueda ser perjudicial para la salud de los seres humanos o para el ambiente.

En las distintas fases de una planta de tratamiento de aguas residuales se originan varios desechos, en la etapa de pretratamiento se puede encontrar cadáveres de animales, envolturas plásticas, botellas, hojas, palos, materiales de caucho, preservativos, entre otros, que generalmente se encuentran atrapados en las fases de cribado, estos desechos al encontrarse inmersos en el agua residual ya presentan riesgo biológico y deben ser manipulados y tratados como dictaminan las normativas.

### *1.2.1.2. Características de desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales*

#### **Características Físicas**

- ***Generación diaria de desechos***

Indica la cantidad total de desechos sólidos generados en la planta de tratamiento en un día normal de operación, la generación de desechos se expresa en kg/día (Sandoval, 2004, p. 68).

- ***Composición Gravimétrica***

El término composición gravimétrica corresponde al peso expresado de manera porcentual de cada elemento o componente en relación al peso total de los desechos sólidos generados.



- ***Volumen suelto***

Se entiende como el espacio total que ocupan todos los desechos sólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales, y que debe ser medido sin compactación en tres dimensiones: alto, ancho y largo, esta característica debe ser expresada en m<sup>3</sup>

- ***Densidad***

La densidad también es conocida como peso específico, este parámetro relaciona el peso total de una muestra de desechos sólidos con el volumen del recipiente que ocupan, y debe ser expresado en kg/m<sup>3</sup> (Quinga, 2016, p. 22).

### **Características Químicas**

- ***Potencial de hidrógeno***

Parámetro que indica el grado de acidez o alcalinidad que presenta una muestra de desechos semisólidos, tales como los lodos generados en las unidades de sedimentación y en las unidades de tratamiento secundario.

- ***Composición Química***

Evidencia los porcentajes existentes de cenizas, humedad, materia orgánica, carbono, nitrógeno, potasio, calcio, fósforo, entre otros componentes de los desechos sólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales (Contreras, 2006, p. 11).

### **Características Biológicas**

- ***Microorganismos***

La presencia de agentes patógenos tales como virus, bacterias, parásitos y hongos es lo que le confiere a un desecho sólido generado en una planta de tratamiento de aguas residuales la característica de peligroso. Es decir, los desechos que se generen en una planta de tratamiento de aguas residuales son de tipo infeccioso ya que presentan microorganismos capaces de producir enfermedades, cuando hallan una vía de entrada a un hospedero vulnerable y cuando se encuentran en concentraciones suficientes, en un ambiente propicio (Estados Unidos Mexicanos-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002, p. 3).

### 1.2.1.3. Impacto de los desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales

Generalmente los desechos sólidos producen un impacto negativo para el ambiente y para la salud de la población, cuando no se les brinda un manejo adecuado a sus características (Quinga, 2016, pp. 15-16). Según (Donato, 2013, pp. 23-24) , si a los desechos sólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales no se les proporciona una gestión apropiada, es decir: clasificación en la fuente, almacenamiento temporal, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, podrían causar los siguientes impactos negativos en el ambiente:

- ✓ Degradación de la belleza escénica y paisajística por efectuar de forma incorrecta las etapas de clasificación y almacenamiento temporal.
- ✓ Contaminación de aguas superficiales si los desechos sólidos no son recolectados adecuadamente y mediante escurrentía llegan a los recursos hídricos naturales.
- ✓ Olores desagradables causados por no clasificar y acumular desechos de manera descontrolada.

De acuerdo con (Bertolino, et al., 2005, pp. 10-11), los desechos sólidos que se generan en las plantas de tratamiento de aguas residuales tienen la característica de albergar microorganismos patógenos, que al no ser tratados apropiadamente podrían causar graves epidemias extendiéndose en personas y animales. La acumulación de desechos sólidos provoca la atracción de vectores que podrían causar diversas enfermedades.

**Tabla 3-1:** Vectores y enfermedades asociadas al manejo inadecuado de residuos sólidos

VECTOR	Mosca	Cucaracha	Mosquito	Rata
<b>ENFERMEDAD</b>	Cólera	Fiebre tifoidea	Malaria	Peste bubónica
	Fiebre tifoidea	Gastroenteritis	Fiebre amarilla	Tifus murino
	Salmonelosis	Diarreas	Dengue	Leptospirosis
	Disentería	Lepra	Encefalitis vírica	Diarreas
	Diarrea	Intoxicación alimenticia	Disentería	Rabia

Fuente: (Bertolino, et al., 2005), Participación ciudadana y gestión integral de residuos

### ***1.2.2. Legislación para el manejo de desechos sólidos***

En cuanto a la gestión integral de desechos sólidos en el presente trabajo de titulación se emplearon los siguientes elementos jurídicos que enmarcan y justifican las actividades realizadas: Constitución Nacional de la República del Ecuador, Código Orgánico del Ambiente, Acuerdo Ministerial 061 que constituye una reforma al libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA).

La Constitución Nacional de la Republica de Ecuador publicada en el Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre del 2008, en el artículo 14 reconoce:

*El derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008, p. 29)*

En el artículo 71 del mismo instrumento jurídico se establecen los derechos de la naturaleza:

*La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.*

*Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008, p. 55)*

En el artículo 264 de la Carta Magna indica que los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

***Numeral 4:*** *Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008, p. 130)*

El Código Orgánico del Ambiente publicado en el suplemento del Registro oficial N° 983 con fecha 12 de abril del 2017, Título V: Gestión Integral de Residuos y Desechos, artículo 244 establece:

**Objeto.** *La gestión integral de los residuos y desechos está sometida a la tutela estatal cuya finalidad es contribuir al desarrollo sostenible, a través de un conjunto de políticas intersectoriales y nacionales en todos los ámbitos de gestión, de conformidad con los principios y disposiciones del Sistema Único de Manejo Ambiental (Asamblea Nacional de la Republica de Ecuador, 2017, p. 43).*

En el artículo 225 del mismo código orgánico se establecen las Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos:

*Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas, las siguientes políticas generales:*

- 1. El manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente;*
- 2. La responsabilidad extendida del productor o importador;*
- 3. La minimización de riesgos sanitarios y ambientales, así como fitosanitarios y zoonosarios;*
- 4. El fortalecimiento de la educación y cultura ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia en relación al manejo de los residuos y desechos (Asamblea Nacional de la Republica de Ecuador, 2017, p. 43).*

El artículo 226 determina los principios de jerarquización que se deben cumplir en la gestión integral de residuos y desechos

*La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad:*

- 1. Prevención;*
- 2. Minimización de la generación en la fuente;*
- 3. Aprovechamiento o valorización;*
- 4. Eliminación; y,*
- 5. Disposición final.*

Los artículos 235 y 236 del Código Orgánico del Ambiente, Título V, capítulo III se enfocan en la gestión integral de residuos y desechos peligrosos y especiales.

*Artículo 235.- De la gestión integral de los residuos y desechos peligrosos y especiales. Para la gestión integral de los residuos y desechos peligrosos y especiales, las políticas, lineamientos, regulación y control serán establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional, así como los mecanismos o procedimientos para la implementación de los convenios e instrumentos internacionales ratificados por el Estado (Asamblea Nacional de la Republica de Ecuador, 2017, p. 45).*

*Artículo 236.- Fases de la gestión integral de residuos y desechos peligrosos y especiales. Las fases para la gestión integral de los residuos y desechos peligrosos y especiales serán las definidas por la Autoridad Ambiental Nacional (Asamblea Nacional de la Republica de Ecuador, 2017, p. 45).*

El Acuerdo Ministerial No. 061 publicado en el Registro Oficial 316, el 4 de mayo del 2015 en el capítulo VI Gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, y desechos peligrosos y/o especiales, artículo 47 establece:

***Prioridad Nacional.*** - *El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional y como tal, de interés público y sometido a la tutela Estatal, la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos y desechos peligrosos y/o especiales. El interés público y la tutela estatal sobre la materia implican la asignación de la rectoría y la tutela a favor de la Autoridad Ambiental Nacional, para la emisión de las políticas sobre la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales. También implica, la responsabilidad extendida y compartida por toda la sociedad, con la finalidad de contribuir al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales, en todos los ámbitos de gestión, según lo definido y establecido en este Libro y en particular en este Capítulo (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015, p. 15).*

En el artículo 51 del mismo acuerdo ministerial se establece:

***Normas técnicas nacionales para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales.*** *La Autoridad Ambiental Nacional, en el ámbito de sus competencias, establecerá las normas y parámetros técnicos para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales, desde la generación, hasta la disposición final, para mantener los estándares que permitan la preservación del ambiente, la gestión adecuada de la actividad, el control y sanción de ser del caso. (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015, p. 16)*

El artículo 81 del acuerdo ministerial 061 establece la siguiente obligatoriedad:

*Están sujetos al cumplimiento y aplicación de las disposiciones de la presente sección, todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, que dentro del territorio nacional participen en cualquiera de las fases y actividades de gestión de desechos peligrosos y/o especiales, en los términos de los artículos precedentes en este Capítulo.*

*Es obligación de todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que se dediquen a una, varias o todas las fases de la gestión integral de los desechos peligrosos y/o especiales, asegurar que el personal que se encargue del manejo de estos desechos, tenga la capacitación necesaria y cuenten con el equipo de protección apropiado, a fin de precautelar su salud. (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015, p. 24)*

El artículo 83 del mismo instrumento jurídico, en la Sección II Gestión integral de desechos peligrosos y/o especiales señala:

***Fases:** El sistema de gestión integral de los desechos peligrosos y/o especiales tiene las siguientes fases:*

*a) Generación;*

*b) Almacenamiento;*

*c) Recolección;*

*d) Transporte;*

*e) Aprovechamiento y/o valorización, y/o tratamiento, incluye el reúso y reciclaje y;*

*f) Disposición final. (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015, p. 25)*

#### *1.2.2.1. Gestión integral de desechos sólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales*

Según el (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, 2015, p. 19) la gestión integral es el conjunto de actividades que tienen como objetivo brindar a los desechos sólidos un manejo adecuado de acuerdo a sus características, dichas actividades deberán ser planeadas e implementadas por la entidad generadora de residuos.

Para que exista una eficiente gestión de desechos es necesario la realización e implementación de un documento en el que se explique a detalle las diferentes actividades que los entes generadores deben realizar para garantizar el manejo adecuado de los desechos sólidos y de esta manera cumplir con lo que dictaminen la legislación, a este documento se lo conoce como Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PGIDS). (Viceministerio de Agua de Colombia, 2015, p. 01)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Localización del estudio

El presente trabajo de titulación se desarrolló en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Macas ubicada en el barrio Nuestra Señora del Rosario y en el Laboratorio de Control de Calidad del Agua del GAD del Cantón Morona, el cual se encuentra ubicado en la parroquia San Isidro. Adicionalmente, para la caracterización del agua residual, ciertos parámetros fueron analizados en el Laboratorio de Servicios Ambientales (LSA) perteneciente a la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) de la ciudad de Riobamba.

#### 2.2. Técnicas y Métodos

##### 2.2.1. *Objetivo 1*

Caracterizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas en base a análisis físico-químicos y microbiológicos.

##### 2.2.1.1. *Método*

Basado en las *Normas Técnicas Ecuatorianas 2176 y 2169* establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización y en el *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*, establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de la República de Perú se realizaron las siguientes actividades.

## Monitoreo de Aguas residuales

- *Selección de puntos de muestreo*

Para la caracterización del agua residual se consideraron tres puntos de muestreo dentro del sistema de tratamiento, el primer punto se encuentra ubicado en la entrada al pretratamiento pudiendo conocer de esta manera las características del agua residual que aún no ha sido tratada. Como segundo punto se consideró la salida de las lagunas facultativas debido a que en este punto el agua ya ha recibido tratamiento y presenta cierto grado de depuración, y como tercer punto se eligió la salida de las lagunas de maduración, es decir la salida total del sistema con el fin de poder verificar la depuración del agua residual, el grado de descontaminación y determinar la eficiencia del sistema de tratamiento.

**Tabla 1-2:** Puntos de muestreo-PTAR de la ciudad de Macas

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CODIFICACIÓN</b>
Punto 1	Entrada al sistema-pretratamiento	MP
Punto 2	Punto medio de tratamiento-Salida de lagunas facultativas	MLF
Punto 3	Fin del sistema-Salida de lagunas de maduración.	MLM

Realizado por: Gianina Rivera

- *Materiales empleados*

- Recipientes plásticos de 1 galón
- Baldes plástico de 4 galones
- Recipientes estériles
- Botellas plásticas de 1 litro
- Botellas ámbar de 1 litro
- Jarra plástica de 1 litro
- Piseta
- Cooler
- Refrigerante
- Guantes de nitrilo
- Mandil
- Cofia
- Botas de caucho
- Gafas de seguridad
- Mascarilla para gases de 1 filtro
- Cronómetro
- Flexómetro
- Etiquetas
- Toallas de papel absorbentes
- Tablas portapapeles
- Agua destilada
- Bolsa plástica para basura
- Linterna



- **Equipos**

- Potenciómetro Oakton pH 11 Series
- Colorímetro DR 900
- Termómetro
- Cámara fotográfica

- **Procedimiento**

1. Para el análisis físico-químico, se obtuvieron muestras compuestas<sup>4</sup> de los tres puntos anteriormente descritos en un lapso de 24 horas, tomando una alícuota<sup>5</sup> y midiendo parámetros de campo cada 4 horas. Las alícuotas o submuestras fueron recolectadas en envases de un litro y depositadas en un recipiente plástico para ser homogenizadas al finalizar el muestreo, posteriormente a la homogenización se seleccionó un volumen de 3,5 litros en un envase de 1 galón para el correspondiente análisis físico-químico, y un volumen de 1 litro en un envase ámbar para el análisis de aceites y grasas, los envases se colocaron en un cooler provisto a una temperatura de 4°C para su almacenamiento y transporte al laboratorio.
2. Para el análisis microbiológico, se tomó una muestra simple<sup>6</sup> de cada uno de los puntos previstos para el muestreo, las muestras se recolectaron en envases estériles, completando  $\frac{3}{4}$  de su volumen, se cerraron herméticamente y se introdujeron en un cooler provisto a una temperatura de 4°C para su almacenamiento y transporte al laboratorio.
3. Se procedió a llenar las hojas de muestro con la información correspondiente a la jornada de muestreo tal como punto de muestreo, resultados de parámetro medidos in-situ, condiciones climatológicas y datos del personal responsable del muestreo.

NOTA: Es importante mencionar que la toma de muestras en los tres puntos se realizó por tres ocasiones, con distintas condiciones climatológicas, considerando un lapso de 15 días entre muestreo y muestreo.

---

<sup>4</sup> Composición de varias muestras puntuales tomadas en un mismo sitio en intervalos de tiempo prefijados, con el fin de obtener una muestra representativa del cuerpo de agua o del agua residual.

<sup>5</sup> Volumen que forma parte de una muestra final, cuyas propiedades y composición representan la sustancia original.

<sup>6</sup> Muestra que se recoge una sola vez y que representa las características de cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias del momento de recolección.

## Análisis de Aguas Residuales

Para la selección de los parámetros a ser monitoreados en la caracterización del agua que es depurada en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas se empleó el libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, tabla 12 “Parámetros de monitoreo de descargas industriales importantes”, CIU<sup>7</sup> 9000 “Disposición de desperdicios y aguas residuales, saneamiento y actividades similares-Descarga de aguas residuales de centros poblados”.

Bajo esta premisa se realizaron pruebas de pH, Temperatura, Turbiedad, Sólidos Sedimentables (SS), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Disueltos (SD), Oxígeno Disuelto (OD), Sulfatos, Fosfatos, Coliformes Fecales, Coliformes Totales. Los análisis de estos parámetros fueron realizados en el Laboratorio de Control de Calidad del Agua perteneciente al GAD del cantón Morona.

En tanto que las pruebas de Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico, Tensoactivos, DQO, DBO<sub>5</sub>, Grasas y Aceites se realizaron en el Laboratorio de Servicios Ambientales (LSA) de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

**Tabla 2-2:** Métodos empleados en el análisis de aguas residuales

Nº	Parámetro	Método utilizado
1.	pH	STÁNDAR METHODS 4500-H B
2.	Turbiedad	STÁNDAR METHODS 2130 B
3.	Temperatura	STÁNDAR METHODS 2550 B
4.	Oxígeno Disuelto	STÁNDAR METHODS 45000-O-G mod
5.	Sólidos Sedimentables	STÁNDAR METHODS 2540 F
6.	Sólidos Suspendidos Totales	Método Fotométrico 8006 HACH
7.	Sólidos Totales Disueltos	Método Fotométrico HQ14D HACH
8.	Sulfatos	STÁNDAR METHODS 4500-SO <sub>4</sub> E mod
9.	Fosfatos	STÁNDAR METHODS 4500-P-E
10.	Coliformes Totales y fecales	STÁNDAR METHODS 9221-C-B
11.	Nitrógeno amoniacal	STÁNDAR METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod
12.	Nitrógeno orgánico	STÁNDAR METHODS 4500-C-B mod
13.	Grasas y aceites	EPA 428.1
14.	Detergentes	STÁNDAR METHODS 5540-C mod
15.	DBO <sub>5</sub>	STÁNDAR METHODS 5210-B
16.	DQO	STÁNDAR METHODS 5220-D mod

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

<sup>7</sup> Código Internacional Industrial Uniforme

### **2.2.2. Objetivo 2**

Identificar las condiciones climatológicas y las características operacionales que influyen directamente en el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas.

#### **2.2.2.1. Método**

##### **Identificación de las condiciones climatológicas de la zona en estudio**

Para identificar las condiciones climatológicas se solicitó a la Dirección General de Aviación Civil un reporte meteorológico histórico de los factores: precipitación, temperatura y velocidad del viento, ya que esta entidad posee una estación climatológica que se encuentra ubicada en el aeropuerto “Edmundo Carvajal” de la ciudad de Macas.

Posteriormente se procedió a realizar el análisis de los factores climatológicos que influyen directamente en el funcionamiento de la PTAR estableciendo valores promedios anuales, mensuales, máximos y mínimos, este análisis ayudó a establecer actividades de operación inicial y procedimientos de mantenimiento que requieran la detención del funcionamiento del sistema de depuración.

Con el fin de determinar el clima que presenta la ciudad de Macas se empleó el Sistema de Clasificación de climas de Koppen, este sistema clasifica el clima tomando en consideración valores medios anuales y mensuales tanto de precipitación como de temperatura, dividiendo al planeta en seis grandes grupos o zonas climáticas principales, cada grupo se denomina con una letra mayúscula que va desde la letra A hasta la H, teniendo así: Clima Tropical (A), Clima Seco (B), Clima de latitudes medias (C), Clima continental o de inviernos muy fríos (D), Clima Polar (E) y Clima de tierras altas (H). (Meteorología y Climatología del Gobierno de Navarra, 2012)

##### **Identificación de las características operacionales de la PTAR de la ciudad de Macas**

Con el fin de identificar las características operaciones de la PTAR se realizó una entrevista al Ingeniero Javier Cortés Director del Departamento de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio del cantón Morona (*VER ENTREVISTA EN ANEXO C*), con la cual se pudo identificar la situación actual de la planta, adicionalmente se realizaron varias visitas a la zona de estudio con la finalidad de revisar y corroborar la información.

Durante las visitas se realizaron actividades de aforamiento con el propósito de determinar el caudal con el que la planta opera en la actualidad, la medición se efectuó empleando la canaleta Parshall existente en el sistema de depuración, esta actividad se realizó tanto en días lluviosos como en días en los que la precipitación era escasa, los datos de caudal fueron registrados en el Formulario F-1 (VER ANEXO D).

Según (IAC (Ingenieros Asociados de Control), 2017, p. 03) para la determinación del caudal es necesario conocer la altura de la lámina de agua y el ancho de la garganta de la canaleta, posteriormente se procede a comparar el valor medido de la garganta en la tabla presentada a continuación, con el fin de conocer el valor numérico de las constantes establecidas por la metodología de medición.

**Tabla 3-2:** Rango de caudales de operación en canales Parshall

Tamaño garganta (Pulg)	Tamaño garganta (cm)	Constante k (m <sup>3</sup> /h)	Constante n (adimensional)
1"	2,54	217,5	1,55
2"	5,08	425	1,548
3"	7,62	620	1,548
6"	15,24	1310	1,574
9"	22,86	1851	1,528
12"	30,48	2407	1,519
18"	45,72	3802	1,538
24"	60,96	5141	1,550
36"	91,44	7863	1,566

Fuente: (De Azevedo & Acosta, 1976), Manual de Hidráulica

Con los valores de “k” y “n” se procede a calcular el valor del caudal empleando la siguiente ecuación.

$$Q = kH^n$$

**Ecuación 1-2**

**Donde**

*Q*= Caudal en m<sup>3</sup>/h

*k*= Constante (m<sup>3</sup>/h)

*H*= Altura en metros de la lámina de agua

*n*= Constante

### 2.2.3. Objetivo 3

Definir las actividades de operación, mantenimiento y control de calidad necesarias para el funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas.

#### *2.2.3.1. Método*

Con la información recolectada en las siguientes actividades: caracterización del afluente y efluente de la planta, identificación de las condiciones climáticas e identificación de las características operaciones mediante el empleo de una lista de chequeo, se consiguió definir la situación actual de la planta, con estos datos se realizó un análisis y se determinaron las actividades que son fundamentales para el correcto funcionamiento de la PTAR de la ciudad de Macas, actividades que se encuentran detalladas en el *Capítulo 4*.

#### **2.2.4. Objetivo 4**

Establecer un plan de gestión integral de desechos sólidos para la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas que contribuya al cumplimiento de la vida útil del sistema.

##### *2.2.4.1. Método*

Para establecer un plan de gestión integral de desechos sólidos adecuado a las operaciones que se desarrollan en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas; se realizaron las siguientes actividades: Recolección de datos e información, monitoreo de desechos sólidos, caracterización de desechos sólidos y evaluación de impactos ambientales.

#### **Recolección de datos e información**

- ***Entrevista***

Se realizó una entrevista en el Departamento de Gestión Ambiental y Servicios Públicos de Municipio del cantón Morona, la entrevista se empleó como instrumento para recolectar información sobre la gestión y el manejo de los desechos de la PTAR en estudio, así como la determinación de los aspectos ambientales y posibles impactos provocados por el manejo inadecuado de los mismos (*VER ENTREVISTA EN ANEXO E*).

- ***Observación directa***

La observación permite conocer la realidad de una zona específica, debido a que, es la manera más rápida y directa de identificar fenómenos y objetos, a través de la observación experimental se reunieron datos de las operaciones que se llevan a cabo en la PTAR, utilizando como instrumentos formularios de recolección de información.

## Monitoreo de desechos sólidos

Tomando como referencia las Normas Mexicanas NMX-AA-61, NMX-AA-15, NMX-AA-19 y NMX-AA-22 concernientes al monitoreo de desechos sólidos se procedió a ejecutar las siguientes acciones:

- **Selección de zonas de muestreo**

Para la selección de las zonas de muestreo se realizaron visitas a la PTAR con el fin de identificar las áreas en las que se generan mayor cantidad de desechos sólidos. De esta manera se identificaron las zonas de muestreo en función del tipo de residuo generado (biológicamente peligroso, especial o común). En la *tabla 4-2*, se muestran las zonas seleccionadas para el muestreo.

**Tabla 4-2:** Zonificación de las áreas de muestreo de la PTAR de la ciudad de Macas

ZONA	ÁREA	TIPO DE DESECHOS GENERADOS
Zona 1	Cribas I	Desechos biológicamente peligrosos
Zona 2	Cribas II	Desechos biológicamente peligrosos
Zona 3	Área Administrativa	Desechos comunes
Zona 4	Servicios Higiénicos	Desechos biológicamente peligrosos

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017.

- **Frecuencia de muestreo**

Con el objetivo de determinar la producción de desechos sólidos generados en una semana se tomaron muestras durante 8 días sucesivos en cada zona, considerando que los resultados del día 1 no se contemplan en el análisis.

- **Procedimiento para la toma de muestras**

1. Las muestras fueron recolectadas en los puntos de generación de cada zona de muestreo, y se pesaron de forma individual en una báscula de mesa, los valores de la cantidad de desechos sólidos generados en la planta fueron registrados en el formulario F-2 (*VER ANEXO F*).

2. Posteriormente se calculó la tasa de generación diaria de desechos y densidad, los resultados de estos parámetros fueron registrados en los formularios F-3, F-4 respectivamente (*VER ANEXO G y ANEXO H*).
3. A continuación, se determinó la composición gravimétrica de los desechos sólidos, siguiendo la Norma Mexicana NMX-AA-15, los valores fueron registrados en el formulario F-5 (*VER ANEXO I*).

### **Caracterización de desechos sólidos**

Con el fin de caracterizar los desechos sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas se analizaron los siguientes aspectos:

- ***Generación diaria***

Para la determinación de la generación diaria de desechos sólidos se realizó el pesaje en cada una de las zonas seleccionadas para el muestreo, durante 8 días consecutivos obteniendo así la generación diaria por área.

$$GD = \frac{\text{kg de desechos sólidos}}{\text{\# días muestreados}}$$

**Ecuación 2-2**

Posteriormente para establecer la generación total de la PTAR se realizó la sumatoria del peso de los desechos generados en cada una de las áreas y se dividió para el número de días que duró el muestreo, consiguiendo así el dato preciso de kg/día.

$$GDT = \frac{P1 + P2 + P3 + P4}{\text{\# días muestreados}}$$

**Ecuación 3-2**

**Donde**

***GDT***= *Generación diaria Total*

***P1***= *Peso de desechos sólidos en la zona 1*

***P2***= *Peso de desechos sólidos en la zona 2*

***P3***= *Peso de desechos sólidos en la zona 3*

***P4***= *Peso de desechos sólidos en la zona 4*

***\#***= *Número de días muestreados*

- **Producción Per cápita**

Para determinar la producción per cápita de la PTAR de la ciudad de Macas se consideró únicamente los datos de la zona 3 y 4, debido a que estas son las únicas zonas en las que los desechos sólidos son generados por el personal que labora en la PTAR.

Para tal efecto se empleó la siguiente ecuación:

$$PPC = \frac{P3 + P4}{\# \text{ días muestreados} * \# \text{ empleados}}$$

**Ecuación 4-2**

**Donde:**

*PPC= Producción Per Cápita*

*P3= Peso de desechos sólidos en la zona 3*

*P4= Peso de desechos sólidos en la zona 4*

*#= Número de días muestreados*

*#= Número de empleados que laboran en la PTAR*

- **Volumen suelto**

Se seleccionó un recipiente cilíndrico y se procedió a tomar sus dimensiones, se dispusieron los desechos dentro del recipiente, enseguida con la ayuda de un flexómetro se midió la altura que alcanzaron los desechos dentro del recipiente y se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$V = A * H$$

**Ecuación 5-2**

**Donde:**

*V= Volumen de desechos*

*A = Área de la base del recipiente*

*H = Altura de desechos en el recipiente*

$$A_B = \pi r^2$$

**Ecuación 6-2**

**Donde:**

*A<sub>B</sub> = Área de la base del recipiente*

*π = Número constante equivalente a 3,14*

*r = Radio del recipiente*



- **Densidad suelta**

En base a la Norma Mexicana NMX-AA-19 se determinó la densidad para cada una de las zonas de muestreo, para lo cual se dividió el peso en kg entre el volumen del recipiente en metros cúbicos, empleando la siguiente ecuación.

$$D = P / V$$

**Ecuación 7-2**

**Dónde:**

*D* = Densidad de los desechos ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

*P* = Peso de los desechos (kg)

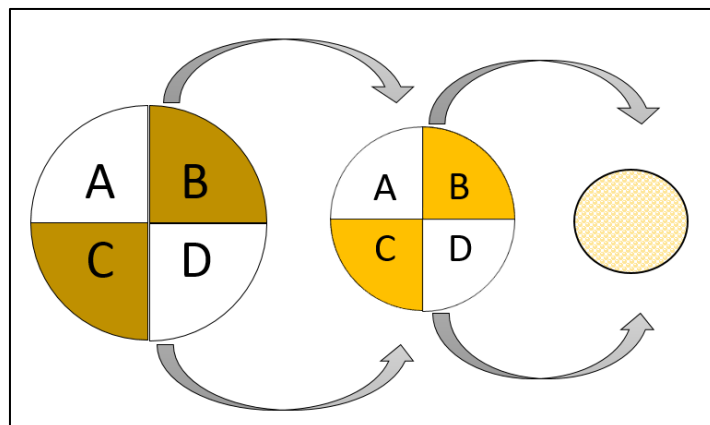
*V* = Volumen de los desechos en el recipiente ( $\text{m}^3$ )

- **Composición gravimétrica**

Para determinar la composición gravimétrica se tomó como referencia las Normas Mexicanas NMX-AA-15 y NMX-AA-22, mismas que indican los procedimientos que deben realizarse para la cuantificación de los componentes contenidos en los desechos sólidos.

*Procedimiento*

Se vertieron los desechos generados de cada zona en un área plana horizontal de  $2 \text{ m}^2$  haciendo un solo cúmulo y se mezclaron hasta homogeneizarlos. A continuación, se dividió el cúmulo en cuatro partes aproximadamente iguales A, B, C y D como se muestra en la *figura 1-2*, y se eliminaron las partes opuestas A y D o B y C, hasta conseguir que el peso de la muestra sea de 1 kg.



**Figura 1-2:** Procedimiento-Método de cuarteo de desechos sólidos

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

Enseguida se procedió a realizar la selección de subproductos en base a la siguiente clasificación:

- Plásticos
- Látex
- Papel
- Tela
- Madera
- Materia orgánica
- Animales en descomposición
- Otros: polvo, poliuretano, poliestireno

Posteriormente se pesó por separado los subproductos correctamente clasificados y se calculó el porcentaje en peso, empleando la siguiente ecuación.

$$PS = (GI/G) * 100$$

**Ecuación 8-2**

**Donde:**

*PS = Porcentaje del subproducto considerado.*

*GI = Peso del subproducto considerado.*

*G = Peso total de la muestra.*

### **Evaluación de Impactos Ambientales**

- ***Identificación de acciones impactantes***

A continuación, se enumeran las acciones realizadas en la PTAR de la ciudad de Macas que pudieran causar impactos ambientales significativos en relación a la generación de desechos sólidos.

**A1:** Remoción de sólidos de las cribas

**A4:** Mantenimiento de áreas verdes y jardines

**A2:** Remoción de macrophytas de las lagunas de maduración

**A5:** Recepción y redacción de oficios e informes

**A3:** Remoción de lodos del fondo de las lagunas facultativas

**A6:** Visitas técnicas

**A7:** Uso de servicios higiénicos

- ***Identificación de aspectos ambientales***

Cada acción tiene aspectos ambientales que puede generar un impacto ya sea negativo o positivo sobre los componentes ambientales del medio. Entiéndase como aspecto ambiental al elemento o producto de las actividades que puede interactuar con el medio. En la *tabla 5-2*, se enumeran los aspectos ambientales de las acciones definidas en el inciso anterior.

**Tabla 5-2:** Aspectos ambientales de la PTAR de la ciudad de Macas

<b>ABREVIATURA</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>
<b>A1</b>	Remoción de materiales sólidos de las cribas	Generación de desechos biológicamente peligrosos
<b>A2</b>	Remoción de macrophytas de las lagunas de maduración	Generación de desechos orgánicos comunes
<b>A3</b>	Remoción de lodos del fondo de lagunas facultativas	Generación de desechos biológicamente peligrosos
<b>A4</b>	Mantenimiento de áreas verdes y jardines	Generación de desechos orgánicos comunes
<b>A5</b>	Recepción y redacción de oficios e informes	Generación de desechos reciclables comunes
<b>A6</b>	Visitas técnicas	Generación de desechos comunes
<b>A7</b>	Uso de servicios higiénicos	Generación de desechos biológicamente peligrosos

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017.

- ***Identificación de los principales componentes ambientales impactados***

Como consecuencia de las actividades realizadas en la PTAR, se producirán cambios en los componentes ambientales, a estos cambios se los definen como impactos ambientales, los cuales pueden ser beneficiosos o perjudiciales. Sin embargo, estos cambios no presentan la misma intensidad, algunos sufren más los efectos que otros debido a que el grado de susceptibilidad, resistencia y vulnerabilidad varía entre cada componente.

Los componentes ambientales que serán impactados como resultado de las actividades ejecutadas en la PTAR de la ciudad de Macas son: aire, aguas superficiales, aguas subterráneas, suelo, belleza paisajística, vegetación, fauna, salud e higiene.

- ***Valoración de impactos ambientales***

Con el fin de evaluar los impactos ambientales que se generan en la operación de la PTAR de la ciudad de Macas se empleó una matriz de causa-efecto formulada por Vicente Conesa en 1997.

Según (Quiala, et al., 2015, p. 22) la matriz de Conesa tiene como objetivo principal evaluar cualitativamente los impactos ambientales que pudiera ocasionar un proyecto, obra o actividad. Este método analiza doce parámetros: Carácter del impacto (CI), extensión (EX), persistencia (PE), sinergia (SI), efecto (EF), recuperabilidad (MC), intensidad (I), momento (MO), reversibilidad (RV), acumulación (AC), periodicidad (PR) e importancia (IM).

**Tabla 6-2:** Criterios de Conesa para la valoración de impactos ambientales

<b>CI</b>	Impacto beneficioso	+	<b>EX</b> (Área de influencia)	Puntual	1
	Impacto perjudicial	-		Local	2
				Extenso	4
				Total	8
				Critica	(+4)
<b>SI</b>	Sin sinergia	1	<b>EF</b> (Relación causa-efecto)	Indirecto	1
	Sinérgico	2		Directo	4
	Muy sinérgico	4			
<b>I</b> (Grado de destrucción)	Baja	1	<b>MO</b> (Plazo de manifestación)	Largo plazo	1
	Media	2		Medio plazo	2
	Alta	4		Corto plazo	4
	Muy Alta	8		Inmediato	4
	Total	12		Critico	(+4)
<b>AC</b> (Incremento progresivo)	Simple	1	<b>PR</b> (Regularidad de manifestación)	Discontinuo	1
	Acumulativo	4		Periódico	2
				Continuo	4
<b>PE</b> (Permanencia del efecto)	Fugaz	1	<b>RV</b>	Corto plazo	1
	Temporal	2		Medio plazo	2
	Permanente	4		Irreversible	4
<b>MC</b> (Recuperación por medios humanos)	Recuperación inmediata	1	<b>IM</b> (Valoración del impacto)  $IM = CI (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$		
	Recuperable a medio plazo	2			
	Mitigable	4			
	Irrecuperable	8			

Fuente: (Conesa, 1993, pp. 55-58) Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental

El cálculo del parámetro importancia puede tomar valores que van desde 13 hasta 100, en la tabla 7-2, se muestra la clasificación de los impactos según el valor de importancia calculado.

**Tabla 7-2:** Clasificación de impacto ambiental

CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO	ABREVIATURA	VALORACIÓN DE IMPORTANCIA
Compatible	CO	< 25
Moderado	M	25-50
Severo	S	51-75
Crítico	C	> 75

Fuente: (Quiala, et al., 2015, p. 23) Evaluación de impacto ambiental al proyecto de dragado Marina Periquillo cayo Las Brujas.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Caracterización del agua residual

Para caracterizar el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas se realizaron tres muestreos en tres distintos puntos:

1. Entrada Pretratamiento
2. Salida Lagunas Facultativas
3. Salida Lagunas de Maduración

Durante el primer muestreo la temperatura ambiental promedio fue de 19 °C y el tiempo meteorológico se mostró nublado con precipitaciones; en el segundo muestreo el tiempo se presentó parcialmente nublado con una temperatura promedio de 22 °C. En tanto que, en el tercer muestreo el tiempo meteorológico se presentó mayormente soleado con una temperatura ambiental promedio de 25 °C, los resultados de los análisis se muestran en el ANEXO A.

#### 3.1.1. Caracterización del afluente de la PTAR de la ciudad de Macas

En la *tabla 1-3* se muestran los valores promedios de los análisis físico-químicos y microbiológico del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas.

**Tabla 1-3:** Valores promedios del afluente de la PTAR de la ciudad de Macas

PARÁMETROS	UNIDADES	Acuerdo Ministerial 097 A ANEXO VI (Tabla 9)	PROMEDIO AFLUENTE	CUMPLIMIENTO
Temperatura	°C	Condición natural $\pm$ 3	21,33	Cumple
Turbiedad	NTU	No especificado	69,61	No especificado

<b>S. Sedimentables</b>	ml/L	No especificado	4,23	No especificado
<b>S. Disueltos Totales</b>	mg/L	No especificado	61,67	No especificado
<b>S. Suspendidos</b>	mg/L	130	149,33	No cumple
<b>Ph</b>		6 a 9	6,5	Cumple
<b>OD</b>	mg/L	No especificado	6,87	No especificado
<b>Sulfatos</b>	mg/L	1000	2	Cumple
<b>Fosfatos</b>	mg/L	10	0,75	Cumple
<b>C. Totales</b>	NMP/100	No especificado	>1100	No especificado
<b>C. Fecales</b>	NMP/100	2000	>1100	No cumple
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	30	42,67	No cumple
<b>Detergentes</b>	mg/L	0,5	0,66	No cumple
<b>DQO</b>	mg/L	200	35,33	Cumple
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /L	100	15	Cumple
<b>Nitrógeno orgánico total</b>	mg/L	50	3,89	Cumple
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg/L	30	2,03	Cumple

Fuente: ANEXO A

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

Los valores presentados en la *tabla 1-3* demuestran que los parámetros: sólidos suspendidos (149,3 mg/L), coliformes fecales (>1100 NMP/100), detergentes (0,66 mg/L), aceites y grasas (42,67 mg/L), concernientes al afluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Macas presentan valores que exceden los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A, Tabla 9, por lo tanto requieren de un tratamiento que mejore la calidad del agua de descarga.

### **3.1.2. Caracterización del efluente de la PTAR de la ciudad de Macas**

En la *tabla 2-3* se puede evidenciar que todos los parámetros del efluente de la planta de tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Macas cumplen con los límites permisibles establecidos para la descarga por lo tanto puede ser vertido a un cuerpo de agua dulce.

**Tabla 2-3:** Valores promedios del efluente de la PTAR de la ciudad de Macas

PARÁMETROS	UNIDADES	Acuerdo Ministerial 097 A ANEXO VI (Tabla 9)	PROMEDIO EFLUENTE	CUMPLIMIENTO
Temperatura	°C	Condición natural ± 3	24,67	Cumple
Turbiedad	NTU	No especificado	5,88	No especificado
S. Sedimentables	ml/L	No especificado	0	No especificado
S. Disueltos Totales	mg/L	No especificado	52,67	Cumple
S. Suspendidos	mg/L	130	16,33	Cumple
pH		6 a 9	9,22	Cumple
OD	mg/L	No especificado	9,5	No especificado
Sulfatos	mg/L	1000	0	Cumple
Fosfatos	mg/L	10	0,06	Cumple
C. Totales	NMP/100	No especificado	459,67	No especificado
C. Fecales	NMP/100	2000	44,33	Cumple
Aceites y grasas	mg/L	30	24,67	Cumple
Detergentes	mg/L	0,5	0,44	Cumple
DQO	mg/L	200	32,33	Cumple
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	100	15,67	Cumple
Nitrógeno orgánico total	mg/L	50	1,63	Cumple
Nitrógeno amoniacal	mg/L	30	0,69	Cumple

Fuente: ANEXO A

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

### 3.1.3. Eficiencia de la PTAR de la ciudad de Macas

Como se puede observar en la *tabla 3-3*, la PTAR presentó altos porcentajes de remoción en los siguientes parámetros: turbiedad (91.6 %), sólidos sedimentables (100 %), sólidos suspendidos (89.1 %), sulfatos (100 %), fosfatos (92 %), coliformes fecales (96 %), adicionalmente se

evidenció un incremento de 72 % en el oxígeno disuelto obteniendo como valor promedio en el efluente 9,5 mg/L, valor que según ( Alianza por el Agua /Ecología y Desarrollo, 2008, p. 158) se encuentra dentro de un rango apropiado para la vida de la mayoría de especies de peces y otros seres acuáticos. Por otra parte, parámetros como coliformes totales (58.2 %), aceites y grasas (42.19 %), nitrógeno orgánico total (58.1 %) y nitrógeno amoniacal (66 %) presentaron una remoción media. Al contrario, los parámetros que mostraron bajos niveles de remoción fueron sólidos disueltos (14.6 %), detergentes (21.4 %) y DQO (8.5 %).

Además, el efluente presentó un aumento de 4,66 % en el parámetro DBO<sub>5</sub>, esto se debe a que en la PTAR no se efectúan actividades de operación y mantenimiento adecuadas, y las unidades de depuración propiamente dichas presentan huevos de anfibios, maleza, animales en descomposición, entre otros elementos que aumentan la cantidad de materia orgánica. (VER FOTOGRAFÍAS EN ANEXO K)

**Tabla 3-3:** Rendimiento de la PTAR expresado en porcentajes de remoción

PARÁMETROS	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCIÓN
Temperatura	21,33	24,67	-
Turbiedad	69,61	5,88	91,6
S. Sedimentables	4,23	0	100
S. Disueltos	61,67	52,67	14,6
S. Suspendidos	149,33	16,33	89,1
pH	6,5	9,22	-
OD	6,87	9,5	Aumento 72 %
Sulfatos	2	0	100
Fosfatos	0,75	0,06	92
C. Totales	>1100	459,67	58,2
C. Fecales	>1100	44,33	96
Aceites y grasas	42,67	24,67	42,19
Detergentes	0,56	0,44	21,4
DQO	35,33	32,33	8,5
DBO <sub>5</sub>	15	15,67	Aumento 4,66 %
Nitrógeno orgánico total	3,89	1,63	58,1
Nitrógeno amoniacal	2,03	0,69	66,0

Fuente: ANEXO A

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017



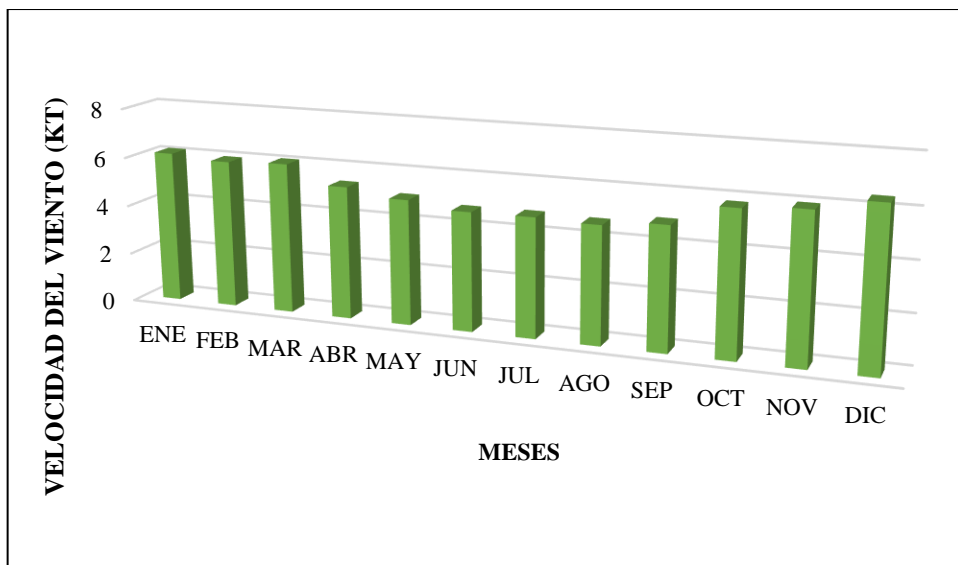
### 3.2. Identificación de las condiciones climáticas de la ciudad de Macas

Para identificar las condiciones climáticas de la ciudad de Macas se solicitó un reporte histórico de los factores: Velocidad del viento, Temperatura y Precipitación al Departamento de Gestión Meteorológica de la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador, en vista que esta entidad posee una estación climatológica, la cual presenta la siguiente localización: en longitud 78° 7. 2' y latitud 02° 17. 9' S con una elevación de 1000 m.s.n.m.

La ciudad de Macas está ubicada en el Sur-Oriente del Ecuador a una altura de 1020 m.s.n.m., con características climatológicas que corresponden a un Clima Tropical Ecuatorial y presenta temperaturas cálidas que en ocasiones alcanzan hasta 26 °C.

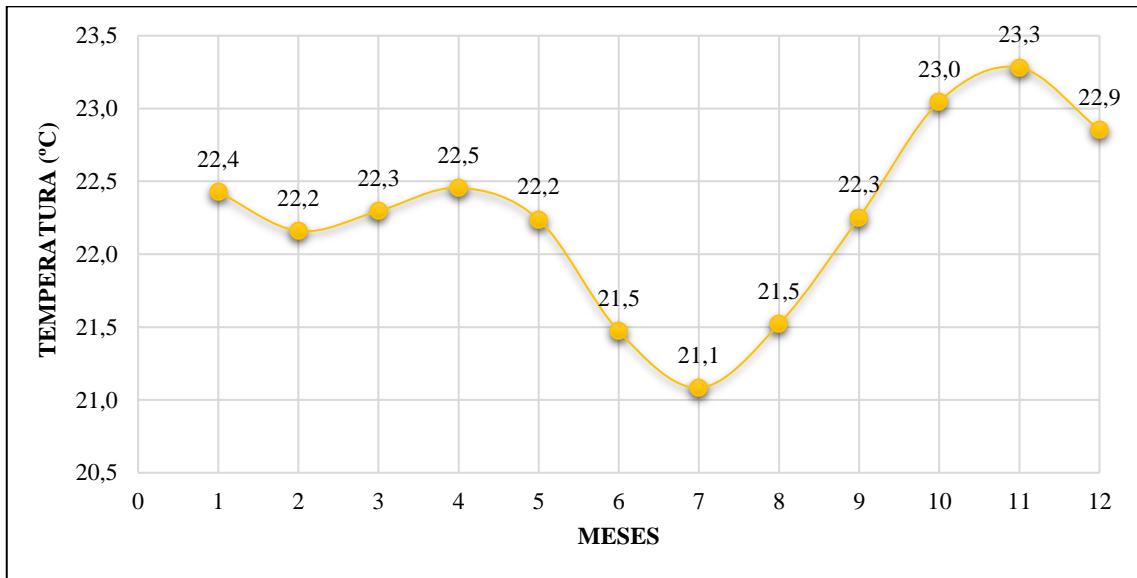
En el *ANEXO B* se presentan los valores de velocidad del viento, temperatura media y precipitación registrados desde 1985 hasta el año 2016.

En los valores de velocidad del viento se obtuvo un promedio mensual de 6 KT valor que corresponde a 3,09 m/s. Como se puede apreciar en la *gráfica 1-3* entre los doce meses del año no existe una variación significativa de la velocidad del viento, aunque se puede señalar que diciembre es el mes en el que el viento presenta velocidades máximas alcanzado valores de hasta 4,12 m/s.



**Gráfica 1-3:** Distribución Mensual de la velocidad del viento  
Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

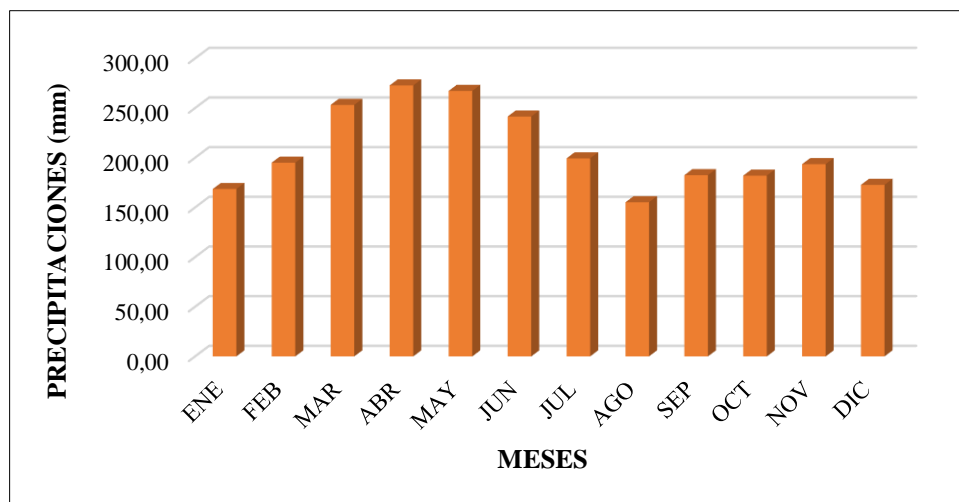
La temperatura ambiental media anual en la ciudad de Macas es de 22.3 °C, siendo noviembre el mes más cálido con una temperatura promedio de 23,3 °C en tanto que julio es el mes que presenta temperaturas más bajas con un promedio de 21,1 °C, existiendo una diferencia de 2,2 °C entre el mes cálido y el mes más frío, valores que se pueden verificar en la *gráfica 2-3*.



**Gráfica 2-3:** Distribución mensual de la temperatura ambiental

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

Como se evidencia la *gráfica 3-3* la ciudad de Macas presenta una precipitación media anual de 2483,7 mm y una precipitación media mensual de 207,03 mm. Adicionalmente en la figura se puede advertir que el mes más seco es agosto con una precipitación mensual de 155,2 mm, mientras que el mes que presenta mayor pluviosidad es abril, con un valor de 272,8 mm. Los valores de precipitación difieren en 117,6 mm entre el mes más seco y el mes más lluvioso.



**Gráfica 3-3:** Distribución mensual de las precipitaciones

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

### **3.2.1. Determinación del clima de la ciudad de Macas**

Con los datos de precipitación y temperatura presentados anteriormente y empleando el sistema de clasificación de climas de Koppen se pudo determinar que el clima de la ciudad de Macas posee clasificación *Afa* simbología que corresponde al Clima Tropical Ecuatorial. El cual presenta las siguientes características: La letra *A* es concerniente a un clima tropical con una temperatura promedio superior a 18 °C, en donde no existe una estación seca. La letra *f* indica una clasificación ecuatorial en donde el mes más seco presenta precipitaciones mayores a 60 mm, y la letra *a* señala que la temperatura promedio del mes más cálido es superior a 22 °C.

### **3.3. Identificación de las características operacionales de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas**

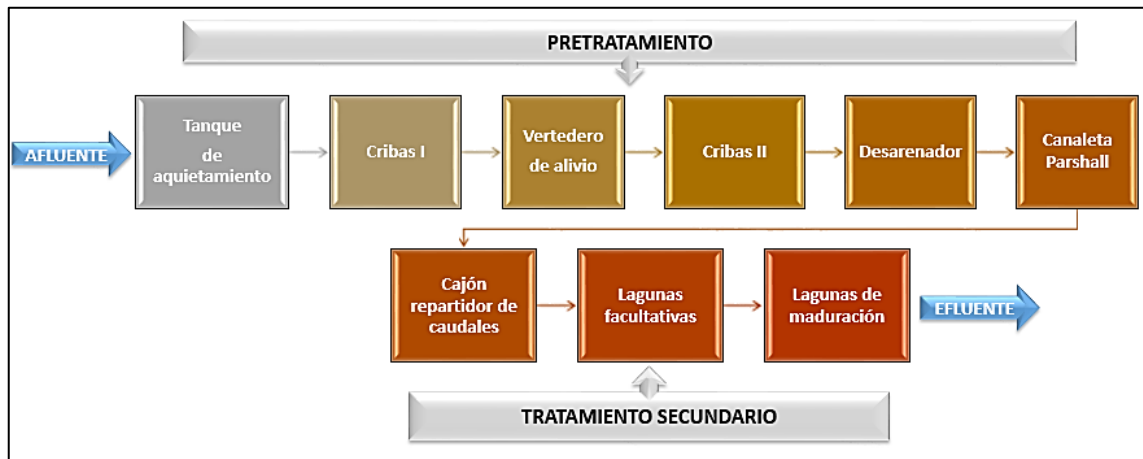
Para identificar las características operacionales se efectuaron vistas de reconocimiento a la planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de conocer las unidades que forman parte del sistema de depuración y mediante una entrevista (*ANEXO C*) se recolectó información acerca del funcionamiento y estado de cada una de ellas.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas se encuentra localizada en un predio perteneciente al Gobierno Municipal, el área es relativamente plana ubicada en las cuencas de los ríos Upano y Jurumbaino, a una altura de 950 m sobre el nivel del mar. Existe accesibilidad para todo tipo de vehículos por la calle denominada La Hermita. Las viviendas más cercanas se encuentran a una distancia de 410 m. En el margen derecho de la planta, a 135 m se encuentra ubicado el relleno sanitario de la ciudad.

Gracias a la conformación topográfica del terreno el GAD del cantón Morona diseñó y construyó una planta de tratamiento que funcione a gravedad en todas las unidades, consiguiendo así un ahorro de energía eléctrica y recursos económicos.

#### **3.3.1. Unidades de tratamiento**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas consta de dos fases, en la primera fase el agua residual recibe un tratamiento primario con el propósito de eliminar del fluido cualquier material que pueda ocasionar daños en las demás unidades del sistema. La segunda fase consiste en la depuración del agua residual mediante un sistema de lagunaje en el cual ocurrirán procesos de sedimentación, estabilización biológica de la carga contaminante en suspensión y eliminación de los agentes patógenos.



**Figura 1-3:** Diagrama de tratamiento de la PTAR de la ciudad de Macas

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

A continuación, se explica a detalle el proceso de depuración en la PTAR de la ciudad de Macas:

El agua a tratar llega a la planta desde la tubería de descarga de los interceptores y la primera unidad por la que pasa es llamada Tanque de quietamiento, cuya función es reducir la energía con la que el agua entra al sistema, para este propósito el tanque posee una pantalla deflectora. Además, el tanque cuenta con un vertedero de alivio en caso que el agua supere el caudal de entrada de 135 L/s.

A continuación, el agua pasa a través de la unidad denominada Cribas I, en donde se retienen sólidos de diámetro superior a 2.5 cm, que es el espacio existente entre las rejillas. Posteriormente el agua residual fluye hacia un segundo vertedero de alivio en el cual se regula el caudal en el caso de que supere los 80 L/s, que es el caudal máximo de trabajo de todo el sistema.

Enseguida el fluido atraviesa la tercera unidad denominada Cribas II, la cual tiene como función remover del agua residual los sólidos que por ser más finos no fueron retenidos por las primeras rejillas, los materiales removidos tendrán un diámetro superior a 2 cm, que es el espacio existente entre rejillas.

Al atravesar la tercera unidad de depuración el líquido residual fluye hacia el desarenador, en donde se remueven los sólidos suspendidos de rápida sedimentación (principalmente arena, gravilla y otros materiales minerales de tamaño más o menos grande), a fin de evitar que

ingresen a las tuberías de conducción o al proceso de tratamiento obstaculizando y creando problemas de eficiencia de remoción de contaminantes.

Con la finalidad de medir el caudal de operación antes de que este sea repartido a las unidades de tratamiento secundario se ha dispuesto una estructura conocida como Canaleta Parshall, el aforo se realiza en la sección convergente de la canaleta, mediante la determinación de la altura de la lámina de agua, misma que será marcada en una regleta.

Posteriormente el agua residual pasa al Cajón repartidor en donde se reparte el caudal de operación en partes iguales entre las dos primeras lagunas del sistema de tratamiento, propiamente dichas lagunas facultativas, culminado así el tratamiento primario o pretratamiento.

En tanto que para el tratamiento secundario el agua residual es repartida equitativamente y vertida en dos lagunas facultativas, mismas que poseen un tiempo de retención 5,7 días y presentan las siguientes dimensiones: 110 m de largo, 96 m de ancho y 1,80 m de profundidad. La finalidad de las lagunas facultativas es remover de afluente la carga orgánica contaminante

Al culminar su estancia en las lagunas facultativas el agua residual pasa a las lagunas de maduración que tienen un tiempo de retención de 3,7 días y las siguientes dimensiones: 61 m de largo, 101 m de ancho y 1,50 m de profundidad. El objetivo de las lagunas de maduración es remover del agua el mayor porcentaje posible de organismos patógenos. En cuanto termine el tiempo de retención en las lagunas de maduración el agua residual se considera tratada y lista para ser descargada, dicha descarga se realiza en el río Upano.

### 3.3.2. *Funcionalidad de las unidades de tratamiento*

Con el fin de establecer la funcionalidad de cada una de las unidades de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas se realizaron varias visitas de observación y mediante el empleo de una lista de chequeo se determinó lo indicado a continuación:

**Tabla 4-3:** Funcionalidad de las unidades de la planta tratamiento

<b>UNIDAD</b>	<b>ESTADO</b>
Tanque de quietamiento	Funcional
Cribas I	Funcional
Vertedero de alivio	Funcional
Cribas II	Funcional

Desarenador	Funcional
Canaleta Parshall	Funcional
Cajón repartidor	Funcional
Lagunas Facultativas	Funcional-Requiere mantenimiento
Lagunas de Maduración	Funcional-Requiere mantenimiento

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C 2017

### 3.3.3. *Capacidad de operación*

Para determinar la capacidad de operación de la planta de tratamiento se tomaron en consideración los siguientes aspectos.

#### 3.3.3.1. *Caudal de operación*

Mediante el empleo de la canaleta Parshall que posee el mismo sistema de depuración se determinó que el caudal promedio con el que la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas opera en la actualidad, es de 40,74 L/s.

#### 3.3.3.2. *Capacidad de remoción de carga orgánica de las lagunas facultativas*

Las lagunas facultativas fueron diseñadas para operar con una tasa de remoción de 367 Kg DBO<sub>5</sub>/Ha-día, lo que equivale a un porcentaje de remoción de carga orgánica igual a 68.0 %.

#### 3.3.3.3. *Capacidad de remoción de la carga microbiológica de las lagunas de maduración*

Las lagunas de maduración están diseñadas para alcanzar una remoción del 98.6% de la carga microbiana representada por coliformes fecales.

## 3.4. **Elaboración del Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos**

### 3.4.1. *Caracterización de desechos sólidos de la PTAR de la ciudad de Macas*

#### 3.4.1.1. *Generación diaria*

En la *tabla 5-3* se muestran los valores diarios promedios de los desechos sólidos generados en cada una de las zonas seleccionadas para el muestreo, determinando que en la Zona 1 correspondiente al área de Cribas I es el lugar en el que se genera mayor cantidad de desechos.

Con un valor promedio de 2,62 kg/día. En tanto que, el promedio de generación diaria de la PTAR es de 5,02 kg/día.

NOTA: Los valores del primer día de muestreo no se han considerado en los cálculos de ninguno de los aspectos seleccionados para la caracterización de desechos sólidos.

**Tabla 5-3:** Generación diaria de desechos sólidos en la PTAR de Macas

<b>DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN DIARIA DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>										
<b>ZONAS DE MUESTREO</b>	<b>PESO NETO TOTAL (kg)</b>								<b>Peso neto total por zona (kg)</b>	<b>Generación diaria por Zona (kg/día)</b>
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 8</b>		
<b>Zona 1</b> (Cribas I)	1,36	3,63	1,81	2,53	1,67	3,16	2,78	2,74	18,32	2,62
<b>Zona 2</b> (Cribas II)	1,59	1,50	1,36	1,20	1,27	1,32	1,51	1,35	9,51	1,36
<b>Zona 3</b> (Área Administrativa)	0,41	0,27	0,20	0,19	0,32	0,21	0,19	0,43	1,81	0,26
<b>Zona 4</b> (Servicios Higiénicos)	0,90	0,66	0,73	0,62	1,03	0,68	0,87	0,91	5,50	0,79
<b>Peso total neto diario (kg/día)</b>	4,26	6,06	4,10	4,54	4,29	5,37	5,35	5,43		
<b>Promedio de generación diaria de la PTAR (kg/día)</b>									<b>35,14</b>	<b>5,02</b>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

#### 3.4.1.2. Producción Per cápita

Para establecer la Producción Per Cápita de los desechos sólidos de la PTAR de la ciudad de Macas se obtuvo un promedio de los pesos netos de la zona 3 y 4 durante 8 días y se dividió para el número de personas que laboraron en la planta durante el muestreo tal como se muestra en la ecuación 4-2.

**Datos:** $P3 = 0,26$  $P4 = 0,79$ 

# días muestreados = 7

# empleados = 3

$$PPC = \frac{0,26 \text{ kg} + 0,79 \text{ kg}}{7 \text{ días} * 3 \text{ empleados}}$$

$$PPC = 0,05 \text{ kg/ empleado*día}$$

**3.4.1.3. Densidad suelta**

En la *tabla 6-3* se muestran los valores de densidad promedio de cada una de las zonas seleccionadas para el muestreo, estableciendo así que los desechos sólidos de la zona II presentan mayor densidad con un valor promedio de 98,55 kg/m<sup>3</sup>. En tanto que, la densidad promedio de la planta es de 81,72 kg/m<sup>3</sup>

**Tabla 6-3:** Densidad suelta de desechos sólidos de la PTAR de Macas

ZONAS DE MUESTREO	Peso neto por zona (kg)	Volumen por zona (m <sup>3</sup> )	Densidad promedio por zona (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Zona 1</b> (Cribas I)	18,32	0,212	86,42
<b>Zona 2</b> (Cribas II)	9,51	0,097	98,55
<b>Zona 3</b> (Área Administrativa)	1,81	0,035	51,48
<b>Zona 4</b> (Servicios Higiénicos)	5,50	0,086	63,81

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**3.4.1.4. Composición gravimétrica**

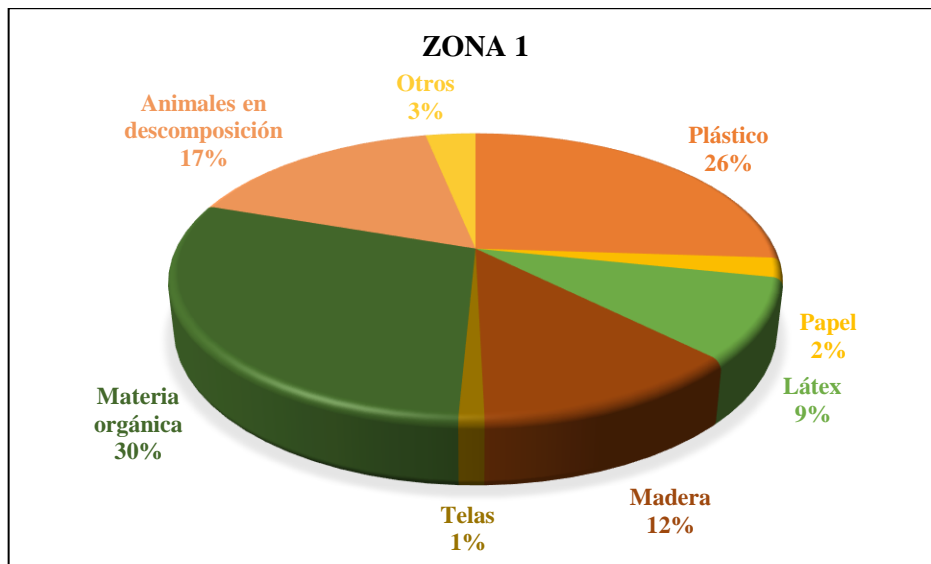
Las siguientes tablas y gráficas muestran valores porcentuales de componentes físicos de los desechos sólidos que se generaron en la PTAR de la ciudad de Macas durante el periodo de muestreo.



**Tabla 7-3:** Composición gravimétrica Zona 1

ZONA DE MUESTREO	COMPONENTES	PORCENTAJE COMPONENTES (%)
<b>Zona 1</b> (Cribas I)	Plástico	25,84%
	Papel	2,21%
	Látex	9,13%
	Madera	12,04%
	Telas	1,13%
	Materia orgánica	29,29%
	Animales en descomposición	16,42%
	Otros	3,16%

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017



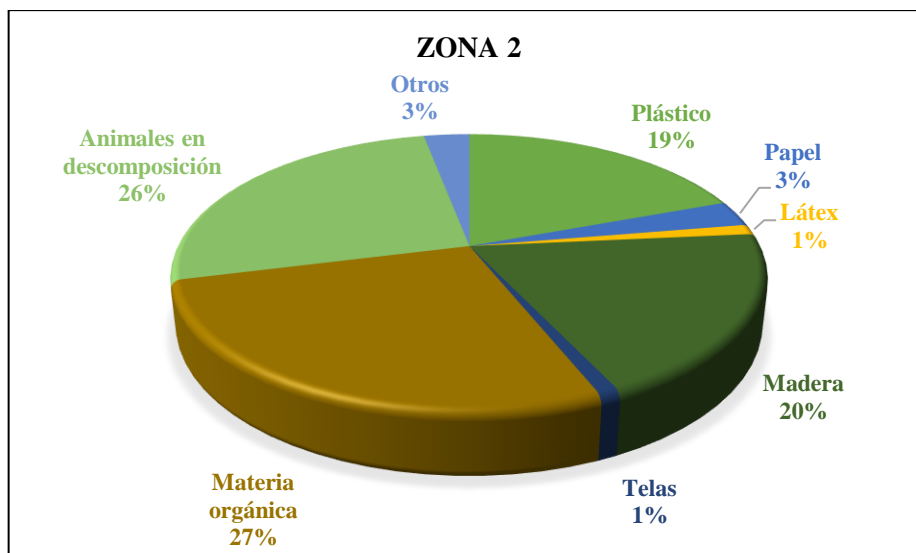
**Gráfica 4-3:** Composición gravimétrica Zona 1

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Tabla 8-3:** Composición gravimétrica Zona 2

ZONA DE MUESTREO	COMPONENTES	PORCENTAJE COMPONENTES (%)
<b>Zona 2</b> (Cribas II)	Plástico	19,30%
	Papel	2,99%
	Látex	1,16%
	Madera	19,35%
	Telas	0,95%
	Materia orgánica	27,10%
	Animales en descomposición	25,85%
	Otros	2,98%

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

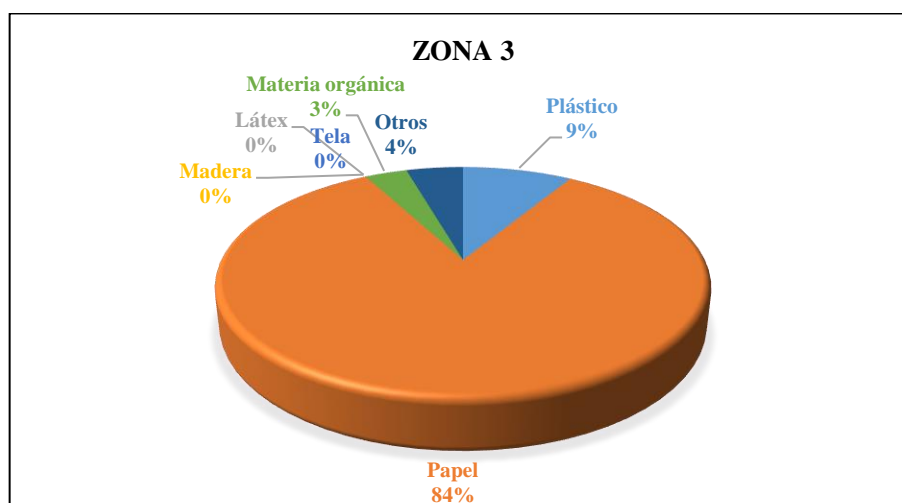


**Gráfico 5-4:** Composición gravimétrica Zona 2  
Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Tabla 9-3:** Composición gravimétrica Zona 3

ZONA DE MUESTREO	COMPONENTES	PORCENTAJE COMPONENTES (%)
<b>Zona 3</b>	Plástico	8,61%
	Papel	82,94%
	Látex	0,00%
	Madera	0,00%
	Telas	0,00%
	Materia orgánica	3,32%
	Animales en descomposición	0,00%
	Otros	4,46%

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

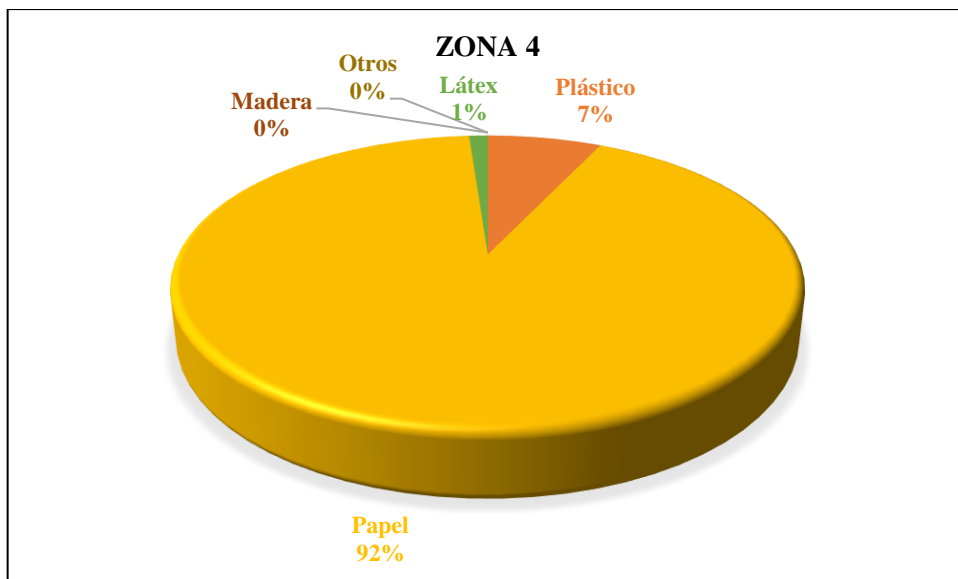


**Gráfico 6-3:** Composición gravimétrica Zona 3  
Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Tabla 10-3:** Composición gravimétrica Zona 4

ZONA DE MUESTREO	COMPONENTES	PORCENTAJE COMPONENTES (%)
Zona 4	Plástico	7,04%
	Papel	91,81%
	Látex	1,15%
	Madera	0,00%
	Telas	0,00%
	Materia orgánica	0,00%
	Animales en descomposición	0,00%
	Otros	0,00%

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017



**Gráfica 7-3:** Composición gravimétrica Zona 4

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

### 3.4.2. Evaluación de impactos ambientales

#### 3.4.2.1. Valoración de impactos ambientales

En la *tabla 11-3*, se muestra la valoración de los impactos ambientales provocados por los residuos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas, en dicha tabla se puede evidenciar que no existen acciones que causen impactos severos o críticos, en tanto que dos acciones poseen valores que corresponden a impactos moderados. Estas acciones se vinculan con: **A1**. Remoción de materiales sólidos de las unidades de cribado; **A4**. Mantenimiento de áreas verdes y jardines.

**Tabla 11-3:** Matriz de evaluación de impactos ambientales

COMPONENTES AMBIENTALES	A 1		A2		A3		A4		A5		A6		A7	
	IM	CLI	IM	CLI	IM	CLI	IM	CLI	IM	CLI	IM	CLI	IM	CLI
Aire	16	CO	15	CO	31	M	30	M	16	CO	15	CO	17	CO
Aguas superficiales	35	M	22	CO	23	CO	24	CO	16	CO	13	CO	18	CO
Aguas subterráneas	23	CO	15	CO	21	CO	20	CO	13	CO	16	CO	17	CO
Suelo	29	M	25	CO	16	CO	28	M	24	CO	17	CO	29	M
Fauna	16	CO	14	CO	32	M	32	M	13	CO	27	M	16	CO
Vegetación	17	CO	28	M	28	M	23	CO	25	CO	17	CO	16	CO
Belleza paisajística	30	M	30	M	27	M	26	M	22	CO	13	CO	20	CO
Salud e Higiene	40	M	17	CO	16	CO	20	CO	16	CO	13	CO	25	CO
<b>IMPORTANCIA TOTAL POR ACCIÓN</b>	<b>25,75</b>	<b>M</b>	<b>20,75</b>	<b>CO</b>	<b>24,25</b>	<b>CO</b>	<b>25,38</b>	<b>M</b>	<b>18,13</b>	<b>CO</b>	<b>16,38</b>	<b>CO</b>	<b>20,63</b>	<b>CO</b>

Fuente: Anexo J

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

En la *tabla 12-3* se detallan los impactos significativos encontrados en las acciones 1 y 4, que según el método de Conesa causan mayor afección en los componentes ambientales analizados.

**Tabla 12-3:** Identificación de impactos ambientales significativos

ABREVIATURA	ACCIÓN	ASPECTO AMBIENTAL	COMPONENTE AFECTADO	IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	VALOR DE IMPORTANCIA	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO
A1	Remoción de sólidos de las cribas	Generación de desechos biológicamente peligros	Aguas superficiales	Contaminación de aguas superficiales	35	Moderado
			Suelo	Contaminación del suelo	29	Moderado
			Belleza paisajística	Deterioro de la belleza paisajística	30	Moderado
			Salud e higiene	Afección en la salud del personal operativo	40	Moderado
			Belleza paisajística	Deterioro de la belleza paisajística	27	Moderado
A4	Mantenimiento de jardines	Generación de desechos orgánicos comunes	Aire	Transformación temporal de la calidad del aire	30	Moderado
			Suelo	Modificación de las características del suelo	28	Moderado
			Fauna	Migración de las especies	32	Moderado
			Belleza paisajística	Deterioro de la belleza paisajística	26	Moderado

Fuente: Anexo J

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

## CAPÍTULO IV

### 4. PROPUESTA TÉCNICA

#### 4.1. Manual de Operación para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Macas

##### 4.1.1. Descripción

Dentro del presente manual se han desarrollado y documentado los lineamientos y directrices necesarias para la puesta en operación, establecimiento de requisitos administrativos, operativos y auxiliares, mantenimiento y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Macas.

Resulta imperativa la incorporación de procedimientos que regulen las actividades rutinarias y de mantenimiento para lograr la estandarización en la eficiencia de depuración de la planta y con ello lograr alcanzar los porcentajes de remoción de cada unidad y los parámetros de calidad del agua requerida por la legislación nacional que regula las descargas a los cuerpos de agua superficial.

La planta de tratamiento de aguas residuales está conformada principalmente por dos etapas denominadas: pretratamiento y tratamiento. Dentro de la etapa de pretratamiento se han establecido las siguientes unidades: Tanque aquietamiento, cribas, vertedero de alivio, desarenador y tanque repartidor de caudales. Dentro de la etapa de tratamiento se disponen de las siguientes unidades: lagunas facultativas y lagunas de maduración.

##### 4.1.2. Alcance

El presente manual propone diversas actividades para la puesta en operación, operación, mantenimiento y control de calidad de efluentes de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales de la ciudad de Macas, el manual va dirigido a todo el personal administrativo, técnico, operativo, auxiliar y las personas que acudan a las instalaciones para visitas técnicas.

#### **4.1.3. *Objetivos***

- Establecer actividades, lineamientos y procedimientos que favorezcan la correcta operación y mantenimiento de cada una de las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Definir las funciones y responsabilidades del personal que labora en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Macas.
- Contribuir al cumplimiento de las normas técnicas de operación, calidad ambiental y límites máximos permisibles establecidos para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce

#### **4.1.4. *Control de documentos y registros***

Entiéndase como sistema documental al conjunto de documentos, registros, formularios, instructivos y lineamientos que reflejan el manejo de la PTAR. El responsable de llevar el control de dicha documentación será el jefe de planta, razón por la cual toda la documentación deberá reposar en los archivos de su oficina.

#### **4.1.5. *Requerimientos de personal***

##### **Personal necesario para la operación de la PTAR**

Para la correcta operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua para el sistema de alcantarillado de la Ciudad de Macas se necesitará de la labor de 15 personas por jornada, dividiendo cada jornada en tres turnos de 8 horas, considerando que una jornada tiene una duración de 24 horas.

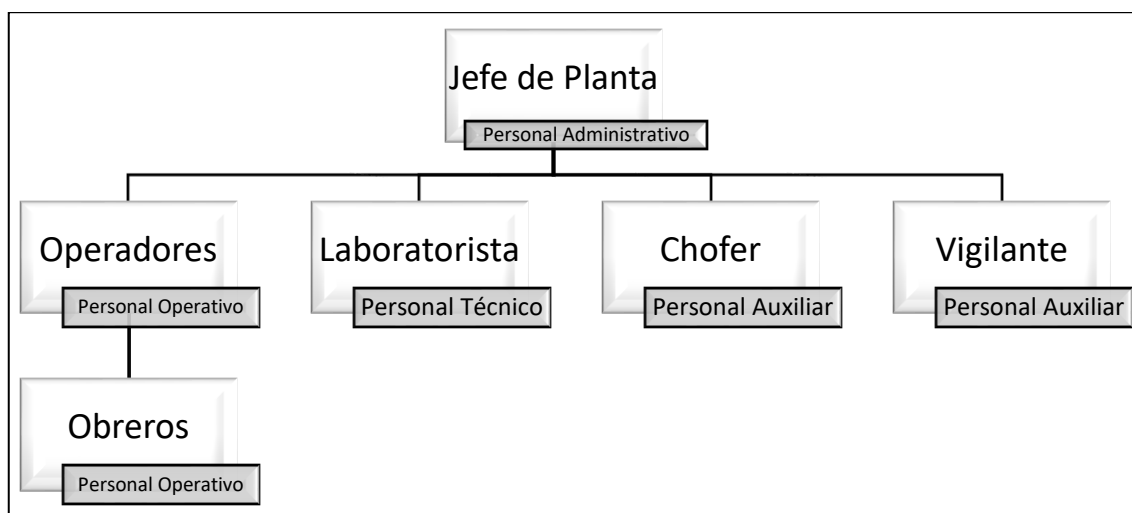
##### **Forma y distribución laboral**

Para la correcta operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas se deberá contar con un personal que labore 24 horas al día es decir una jornada, la cual será repartida en 3 turnos de 8 horas cada uno y será distribuido como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1-4:** Personal necesario para la operación y mantenimiento de PTAR de la ciudad de Macas

Personal	Nº de empleados por jornada	Nº de empleados por turno	Nivel en la estructura organizativa
Jefe de planta	1	1	Administrativo
Operador	3	1	Operativo
Laboratorista	1	1	Técnico
Obreros	6	2	Operativo
Chofer	1	1	Auxiliar
Vigilante	3	1	Auxiliar
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	

**Fuente:** (Organización Panamericana de la Salud, 2005, p. 48) Guía para la operación y mantenimiento de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización



**Figura 1-4:** Organigrama y estructura organizativa de la PTAR de la ciudad de Macas

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017.

El personal expuesto anteriormente se encontrará de manera permanente, dentro de las actividades de rutina en la operación de la planta, no obstante, para la realización de labores complementarias o especiales se requerirá de personal que se incorpore de manera temporal.

### Responsabilidades del personal

A continuación, se detallan las tareas que deben cumplir las personas que laboren en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas.



- ***Responsabilidades del Jefe de Planta***

La persona que sea designada como jefe de planta debe verificar que el sistema de tratamiento trabaje eficazmente, y coordinar las actividades que serán efectuadas por los operadores y obreros. Las funciones que se llevarán a cabo son las siguientes:

- Ejercer autoridad en todo el personal, dirigir labores de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.
- Elaborar y dirigir el Sistema de Gestión Integrado de la planta de tratamiento.
- Capacitar al personal que laborará en la planta de tratamiento en lo que respecta a operación y mantenimiento, además de comunicar a los empleados sus responsabilidades.
- Coordinar con el personal de laboratorio el control de calidad del agua cruda y del agua tratada, así como programar el respectivo monitoreo, para lograr conocer la eficiencia del tratamiento.
- Comunicar periódicamente mediante informe al personal directivo de la empresa, actividades de administración, operación, mantenimiento, así como la calidad de afluentes y efluentes que ingresan y abandonan la planta de tratamiento.
- Coordinar con la Dirección de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, suministros imprescindibles para la adecuada operación, en lo que se refiere a:
  - ✓ Requerimientos de personal: EPPs
  - ✓ Piezas, equipos y herramientas importantes para el mantenimiento oportuno de la planta de tratamiento.
  - ✓ Suministro de materiales e insumos necesarios para la operación general de la planta.
  - ✓ Requerimientos de transporte.
- Elaborar programas de evaluación y verificación del adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Verificar y supervisar que la visión paisajística de la planta de tratamiento sea bastante estética, en lo referente al cuidado de jardines, orden de los equipos, insumos y pulcritud de

las instalaciones, con el fin de causar buena impresión a los supervisores, visitantes y evitar un impacto visual negativo sobre el entorno.

- Atender y guiar a las personas que visitan las instalaciones de la planta de tratamiento.
- Cumplir con todas las normativas de seguridad aplicables a su puesto de trabajo.
- Realizar cualquier otra actividad que la dirección de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado determine en beneficio del correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.
- *Responsabilidades de los operadores*
  - Coordinar actividades de operación y mantenimiento con el Jefe de Planta.
  - Ejercer autoridad directa en los obreros, supervisar y asesorar las labores realizadas por los mismos.
  - Cumplir y supervisar todas las labores de operación y mantenimiento especificadas para la planta de tratamiento de aguas.
  - Verificar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
  - Registrar en cada turno los datos operacionales de la planta de tratamiento, en lo que respecta a: caudal, turbiedad, temperatura, pH, OD, así como los volúmenes de sólidos retenidos en las cribas y en las lagunas.
  - Asistir al personal de laboratorio en la toma de muestras, en los lugares que han sido destinados para el monitoreo por el programa.
  - Colaborar con el personal responsable en las labores de evaluación e investigación que se lleven a cabo en la planta.
  - Supervisar el manejo de las compuertas de ingreso del agua cruda en el tanque derivador cuando el caudal así lo requiera.

- Verificar el correcto funcionamiento de los canales de distribución de las aguas residuales en las distintas lagunas.
- Medir y registrar en cada turno el nivel de agua presente en las distintas lagunas.
- Supervisar el lavado de cribas cuando exista altos volúmenes de sólidos retenidos y registrar la cantidad del material removido.
- Informar al Jefe de Planta de manera inmediata cualquier inconveniente que acontezca en los distintos procesos de depuración de aguas, con el objetivo de tomar las medidas necesarias.
- Ejecutar cualquier otra actividad que el Jefe de Planta requiera en beneficio del correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.
- *Responsabilidades del personal de laboratorio*
  - Coordinar con el Jefe de Planta el programa de control y monitoreo de la calidad de las aguas residuales crudas y tratadas.
  - Cumplir a cabalidad el programa de monitoreo, evaluación o investigación definido por el Jefe de Planta.
  - Tomar las muestras de agua en los lugares que han sido determinados para el muestreo según el programa de monitoreo, evaluación o investigación.
  - Realizar el control de calidad de los afluentes y efluentes de las lagunas de estabilización.
  - Registrar y archivar los resultados de los análisis realizados a las muestras de aguas residuales.
  - Llevar el stock de los insumos, reactivos y todos los consumibles para la ejecución de los análisis de laboratorio y los monitoreos del agua.
  - Solicitar al Jefe de Planta de manera oportuna los equipos, insumos, materiales y reactivos necesarios para la realización de los análisis requeridos.

- Comunicar quincenalmente mediante informes al Jefe de Planta los resultados generales de los análisis del agua cruda y tratada, y en el caso de existir un parámetro que se encuentre fuera de lo normal informar al Jefe de Planta de manera inmediata para que se tomen las medidas necesarias.
- Cumplir con todas las normativas de seguridad aplicables a su puesto de trabajo.
- Cualquier otra actividad que el Jefe de Planta requiera en beneficio del correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.
- *Responsabilidades de los obreros*

Realizar las siguientes actividades de mantenimiento en la planta de tratamiento de aguas residuales:

- Asegurarse que la estructura de llegada del agua residual permanezca siempre limpia, entendiéndose por estructura de llegada los siguientes elementos: Canaleta Parshall, Cribas, Tanque Derivador, Desarenador.
- Mantener la limpieza y pulcritud de cada una de las instalaciones que conforman la planta de tratamiento.
- Realizar la limpieza y mantenimiento de los taludes de cada una de las lagunas que conforman el sistema de depuración de aguas residuales, así como las vías de acceso, y vías interiores de la planta de tratamiento.
- Dar mantenimiento a los jardines ornamentales y cortinas naturales, con el fin de mantener la belleza paisajística de lugar.
- Remover las natas presentes en la superficie de cada una de las lagunas facultativas.
- Apoyar al personal de laboratorio en la toma y transporte de muestras.
- Limpiar y guardar correctamente los implementos de trabajo tras la culminación de labores.
- Comunicar al operador de turno cualquier inconveniente que acontezca en la planta de tratamiento durante su turno de labores.

- Comunicar al operador de turno cambios de color inapropiados que presenten las lagunas.
- Cumplir con todas las normativas de seguridad aplicables a su puesto de trabajo.
- Cualquier otra actividad que el Operador requiera en beneficio del correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.
- *Responsabilidades del personal de transporte*

La persona a cargo del vehículo de la institución debe cumplir con las siguientes funciones:

- Coordinar con el personal operativo sobre la necesidad del transporte de personal y material.
- Estar al pendiente del mantenimiento y buen estado del vehículo.
- Transportar material y personal de manera segura.
- Cumplir con todas las normativas de seguridad aplicables a su puesto de trabajo.
- *Responsabilidades del personal de vigilancia*
- Velar por la seguridad física de la planta de tratamiento.
- Llevar una bitácora sobre las notificaciones referentes a la seguridad física.
- Brindar resguardo al personal ante amenazas de violencia externa.
- Cumplir con todas las normativas de seguridad aplicables a su puesto de trabajo.

### ***Requerimientos administrativos***

A continuación, se detallan los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento, tanto de las funciones administrativas, como operacionales.

## Requerimientos del jefe de planta

**Tabla 2-4:** Requerimientos administrativos del jefe de planta

Oficina	Documentación	EPP
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escritorio con su respectivo sillón.</li> <li>▪ Computadora e impresora.</li> <li>▪ Teléfono.</li> <li>▪ Radio transmisor</li> <li>▪ Mueble archivador</li> <li>▪ Insumos de oficina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Memoria técnica del proyecto.</li> <li>▪ Planos de construcción y especificaciones técnicas.</li> <li>▪ Manual de operación y mantenimiento de la planta.</li> <li>▪ Registros de operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Casco de seguridad</li> <li>▪ Mascarilla de carbón activado.</li> <li>▪ Chaleco reflectivo</li> <li>▪ Zapatos de seguridad con punta de acero.</li> <li>▪ Traje impermeable</li> </ul>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

## Requerimientos del personal de laboratorio

**Tabla 3-4:** Requerimientos administrativos del personal de laboratorio

Laboratorio	Documentación	EPP
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mesa de trabajo y taburete</li> <li>▪ Muebles con cajones y divisiones.</li> <li>▪ Archivadores</li> <li>▪ Destilador de agua</li> <li>▪ Equipos para la determinación de:</li> <li>▪ Temperatura, pH</li> <li>▪ Turbiedad, OD</li> <li>▪ Solidos Totales</li> <li>▪ Sedimentables</li> <li>▪ Coliformes fecales y totales</li> <li>▪ DBO<sub>5</sub> y DQO</li> <li>▪ Grasas y Aceites</li> <li>▪ Sulfatos, SAAM</li> <li>▪ Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de laboratorio</li> <li>▪ Hojas de seguridad de insumos químicos (MSDs)</li> <li>▪ Normativa nacional vigente referente a los procesos de depuración de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mandil</li> <li>▪ Cofia</li> <li>▪ Mascarilla</li> <li>▪ Mascarilla de carbón activado</li> <li>▪ Guantes de nitrilo</li> <li>▪ Gafas de seguridad</li> <li>▪ Zapatos de seguridad</li> </ul>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

## Requerimientos del personal operativo

**Tabla 4-4:** Requerimientos administrativos del personal operativo

Herramientas	Equipos	Equipos de apoyo	EPP
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Carretilla</li> <li>▪ Pala</li> <li>▪ Podadora</li> <li>▪ Rastrillo de jardín</li> <li>▪ Machete</li> <li>▪ Removedor de natas de 12" Ø, malla metálica de 3 mm de abertura y con asa metálica de 2,30 m de largo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpia-fondos</li> <li>▪ Regleta graduada en cm</li> <li>▪ Termómetro de campo</li> <li>▪ Radio transmisor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manguera de 1" de diámetro</li> <li>▪ Hidro-bomba</li> <li>▪ Bote a remos</li> <li>▪ Equipo de batimetría</li> <li>▪ Rastrillo para remoción de sólidos en las cribas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Casco de seguridad</li> <li>▪ Mascarilla de carbón activado.</li> <li>▪ Chaleco reflectivo</li> <li>▪ Zapatos de seguridad con punta de acero.</li> <li>▪ Traje impermeable</li> <li>▪ Botas impermeables</li> <li>▪ Guantes de algodón con pupos</li> <li>▪ Guantes de nitrilo</li> </ul>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

## Requerimientos del personal auxiliar

**Tabla 5-4:** Requerimientos administrativos del personal auxiliar

Equipo y herramientas de trabajo	Documentación	EPP
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Camioneta de carga</li> <li>▪ Kit básico de herramientas para arreglo de vehículos</li> <li>▪ Linterna de gran alcance</li> <li>▪ Radio transmisor</li> <li>▪ Credenciales y porta credenciales para vistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registro de visitas</li> <li>▪ Bitácora de seguridad físicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Botas de guardianía</li> <li>▪ Impermeable</li> <li>▪ Uniforme reflectivo</li> <li>▪ Pito de seguridad</li> </ul>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

#### 4.1.6. Estudio técnico

- **Ubicación de la PTAR**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Macas se encuentra ubicada en la Provincia de Morona Santiago, Cantón Morona, al Sureste de la ciudad, en el barrio Nuestra Señora del Rosario. La principal vía de ingreso es por la calle La Hermita, con la cual tiene la siguiente ubicación: Latitud 2° 19'57.47" S, Longitud 78° 7' 52.33" O y altitud 953 msnm.



**Fotografía 1-4:** Ubicación de la PTAR de la ciudad de Macas

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

- **Características operacionales de la PTAR de la Ciudad de Macas**

- *Unidades del sistema de tratamiento*

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas consta de dos etapas; en la primera etapa las aguas residuales reciben un tratamiento primario o pretratamiento, con el fin de que acondicionar el fluido para su ingreso a la siguiente etapa y mejorar el tratamiento. La segunda etapa consiste en la depuración propiamente dicha del agua residual mediante sedimentación y estabilización biológica de la carga contaminante en suspensión y eliminación de los agentes patógenos.



○ *Unidades de tratamiento primario*

**I. Tanque de quietamiento**

La principal función de la unidad es minimizar la energía con que ingresa el agua residual a la planta (desde la tubería de descarga de los interceptores). Además, cuenta con un vertedero de alivio en caso que el agua supere el caudal de trabajo de 135 L/s.

**II. Cribas 1**

La función principal de la unidad denominada “Cribas 1” es remover del agua cruda los sólidos de diámetro mayor a 2.5 cm, que es el espacio específico entre las rejillas de esta unidad, con el objetivo de que las unidades de tratamiento realicen la depuración de manera eficiente y evitar obstrucción en las tuberías.

**III. Vertedero de alivio**

Unidad destinada a regular el caudal de entrada a 80 L/s, mediante la segunda derivación del exceso de agua. En este caso el cuerpo hídrico receptor del caudal de alivio será el Río Jurumbaino.

**IV. Cribas 2**

La unidad de pretratamiento denominada “Cribas 2” tiene como función principal remover del agua cruda sólidos que por ser más finos no fueron retenidos por las primeras cribas. Esta unidad removerá sólidos de diámetro superior a 2 cm.

**V. Desarenador**

El desarenador cumplirá con remover sólidos suspendidos de rápida sedimentación (principalmente arena, gravilla y otros materiales minerales de tamaño considerable) del agua cruda a fin de evitar que ingresen, a las tuberías de conducción o al proceso de tratamiento obstaculizando y creando serios problemas en el proceso de depuración.

**VI. Canaleta parshall**

La presente unidad tiene como único propósito medir el caudal de aguas residuales que ingresan a la planta de tratamiento. El aforo se deberá realizar en la sección convergente de la canaleta mediante una regleta y un flotador.

## **VII. Tanque repartidor**

La unidad denominada tanque repartidor tiene como único objetivo repartir equitativamente el caudal pre-tratado entre las dos primeras lagunas del sistema de tratamiento, es decir cada unidad tratará un caudal de 40 L/s.

### ○ *Unidades de tratamiento secundario*

#### **I. Lagunas facultativas**

Llevar este nombre debido a que presentan fenómenos aerobios en la superficie mediante el intercambio de gases y procesos fotosintéticos. Fenómenos facultativos en el centro con presencia de microorganismos que se adaptan fácilmente a las condiciones aerobias o anaerobias y fenómenos anaerobios en el fondo de la laguna. En esta unidad se da la sedimentación de materiales sólidos en suspensión que no fueron eliminadas en las unidades de pretratamiento, además de la remoción de la carga orgánica.

#### **II. Lagunas de maduración**

Es la etapa final en los sistemas de lagunaje y tiene como objetivo primordial reducir la concentración de agentes patógenos, además sirven de pulimento en la eliminación de la carga orgánica, reducción de nutrientes como Fósforo y Nitrógeno que pueden causar inconvenientes de hiper-eutrofización en cuerpos hídricos receptores. La ausencia de insectos, malos olores, y el color verde claro del agua son indicadores visuales de un adecuado funcionamiento.

#### • **Capacidad de Operación de la PTAR de la ciudad de Macas**

##### ○ *Caudal de operación*

Los valores de caudal para los que la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Macas fue diseñada se encuentran detallados en la *tabla 6-4*:

**Tabla 6-4:** Caudales de diseño de la PTAR de la ciudad de Macas

<b>Fuente</b>	<b>Caudal</b>
Caudal medio diario de aguas residuales	3942 m <sup>3</sup> /día
Caudal de aguas ilícitas	1886 m <sup>3</sup> /día
Caudal de aguas de infiltración	1082 m <sup>3</sup> /día
<b>CAUDAL DE OPERACIÓN</b>	<b>6910 m<sup>3</sup>/día</b>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

○ *Capacidad de remoción de carga orgánica*

Las lagunas facultativas tienen como finalidad remover la carga orgánica del agua residual, por ello fueron diseñadas y construidas con una profundidad de 110 m, un tiempo de retención hidráulica de 5.7 días y una tasa de remoción de 367 Kg DBO<sub>5</sub>/Ha-día, lo que equivale a un porcentaje de remoción de carga orgánica igual a 68.0 %.

○ *Capacidad de remoción de carga microbiana*

Para remover los microorganismos del agua residual la planta dispone de dos lagunas de maduración, las cuales poseen una profundidad de 61 m y 46 m respectivamente, están diseñadas para alcanzar una remoción del 98.6% de carga microbiana representada por coliformes fecales y huevos de helmintos.

**4.1.7. Programas estratégicos**

**4.1.7.1. Programa de Puesta en Operación**

○ **Objetivos**

- ✓ Definir los procedimientos necesarios para el arranque inicial y puesta en operación de todas las unidades de la PTAR de la ciudad de Macas.
- ✓ Establecer la época del año adecuada para iniciar con la operación de la PTAR de la ciudad de Macas.

○ **Procedimientos generales**

1. Verificar la existencia de cada una de las unidades en el lugar previsto por los planos y diseños originales.
2. Revisar que todas las unidades estén construidas de acuerdo al diseño original y que presenten las dimensiones establecidas en los planos.
3. Realizar la limpieza de todas las unidades asegurándose que no queden materiales, restos de construcción o vegetación que puedan obstruir el flujo del agua residual en el sistema.
4. Revisar que las unidades no presenten fisuras por donde el agua cruda se pueda filtrar.
5. Comprobar que el agua residual que ingrese al sistema fluya normalmente en todas las unidades.
6. Revisar que la compuerta de entrada abra y cierre con facilidad regulando el agua de ingreso.
7. Verificar que cada una de las unidades cumplan con la función a la que ha sido destinada.
8. Registrar la idoneidad del sistema en el *Anexo PP-00-02*
9. Si se ha comprobado que todas las unidades están listas para operar, iniciar la descarga del agua cruda.

○ **Procedimientos específicos**

***Tanque de quietamiento***

1. Verificar que las paredes y el fondo del tanque no presenten fisuras por donde se pueda filtra el agua cruda.
2. Revisar que en la unidad no exista ningún punto por donde el flujo excesivo de agua pueda salir del cauce normal
3. Verificar que el agua residual ingrese con normalidad al tanque de quietamiento.
4. Comprobar que el agua que ingrese fluya normalmente dentro del tanque
5. Comprobar la idoneidad de la unidad empleando el *Anexo PP-01 A-01*.

***Cribas***

1. Comprobar el buen estado de las rejillas, en especial revisar que no existan varillas sueltas.
2. Verificar que los espacios en todo el entramado de rejillas sean de 2,5 cm en las primeras cribas y de 1,5 en las segundas.

3. Asegurar que las rejillas estén libres de cualquier objeto que podría impedir el correcto funcionamiento de las mismas, especialmente restos de construcción.
4. Comprobar la idoneidad de la unidad empleando el *Anexo PP-02 A-01*.

#### ***Vertedero de alivio***

1. Verificar que las paredes y el fondo del vertedero de alivio no presenten fisuras por donde se pueda filtra el agua cruda.
2. Comprobar que el flujo excesivo del agua residual sea liberado únicamente por la boca del vertedero de alivio.
3. Con la ayuda de un tanquero comprobar que el agua que ingrese al vertedero de alivio y fluya normalmente hasta la siguiente descarga.
4. Comprobar la idoneidad de la unidad empleando el *Anexo PP-03 A-01*.

#### ***Desarenador***

1. Verificar que la cámara de sedimentación no presente grietas o fisuras por donde se puede filtrar el agua cruda.
2. Revisar que los canales de conducción no presenten ningún objeto que impida el flujo normal del agua hacia el desarenador.
3. Verificar que las compuertas de entrada y salida del agua cruda funcionen correctamente.
4. Comprobar que al desarenador llegue un afluente completamente desbastado.
5. Comprobar que el material sólido (arcilla, grava y arena) sedimente con normalidad en desarenador.
6. Comprobar la idoneidad de la unidad empleando el *Anexo PP-04 A-01*.

#### ***Canaleta parshall***

1. Comprobar que en la unidad no existan grietas o fisuras por donde se pueda filtrar el agua.
2. Revisar que el flotador de la unidad ascienda y descienda sin mayor esfuerzo cuando el nivel de agua varié.
3. Verificar que la canaleta esté calibrada correctamente, para lo cual se debe revisar que la unidad cuente con una regla graduada en el punto establecido para la medición, el cero de la escala debe coincidir con el nivel de agua a caudal cero.
4. Comprobar la idoneidad de la unidad empleando el *Anexo PP-05 A-01*.

### ***Tanque repartidor de caudales***

1. Revisar que las paredes y el fondo del tanque no presenten fisuras por donde se pueda filtrar el agua cruda.
2. Comprobar que los vertederos que conforman el tanque de repartición de caudales se encuentren exactamente al mismo nivel y presenten las mismas dimensiones.
3. Verificar que los vertederos soporten el caudal de ingreso sin presentar ningún desplazamiento.
4. Verificar que los vertederos reparten equitativamente el caudal a las unidades de depuración.
5. Comprobar la idoneidad de la unidad empleando el *Anexo PP-06 A-01*.

### ***Lagunas facultativas y de maduración***

La puesta en operación inicial de las unidades expuestas dentro del presente procedimiento, puede presentar problemas debido a que la población de los microorganismos responsables del tratamiento requiere un lapso de tiempo considerable para desarrollarse y llegar a niveles requeridos para la depuración, por lo cual, es fundamental seguir los siguientes lineamientos:

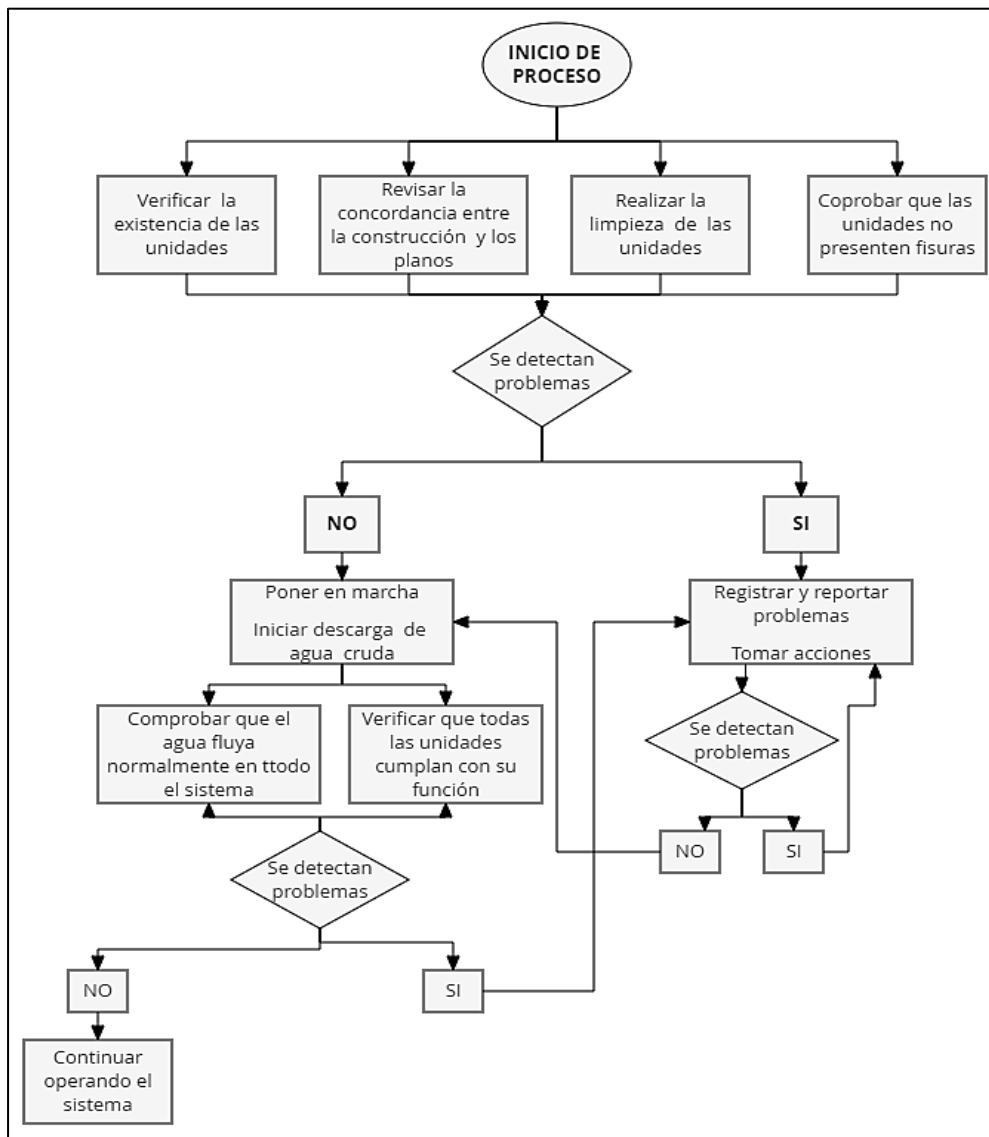
1. Tan pronto se termine la construcción de las lagunas se debe realizar la limpieza de las unidades asegurándose que no se presenta materiales o restos de construcción que puedan afectar negativamente en el tratamiento del agua residual, es decir, que afecten la circulación homogénea del agua desde la zona de ingreso a la zona de descarga.
2. Realizar la eliminación de vegetación tanto en el fondo de las lagunas como en los taludes.
3. Verificar que las paredes y el fondo de las lagunas no presenten fisuras por donde se pueda filtra el agua. Comprobar la idoneidad de la unidad empleando el *Anexo PP-07 A-01*.
4. Al término de la limpieza y verificación de la idoneidad de se debe proceder al llenado de las lagunas, para lo cual se recomienda: Primero llenar el 50 % de las lagunas con agua lluvia, y posteriormente llenar el volumen restante con el agua a tratarse, esta acción se realiza con el objetivo de evitar que se generen condiciones anóxicas de las aguas residuales.
5. Una vez llenadas las unidades se deben mantener sin cargar ni descargar el agua por un lapso de tiempo entre 10 a 20 días con el fin de favorecer el crecimiento de microorganismos depuradores.

- **Responsables**

El seguimiento y cumplimiento del Programa de Puesta en Operación es responsabilidad de la administración de la PTAR, en tanto que el jefe de planta debe verificar la funcionalidad de las unidades y llevar los registros.

- **Anexos**

**Anexo PP-00 A-01**



**Figura 2-4:** Diagrama de flujo para la puesta en operación de la PTAR-Macas  
 Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PP-00 A-02**

**Tabla 7-4:** Lista de chequeo para Puesta en Operación de la PTAR de la ciudad de Macas

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>			
<b>Fecha de inspección</b>			
<b>Responsable de inspección</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
¿Existe alguna discordancia entre las unidades construidas en la PTAR y los planos?			
¿En las unidades existen restos de construcción o vegetación?			
¿Las unidades presentan grietas o fisuras por donde se podría filtrar el agua?			
¿Existe algún impedimento que no permita el flujo del agua dentro del sistema de depuración?			
¿Existe alguna unidad que no cumpla el propósito de diseño?			
<i>Si todas las respuestas son negativas significa que el sistema es idóneo para la puesta en operación.</i>			

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PP-01 A-01**

**Tabla 8-4:** Lista de chequeo para Puesta en Operación del tanque de quietamiento

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>			
<b>Fecha de inspección</b>			
<b>Responsable de inspección</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
¿En la unidad existen grietas por donde se podría filtrar el agua?			
¿En la unidad existen restos de construcción o vegetación?			



¿Existen en la unidad algún punto por donde el flujo excesivo de agua pueda salir del cauce normal?			
¿La unidad presenta dificultades para el ingreso del agua residual?			
¿Existe algún objeto que no permita que el agua que ingresa fluya normalmente dentro del canal?			
<i>Si todas las respuestas son negativas significa que la unidad es idónea para la puesta en operación.</i>			

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

### **Anexo PP-02 A-01**

**Tabla 9-4:** Lista de chequeo para Puesta en Operación de cribas I y cribas II

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>			
<b>Fecha de inspección</b>			
<b>Responsable de inspección</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
¿El entramado de rejillas presenta varillas sueltas?			
¿Los espacios entre varilla y varilla en las Cribas I son diferente a 2,5 cm?			
¿Los espacios entre varilla y varilla en las Cribas II son diferente a 1,5 cm?			
¿Existe algún objeto que impida que el agua residual pase a través de las cribas?			
<i>Si todas las respuestas son negativas significa que la unidad es idónea para la puesta en operación.</i>			

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PP-03 A-01**

**Tabla 10-4:** Lista de chequeo para la Puesta en Operación del vertedero de alivio

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>			
<b>Fecha de inspección</b>			
<b>Responsable de inspección</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
¿En la unidad existen grietas por donde se podría filtrar el agua?			
¿El flujo excesivo de agua tiene salida por alguna unidad que nos sea el vertedero de alivio?			
¿Existe algún impedimento que no permita el flujo del agua desde el vertedero de alivio hasta su descarga?			
<i>Si todas las respuestas son negativas significa que la unidad es idónea para la puesta en operación.</i>			

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PP-04 A-01**

**Tabla 11-4:** Lista de chequeo para la Puesta en Operación del desarenador

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>			
<b>Fecha de inspección</b>			
<b>Responsable de inspección</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
¿La cámara de sedimentación presenta grietas o fisuras por donde se podría filtrar el agua?			
¿Los canales de conducción no presentan algún objeto que impida el flujo normal del agua hacia el desarenador?			

¿Existe algún problema en las cribas que no permitan que el agua llegue desbastada al desarenador?			
¿Al abandonar el desarenador el agua sigue presentando materiales sólidos?			
¿Las compuertas de entrada y salida del agua presentan algún inconveniente que eviten que las mismas funcionen correctamente?			
<i>Si todas las respuestas son negativas significa que la unidad es idónea para la puesta en operación.</i>			

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

### **Anexo PP-05 A-01**

**Tabla 12-4:** Lista de chequeo para la Puesta en Operación de la canaleta parshall

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>			
<b>Fecha de inspección</b>			
<b>Responsable de inspección</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
¿En la unidad existen grietas por donde se podría filtrar el agua?			
¿Existe algún problema que evite que el flotador suba y baje con facilidad?			
¿Existe algún inconveniente en la calibración de la canaleta?			
<i>Si todas las respuestas son negativas significa que la unidad es idónea para la puesta en operación.</i>			

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PP-06 A-01**

**Tabla 13-4:** Lista de Chequeo para la Puesta en Operación del tanque repartidor de caudales

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS			
<b>Fecha de inspección</b>			
<b>Responsable de inspección</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
¿En la unidad existen fugas por donde se podría filtrar el agua?			
¿Los vertederos del cajón repartidor presentan diferentes alturas o dimensiones?			
¿Los vertederos se mueven o desplazan al ingreso del caudal?			
¿Los vertederos reparten el caudal a las unidades de depuración desequilibradamente?			
<i>Si todas las respuestas son negativas significa que la unidad es idónea para la puesta en operación.</i>			

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PP-07 A-01**

**Tabla 14-4:** Lista de Chequeo para la Puesta en Operación de las lagunas facultativas y de maduración

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS			
<b>Fecha de inspección</b>			
<b>Responsable de inspección</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
¿En las unidades existen fisuras por donde se podría filtrar el agua?			
¿En las unidades existen restos de construcción?			
¿En el fondo de las unidades existe vegetación?			
¿Existe algún objeto que no permita que el agua que ingrese			

normalmente a las unidades de depuración?			
<i>Si todas las respuestas son negativas significa que la unidad es idónea para la puesta en operación.</i>			

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

#### 4.1.7.2. Programa de Operación

##### ○ **Objetivos**

- ✓ Establecer las actividades necesarias para la correcta operación de las unidades de depuración de la PTAR de la ciudad.
- ✓ Definir los lineamientos y directrices para uniformizar los procedimientos de Operación de la PTAR de la ciudad de Macas.

##### ○ **Procedimientos**

#### ***Tanque de quietamiento***

El tanque de quietamiento tiene como principal función reducir la energía del agua que ingresa a la planta. Adicionalmente dentro del tanque se realiza la derivación del caudal en exceso cuando el flujo de entrada supera los 135 L/s.

#### ***Operación en condiciones normales de caudal***

Entiéndase por condiciones normales de caudal al flujo igual o inferior a 80 L/s medidos en la canaleta Parshall.

El principal componente del tanque que debe ser controlado es por la compuerta de ingreso, la cual permite regular el flujo de agua hacia las cribas II y por ende al resto de las unidades. La compuerta se controla (es decir se abre o se cierra) por medio del giro del volante de control. Con el ascenso de la escotilla (giro del volante hacia la derecha) se genera la apertura de la compuerta, en tanto que con el descenso de la escotilla (giro del volante hacia la izquierda) se genera el decrecimiento del flujo, el cual puede llegar al corte completo si la compuerta llega a cerrarse totalmente.

1. Cuando las condiciones climáticas no registren precipitaciones excesivas y el caudal valorado dentro de la canaleta Parshall sea igual o menor a 80 L/s, la compuerta debe estar abierta hasta que el borde inferior de la escotilla supere con 10 cm el nivel del agua. La frecuencia en la operación de la unidad debe realizarse en conjunto con la valoración del caudal, es decir, una vez por jornada.
2. Para la manipulación del volante el operador u obrero debe disponerse en el andén de la compuerta, separar los pies para mayor estabilidad y sujetar con ambas manos el volante para, con ayuda del propio peso, girar el volante en el sentido requerido.

#### *Operación en condiciones de caudales superiores a 80 L/s*

1. En el caso que se presenten lluvias intensas (durante las precipitaciones o en las horas posteriores) se debe verificar el caudal de ingreso continuamente (por lo menos una vez por cada hora), controlando que el caudal valorado en la canaleta Parshall, no supere los 80 L/s.
2. Si por las excesivas precipitaciones, el caudal supere el valor referido, se deberá proceder a cerrar paulatinamente la compuerta hasta que el caudal se regule al valor referido (80 L/s), es decir, que un trabajador debe valorar el caudal mientras otro trabajador simultáneamente debe controlar la apertura de la compuerta hasta alcanzar el valor de 80 L/s.
3. Cuando el caudal se estabilice y el valor medido en la canaleta Parshall sea igual a 80 L/s o menor se procederá a normalizar la operación en base al procedimiento anterior.

#### *Parada de emergencia y cierre por mantenimiento de la planta*

Si por desbordamiento de las unidades, tuberías, cajones, ruptura de alguna unidad, presencia de sólidos de gran tamaño que obstaculicen el flujo, agua de ingreso excesivamente contaminada o por mantenimiento de la planta que requiera corte del flujo de entrada, se debe parar la operación de la planta, es decir, cortar el flujo del agua, se deberá proceder a realizar las siguientes actividades:

1. Cerrar la compuerta, hasta que la escotilla llegue a un nivel 10 cm superior al fondo del tanque o grava acumulada, para que, por medio de la turbulencia generada, se retiren dichos materiales sedimentados, posteriormente se procederá al cierre total de la compuerta, es decir, descender la escotilla hasta el nivel más bajo posible.

2. Cuando se haya logrado corregir el inconveniente que generó la parada de emergencia, o se haya finalizado el mantenimiento que obligó a cortar el caudal de ingreso, se procederá a la apertura de la compuerta, para lo cual, previa a una inspección de todas las unidades en base al manual de puesta en operación, se levantará la escotilla lentamente, para evitar que la acumulación de agua en el tanque de aquietamiento desborde las unidades del pretratamiento.
3. Una vez que el nivel del agua dentro del tanque haya alcanzado un nivel por debajo de los tubos de desfogue ubicados en la pared del vertedero de alivio, se procederá a levantar la escotilla.
4. Posteriormente se deberá llenar el registro *Anexo PO-01 A-01*, para documentar las razones de la detención de la operación.

### ***Cribas***

La correcta operación de las cribas consiste en la circulación del agua a través de las rejillas, sin generarse levantamiento del nivel del fluido antes de las cribas o decrecimiento del mismo posterior a las rejillas (debido al exceso de sólidos acumulados). Es por ello que la correcta operación de las cribas consiste en el mantenimiento adecuado de las rejillas.

### ***Vertedero de alivio***

El vertedero de alivio tiene como principal función regular el caudal que ingresa al desarenador derivando el exceso del caudal a la descarga.

1. Valorar el caudal de ingreso en la Canaleta Parshall que es entregado al tanque de repartición de caudales. La frecuencia de valoración del caudal se deberá realizar dos veces por jornada.
2. Verificar la inexistencia de material que obstruya el paso del agua en la boca o paredes del vertedero. En el caso que exista material depositado (ramas, hojas, sólidos grandes) debe ser removido manualmente con el ayuda de rastrillos y eliminado en conjunto con los sólidos extraídos de las cribas. La frecuencia de la verificación es una vez por jornada.

### ***Desarenador***

La operación de esta unidad radica en llevar una estricta vigilancia de la acumulación de los lodos dentro de la cámara de sedimentación, controlando permanentemente el nivel de sedimentos acumulados en dicha cámara, es decir, que la correcta operación del desarenador consiste en el mantenimiento adecuado de la cámara de sedimentación.

#### ***Control del nivel de depósitos***

1. Por medio de la regleta de medición se debe verificar la profundidad libre del agua dentro de la cámara de sedimentación, es decir, la altura de la columna de agua que se encuentra entre la superficie de los lodos acumulados en el desarenador. La altura de la columna del agua libre decrece a medida que la acumulación de los lodos dentro de la cámara de sedimentación es mayor.
2. En ninguno de los casos se debe mantener operando el sedimentador si la altura de la columna de agua es menor a 1m (medidas desde el borde superior del canal hasta la parte superior de los lodos acumulados).
3. La frecuencia con que se mida la acumulación de lodos deberá ser por jornada y se deberá registrar en el *Anexo PO-04 A-01* la altura de la columna de agua libre.

### ***Canaleta parshall***

1. La operación de la unidad representa la valoración del caudal que ingresa al cajón repartidor de caudales. Para ello se debe medir directamente la altura de la columna del agua mediante el uso de una regla, la cual debe estar ubicada en la zona de convergencia de la garganta. La medición debe ser en cm o en metros.
2. Una vez obtenido el valor de la columna de agua se procede a determinar el caudal empleando la tabla para valoración de caudales (Ver *Anexo PO-05 A-01*), en base al valor de la altura, se busca en la columna correspondiente a “ALTURA DEL AGUA” el valor obtenido, en función a las unidades aplicadas, cm o m.
3. Posteriormente, con el valor medido se desplaza hacia la derecha hasta coincidir con la columna donde se encuentra el valor del caudal en las unidades deseadas.



4. El caudal normal de operación debe ser igual o menor a 80 L/s. En el caso que se exceda dicho caudal se procederá a controlar el mismo con el ayuda de la compuerta de control del tanque de aquietamiento y se deberá informar al jefe de planta.
5. En caso que el caudal se encuentre dentro de los valores normales se debe registrar el valor del mismo dentro del registro *Anexo PO-05 A-02*. La frecuencia de valoración de caudales debe ser realizada diariamente o cuando la situación lo amerite.

### ***Tanque repartidor de caudales***

La función principal de esta unidad es dividir en dos flujos iguales el caudal que sale de la canaleta Parshall para alimentar las lagunas facultativas, por lo tanto, para su correcta operación es necesario:

1. Verificar que no existan residuos presentes en las bocas de los vertederos que impidan la correcta circulación del caudal.
2. En el caso de existir solidos que obstaculicen el flujo normal deben ser retirados con ayuda de rastrillos y eliminarlos conjuntamente con los sólidos generados en las cribas. La frecuencia con que se verifique lo mencionado debe ser una vez por jornada.

### ***Lagunas facultativas***

1. La operación de estas unidades es relativamente sencilla y consiste en vigilar de la eficiencia de la misma, para lo cual para persona encargada de la operación deberá registrar en el *Anexo PO-07 A-1* los siguientes indicadores visuales y sensoriales:
  - a. La presencia de olores desagradables indica que la laguna no está funcionando correctamente y que la remoción de natas y solidos no se está realizando adecuadamente.
  - b. El color del agua residual en la entrada de la laguna facultativa normalmente debe ser gris y en la salida verde, esto indica que el agua está siendo depurada, además la coloración verde es evidencia de la presencia de algas que se encargan de oxigenar el agua.
  - c. El desprendimiento continuo de gases desde el fondo, que se aprecia como un burbujeo indica que las bacterias están descomponiendo el material orgánico y como producto se desprenden gases como dióxido de carbono, metano, sulfuros y orto-fosfatos.

2. Verificar que en las tuberías de ingreso y en los vertederos de descarga de las lagunas no exista ningún objeto o material que pueda impedir el correcto flujo de agua.

### ***Lagunas de maduración***

La operación de estas unidades secundarias de depuración es sencilla y consiste en llevar a cabo las siguientes actividades:

1. Verificar que, en las tuberías de ingreso y descarga, y en los vertederos de las lagunas de maduración no exista ningún objeto o material que pueda impedir el correcto flujo del agua.
2. La persona encargada de operar la planta deberá llevar vigilancia de la misma, para lo cual analizará y registrará diariamente en el *Anexo PO-08 A-01* los siguientes indicadores visuales que prueban que las lagunas de maduración están funcionando correctamente:
  - a. Coloración verde azulada, por la presencia de algas.
  - b. Agua clara al final de las unidades.
  - c. Ausencia total de olores desagradables.
  - d. Escasa presencia de natas y sólidos en la superficie de las lagunas.
  - e. Ausencia total de insectos y roedores.
  - f. Presencia de macrophytas.

#### ○ **Responsables**

Es responsabilidad del jefe de planta dar seguimiento y cumplimiento a las actividades establecidas en Programa de Operación, además deberá coordinar dichas actividades que serán efectuadas por los operadores y obreros.

#### ○ **Anexos**

*Anexo PO-01 A-01*

**Tabla 15-4:** Registro de Parada de Emergencia

<b>Fecha de paralización</b>	<b>Razón de la parada</b>	<b>Fecha de reinicio</b>	<b>Medidas para corregir el inconveniente</b>	<b>Medidas a implementar para evitar la reiteración</b>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

*Anexo PO-04 A-01*

**Tabla 16-4:** Control del nivel depósitos en el desarenador

<b>Fecha</b>	<b>Columna de agua libre (cm)</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Observaciones</b>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

*Anexo PO-05 A-01*

**Tabla 17-4:** Valoración de caudales-Canaleta parshall

<b>Altura del agua (cm)</b>	<b>Altura del agua (m)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/día)</b>
1	<b>0,01</b>	0,32	0,00	27,28
2	<b>0,02</b>	1,04	0,00	89,86
3	<b>0,03</b>	2,09	0,00	180,48
4	<b>0,04</b>	3,43	0,00	296,02
5	<b>0,05</b>	5,03	0,01	434,52
6	<b>0,06</b>	6,88	0,01	594,57
7	<b>0,07</b>	8,97	0,01	775,09
8	<b>0,08</b>	11,29	0,01	975,21
9	<b>0,09</b>	13,82	0,01	1194,21
10	<b>0,1</b>	16,57	0,02	1431,47
11	<b>0,11</b>	19,52	0,02	1686,47
12	<b>0,12</b>	22,67	0,02	1958,73
13	<b>0,13</b>	26,02	0,03	2247,84
14	<b>0,14</b>	29,55	0,03	2553,43
15	<b>0,15</b>	33,28	0,03	2875,15
16	<b>0,16</b>	37,18	0,04	3212,70
17	<b>0,17</b>	41,27	0,04	3565,79
18	<b>0,18</b>	45,53	0,05	3934,16
19	<b>0,19</b>	49,97	0,05	4317,57
20	<b>0,2</b>	54,58	0,05	4715,80
21	<b>0,21</b>	59,36	0,06	5128,62
22	<b>0,22</b>	64,30	0,06	5555,85
23	<b>0,23</b>	69,41	0,07	5997,29
24	<b>0,24</b>	74,68	0,07	6452,78
25	<b>0,25</b>	80,12	0,08	6922,14
26	<b>0,26</b>	85,71	0,09	7405,21
27	<b>0,27</b>	91,46	0,09	7901,85
28	<b>0,28</b>	97,36	0,10	8411,92
29	<b>0,29</b>	103,42	0,10	8935,27
30	<b>0,3</b>	109,63	0,11	9471,79

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PO-05 A-02**

**Tabla 18-4:** Registro de medición de caudal

Fecha y hora	Condiciones climáticas	Altura del agua	Caudal	Observaciones

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PO-07 A-01**

**Tabla 19-4:** Registro de observaciones-Lagunas facultativas

Semana: Del ___ al ___ de _____ del 20__					Laguna: _____		
CARACTERISTICAS	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
<b>Nombre de operador</b>							
<b>APARIENCIA</b>							
Gris							
Verdosa							
Marrón							
Rosado							
Negruzco							
<b>LODOS FLOTANTES</b>							
Ausentes < 5%							
Ligeros 5-15%							
Apreciable >15%							
<b>PRESENCIA DE MACROPHYTAS</b>							
Ausente 1%							
Pocas 1- 5%							
Considerable > 5%							

<b>TIPO DE MACROPHYTAS</b>							
Lechuguinos							
Jacinto							
Totora							
<b>OLOR</b>							
Inodoro							
Ligero							
Apreciable							
<b>VEGETACION EN LOS DIQUES</b>							
Ausente < 5cm							
Ligera 5 –10 cm							
Abundante > 10 cm							
<b>OTROS</b>							
Aves							
Peces							
Insectos							

Fuente: (Stewart, 2005, p. 159) Lagunas de estabilización en Honduras

### *Anexo PO-08 A-01*

**Tabla 20-4:** Registro de observaciones-Lagunas de maduración

Semana: Del ___ al ___ de _____ del 20__					Laguna: _____		
CARACTERISTICAS	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
<b>Nombre de operador</b>							
<b>APARIENCIA</b>							
Verdosa							
Verde lechoso							
Marrón							
Rosado							
Negruzco							
<b>LODOS FLOTANTES</b>							
Ausentes < 1%							

Ligeros 1– 5%							
Apreciable > 5%							
<b>PRESENCIA DE MACROPHYTAS</b>							
Ausente 5%							
Pocas 5 – 10%							
Considerable > 10%							
<b>TIPO DE MACROPHYTAS</b>							
Lechuginos							
Jacinto							
Totora							
<b>OLOR</b>							
Inodoro							
Ligero							
Apreciable							
<b>VEGETACION EN LOS DIQUES</b>							
Ausente < 5cm							
Ligera 5 –10 cm							
Abundante > 10 cm							
<b>OTROS</b>							
Aves							
Peces							
Insectos							

Fuente: (Stewart, 2005, p. 160) Lagunas de estabilización en Honduras

#### 4.1.7.3. Programa de Mantenimiento

##### ○ **Objetivos**

- ✓ Definir las actividades y procedimientos de mantenimiento necesarias para conservar la PTAR en buen estado.
- ✓ Establecer la frecuencia de las actividades de mantenimiento para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema de tratamiento.

##### ○ **Procedimientos**

#### ***Tanque de quietamiento***

##### *Lavado del tanque de quietamiento*

1. Se deberán lavar las paredes internas del tanque de quietamiento, retirando el material depositado en las mismas con la ayuda de una espátula o cepillo de limpieza e hidrobomba.
2. La frecuencia del lavado de las paredes deberá ser quincenal y la actividad deberá ser registrada en el *Anexo PM-01 A-01* para documentar el mantenimiento.

##### *Remoción de sedimentos*

1. Se deberá remover la arena y grava fina depositada en el fondo con el ayuda del limpia-fondos, para evitar que la acumulación excesiva del material sedimentado disminuya la capacidad del tanque. El material extraído deberá ser eliminado en conjunto de los residuos generados en la limpieza de las cribas.
2. Para retirar los sedimentos acumulados en el fondo del tanque por debajo de las cribas 1 se debe utilizar el limpia-fondos por medio de la compuerta, para ello se deberá elevar completamente la escotilla. La frecuencia en la remoción de los sedimentos deberá ser semanal.
3. Se deberá llenar el registro *Anexo PM-01 A-02*.



### *Mantenimiento de la compuerta del tanque de quietamiento*

Se deberá lubricar el eje impulsor de la escotilla, para lo cual se utilizará grasa de lubricación para áreas mojadas. No utilizar aceites o grasas muy líquidas y fluidas para evitar que derrames accidentales entren en contacto con el agua de ingreso.

1. En primer lugar, se debe descender completamente la escotilla de la compuerta, posteriormente, con ayuda de una brocha, se debe aplicar una cantidad de grasa adecuada para cubrir toda la superficie del tornillo del eje impulsor formando una capa delgada. La lubricación debe iniciar desde la parte más baja del tornillo hasta la parte superior del mismo, evitar derrames de grasa.
2. Una vez lubricado todo el tornillo se debe proceder a lubricar las cejas de sujeción de la escotilla, para ello se deberá aplicar, por medio de la brocha, grasa en las mismas, una cantidad suficiente para formar una película delgada en el interior de la ceja, evitando generar acumulaciones de grasa que posteriormente caigan al agua.
3. Una vez lubricadas las cejas de sujeción como el tornillo, se procederá a ascender y descender la escotilla totalmente en dos ocasiones consecutivas, para posteriormente dar operación normal a la compuerta. No realizar la lubricación de la compuerta en días de lluvia.
4. Al finalizar el procedimiento se deberá llenar el registro *Anexo PM-01 A-03*. La lubricación de la compuerta deberá realizarse mensualmente o cuando la situación lo requiera.

### ***Cribas***

1. El mantenimiento de las cribas consiste en la remoción de los sólidos retenidos en las rejillas por medio de los rastrillos, para ello se debe colocar las púas del rastrillo en la parte más baja de las rejillas y levantarlo hasta la superficie removiendo los sólidos.
2. Los sólidos deben ser dispuestos en los contenedores de residuos sólidos ubicados en el pretratamiento, para posteriormente ser transportados a los contenedores de almacenamiento temporal, donde deben ser pesados y registrados en el *Anexo PO-02 A-01* antes de ser eliminados.

3. La frecuencia de remoción de los residuos acumulados en las cribas debe ser por jornada. Para mejor estabilidad el trabajador se puede colocar sobre cada pared de los canales, en el caso de las cribas 2, y para las cribas 1 se debe colocar en el andén de la compuerta del tanque de aquietamiento.

### ***Vertedero de alivio***

#### *Mantenimiento en condiciones normales de caudal*

1. Realizar la limpieza del material depositado y adherido en las paredes y boca del vertedero por medio de cepillos y espátulas de limpieza o hidro-bomba.
2. El material extraído debe ser eliminado conjuntamente con los residuos generados en la limpieza de las cribas. La frecuencia del mantenimiento debe ser quincenal y debe ser registrado en el *Anexo PM-03 A-01*.

#### *Mantenimiento en condiciones de caudales superiores a 80 L/s*

No se puede realizar el mantenimiento mientras el vertedero se encuentre en operación. En el caso que se cumpla el plazo para el mantenimiento y el vertedero de alivio se encuentre operando se debe esperar que el nivel del agua baje hasta un valor en el cual el vertedero deje de operar y realizar las actividades referentes al mantenimiento.

### ***Desarenador***

En el caso de que la altura de la columna de agua, medida desde el borde superior del desarenador hasta la superficie de los lodos acumulados sea menor a 1m se debe proceder a realizar las siguientes acciones:

1. Cortar el flujo de entrada al tanque de aquietamiento, esperar que el agua escurra de las unidades hasta que el nivel del agua dentro de las canaletas y cámara de sedimentación sea nulo.
2. Para eliminar el agua que se encuentra sobre la superficie de los lodos se deberá utilizar una bomba de succión, para lo cual se debe colocar la manguera de alimentación sobre los sedimentos evitando que estos se levantes.

3. Se deberá encender la bomba y operar la misma hasta que el agua logre eliminarse en una cantidad suficiente para posteriormente remover los lodos acumulados en la cámara de sedimentación manualmente con ayuda de palas y carretillas.
4. Una vez que se hayan removido los lodos se procederá a lavar las paredes con ayuda de una hidro-bomba, limpiando el material depositado en las paredes con una espátula y cepillos de limpieza.
5. Una vez finalizada la operación se procederá a abrir la válvula de fondos para eliminar el agua de lavado por medio de la tubería que conecta directamente con la descarga. Para registrar el mantenimiento de la unidad se deberá utilizar el *Anexo PM-04 A-01*.

#### ***Canaleta parshall***

1. Para el mantenimiento de la canaleta se debe en primer lugar realizar un lavado de las paredes de la misma, con la ayuda de cepillos y de una hidro-bomba.
2. Posteriormente se debe limpiar el sedimento de los fondos con la ayuda del limpia-fondos. Los residuos generados del mantenimiento se deben eliminar en conjunto con los residuos generados en la limpieza de las cribas.
3. Para documentar el mantenimiento se debe llenar el registro *Anexo PM-05 A-01* con una frecuencia quincenal.

#### ***Tanque repartidor de caudales***

1. En las esquinas del tanque y en el fondo, suelen generarse depósitos de arena y grava fina. Se debe remover dichos depósitos con ayuda del limpia-fondos.
2. Se deberá limpiar las paredes del tanque de repartición de caudales con el fin de evitar una excesiva acumulación de sarro, para lo cual se utilizarán cepillos o espátulas de limpieza y la ayuda de una hidro-bomba.
3. La frecuencia de dicha limpieza deberá ser cada quince días. Para documentar el mantenimiento de la unidad se deberá llenar el registro *Anexo PM-06 A-01*.

## ***Lagunas facultativas***

### *Remoción de natas y sólidos flotantes*

1. La remoción de natas y sólidos flotantes en las lagunas se deberá realizar al inicio de cada jornada y una vez más en el transcurso de la misma si las natas abarcan más del 10% del área total de la laguna.
2. Para la ejecución de esta actividad se empleará un bote a remos para desplazarse dentro de la laguna, un contenedor plástico, un removedor de natas de 12" Ø, con malla metálica de 3 mm de abertura y con asa metálica de 2.30 m de largo.
3. Las natas y sólidos retirados serán transportados a los contenedores de almacenamiento temporal de la planta para posteriormente ser llevados al relleno sanitario para su adecuada disposición. Esta actividad deberá registrarse en el *Anexo PM-07 A-01*.

### *Remoción de lodos y sedimentos de fondo de laguna*

La remoción de lodos del fondo de las lagunas facultativas se realizará cada cinco años (Ver cálculos en *Anexo PM-07 A-03*), tiempo en el cual los lodos han alcanzado un tercio del volumen de las mismas, es decir cuando los sedimentos han alcanzado una altura de 55 cm. Esta actividad será ejecutada en una sola laguna facultativa y al culminar se procederá a remover los lodos de la unidad restante. Para este propósito se cumplirán a cabalidad los pasos descritos a continuación:

1. Cerrar las válvulas de ingreso de agua residual a las lagunas facultativas, vaciar el agua de la unidad por medio de la tubería de drenaje, para lo cual se retirará el obturador presente en la esquina derecha de la laguna.
2. Dejar secar los lodos por evaporación ya que este tipo de sedimentos presentan una alta carga biológica.
3. Construir una rampa provisional en los laterales de la laguna de 4 m de ancho con material del sitio, con el fin de brindar acceso al fondo de la laguna. Ingresar por la rampa con una mini-cargadora y retirar todos los lodos existentes en la laguna.

4. Extender arcilla en todo el fondo de la laguna para evitar infiltraciones de agua residual. Proceder a llenar la unidad según lo especificado en el procedimiento de puesta en operación.
5. Registrar la actividad en el *Anexo PM-07 A-02*.

### ***Lagunas de maduración***

#### *Remoción de natas y sólidos flotantes*

1. La remoción de natas y sólidos flotantes en las lagunas se deberá realizar al inicio de cada jornada.
2. Para la ejecución de esta actividad se empleará un bote a remos para desplazarse dentro de la laguna, un contenedor plástico y un removedor de natas.
3. Las natas y sólidos retirados serán transportados a los contenedores de almacenamiento temporal de la planta para posteriormente ser llevados al relleno sanitario para su adecuada disposición.
4. Esta actividad deberá registrarse en el *Anexo PM-08 A-01*.

#### *Remoción de vegetación no deseada*

1. Las macrophytas juegan un papel importante en el proceso de purificación, asimilando el nitrógeno y el fósforo, pero su excesiva proliferación puede alterar el correcto funcionamiento de las lagunas maduración, por lo tanto, deberán ser removidas de las lagunas una vez a la semana.
2. Se deberá eliminar la maleza y césped, ya que ningún tipo de vegetación debe llegar hasta el borde del agua, para evitar problemas se deberá mantener una franja limpia de al menos 20cm por encima del borde del agua.

#### ○ **Otras actividades de Mantenimiento**

Existen otras actividades ajenas al mantenimiento de las unidades de depuración que son de gran importancia en la gestión adecuada de una planta de tratamiento de aguas residuales, ya

que dichas actividades evitaran el deterioro de la planta, impidiendo consecuencias funestas para el proyecto.

### ***Control de maleza y vegetación no deseada***

1. La hierba no debe llegar hasta el borde del agua, por lo tanto, las personas encargadas del mantenimiento deberán mantener una franja limpia de al menos 20cm por encima del borde del agua. La maleza será retirada y se dejará secar naturalmente.
2. La aparición de lemnas o lentejas acuáticas, es un problema frecuente en una PTAR, debido a que se reproducen aceleradamente y consumen grandes cantidades de oxígeno disuelto, razón por la cual los operadores deberán removerlas del agua inmediatamente.

### ***Control de plagas y vectores***

#### *Insectos y roedores*

Una PTAR es el lugar ideal para la proliferación de insectos como mosquitos y roedores, que son transmisores de varias enfermedades, motivo por el cual es importante realizar las siguientes actividades:

1. Eliminar residuos generados en las cribas, sólidos arenosos sedimentados en el desarenador, material flotante retirados de las lagunas.
2. Mantener sin vegetación los márgenes de las lagunas facultativas y de maduración.
3. Si los insectos colocaran sus huevos en la orilla de las unidades de depuración, se deberá bajar el nivel del agua de ingreso y se procederá a removerlos.

#### *Anfibios, reptiles y moluscos*

Los anfibios, reptiles y moluscos, principalmente sapos, serpientes, tortugas y caracoles, pueden reproducirse significativamente en las lagunas facultativas y de maduración, causando varios problemas en especial el aumento del contenido de materia orgánica del agua. Por estos antecedentes se deberán realizar las siguientes actividades:

1. Construir trampas y eliminar la fuente de alimentos para los animales.

2. Si se presentarán poblaciones de tortugas es necesario eliminarlas ya que estas por naturaleza excavan el suelo y podrían generar daño en los revestimientos de las lagunas de maduración.
3. Si los reptiles han excavado la tierra se deberá llenar dichas excavaciones antes de que se genere daño en el revestimiento.

○ **Frecuencia de actividades**

**Tabla 21-4:** Frecuencia de Actividades de Mantenimiento de la PTAR de la ciudad de Macas

ACTIVIDAD	FRECUENCIA					
	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	5 AÑOS	CUANDO SEA NECESARIO
Lavado del tanque de quietamiento			✓			
Remoción de sedimentos del tanque de quietamiento		✓				
Lubricación de la compuerta de entrada				✓		
Remoción de sólidos de las cribas	✓					
Limpieza del vertedero de alivio			✓			
Remoción de sedimentos del desarenador						✓
Limpieza de la canaleta Parshall			✓			
Limpieza del tanque repartidor de caudales			✓			
Remoción de natas y sólidos de las lagunas facultativas y de maduración	✓					✓
Remoción de lodos y sedimentos de fondo de lagunas					✓	

facultativas						
Remoción de macrophytas de lagunas de maduración		✓				✓
Control de maleza y vegetación no deseada						✓
Control de plagas y vectores						✓
Control de erosión de taludes		✓				✓

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

○ **Responsables**

El seguimiento y cumplimiento del Programa de Mantenimiento es responsabilidad del jefe de planta, en tanto que la realización de las labores es responsabilidad de los operadores, así como registrar las actividades de mantenimiento que se ejecuten en la PTAR de la ciudad de Macas.

○ **Anexos**

**Anexo PM-01 A-01**

**Tabla 22-4:** Registro de lavado del tanque de aquietamiento

Fecha de Realización	Responsable	Material Removido	Observaciones	Fecha del próximo Mantenimiento

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017



**Anexo PM-01 A-02**

**Tabla 23-4:** Registro de remoción de sedimentos del tanque de quietamiento

Fecha de realización	Responsable	Material removido	Observaciones	Fecha del próximo mantenimiento

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PM-01 A-03**

**Tabla 24-4:** Registro de mantenimiento de la escotilla del tanque de quietamiento

Fecha de realización	Responsable	Grasa utilizada	Observaciones	Fecha del próximo mantenimiento

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PM-02 A-01**

**Tabla 25-4:** Registro de remoción de sólidos de las cribas

Fecha	Origen de los residuos	Peso (Kg)	Observaciones	Organismo que receipta los sólidos	Firma

--	--	--	--	--	--

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PM-03 A-01**

**Tabla 26-4:** Registro de mantenimiento del vertedero de alivio

Fecha	Responsable	Material removido	Observaciones	Fecha próximo mantenimiento

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PM-04 A-01**

**Tabla 27-4:** Registro del mantenimiento del desarenador

Fecha	Responsable	Material removido	Observaciones	Fecha próximo mantenimiento

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PM-05 A-01**

**Tabla 28-4:** Registro de mantenimiento de la canaleta parshall

Fecha de realización	Responsable Del Mantenimiento	Origen de los residuos	Peso (Kg)	Observaciones

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PM-06 A-01**

**Tabla 29-4:** Registro de mantenimiento del tanque repartidor de caudales

Fecha	Responsable	Material removido	Observaciones	Fecha próximo mantenimiento

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PM-07 A-01**

**Tabla 30-4:** Registro de remoción de natas y sólidos en las lagunas facultativas

Fecha de realización	Responsable	Número de veces que se realizó la remoción en la jornada	Condiciones ambientales	Observaciones

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PM-07 A-02**

**Tabla 31-4:** Registro de mantenimiento de Lagunas facultativas-Remoción de lodos y sedimentos de fondo de laguna

Fecha de realización	Responsable	Cantidad de material removido	Condiciones ambientales	Observaciones	Fecha próximo mantenimiento

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

## MEMORIA DE CÁLCULO

### 1. Periodo de limpieza de fondo de las lagunas facultativas

Según Mara (1976) la ecuación para calcular el periodo de años que deben transcurrir para remover el lodo que se encuentra en el fondo de una laguna facultativa es la siguiente:

$$n = \frac{A}{2k_{lodo} P}$$

**Donde:**

*n* = periodo de limpieza, años

*A* = área de la laguna, m<sup>2</sup>

*K<sub>lodo</sub>* = tasa de acumulación de lodo, m<sup>3</sup>/hab/año

*P* = Población servida, hab

**Datos:**

*A* = 110 m\*96 m

*K<sub>lodo</sub>* = 0.03-0.05 m<sup>3</sup>/hab/año (Valor constante para climas tropicales)

*P<sub>o</sub>* = 22990 hab

$$n = \frac{10560}{2(0.05)(22990)}$$

$$n = 4.61 \text{ Años}$$

$$n = 5 \text{ Años}$$

**Anexo PM-08 A-01**

**Tabla 32-4:** Registro de mantenimiento de Lagunas de maduración-Remoción de natas y sólidos

<b>Fecha de realización</b>	<b>Responsable</b>	<b>Número de veces que se realizó la remoción en la jornada</b>	<b>Condiciones ambientales</b>	<b>Observaciones</b>

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

#### 4.1.7.4. Programa de Monitoreo y Control de Calidad del Agua

##### ○ **Objetivos**

- ✓ Delimitar los parámetros de control de la calidad del agua que se deben valorar dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Establecer los procedimientos necesarios para la correcta toma de muestras en la PTAR de la ciudad de Macas.
- ✓ Definir la frecuencia y lugar de la toma de las muestras para la valoración de la calidad del agua.

##### ○ **Procedimientos**

#### ***Toma de la Muestras***

##### *Procedimientos generales para la toma de muestras*

1. Enjuagar los recipientes con agua destilada antes de tomar la muestra.
2. Verificar que los equipos de campo estén calibrados y encerados.
3. Seleccionar el lugar de muestreo en base a los lineamientos establecidos en la *tabla 33-4*.
4. Medir in situ los parámetros de campo establecidos en la *tabla 34-4*.
5. Registrar los parámetros medidos in situ en el *Anexo PMC-00 A-02*.
6. Llenar el recipiente con el agua a analizar, agitar hasta humedecer las paredes y vaciar, repetir la acción 3 veces para tomar la muestra que va a ser analizada.
7. Tomar la muestra evitando agitar los lodos y sedimentos acumulados en el fondo.
8. Colocar la tapa en el recipiente inmediatamente evitando que se acumule aire en la superficie de la muestra.
9. Registrar fecha, hora, sitio de muestreo, tipo de muestra en el *Anexo PMC-00 A-01*.
10. Una vez tomada la muestra debe ser preservada en refrigeración a una temperatura de 4°C, sin llegar a la congelación, el análisis en laboratorio debe realizarse antes del transcurso de 24 horas.
11. Los resultados de los análisis de laboratorio deben ser registrados en el *Anexo PMC-00 A-03*, donde debe constar la fecha y hora de la toma de la muestra, la fecha y hora del análisis y el resultado.

*Zonas para la toma de muestras*

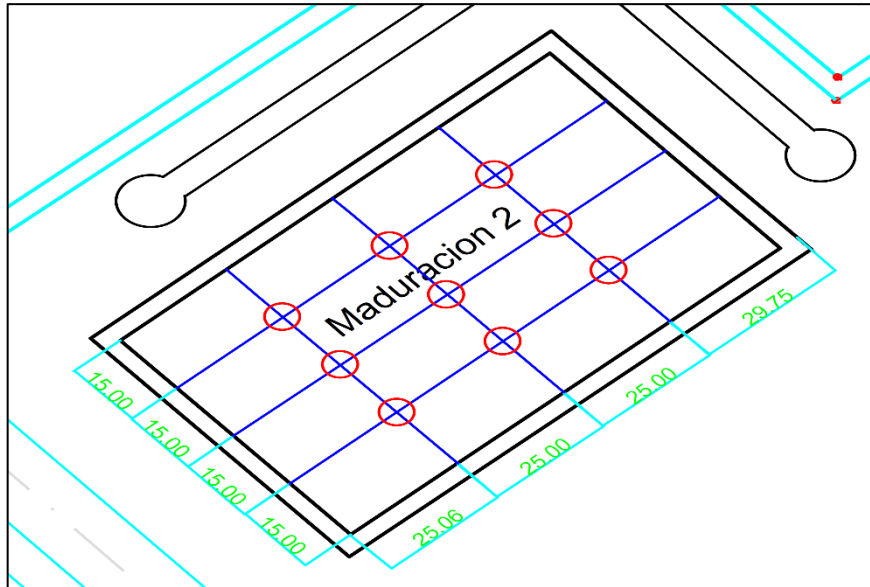
**Tabla 33-4:** Zonas de muestreo de la PTAR de la ciudad de Macas

<b>ZONA DE MUESTREO</b>	<b>CRITERIOS PARA LA TOMA DE LA MUESTRA</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
Canales de entrada	Tomar la muestra en la zona donde la turbulencia es suficiente para generar un mezclado, es decir, en la esquina del canal que conecta la salida del canal de aquietamiento y las cribas II.	La muestra del agua debe ser tomada en la mitad de la profundidad de la columna de agua
Lagunas facultativas y de maduración	Para conocer la calidad general del agua dentro de las lagunas se deben tomar muestras integrales, es decir, tomar alícuotas simultaneas en diferentes puntos de las lagunas. En la figura 4-4 y 5-4 se expone el esquema de toma de muestras de las lagunas facultativas y de maduración respectivamente.	Las muestras deben ser tomadas a una profundidad igual a 0.6 veces la profundidad total de la unidad, es decir, a 1 m de profundidad en las lagunas facultativas y a 0.6 m en las lagunas de maduración.
Zona de descarga	La muestra debe ser tomada en los vertederos de descarga de las lagunas de maduración, en las zonas donde no exista una excesiva acumulación de sedimentos debido a la turbulencia.	Las muestras deben ser tomadas a una profundidad igual a 0.6 veces la profundidad total de la unidad.

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017.

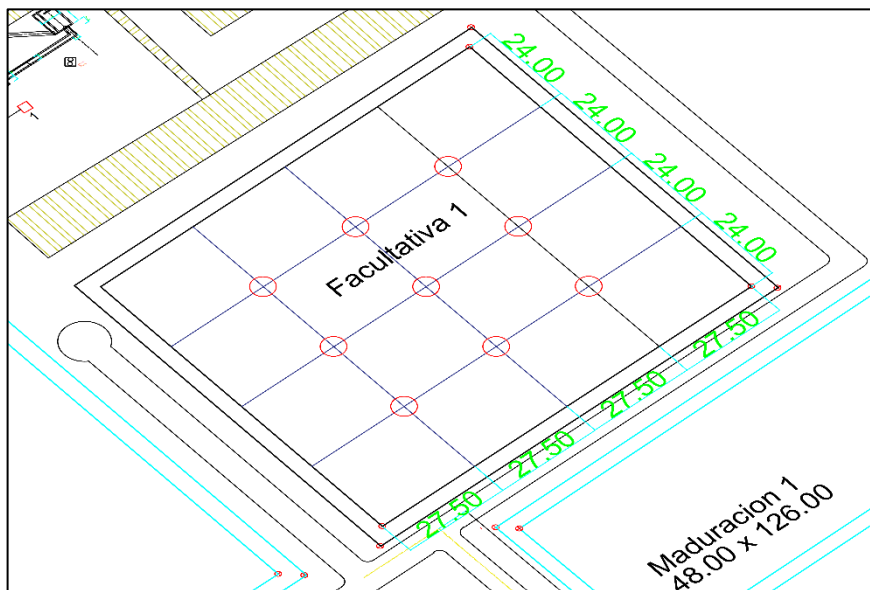
En la *figura 3-4* y *figura 4-4*, se muestra el diagrama para la toma de muestras integrales en las lagunas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas. Los círculos de color rojo muestran las zonas donde se debe tomar la muestra.





**Figura 3-4:** Diagrama de muestreo-Lagunas facultativas

**Fuente:** (Duran, 2014, p. 206), Memoria técnica de la PTAR de la ciudad de Macas

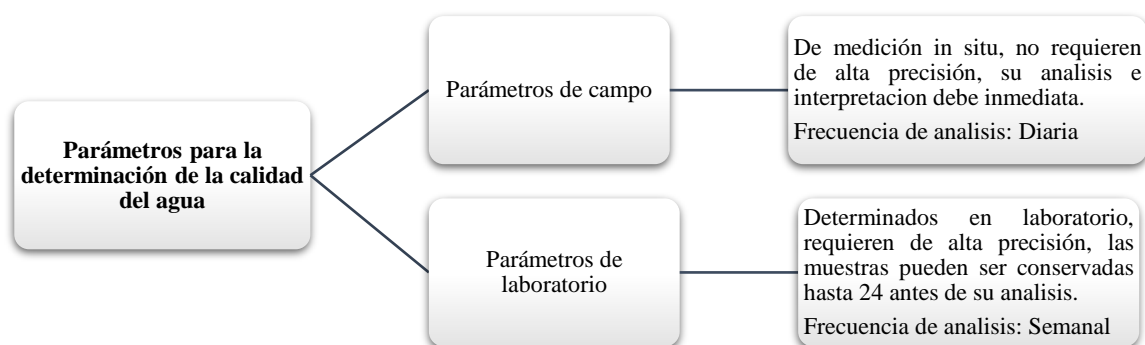


**Figura 4-4:** Diagrama de muestreo-Lagunas de maduración

**Fuente:** (Duran, 2014, p. 218), Memoria técnica de la PTAR de la ciudad de Macas

### ***Determinación de la calidad del agua.***

Para la cuantificación de la calidad del agua en los puntos de control se debe, realizar el análisis de los parámetros de calidad que representan, de cierta manera, la operatividad de la planta. Para la facilidad en la interpretación de la metodología del monitoreo se dividen los parámetros en base a lo especificado dentro de la *figura 6-4*.



**Figura 5-4:** Clasificación de los parámetros de valoración de la calidad del agua.

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

### **Parámetros de medición en campo**

**Tabla 34-4:** Importancia de parámetros de campo

<b>PARÁMETRO</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	<b>MÉTODO DE ANALISIS</b>
<b>pH</b>	Parámetro que influye en todo el proceso depurativo, ya que del pH del agua dependerá la velocidad de sedimentación y formación de lodos, la tasa de remoción de la carga orgánica, debido al desarrollo microbiano y la oxigenación del agua.	STANDAR METHODS 4500-H B
<b>OXÍGENO DISUELTO</b>	Parámetro importante en la degradación de la materia orgánica ya que en este proceso los microorganismos consumen amplias cantidades de oxígeno, y si este elemento baja a concentraciones críticas se puede detener el proceso de depuración biológico.	STANDAR METHODS 4500-O-G mod
<b>TURBIEDAD</b>	En vista de que la PTAR no cuenta con un sistema de aireación, es necesario que los procesos fotosintéticos sean óptimos, consiguiendo así elevar los niveles de OD en	STANDAR METHODS 2130 B

	el agua, por el contrario, si los valores de turbiedad son altos el ingreso de la luz solar será mínimo, disminuyendo así la actividad fotosintética.	
<b>TEMPERATURA</b>	La temperatura de agua afecta un número importante de procesos que definen la calidad del agua, razón por la cual la medición de este parámetro es fundamental.	STANDAR METHODS 2550 B
<b>CAUDAL</b>	La medición de caudal es trascendental ya que este parámetro puede fluctuar según las épocas del año y si este sobrepasa el límite de operación es necesario tomar medidas para que la eficiencia en el sistema depurativo no se vea afectado.	CANALETA PARSHALL

**Fuente:** (Water Resources Research Center, 1995, p. 57) Manual de Campo para el Muestreo de la Calidad del Agua

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

### Parámetros analizados en laboratorio

**Tabla 35-4:** Importancia de parámetros analizados en laboratorio

<b>PARÁMETRO</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	<b>MÉTODO DE ANÁLISIS</b>
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	Es importante determinar el contenido de sólidos tanto del afluente como del efluente de la PTAR ya que con ello se puede conocer la velocidad de generación de lodos y por lo tanto establecer frecuencias de mantenimiento, además un efluente sin sólidos es indicador de que el proceso de depuración es eficiente.	STANDAR METHODS 2540-B
<b>SÓLIDOS SEDIMENTALES</b>	Es necesario conocer el contenido de sólidos sedimentables en el agua cruda, para determinar así la frecuencia con que debe realizarse el mantenimiento de los desarenadores.	STANDAR METHODS 2540-F
<b>SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN</b>	Los sólidos en suspensión representan la fracción de los sólidos totales que no lograron ser eliminados en los desarenados, los cuales deberán ser removidos en las unidades posteriores en este caso lagunas facultativas, motivo por el cual es importante determinar su contenido para establecer la cantidad de lodos que se acumularan en dichas lagunas y así	STANDAR METHODS 2540-D

	dictaminar la frecuencia de mantenimiento.	
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Es el parámetro más importante a valorar en el agua cruda y tratada porque permitirá conocer el grado de remoción de materia orgánica, determinado así la eficiencia del tratamiento.	STANDAR METHODS
<b>DQO</b>	Es importante determinar el valor de DQO para conocer el grado de materia orgánica que no puede ser degradada en la planta, es decir la calidad con que el agua tratada abandona la planta y poder comparar con los valores establecidos en la normativa para descarga de agua a cuerpos naturales.	STANDAR METHODS
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	Si el afluente presenta grasas de origen hidrocarburífero el proceso de depuración biológico de las lagunas facultativas se verá afectado en gran medida, razón por la cual resulta imperativo la valoración de este parámetro, ya que en el caso de que supere los valores permisibles se deberán las medidas correspondientes.	STANDAR METHODS
<b>COLIFORMES TOTALES Y FECALES</b>	Valorar este parámetro es de vital importancia ya que representa las colonias de patógenos presentes en el agua y debido a que el efluente de la PTAR será descargado en un recurso hídrico natural (Río Upano) que es utilizado por los habitantes para recreación por contacto directo, además el valor de este parámetro permite conocer si las lagunas de maduración son eficientes.	STANDAR METHODS

**Fuente:** (Correa, 2008, p. 42) Evaluación y monitoreo de lagunas de estabilización del Municipio de Santa Fé de Antioquia

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

## Frecuencia de monitoreo

**Tabla 36-4:** Frecuencia de análisis de campo y laboratorio

PARÁMETROS	FRECUENCIA			ZONA DE MUESTREO		
	Diaria	Quincenal	Anual	Zona de entrada	Lagunas	Zona de descarga
pH	✓			✓	✓	✓
OD	✓			✓	✓	✓
Turbiedad	✓			✓		✓
Temperatura	✓			✓	✓	✓
Caudal	✓			✓		✓
Sólidos Totales		✓		✓	✓	✓
Sólidos sedimentales		✓		✓	✓	✓
Sólidos en suspensión		✓		✓	✓	✓
DBO <sub>5</sub>		✓		✓	✓	✓
DQO		✓		✓	✓	✓
Coliformes totales y fecales		✓		✓		✓

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

### ○ Responsables del programa

El jefe de planta en conjunto con el personal de laboratorio tiene la responsabilidad de dar cumplimiento al presente programa, así como llevar los registros e informar cualquier anomalía a la administración de la PTAR.

- **Anexos**

*Anexo PMC-00 A-01*

**Tabla 37-4:** Ficha de muestreo-PTAR de la ciudad de Macas

<b>FICHA DE MUESTREO DE AGUA RESIDUAL PARA ANALISIS DE LABORATORIO</b>	
<b>Código de muestra:</b>	<b>Fecha de muestreo:</b>
<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Hora de muestreo:</b>
<b>Punto de muestreo:</b>	
<b>Análisis requeridos</b>	
<b>Preservación de las muestras</b>	
<b>Datos del responsable del muestreo</b>	
<b>Nombre y apellido:</b>	
<b>Teléfono:</b>	
<b>Observaciones</b>	

**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

*Anexo PMC-00 A-02*

**Tabla 38-4:** Registro de resultados-Parámetros in situ

Semana: Del ____ al ____ de ____ del 20__				Punto de muestreo:			
PARAMETROS	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Responsable							
Hora de medición							
T. del agua (°C)							
OD (mg/l)							
pH							
Turbiedad							
Caudal							

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

*Anexo PM-00 A-03*

**Tabla 39-4:** Registro de resultados de análisis de laboratorio

Resultado de análisis de laboratorio			
Punto de Muestreo		Tipo de muestra:	
Fecha de muestreo:		Hora de muestreo:	
Fecha de análisis:		Hora de análisis:	
Código de muestra:			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO DE ANÁLISIS</b>
Sólidos Totales			
Sólidos sedimentales			
Sólidos en suspensión			
DBO <sub>5</sub>			
DQO			
Coliformes totales y fecales			

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

## **4.2. Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Macas**

### **4.2.1. Descripción**

En función de los lineamientos establecidos en la Legislación Ambiental vigente y en base a los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos generados en las diferentes unidades que conforman la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Macas, se plantea el siguiente la siguiente Propuesta Técnica para la Gestión Integral de desechos sólidos, la cual se fundamenta en la correcta clasificación de los mismos, con la finalidad de reducir los impactos ambientales encontrados y minimizar la generación de residuos mediante técnicas de reciclaje. Con dichos antecedentes se han formulado planes de capacitación al personal, prevención y mitigación de impactos, manejo de desechos y reciclaje, adicionalmente se ha establecido un plan de salud y seguridad ocupacional.

### **4.2.2. Alcance**

El presente plan está orientado a la gestión integral de desechos sólidos y será aplicado por todo el personal que labore en la PTAR de la ciudad de Macas, de manera especial el personal que genera y manipula los residuos sólidos en las distintas áreas de la planta. Las personas que realicen vistas técnicas a las instalaciones también deberán aplicar las medidas establecidas en los distintos planes estratégicos.

### **4.2.3. Objetivos**

- Establecer medidas de mitigación, control y prevención de los impactos negativos generados por el manejo inadecuado de los desechos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas
- Establecer medidas que contribuyan con la disminución de la producción de vectores causantes de enfermedades.
- Dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente referente al manejo de desechos sólidos en la República Ecuatoriana.



#### **4.2.4. Control de Documentos y Registros**

Entiéndase como sistema documental al conjunto de documentos, registros, formularios, instructivos y lineamientos que reflejan el manejo de desechos sólidos de la PTAR. El responsable de llevar el control de dicha documentación será el jefe de planta, razón por la cual toda la documentación deberá reposar en los archivos de su oficina.

#### **4.2.5. Responsabilidades**

##### **Responsabilidades de la administración**

- Implementar los procedimientos y acciones establecidas en el presente Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos.
- Obtener las autorizaciones ambientales necesarias.
- Realizar capacitaciones técnicas continuas al personal que labora en la planta con temas enfocados al correcto manejo de desechos sólidos.
- Diseñar y cumplir el plan de capacitación establecido en el Plan de Gestión Integral de Desechos sólidos.
- Dar a conocer al personal las acciones y actividades exigidas en el presente plan.
- Dotar de equipos de protección individual y colectiva al personal que labora en la PTAR de la ciudad de Macas.
- Buscar y contratar una empresa que se encargue de brindar una correcta gestión a los desechos biológicamente peligrosos provenientes de las unidades de cribado.
- Responder por los efectos adversos que pudieran ocasionar el manejo inadecuado de los desechos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas hasta cuando estos sean tratados, aprovechados y/o dispuestos de manera definitiva.
- Supervisar el cumplimiento estricto de presente plan.

### **Responsabilidades del jefe de planta**

- Velar por el cumplimiento de los procedimientos y acciones establecidas para garantizar la gestión integral de los desechos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas.
- Coordinar con la administración fechas y horarios de capacitaciones, charlas, inducciones brindadas al personal de la planta en cuanto a manejo de desechos sólidos.
- Informar a la administración de forma inmediata cualquier inconveniente que suscite en el manejo de desechos sólidos.
- Reunirse por lo menos una vez al mes con el personal para escuchar y dar solución a inquietudes que se presente en la PTAR.
- Elaborar y presentar a la administración informes y reportes mensuales en los cuales de indique la cantidad de desechos generados y el manejo que se ha dado.
- Vigilar que el personal aplique correctamente las normas establecidas en el presente Plan de Gestión Integral de desechos sólidos.
- Vigilar que el personal de la PTAR de la ciudad de Macas utilice los equipos de protección personal en sus labores diarias.
- Llevar control estricto de los registros de generación y manejo de desechos sólidos.

### **Responsabilidades de los operadores y obreros**

- Cumplir con las normas establecidas en el presente Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos.
- Asistir obligatoriamente a todas las capacitaciones, charlas, inducciones que organice la administración.
- Registrar las cantidades y tipos de desechos sólidos generados en cada una de las áreas de la PTAR de la ciudad de Macas.

## **Responsabilidades de los visitantes**

- Cumplir con las normas establecidas en el presente Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos.
- Acatar las instrucciones e indicaciones dictadas por el jefe de planta durante la visita.
- Utilizar equipos de protección personal durante el tiempo que dure la visita.

### **4.2.6. Estudio Técnico**

#### *4.2.6.1. Información del Establecimiento*

Nombre: Planta de tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Macas  
Dirección: Barrio Nuestra Señora del Rosario Av. La Hermita S/N  
Parroquia: Macas  
Cantón: Morona  
Provincia: Morona Santiago

#### *4.2.6.2. Representante Legal*

Nombre: Ing. Javier Cortés  
Teléfono: (07) 2700 143

#### *4.2.6.3. Responsable de la gestión de desechos sólidos:*

Nombre: No existe una persona responsable de la gestión de desechos  
Teléfono: (07) 2700 143

#### *4.2.6.4. Tipo de establecimiento*

Tipología: Planta de tratamiento de aguas residuales

#### *4.2.6.5. Personal*

- No. de jefes de planta: 1
- No. de operadores: 0
- No. de personas encargadas del manejo de desechos: 0

- No. de laboratoristas:0
- No. de obreros:2
- No. de Choferes:0
- No. de Guardias:0

#### *4.2.6.6. Diagnostico actual de la Gestión Integral de Desechos Sólidos*

La PTAR no cuenta con un Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos adecuado a las actividades que se realizan en la planta, tampoco tiene estaciones de recolección con contenedores diferenciados, ni una estación de transferencia apropiada para el almacenamiento temporal de los desechos.

Los procedimientos de recolección, separación, transporte y disposición final realizados hasta el momento no son adecuados a las características de los desechos que se generan en la planta, ni están acorde a la legislación ambiental vigente, además la planta no cuenta con personal capacitado y especializado en el manejo de desechos sólidos.

#### *4.2.7. Estructura del Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos*

##### *4.2.7.1. Plan de Capacitación*

###### ○ **Objetivos**

- ✓ Concienciar y capacitar a todo el personal que labora en la PTAR de la Ciudad de Macas, para lograr el buen manejo de los desechos sólidos generados en las distintas actividades.
- ✓ Establecer temas de capacitación apropiados a los desechos que se generan en la PTAR y que contribuyan a la protección ambiental y la seguridad de los que trabajan en la PTAR.

###### ○ **Responsabilidades**

Es responsabilidad de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio del cantón Morona implementar el presente Plan de capacitación; así como llevar registros de todos los participantes.

○ **Actividades del plan**

***Realizar charlas sobre manejo de desechos***

La dirección de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio del cantón Morona deberá realizar charlas periódicas, los temas que se podrán abordar son:

- Legislación ambiental vigente referente al manejo de desechos sólidos comunes y peligrosos.
- Plan de manejo de desechos de la PTAR de la ciudad de Macas
- Problemas a la salud ocasionados por una inadecuada manipulación y el manejo incorrecto de desechos biológicos peligrosos.
- Impactos ambientales originados por el manejo inadecuado de desechos sólidos.
- Políticas de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Adecuada señalización dentro de las instalaciones de la PTAR.
- Reciclaje.

El presente plan de capacitación se podrá ejecutar mediante talleres, seminarios, cursos o charlas, las cuales deberán ser planificadas por la administración del proyecto.

Es necesario llevar registros de las capacitaciones, para lo cual se empleará el *Anexo PC-00 A-01* en donde constará: fecha de la capacitación, tema tratado, nombre y firma de la persona capacitadora y nombre y firma de los participantes, dichos registros servirán como prueba del cumplimiento del plan.

Trimestralmente se podrá realizar una evaluación de desempeño al personal, referente a los temas abordados en las capacitaciones, para dicho fin se empleará el *Anexo PC-00 A-02*.

Toda persona que labore en la PTAR bajo contrato o nombramiento, recibirá una capacitación previa a su ingreso, dicha capacitación será considerada como requisito para poder realizar sus labores en la planta.

- **Anexos**

**Anexo PC-00 A-01**

**Tabla 40-4:** Registro de asistencia a capacitaciones

<b>PLAN DE CAPACITACIÓN PARA EL MANEJO DE RESIDUOS EN LA PTAR DE LA CIUDAD DE MACAS</b>				
<b>TEMA:</b>		<b>FECHA:</b>		
		<b>LUGAR:</b>		
		<b>CAPACITADOR(ES):</b>		
<b>Nº</b>	<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Nº Identificación</b>	<b>Cargo</b>	<b>Firma</b>

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

**Anexo PC-00 A-02**

**Tabla 41-4:** Evaluación de desempeño

<b>PLAN DE CAPACITACIÓN PARA EL MANEJO DE RESIDUOS EN LA PTAR DE LA CIUDAD DE MACAS</b>				
<b>NOMBRES Y APELLIDOS:</b>				
<b>CARGO:</b>				
<b>TEMA POR EVALUAR:</b>				
<b>FECHA DE EVALUACION:</b>				
<b>NOMBRE DEL EVALUADOR</b>				
	<b>CALIFICACIÓN</b>			
	<b>Mala</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>	<b>Excelente</b>
<b>Desempeño en la capacitación</b>				
<b>Aplicación de los temas tratados en las labores diarias</b>				

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

#### 4.2.7.2. *Plan de Prevención y Mitigación de Impactos*

##### ○ **Objetivos**

- ✓ Establecer medidas adecuadas que contribuyan a prevenir la contaminación de los recursos agua, suelo, aire, paisaje, y la salud del personal.
- ✓ Minimizar los riesgos ambientales causados por el manejo inadecuado de desechos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas.
- ✓ Disminuir el grado de impacto generado por las diferentes actividades que se realizan en la PTAR de la Ciudad de Macas.

##### ○ **Responsabilidades**

Es responsabilidad de la administración implementar el Plan de Prevención y Mitigación de impactos, e intervenir si este no es ejecutado correctamente, el jefe de planta es responsable concretamente de la ejecución del presente plan.

##### ○ **Medidas**

#### ***Construcción y adecuación de una estación de transferencia de desechos sólidos***

##### *Impactos a prevenir*

- Contaminación del suelo por desechos sólidos no degradables.
- Contaminación biológica del agua superficial si los desechos sólidos provenientes de las unidades de cribado mediante escorrentía llegan a los recursos hídricos naturales.
- Deterioro de la belleza escénica y paisajística por efectuar de forma incorrecta las etapas de clasificación y almacenamiento temporal.
- Afección en la salud de visitantes y empleados por el manejo inadecuado de desechos sólidos.

### *Procedimiento*

1. Limpieza de la PTAR, retirando todos los desechos sólidos existentes en las instalaciones y en sus alrededores.
2. Implementar estaciones de recolección en cada una de las áreas en donde se generen desechos sólidos.
3. Implementar recipientes adecuados con colores diferenciados para la recolección y transporte de desechos.
4. Construcción de una estación de transferencia para el almacenamiento temporal de todos los desechos sólidos que se generen en la PTAR, la estación de transferencia debe estar ubicada en un lugar cerrado y alejado de las demás áreas de la planta, contar con instalaciones y contenedores apropiados para el almacenamiento.

### ***Capacitación acerca del manejo adecuado de desechos sólidos***

#### *Impactos a prevenir*

- Deterioro de la belleza paisajística por la acumulación de desechos sólidos.
- Afección de la salud pública por el manejo inadecuado de desechos sólidos.
- Olores desagradables causados por no clasificar y acumular desechos de manera descontrolada.

### *Procedimiento*

1. La administración (Dirección de agua potable y alcantarillado de municipio del cantón Morona) es la encargada de capacitar al personal sobre el manejo adecuado de desechos sólidos.
2. La capacitación contempla la entrega de instructivos especificando las medidas para proteger el ambiente.



3. La capacitación debe informar sobre las principales características, beneficios, impactos ambientales generados y las medidas contempladas para su prevención.
4. Los temas de capacitación sobre el manejo interno de desechos sólidos que podrían abordarse son los siguientes:
  - Caracterización
  - Generación
  - Separación
  - Almacenamiento temporal
  - Disposición final

Con referencia al manejo y disposición temporal de desechos sólidos, es recomendable incorporar la señalética acorde en los lugares estratégicos de cada área.

En cuanto a la recolección de desechos, se recomienda su realización desde las fuentes generadoras hacia los sitios de almacenamiento, considerando que la misma debe realizarse por personal calificado. Los desechos sólidos serán recolectados, debidamente clasificados y empacados para transportarlos desde los sitios de generación hacia su almacenamiento temporal.

El transporte se realizará mediante el uso de recipientes plásticos con tapa, ruedas, de fácil manejo y exclusivos para este fin.

#### *4.2.7.3. Plan de Manejo de Desechos Sólidos*

- **Objetivos**
  - ✓ Establecer actividades que contribuyan a mejorar el manejo y la disposición de los desechos sólidos generados en la PTAR de la Ciudad de Macas.
  - ✓ Cumplir con las normativas ambientales ecuatorianas que rigen el manejo de desechos sólidos y su almacenamiento temporal.

- **Responsabilidades**

La Dirección de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio del cantón Morona tiene bajo su responsabilidad implementar e informar el presente plan a todo el personal que labore en la planta, mientras que la persona que posea el cargo de jefe de planta tiene la responsabilidad de vigilar el cumplimiento del plan, así como llevar los registros.

- **Actividades del plan**

***Recolección de desechos sólidos***

La recolección de residuos sólidos en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Macas se realizará en la fuente, para lo cual es necesario establecer estaciones de recolección en los puntos donde se generen mayor cantidad de residuos, pudiendo instaurar las siguientes zonas: Oficina administrativa, exterior de la garita de vigilancia, servicios higiénicos y unidades de pretratamiento. Las estaciones de recolección se ubicarán como se detallan la *tabla 42-4*.

**Tabla 42-4:** Ubicación de estaciones de desechos sólidos

<b>Puntos de recolección</b>	<b>Estación de desechos comunes</b>	<b>Estación de desechos especiales</b>
Oficina Administrativa	✓	
Exterior de la garita de vigilancia	✓	
Servicios higiénicos	✓	
Unidades de pretratamiento		✓




**Realizado por:** Gianina. M. Rivera. C. 2017

***Clasificación de desechos sólidos***

Los desechos sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Macas serán clasificados en la fuente, según lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana 2841, inciso 6.1.

Las estaciones de desechos comunes estarán conformadas por tres contenedores, que serán usados como se indica en la *tabla 43-4*.


**Tabla 43-4:** Clasificación de desechos sólidos comunes


TIPO DE RESIDUOS	DESCRIPCIÓN	COLOR DE CONTENEDOR	REQUISITOS DE CONTENDOR
<b>Orgánicos</b>	Residuos de Origen Bilógico, restos de comida, cáscaras de fruta, verduras, hojas, pasto, entre otros.		Resistencia a torsión, golpes y oxidación. Superficies lisas, para facilitar su limpieza. Tamaño adecuado, para su fácil transporte y manejo.
<b>Inorgánicos no reciclables</b>	Materiales no aprovechables: toallas sanitarias, Servilletas usadas, papel adhesivo, papel higiénico, polvo, entre otros.		
<b>Inorgánicos reciclables</b>	Plásticos PET, Fundas plásticas, botellas de vidrio, Envases tetra pack, papel de oficina, cartón, entre otros.		

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2004) NTE INEN 2841:2004.

La estación de desechos especiales estará conformada por contenedores de colores diferenciados, tal como se indica en la *tabla 44-4*.

**Tabla 44-4:** Clasificación de desechos sólidos especiales y peligrosos

TIPO DE DESECHO	DESCRIPCIÓN	COLOR DEL CONTENEDOR	REQUISITOS DE CONTENDOR
Especial	Sólidos retenidos en las cribas		Hermeticidad para evitar la proliferación de vectores. Impermeabilidad, para evitar la contaminación

<p>Químicos peligrosos</p>	<p>Desechos con una o varias características citadas en el código C.R.E.T.I.B</p>		<p>por humedad desde y hacia el exterior. Superficies lisas, para facilitar su limpieza. Tamaño adecuado, para su fácil transporte y manejo. Resistencia a torsión, golpes y oxidación.</p>
--------------------------------	---	---	---

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2004) NTE INEN 2841:2004.

### ***Movimiento interno***

La transferencia de desechos desde las estaciones de recolección hasta la estación de almacenamiento temporal se realizará con una frecuencia de dos veces al día; una al medio día y otra al finalizar la jornada de trabajo, de tal manera que no exista la acumulación excesiva de residuos sólidos. Si se realizaran actividades no rutinarias que generen grandes volúmenes de desechos se deberá realizar la transferencia cuantas veces sea necesario.

Las rutas de recolección se basarán en caminos de fácil trayecto y corta distancia, pero siempre tomando en cuenta que no obstruya el trabajo de los demás y la visita del público, se recomienda empezar la transferencia desde las unidades de cribado, continuar con el área administrativa, servicios higiénicos y culminar con los desechos generados en la garita de vigilancia.








### ***Almacenamiento temporal***

Para el almacenamiento de los residuos sólidos en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Macas se implementará una estación de transferencia en la cual se dispondrán de manera temporal los desechos recolectados en de todas las instalaciones de la planta.

Las transferencias de desechos sólidos generados en la PTAR deberán ser registradas diariamente en el *Anexo PMD-00 A-01*.

La estación de transferencia o de almacenamiento temporal estará ubicada en un lugar cerrado, junto al área de estacionamiento, estará conformada por 7 contenedores según lo establecido en el inciso 6.2 de la Norma Técnica Ecuatoriana 284, resumida en la *tabla 45-4*.

**Tabla 45-4:** Clasificación de desechos en la estación de transferencia

<b>TIPO DE DESECHO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COLOR DEL CONTENEDOR</b>
<b>Orgánicos</b>	Residuos de poda, restos de comida, hojas, pasto, cascaras de frutas y verduras	
<b>Inorgánicos no reciclables</b>	Toallas sanitarias, servilletas usadas, papel adhesivo, papel higiénico, polvo, entre otros.	
<b>Plásticos y tetrapack</b>	Recipientes multicapa, envase PET, fundas plásticas, envases de productos de limpieza. Los envases deben estar vacíos y limpios	
<b>Vidrio y metales</b>	Botellas de vidrio, frascos de jugos, envases de conservas, frascos de aluminio.	
<b>Papel y cartón</b>	Papel impreso en buenas condiciones, cajas limpias, revistas, cuadernos, folletos publicitarios, periódico.	
<b>Especiales</b>	Sólidos retenidos en las cribas, escombros.	
<b>Químicos peligrosos</b>	Desechos con una o más características citadas en el código C.R.E.T.I.B	

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2004) NTE INEN 2841:2004.

### ***Disposición final***

Los desechos comunes serán retirados por el servicio municipal de recolección según como se indiquen en los horarios establecidos por el departamento de gestión de residuos sólidos y dispuestos en una plataforma de confinamiento del relleno sanitario de la ciudad de Macas.

Los residuos sólidos retirados de las cribas se entregarán a un gestor ambiental, el cual los retirará directamente del contenedor y se encargará de su adecuada disposición final.

Finalmente, los residuos resultantes del mantenimiento de las jardineras y cortinas naturales serán enviados al relleno sanitario y servirán para la elaboración del abono “Takakura”.

- **Anexos**

### ***Anexo PMD-00 A-01***

**Tabla 46-4:** Registro de desechos generados en la PTAR de la ciudad de Macas

<b>TRANSFERENCIA DE DESECHOS SOLIDOS PTAR DE LA CIUDAD DE MACAS</b>				
<b>Fecha de transferencia</b>				
<b>Estación de recolección</b>	<b>Peso de desechos 1ra transferencia</b>	<b>Peso de desechos 2da transferencia</b>	<b>Peso de desechos 3ra transferencia</b>	<b>Peso total de desechos por jornada</b>
<b>Oficina Administrativa</b>				
<b>Exterior de la garita de vigilancia</b>				
<b>Servicios higiénicos</b>				
<b>Unidades de pretratamiento</b>				

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017

#### 4.2.7.4. Plan de Salud y Seguridad Ocupacional

##### ○ **Objetivo**

- ✓ Evitar accidentes y enfermedades en el personal, mediante el establecimiento de normas y medidas de seguridad.
- ✓ Definir un conjunto de actividades que contribuyan a proteger la integridad y salud de los trabajadores encargados del manejo de los desechos sólidos en la PTAR de la ciudad de Macas.
- ✓ Establecer medidas de prevención de riesgos laborales, que favorezcan el crecimiento y la productividad del proyecto.

##### ○ **Responsabilidades**

La administración del proyecto tiene como responsabilidad implementar el plan de salud y seguridad ocupacional y dotar de equipos de protección individual y colectivo a todas las personas que laboren en la PTAR.

El jefe de planta tiene bajo su responsabilidad vigilar el cumplimiento estricto del plan y llevar los registros.

El personal técnico y operativo deberá cumplir y aplicar el plan en todas sus labores diarias.

##### ○ **Actividades del plan**













#### ***Implementación de señalética referente al manejo de los desechos.***

Es necesario que en las instalaciones de la PTAR de la ciudad de Macas se implementen carteles con señalética con el fin de evitar accidentes con los trabajadores y las personas que realicen visitas técnicas. En la *tabla 47-4* se establecen la señalética que se debe implementar en cada área de la PTAR considerando las siguientes premisas:

- Los carteles de color rojo indican prohibiciones, alto, prevención de incendios, en tanto que los de color amarillo denotan la presencia de un peligro.

- Las señales de color azul denuncian la obligación de una acción, mientras que las de color verde denotan que la zona está libre de peligros es decir presenta condiciones seguras.

**Tabla 47-4:** Ubicación de señaléticas en la PTAR de la ciudad de Macas

ÁREAS	SEÑALÉTICA	DESCRIPCIÓN
Oficina Administrativa		Punto de encuentro
Garita de vigilancia		Extintor
Servicios higiénicos		Servicios higiénicos
Unidades de pretratamiento		Riesgo de caídas
		Uso obligatorio de equipos de protección personal
		Riesgo biológico
Unidades de tratamiento secundario		Uso obligatorio de equipos de protección personal
		Riesgo de caídas
Estación de transferencia		Solo personal autorizado
		Uso obligatorio de equipos de protección personal
		Extintor
		Riesgo biológico

Realizado por: Gianina. M. Rivera. C. 2017



Los carteles de señalización deben cumplir con las siguientes características:

- Ser de colores vibrantes
- Estar ubicados en áreas visibles
- Atraer la atención de los trabajadores y visitantes
- Ser claros para facilitar su identificación
- Brindar información concreta y específica

### ***Establecimiento de medidas para la prevención de riesgos***

- Dotar al personal encargado del manejo de desechos sólidos los siguientes elementos de protección personal:
  - Casco de seguridad
  - Gafas de protección de visión panorámica
  - Mascarilla de seguridad antigases y antipolvo
  - Overol de manga larga
  - Delantal de plástico industrial
  - Guantes de nitrilo
  - Botas de seguridad antideslizantes
- Implementar extintores y equipos contra incendios que cumplan con las normas de seguridad, se deberá realizar un control periódico de los mismos por parte de personal calificado para la ejecución de esta actividad, el equipo para contrarrestar los incendios debe encontrarse ubicado en lugar visible, de fácil acceso, y se maniobrable para el personal.
- Controlar la humedad y temperatura, en la estación de transferencia de manera que se garantice el bienestar del personal.
- Asegurar que la estación de transferencia tenga una adecuada ventilación para evitar malos olores, intoxicación o asfixia de los trabajadores.

### ***Establecimiento reglas de seguridad laboral***

El personal de la PTAR de la ciudad de Macas desde el primer día de labores deberá cumplir las siguientes reglas:

- Vacunarse periódicamente para protegerse de enfermedades producidas por agentes patógenos como tétano y hepatitis B.
- Usar el equipo de protección personal entregado por la administración.
- Mantener el equipo de protección personal en óptimas condiciones
- No comer, beber, fumar o maquillarse durante la ejecución de las labores.
- En caso de herirse con algún componente de los desechos lavar la herida con agua y jabón y acudir al médico de emergencia.
- Lavarse las manos después manejar los desechos.
- Tomar un baño de ducha una vez terminada la jornada diaria de trabajo.
- Lavar y desinfectar el equipo de protección personal todos los días.

### ***Difusión del plan de seguridad y salud ocupacional***

Capacitar al personal involucrado en el manejo de los desechos sólidos acerca de la importancia del uso de los equipos de protección personal y el riesgo al que están expuestos.

Dar a conocer a todo el personal las reglas de seguridad que se deben cumplir dentro de la PTAR de la ciudad de Macas.

Realizar charlas semanales para instruir a los trabajadores acerca de las prácticas, procedimientos, procesos y recursos que contribuyen a proteger su salud e integridad dentro de su puesto de trabajo.

## CONCLUSIONES

- En base a análisis físico-químicos y microbiológicos se caracterizó el afluente y efluente de la PTAR de la ciudad de Macas, con lo cual se pudo determinar que el sistema de tratamiento depura el agua de ingreso, debido a que, el efluente cumple con los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce y se estableció que presenta un porcentaje de eficiencia de 56.58%
- En base a los registros climatológicos que datan del año 1985 hasta el 2016, se pudo identificar que el clima predominante en la ciudad de Macas es Tropical Ecuatorial, el cual es idóneo para la aplicación de un tratamiento biológico. En cuanto a las características operacionales se verificó que todas las unidades del sistema de depuración son funcionales y que en la actualidad la planta trata 69,57 % de la aguas residuales de ciudad, operando con un caudal inferior (40,74 L/s) al establecido para su diseño (80 L/s), con el cual se servirá a una población de 23900 habitantes para el año 2029. .
- Para el funcionamiento óptimo de la PTAR de la Ciudad de Macas se instauraron los siguientes procedimientos: manipulación de compuertas, remoción de materiales sólidos de las cribas y desarenador, medición de caudales, limpieza de vertederos de alivio, remoción de natas de las lagunas de oxidación, remoción de lodos del fondo de lagunas, control de vegetación indeseada, control de vectores y control de calidad del efluente.
- Se estableció un plan de gestión integral de desechos sólidos para lo cual se realizó la caracterización y evaluación de impactos ambientales producidos por los desechos generados en la PTAR de Macas; en el plan se incluyeron actividades tales como la capacitación al personal para la mitigación y prevención de impactos ambientales, medidas de seguridad y salud ocupacional, actividades de reciclaje, y lineamientos para el manejo de desechos sólidos.

## RECOMENDACIONES

- Realizar las actividades de mantenimiento de manera más frecuente, no solo en las unidades de depuración sino en toda el área que corresponde a la PTAR, con el fin de evitar la obstrucción o colapso del sistema de tratamiento, y el deterioro de la belleza paisajística de la zona, considerando que ello requiere la implementación de instrumentos y equipos necesarios para dicho fin.
- Se recomienda caracterizar mediante análisis físicos químicos y microbiológicos los lodos procedentes de las lagunas facultativas, para darles un adecuado aprovechamiento y/o disposición final sin que ello afecte los factores ambientales.
- Implementar un laboratorio con los materiales, reactivos y equipos necesarios, que permitan un adecuado control de calidad del afluente y efluente de la PTAR de la ciudad de Macas.
- Contratar personal capacitado para la realización de las actividades que comprenden el adecuado manejo de desechos sólidos que se generan en la PTAR.
- Se recomienda que para la correcta clasificación de los desechos sólidos se debe disponer en cada área de la PTAR, estaciones de recolección con recipientes adecuados y correctamente diferenciados.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALIANZA POR EL AGUA.** *Manual de depuración de aguas residuales urbanas.* [en línea]. Sevilla-España: CENTA, 2008. pp. 18-22. [Consulta: 12 julio 2017]. Disponible en: <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>

**APHA, AWWA y WPCF.** *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales . 17ª ed.* Madrid-España: Díaz de Santos, S.A., 1992. ISBN (978-84-7978-031-9), pp. 174-712.

**BARBA OH, Luz Edith.** Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. [en línea].(Trabajo de titulación).Universidad del Valle, Santiago de Cali, [Consulta: 12 julio 2017]. Primera. Santiago de Cali, Colombia. 2002. pp. 22-44. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>

**BERMEO CASTILLO, Lorena Elizabeth y SANTÍN TORRES, Jorge Luís.** Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá. Loja. [en línea].(Trabajo de titulación). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador. 2010. pp. 32-49. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1346/3/Lorena.pdf>

**BERTOLINO, Ricardo; et al.** *Participación Ciudadana y Gestión Integral de Residuos.* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: Pablo Criscauts, 2005. [Consulta: 30 julio 2017]. Disponible en: [https://www.unicef.org/argentina/spanish/EcoclubesbajaWEB.pdf](https://www.unicef.org/argentina/spanish/ EcoclubesbajaWEB.pdf)

**BOY, C.**"Estándares de la calidad del agua: Amoniac de nitrógeno total". *Boletín Nicovita* [en línea], 2003, (Macahala, Ecuador) 07(01), pp. 84-86. [Consulta: 30 junio 2017]. Disponible en: [http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/dic\\_2002\\_01.pdf](http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/dic_2002_01.pdf)

**CARDA, M..** Caracterización del agua residual en una EDAR urbana. *Triplenlace.* [en línea] 2012. pp. 01. [Consulta: 06 junio 2017]. Disponible en : <https://tripenlace.com/2012/05/26/caracterizacion-del-agua-residual-en-una-edar-urbana-i/>

**CASTRO, José; et al.** *Sistema de reducción de en tratamientos de aguas residuales,* Sevilla-España, 2011. Escuela de Organización Industrial.

**CEPEDA, Pamela.** 2014. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para el subsistema cosmopolita, cantón Baños-Tungurahua, (Trabajo de titulación). [en línea]. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba. 2014. pp 02-16. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3501>

**CHARPENTIER, J.** *Tratamiento de aguas residuales con lodos activados.* [en línea]. Madrid-España: Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2014. [Consulta: 6 agosto 2017]. Disponible en: <https://inti.gob.ar/ue/pdf/publicaciones/cuadernillo6.pdf>

**CIMCOOL.** *¿Por qué es importante el Oxígeno Disuelto?.* [en línea]. Querétaro-México: Millacron Mexicana Sales, S.A. 2004. [Consulta: 6 agosto 2017]. Disponible en: <http://www.cimcool.ca/uploads/downloads/Porqueesimportanteeloxigenodisuelto.pdf>

**CISTERNA OSORIO, Pedro y PEÑA, Daisy.** Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la región VIII (Trabajo de titulación) Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago de Chile, Chile. 2013. pp. 7-11.

**COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES** *Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas.* Bogotá-Colombia: IDEAM, 2010. pp. 16-27.

**COLOMBIA. MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Similares.* 2ª ed. Bogotá-Colombia: Olarte, 2002, pp. 7-13.

**CONESA, V.** *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental.* 2ª ed. Madrid-España: Mundi-Prensa, 1993, pp. 49-57.

**CONTRERAS, C.** *Manejo integral de aspectos ambientales-Residuos sólidos.* Pontificia Universidad de Javierina. Bogota-Colombia. 2006. pp. 09-11

**CORREA RESTREPO, Gloria.** Evaluación y monitoreo de sistemas de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 2008. pp. 85-100. [Consulta 28 agosto 2017]. Disponible en: <http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/50/1/EvalMonitStmaLagunasStfeAnt.pdf>

**DE AZEVEDO NETO, José M; & ACOSTA ALVAREZ, Guillermo.** *Manual de hidráulica.* 6ª ed. Ciudad de Mexico-Mexico: Harla LTDA, 1976, pp. 45-65.

**DELGADILLO LOPEZ, A. et al.** "Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación". *SCIELO* [en línea], 2011, (México) 14(2), pp. 597. [Consulta: 8 agosto 2017]. ISSN 1815-591X. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002)

**DELGADILLO, Oscar; et al.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* Cochabamba-Bolivia. Antequera Durán, 2010, pp.50-55

**DELOYA MARTINEZ, A.** "Biodiscos". *Dialnet* [en línea], 2001, (Argentina) 13(3), pp. 57. [Consulta: 23 junio 2017]. ISSN 2215-3241 Disponible en: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-Biodiscos-4835478.pdf>

**DÍAZ, J.** *Tratamiento de Aguas residuales.* Trujillo-México, Universidad Nacional de Trujillo. 2013. pp. 23-25

**DONATO, Roger.** Plan de gestión para lodos generados en las Ptar-D de los municipios de Cumaral y San Martín de los Llanos en el departamento del Meta.[en línea] (trabajo de titulación) Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia. 2013. pp. 31-33. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13496/DonadoHoyosRoger2013.pdf?sequence=1>

**ECUADOR. ASAMBLEA NACIONAL.** *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.* [en línea]. Quito-Ecuador: LEXIS, 2014. [Consulta: 14 julio 2017]. Disponible en: <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>

**ECUADOR. ASAMBLEA NACIONAL.** *Código Orgánico del Ambiente.* [en línea]. Quito-Ecuador: LEXIS, 2017. [Consulta: 3 agosto 2017]. Disponible en: <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/05NOR2017-COA.pdf>

**ECUADOR. ASAMBLEA NACIONAL.** *Constitucion Nacional de la Republica del Ecuador.* [en línea]. Quito-Ecuador: LEXIS, 2008. [Consulta: 6 junio 2017]. Disponible en: [http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.PDF](http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.PDF)

**ECUADOR. MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Acuerdo Ministerial 097A: Anexo 1 de Libro VI.* Quito-Ecuador: Lexis, 2015, pp. 21-22.

**ECUADOR. MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Acuerdo Ministerial No. 061.* Quito-Ecuador: Lexis, 2015, pp. 89-102.

**ECUADOR. MINISTERIO DE JUSTICIA, DERECHOS HUMANOS Y CULTOS.** *Código Orgánico Integral Penal.* 2a ed. Quito-Ecuador: Lexis, 2014, pág. 100.

**FUENTE BADA, Marta. et al.** Diseño de un sistema de depuración de aguas residuales en el municipio de San Jorge (Nicaragua) (Trabajo de titulación) (maestría).[en línea] Universidad Popular del Cesar, Facultad de Ciencias Ambientales. San Jorge-Nicaragua. 2010. pp. 75-94. [Consulta: 28 agosto 2017]. Disponible en: <http://unicesar.ambientalex.info/infoCT/Dissisdepaguresmunni.pdf>

**GARCIA, E y PEREZ, D.** "Aguas Residuales. Composición", *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua* [en línea], 1985, (Mexico), pp. 01. [Consulta: 22 de junio 2017]. Disponible en : [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)

**GENERAL WATER COMPANY ARGENTINA.** "Sólidos presentes en el agua", *World Wide Leader in Water Solutions* [en línea], 2016, (Argentina), pp. 01. [Consulta: 03 junio 2017]. Disponible en: <https://gwc.com.ar/contaminantes-del-agua/solidos-agua/>

**GUTIÉRREZ, G.** *Programa de monitoreo y seguimiento ambiental para la construcción de TCBUEN S.A.* [en línea]. Buena Aventura-Colombia, 2009. [Consulta: 09 junio 2017]. Disponible en: <https://www.tcbuen.com.co/wp-content/prueba/MONITOREO.pdf>

**IAC (INGENIEROS ASOCIADOS DE CONTROL).** *Canal Parshall.* [en línea]. Madrid-España. 2017. pp. 03. [Consulta: 09 junio 2017]. Disponible en: <https://ec.linkedin.com/company/iac-ingenieros-asociados-de-control>

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS.** *Guías sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población.* Las Palmas-Canarias: Daute Diseño, S.L., 2006. pp. 22-29.



**INDIGO QUÍMICA.** *Teoría de Agentes Tensioactivos.* [En línea]. Lima-Peru. 2006. pp. 03-06. [Consulta: 17 junio 2017]. Disponible en: [http://indigoquimica.net/pdf/biblioteca/miscelanea/Teoria\\_sobre\\_tensioactivos.pdf](http://indigoquimica.net/pdf/biblioteca/miscelanea/Teoria_sobre_tensioactivos.pdf)

**JARQUIN, Fernando.** Evaluación operacional de las lagunas de estabilización primarias del barrio "El cocal" de la ciudad de León. [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Ingeniería. León, Nicaragua. 2003. pp. 15-34. [Consulta: 11 junio 2017]. Disponible en: [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/UNI/UNI0001/Monograf%DDa%20%20Fco.%20160903.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/UNI/UNI0001/Monograf%DDa%20%20Fco.%20160903.pdf)

**KNOBELSDORF, Juliana.** Eliminación biológica de nutrientes en un ARU de baja carga orgánica mediante el proceso VIP. (Trabajo de titulación) [en línea], niversidad Politécnica de Catalunya. Catalunya-España, 2005. pp. 05-15. [Consulta: 14 junio 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=6732>

**LARREA, J; et al.** "Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas." *Revista CENIC-Ciencias Biológicas* [en línea], 2013. (Cuba) 44(03), pp. 24-34. [Consulta: 06 junio 2017]. ISSN 2221- 2450. Disponible en: <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/bacterias-indicadoras-de-contaminaci%C3%B3n-fecal-en-la-evaluaci%C3%B3n-de-la-calidad-de-las-aguas>

**LAVIE, E; et al.** "Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego de río Mendoza". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Cuyo* [en línea], 2010, (Argentina) 42(1), pp. 170. [Consulta: 22 junio 2017]. ISSN 1853-8665. Disponible en: [http://revista.fca.uncu.edu.ar/images/stories/pdfs/2010-01/t42\\_1\\_12\\_lavie.pdf](http://revista.fca.uncu.edu.ar/images/stories/pdfs/2010-01/t42_1_12_lavie.pdf)

**LESIKAR, B; et al.** *Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras.* 2<sup>da</sup> ed. Texas, EE.UU. Reverte, S.A., 2012. pp. 13-17

**LIMON, J.** *Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso.* [en línea], Guadalajara, México. 2013. pp. 01-03. [Consulta: 20 agosto 2017]. Disponible en: [http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc\\_ingreso\\_gualberto\\_limon\\_trabajo\\_de\\_ingreso.pdf](http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf)

**LÓPEZ, L; et al.** "Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en la Bahía de la Habana". *Revista de Gestión y Ambiente-bdigital* [en línea], 2013 (Cuba) 16(2), p. 71-82. [Consulta: 26 junio 2017]. ISSN 2357-5905. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/39564/42034>

**MARRERO, María del Cristo.** Evolución de Aguas Residuales Depuradas Almacenadas en Balsas. (Trabajo de titulación) [en línea]. Universidad de la Laguna. Balsas, España, 1998. pp. 06-08. [Consulta: 21 agosto 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=859>

**MARTÍNEZ, T.** *Ingeniería Sanitaria II*. Santo Domingo- Republica Dominicana. BÚHO. S.A. 1999. ISBN 628- A347. pp. 23-25.

**MARTELO, J & LARA, J.** "Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte". *SciELO*, [en línea], 2012, (Colombia) 8(15), pp. 221-243. [Consulta: 12 julio 2017]. ISSN 1794-9165. Disponible en: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/946-1-2915-1-10-20120615.pdf>

**MENDONÇA, S.** *Sistemas de lagunas de estabilización: Como utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de riego*. Santafé de Bogota-Colombia: Mc. Graw Hill, 2000. pp. 10.

**METCALF & EDDY, INC.** *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. 3<sup>ra</sup> ed. Aravaca-España: McGraw-Hill. 1998. ISBN 9788448116071. pp. 183-199.

**METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA DEL GOBIERNO DE NAVARRA.** Clasificación climática de Koppen. [En línea]. *navarra.es*. 2012 [Consulta: 11 de septiembre 2017]. Disponible en : <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm>

**MUÑOZ, Almícar.** Caracterización y tratamiento de aguas residuales. (Trabajo de titulación) [en línea]. Instituto de Ciencias Basicas e Ingeniería. Hidalgo, Mexico. 2008. pp. 16-20. [Consulta: 16 de septiembre 2017]. Disponible en: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10873/Caracterizacion%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf?sequence=1>

**NIÑO, E. y MARTINEZ, N.** Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. [en línea] (Trabajo de titulación). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia. 2013. pp. 26-28. [Consulta: 09 agosto 2017] Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11139>

**NOM-087-ECOL-SSA1-2002.** *Protección ambiental-Salud ambiental-Residuos peligrosos biológico-infecciosos-Clasificación y especificaciones de manejo.*

**NORMA CO 10.7 - 602.** *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.*

**NMX-AA-15-1985.** *Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo - método de cuarteo.*

**NMX-AA-19-1985.** *Protección al ambiente -contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - peso volumétrico "in situ".*

**NMX-AA-22-1985.** *Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos.*

**NMX-AA-61-1985.** *Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación*

**NTE INEN 2841:2004.** *Gestión ambiental. Estandarización de colores para recipientes de deposito y almacenamiento temporal de residuos solidos. Requisitos.*

**NTE INEN 2169:2013.** *Agua. Calidad del agua. Muestreo manejo y conservación de muestras.*

**NTE INEN 2176:1998.** *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.*

**NTE INEN 2266:2013.** *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos.*

**ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD.** *Guía para la operacion y mantenimiento de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización.* [en línea]. Lima-Peru: SANEA, 2005. [Consulta: 26 julio 2017]. pp. 54-78. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/168esp-o&m-ti.pdf>

**PEÑA, Enrique.** Determinación de Oxígeno Disuelto. (Traajo de titulación). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador. 2007. pp. 02-20.

**PÉREZ, G. & ROLDÁN, G.** Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bénticas del Rio Negro. (Trabajo de titulación) [en línea]. Universidad de Antioquia. Antioquia-Colombia. 1978. pp. 37. [Consulta: 22 julio 2017]. Disponible en: <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/actbio/article/view/330441>

**PERU. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO.** *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.* Lima-Perú: OMA, 2013, pp. 6-12.

**PERU. OEFA.** *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales* [en línea]. Lima-Peru: MINAM, 2014. [Consulta: 20 julio 2017]. pp. 2-8. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

**QUIALA ARMENTEROS, Y. et al.** "Evaluación de impacto ambiental al proyecto de dragado Marina Periquillocayo Las Brujas". *SCIELO* [en línea], 2015, (Cuba) 36(2), pp. 17-30. [Consulta: 20 agosto 2017]. ISSN 1815-591X. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v36n2/riha02215.pdf>

**QUINGA, Eliana.** Diseño de un sistema de gestión integral de los residuos sólidos hospitalarios generados en el hospital de especialidades San Juan. (Trabajo de titulación) [en línea]. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2016. pp 15-27. [Consulta: 04 septiembre 2017]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4958>

**RAFFO LECCA, E y RUIZ LIZAMA, E.** "Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno". *Industrial Data* [en línea], 2014, 17(1), pp. 71-80. [Consulta: 11 junio 2017]. ISSN 1810-9993 Disponible en: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/12035-41941-1-PB.pdf>

**RAMALHO, R.** *Tratamiento de aguas residuales.* 2<sup>a</sup> ed. Quebec-Canada: Reverte, S.A., 1996. ISBN 9788429179750, pp. 472-473.

**RAMÍREZ, E.** *Fundamentos teóricos de lodos activados y aereación*, [en línea]. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Bogotá-Colombia. 2004. [Consulta: 23 agosto 2017]. Disponible: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/1Fundamentosdelprocesodelodosactivados.pdf>

**RED IBEROAMERICANA DE POTABILIZACIÓN Y DEPURACIÓN DEL AGUA.** *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Buenos Aires-Argentina: CYTED, S.A., 1996. pp. 224-230.

**RIGOLA, M.** *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales*. 2<sup>da</sup> ed. Barcelona-España: Marcombo, S.A. 1990. ISBN 9788426707406. pp. 11- 19

**RODRÍGUEZ, J.** Lagunas de estabilización. en: *tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades*. (Trabajo de titulación) [en línea] Universidad de Sonora. Bogotá-colombia. 2013, pp. 46-65. [Consulta: 18 septiembre 2017]. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/capitulo4.pdf>

**ROMERO, M; et al.** "Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga organica". *Rev. Int. Contam. Ambient.* [en línea]. 2009, 25(03), pp. 157-167. [Consulta: 20 septiembre 2017]. ISSN 0188-4999. Disponible: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992009000300004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000300004)

**RONZANO, Eduardo y DAPENA, José.** *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. 2<sup>da</sup> ed. Madrid-España: Ediciones Díaz de Santos, S.A., 1995. ISBN 9788490520147. pp. 36-41

**SANDOVAL, L.** *Evaluación de la gestión integral de residuos sólidos con énfasis en la disposición final en el Municipio de Cobija Pando*. Cojiba-Bolivia: Saude Pública, 2004. ISBN 409341. pp. 16-23

**ROMERO ORTIZ, L; et al.** "Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro". *sciELO* [en línea], 2011, (México) 14(31), pp. 157-167. [Consulta: 20 septiembre 2017]. ISSN 1405-2768. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682011000100010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100010)

**SALGUERO, L.** *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica*. California-Estados Unidos: Oakley, 2005. pp. 82-205.

**SEVERICHE, Carlos; et al.** *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físico-químicos Básicos en Aguas*. Cartagena de Indias-Colombia: eumed.net, 2013, ISBN-13: 978-84-1577, pp. 44.

**STEWART, O.** *Lagunas de estabilización en Honduras*. California- EE.UU: Universidad Estatal de California, 2005, pp. 75-105.

Tutiempo Network, S.L., 2010. *Tu Tiempo.net*. [En línea] Available at: <https://www.tutiempo.net/meteorologia/clasificacion-climatica-mundial.html> [Último acceso: 11 09 2017].

**WATER RESOURCES RESEARCH CENTER.** *Manual de Campo para el Muestreo de la Calidad del Agua*. [en línea]. Universidad de Arizona. Arizona-EE.UU. 1995. pp. 01-06. [Consulta: 05 de julio 2017]. Disponible en: <https://wrrc.arizona.edu/>

**YAULEMA, Alama.** "Dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales para la cabecera parroquial de Juan de Velasco." [en línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 15-25. [Consulta: 23 de julio 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4090>

## ANEXOS

### ANEXO A: Resultados de análisis físico-químicos y microbiológicos de la PTAR de Macas

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MP 20170612-01

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Entrada pretratamiento			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis físico químico:</b>	Polietileno 3,5 L	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno 75 ml
<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico-químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	12/06/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	13/06/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de muestra</b>	MP20170612-01			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	20	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto
<b>Turbiedad</b>	185	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	2	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	52	mg/L	No especificado	Conductométrico
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	220	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	5,68	-	6-9	Potenciométrico
<b>OD</b>	6,1	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	1	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0,73	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	>1100	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	>1100	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MP 20170612-01

PÁRAMETRO	UNIDADES	MÉTODO PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Aceites y grasas	mg/l	EPA 428.1	38	N/A	13-06-17
Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,57	N/A	13-06-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	16	N/A	13-06-17
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	7	N/A	13-06-17
Nitrógeno orgánico total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	2,04	N/A	13-06-17
Nitrógeno amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	1,90	N/A	13-06-17

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MLF 20170612-01

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Salida Lagunas Facultativas			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis físico químico:</b>	Polietileno 3,5 L	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno 75 ml
<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico-químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	12/06/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	13/06/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de muestra</b>	MLF 20170612-01			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	25	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto
<b>Turbiedad</b>	11,2	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	0,2	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	55	mg/L	No especificado	Conductométrico



<b>Sólidos Suspendedos Totales</b>	18	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERISTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	8,36	-	6-9	Potenciómetro
<b>OD</b>	8	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	0	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0,07	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	>1100	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	210	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MLF 20170612-01

<b>PÁRAMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO PROCEDIMIENTO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>U(K=2)</b>	<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	EPA 428.1	54	N/A	13-06-17
<b>Detergentes</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,89	N/A	13-06-17
<b>DQO</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	71	N/A	13-06-17
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	29	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno orgánico total</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	2,21	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	1,60	N/A	13-06-17

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MLM 20170612-01

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Salida Lagunas Maduración			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis Físico químico:</b>	Polietileno 3,5 L	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno 75 ml
<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico-químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	12/06/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	13/06/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de</b>	MLM 20170612-01			

<b>muestra</b>				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	24	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto
<b>Turbiedad</b>	4,6	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	0	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	52	mg/L	No especificado	Conductométrico
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	28	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	8,68	-	6-9	Potenciómetro
<b>OD</b>	10,1	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	0	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0,05	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	39	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	15	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MLM 20170612-01

<b>PÁRAMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO PROCEDIMIENTO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>U(K=2)</b>	<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	EPA 428.1	26	N/A	13-06-17
<b>Detergentes</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,41	N/A	13-06-17
<b>DQO</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	9	N/A	13-06-17
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	4	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno orgánico total</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	1,47	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	1,50	N/A	13-06-17

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MP 20170626-02

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Entrada pretratamiento			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis Físico químico:</b>	Polietileno 3,5 L	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno 75 ml
<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico-químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	26/06/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	27/06/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de muestra</b>	MP 20170626-02			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	22	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto
<b>Turbiedad</b>	18,7	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	6,5	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	67	mg/L	No especificado	Conductométrico
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	183	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	7	-	6-9	Potenciómetro
<b>OD</b>	6,1	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	1	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0,64	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	>1100	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	>1100	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MP 20170626-02

PÁRAMETRO	UNIDADES	MÉTODO PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Aceites y grasas	mg/l	EPA 428.1	42	N/A	13-06-17
Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,53	N/A	13-06-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	64	N/A	13-06-17
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	27	N/A	13-06-17
Nitrógeno orgánico total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	5,10	N/A	13-06-17
Nitrógeno amoniaco	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	0,29	N/A	13-06-17

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MLF 20170626-02

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Salida Lagunas Facultativas			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis Físico químico:</b>	Polietileno 3,5 L	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno 75 ml
<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico- químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	26/06/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	27/06/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de muestra</b>	MLF 20170626-02			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	27	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto

<b>Turbiedad</b>	7,66	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	0,2	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	56	mg/L	No especificado	Conductométrico
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	13	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERISTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	8,36	-	6-9	Potenciómetro
<b>OD</b>	8,6	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	0	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0,25	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	>1100	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	460	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MLF 20170626-02

<b>PÁRAMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO PROCEDIMIENTO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>U(K=2)</b>	<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	EPA 428.1	58	N/A	13-06-17
<b>Detergentes</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,81	N/A	13-06-17
<b>DQO</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	70	N/A	13-06-17
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	31	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno orgánico total</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	1,38	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	0,43	N/A	13-06-17

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MLM 20170612-02

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Salida Lagunas de Maduración			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis Físico</b>	Polietileno	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno
	<b>químico:</b>	3,5 L		75 ml

<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico-químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	26/06/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	27/06/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de muestra</b>	MLM 20170612-02			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	25	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto
<b>Turbiedad</b>	6,66	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	0	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	50	mg/L	No especificado	Conductométrico
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	10	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	9,36	-	6-9	Potenciómetro
<b>OD</b>	8,8	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	0	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0,13	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	1100	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	75	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MLM 20170626-02

PÁRAMETRO	UNIDADES	MÉTODO PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Aceites y grasas	mg/l	EPA 428.1	19	N/A	13-06-17
Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,44	N/A	13-06-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	73	N/A	13-06-17
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	35	N/A	13-06-17
Nitrógeno orgánico total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	1,95	N/A	13-06-17
Nitrógeno amoniaco	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	0,34	N/A	13-06-17

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MP 20170710-03

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Entrada pretratamiento			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis físico químico:</b>	Polietileno 3,5 L	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno 75 ml
<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico- químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	11/07/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	12/07/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de muestra</b>	MP 20170710-03			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	22	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto

<b>Turbiedad</b>	5,14	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	4,2	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	66	mg/L	No especificado	Conductométrico
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	45	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERISTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	6,82	-	6-9	Potenciómetro
<b>OD</b>	8,4	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	4	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0,88	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	>1100	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	>1100	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MP 20170710-03

<b>PÁRAMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO PROCEDIMIENTO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>U(K=2)</b>	<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	EPA 428.1	48	N/A	13-06-17
<b>Detergentes</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,59	N/A	13-06-17
<b>DQO</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	26	N/A	13-06-17
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	11	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno orgánico total</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	4,53	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	3,90	N/A	13-06-17

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MLF 20170711-03

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Salida Lagunas Facultativas			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis Físico</b>	Polietileno	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno
	<b>químico:</b>	3,5 L		75 ml



<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico-químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	11/07/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	12/07/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de muestra</b>	MLF 20170711-03			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	26	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto
<b>Turbiedad</b>	10,1	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	0,1	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	58	mg/L	No especificado	Conductométrico
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	19	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	9,52	-	6-9	Potenciómetro
<b>OD</b>	8,2	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	0	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0,27	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	150	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	23	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MLF 201710-03

PÁRAMETRO	UNIDADES	MÉTODO PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Aceites y grasas	mg/l	EPA 428.1	66	N/A	13-06-17
Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,89	N/A	13-06-17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	48	N/A	13-06-17
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	23	N/A	13-06-17
Nitrógeno orgánico total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	2,73	N/A	13-06-17
Nitrógeno amoniaco	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	0,30	N/A	13-06-17

- Resultado LCCA-Análisis físico-químico y microbiológico MLM 20170711-03

<b>Procedencia:</b>	PTAR Macas-Salida Lagunas de Maduración			
<b>Presentación y cantidad:</b>	<b>Análisis Físico químico:</b>	Polietileno 3,5 L	<b>Análisis microbiológico:</b>	Polietileno 75 ml
<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Análisis físico- químico:</b>	Muestra compuesta	<b>Análisis microbiológico:</b>	Muestra simple
<b>Fecha de muestreo:</b>	11/07/2017	<b>Horas de muestreo:</b>	06H00 10H00 14H00 18H00 22H00 02H00	
<b>Fecha de análisis:</b>	12/07/2017	<b>Hora de análisis:</b>	08H00	
<b>Código de muestra</b>	MLM 20170711-03			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097A- Anexo VI (Tabla 9)</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
<b>Temperatura</b>	25	°C	Condición natural ± 3	Termómetro de contacto

<b>Turbiedad</b>	6,38	NTU	No especificado	Nefelométrico
<b>Sólidos Sedimentables</b>	0	ml/L	No especificado	Volumétrico
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	56	mg/L	No especificado	Conductométrico
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	11	mg/L	130	Colorimétrico
<b>CARACTERISTICAS QUÍMICAS</b>				
<b>pH</b>	9,61	-	6-9	Potenciómetro
<b>OD</b>	9,6	mg/L	No especificado	Colorimétrico
<b>Sulfatos</b>	0	mg/L	1000	Colorimétrico
<b>Fosfatos</b>	0	mg/L	10	Colorimétrico
<b>CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS</b>				
<b>Coliformes Totales</b>	240	NMP/100	No especificado	Tubos múltiples
<b>Coliformes Fecales</b>	43	NMP/100	2000	Tubos múltiples

- Resultado LSA-Análisis químico MLM 20170710-03

<b>PÁRAMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO PROCEDIMIENTO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>U(K=2)</b>	<b>FECHA DE ANÁLISIS</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/l	EPA 428.1	40	N/A	13-06-17
<b>Detergentes</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5540-C mod	0,47	N/A	13-06-17
<b>DQO</b>	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	15	N/A	13-06-17
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210-B	8	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno orgánico total</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-C-B mod	1,47	N/A	13-06-17
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NH <sub>3</sub> B&C mod	0,23	N/A	13-06-17

**ANEXO B:** Registros históricos de factores climáticos de la ciudad de Macas

• **Velocidad del viento (1985-2016)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	S.T	Prom
1985	4	4	4	3	4	5	5	5	5	5	7	7	58	5
1986	6	8	7	7	6	5	5	7	5	6	7	7	76	6
1987	7	5	6	6	5	5	6	4	5	6	6	6	67	6
1988	6	5	6	6	4	6	4	4	4	7	4	6	62	5
1989	6	6	6	7	4	5	4	4	5	5	5	7	64	5
1990	7	6	6	6	4	6	4	4	5	6	6	6	66	6
1991	6	6	6	5	7	6	5	6	7	8	7	6	75	6
1992	7	6	6	5	6	5	4	6	6	6	6	6	69	6
1993	7	6	6	5	7	5	7	5	7	7	6	7	75	6
1994	6	5	6	5	5	5	6	5	5	6	6	6	66	6
1995	6	6	7	4	5	5	4	5	5	6	7	6	66	6
1996	6	6	5	5	4	4	4	4	5	6	6	7	62	5
1997	7	7	7	8	6	7	5	4	5	7	6	7	76	6
1998	5	6	5	6	7	5	4	5	5	7	6	7	68	6
1999	6	7	6	4	4	4	4	4	4	5	7	7	62	5
2000	6	7	7	4	3	4	5	3	4	5	4	4	56	5
2001	4	3	8	4	3	4	4	4	5	3	4	4	50	4
2002	7	7	6	6	5	4	4	5	5	6	7	7	69	6
2003	7	6	6	7	4	4	4	4	5	4	6	6	63	5
2004	8	6	6	6	4	3	6	5	5	7	6	7	69	6
2005	7	7	7	4	6	4	4	4	4	6	7	7	67	6
2006	5	7	7	7	5	4	4	5	4	7	7	7	69	6
2007	6	8	7	4	5	4	8	4	4	4	6	6	66	6
2008	6	6	6	6	4	4	4	5	4	5	4	6	60	5
2009	6	6	6	6	6	5	6	4	6	6	5	7	69	6
2010	6	5	6	5	5	5	5	6	4	6	6	5	64	5
2011	6	5	6	5	5	6	4	6	5	5	6	7	66	6
2012	6	6	6	6	5	5	5	4	5	5	5	8	66	6
2013	6	5	6	4	7	5	5	5	6	7	7	7	70	6
2014	6	7	5	5	6	5	5	5	5	5	7	7	67	6
2015	6	7	5	5	6	5	5	5	5	6	6	6	67	6
2016	7	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7	65	5
<b>Prom</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>66</b>	<b>6</b>
<b>1KT = 0.514791 m/s; 1.85326 Km/h</b>														
<b>Prom = Promedio.</b>														

• **Temperatura ambiente (1985-2016)**

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>S.T</b>	<b>Prom</b>	<b>Mx.Ab</b>	<b>Mn.Ab</b>
<b>1985</b>	22,0	22,0	22,4	22,9	22,3	20,3	20,5	20,7	22,0	22,9	23,1	22,6	263,7	<b>22,0</b>	23,1	20,3
<b>1986</b>	22,0	21,9	22,0	22,8	22,4	20,4	19,6	21,4	21,5	22,1	22,9	21,9	260,9	<b>21,7</b>	22,9	19,6
<b>1987</b>	22,4	22,0	22,8	22,4	22,5	22,0	21,7	21,8	22,6	23,5	23,6	23,1	270,4	<b>22,5</b>	23,6	21,7
<b>1988</b>	22,3	22,8	22,1	22,3	22,0	21,6	20,6	21,6	22,3	23,3	22,7	22,5	266,1	<b>22,2</b>	23,3	20,6
<b>1989</b>	20,8	20,9	21,5	22,0	21,2	20,6	20,3	21,0	22,1	22,2	23,2	24,1	259,9	<b>21,7</b>	24,1	20,3
<b>1990</b>	22,0	22,4	22,0	23,0	22,1	21,0	20,6	21,2	22,5	22,8	23,1	22,8	265,5	<b>22,1</b>	23,1	20,6
<b>1991</b>	22,6	22,4	22,3	21,8	22,1	22,0	20,6	20,2	22,4	22,4	22,9	23,0	264,7	<b>22,1</b>	23,0	20,2
<b>1992</b>	23,3	22,7	22,7	22,8	22,8	21,6	20,7	21,3	21,9	22,6	23,3	22,5	268,2	<b>22,4</b>	23,3	20,7
<b>1993</b>	22,2	21,6	21,8	21,9	22,8	21,3	21,1	21,4	21,7	22,4	23,1	23,1	264,4	<b>22,0</b>	23,1	21,1
<b>1994</b>	22,6	21,6	22,3	22,2	21,9	20,9	21,0	20,8	21,6	23,1	22,6	22,8	263,4	<b>22,0</b>	23,1	20,8
<b>1995</b>	22,7	23,5	23,0	23,0	22,0	21,7	21,8	22,7	22,5	22,8	23,2	23,3	272,2	<b>22,7</b>	23,5	21,7
<b>1996</b>	21,9	22,1	22,2	22,7	22,1	21,4	20,8	21,0	22,1	22,8	24,0	22,7	265,8	<b>22,2</b>	24,0	20,8
<b>1997</b>	22,9	21,0	22,7	22,2	21,4	22,5	20,9	21,6	23,0	24,1	22,7	23,1	268,1	<b>22,3</b>	24,1	20,9
<b>1998</b>	23,3	23,9	23,5	23,8	23,2	21,2	21,1	22,7	23,6	23,6	24,1	24,0	278,0	<b>23,2</b>	24,1	21,1
<b>1999</b>	22,2	21,9	22,6	21,4	21,7	22,1	20,8	21,6	22,7	22,3	24,3	23,1	266,7	<b>22,2</b>	24,3	20,8
<b>2000</b>	22,4	22,0	21,9	22,1	22,7	22,0	21,5	21,9	22,6	23,0	23,9	23,1	269,1	<b>22,4</b>	23,9	21,5
<b>2001</b>	22,0	21,6	22,4	21,9	22,8	21,3	21,8	21,4	22,3	24,0	24,0	23,2	268,7	<b>22,4</b>	24,0	21,3
<b>2002</b>	23,1	22,4	22,1	23,0	22,5	21,8	21,0	21,6	22,8	22,7	22,7	22,7	268,4	<b>22,4</b>	23,1	21,0
<b>2003</b>	22,5	22,4	22,0	22,3	21,2	21,2	20,4	21,4	21,6	23,4	23,4	22,4	264,2	<b>22,0</b>	23,4	20,4
<b>2004</b>	23,7	22,1	22,1	22,7	22,3	21,2	21,3	21,3	21,4	22,8	23,4	23,0	267,3	<b>22,3</b>	23,7	21,2
<b>2005</b>	23,5	22,4	22,5	22,5	22,7	21,9	21,4	21,3	22,4	22,5	23,5	22,8	269,4	<b>22,5</b>	23,5	21,3
<b>2006</b>	22,2	22,1	21,9	22,7	21,9	21,5	21,6	21,3	21,8	23,8	23,0	22,9	266,7	<b>22,2</b>	23,8	21,3
<b>2007</b>	22,4	23,7	22,4	22,7	22,5	21,1	22,5	21,9	21,8	23,2	23,2	22,8	270,2	<b>22,5</b>	23,7	21,1
<b>2008</b>	22,0	21,7	22,4	22,9	22,0	22,4	21,7	22,3	22,6	23,5	23,6	23,7	270,8	<b>22,6</b>	23,7	21,7
<b>2009</b>	21,7	21,7	22,8	21,8	22,5	21,5	21,8	21,9	23,1	23,7	23,7	22,9	269,1	<b>22,4</b>	23,7	21,5
<b>2010</b>	23,7	23,6	23,6	23,4	23,4	22,3	22,6	21,9	22,9	23,5	23,2	22,6	276,7	<b>23,1</b>	23,7	21,9
<b>2011</b>	22,9	22,3	22,6	22,8	22,5	22,7	21,1	22,3	22,0	23,5	23,0	22,7	270,4	<b>22,5</b>	23,5	21,1
<b>2012</b>	22,0	21,8	21,5	22,7	22,0	21,9	21,1	21,7	22,0	23,5	23,9	22,9	267,0	<b>22,3</b>	23,9	21,1
<b>2013</b>	22,1	21,2	22,3	22,3	22,4	21,1	20,3	20,7	21,6	23,5	23,1	22,4	263,0	<b>21,9</b>	23,5	20,3

<b>2014</b>	21,6	21,6	21,4	21,5	22,0	21,2	20,8	21,0	22,0	22,0	22,6	22,1	259,9	<b>21,7</b>	22,6	20,8
<b>2015</b>	21,0	21,8	21,3	21,2	21,5	20,7	20,9	21,8	23,0	22,8	22,7	22,1	260,7	<b>21,7</b>	23,0	20,7
<b>2016</b>	23,7	22,0	22,4	22,8	22,2	20,7	20,9	21,9	21,7	23,1	23,3	22,4	267,1	<b>22,3</b>	23,7	20,7
<b>Prom</b>	<b>22,4</b>	<b>22,2</b>	<b>22,3</b>	<b>22,5</b>	<b>22,2</b>	<b>21,5</b>	<b>21,1</b>	<b>21,5</b>	<b>22,3</b>	<b>23,0</b>	<b>23,3</b>	<b>22,9</b>	<b>267,1</b>	<b>22,3</b>	<b>23,5</b>	<b>20,9</b>
<b>Máx</b>	23,7	23,9	23,6	23,8	23,4	22,7	22,6	22,7	23,6	24,1	24,3	24,1	278,0	23,2	24,3	21,9
<b>Mín</b>	20,8	20,9	21,3	21,2	21,2	20,3	19,6	20,2	21,4	22,0	22,6	21,9	259,9	21,7	22,6	19,6

• **Precipitaciones (1985-2016)**

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>S. T</b>	<b>Prom</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mn.</b>
<b>1985</b>	86,6	86,6	215,9	89,5	167,5	245,4	115,0	202,8	202,9	198,2	129,5	150,0	1889,9	<b>157,5</b>	245,4	86,6
<b>1986</b>	112,3	193,5	272,5	292,6	214,2	189,9	170,3	128,1	179,0	270,0	197,4	255,8	2475,6	<b>206,3</b>	292,6	112,3
<b>1987</b>	154,0	231,8	159,9	373,3	173,8	149,4	182,5	223,9	265,2	316,8	128,4	166,0	2525,0	<b>210,4</b>	373,3	128,4
<b>1988</b>	155,8	324,9	99,2	253,9	255,1	111,8	149,7	120,8	112,3	272,3	278,6	123,9	2258,3	<b>188,2</b>	324,9	99,2
<b>1989</b>	199,2	219,3	405,9	194,2	272,9	322,3	193,6	123,4	140,9	243,6	268,9	28,4	2612,6	<b>217,7</b>	405,9	28,4
<b>1990</b>	199,7	176,5	289,3	179,4	184,6	389,4	237,7	152,6	225,6	193,3	214,7	115,8	2558,6	<b>213,2</b>	389,4	115,8
<b>1991</b>	154,8	155,4	183,9	293,5	258,4	299,3	226,9	97,8	159,9	254,1	243,2	136,8	2464,0	<b>205,3</b>	299,3	97,8
<b>1992</b>	53,6	69,1	217,3	203,8	242,9	236,8	206,2	161,4	239,4	115,4	205,1	153,9	2104,9	<b>175,4</b>	242,9	53,6
<b>1993</b>	184,7	202,1	289,1	445,1	322,3	237,0	336,7	189,6	155,3	189,4	108,0	80,8	2740,1	<b>228,3</b>	445,1	80,8
<b>1994</b>	179,6	123,7	234,3	232,4	417,1	280,0	231,9	179,0	240,9	175,4	251,5	228,6	2774,4	<b>231,2</b>	417,1	123,7
<b>1995</b>	98,2	189,0	173,4	304,0	288,5	260,7	321,9	106,1	224,9	171,1	207,4	192,9	2538,1	<b>211,5</b>	321,9	98,2
<b>1996</b>	104,8	142,2	141,8	266,9	157,5	176,7	141,1	179,5	208,6	199,0	81,4	133,8	1933,3	<b>161,1</b>	266,9	81,4
<b>1997</b>	153,3	341,8	139,5	335,8	348,0	234,1	137,6	236,9	186,6	97,5	181,8	170,1	2563,0	<b>213,6</b>	348,0	97,5
<b>1998</b>	217,1	183,7	230,7	247,1	187,5	280,0	183,6	137,2	84,2	249,9	107,5	106,9	2215,4	<b>184,6</b>	280,0	84,2
<b>1999</b>	266,5	250,1	272,2	300,1	240,9	199,9	202,3	125,6	320,5	163,5	140,7	185,9	2668,2	<b>222,4</b>	320,5	125,6
<b>2000</b>	150,8	290,0	259,8	291,6	435,6	234,7	167,8	219,0	292,2	74,5	214,5	145,7	2776,2	<b>231,4</b>	435,6	74,5
<b>2001</b>	210,7	222,8	267,5	320,9	229,2	373,8	185,5	155,9	199,3	176,7	111,7	290,9	2744,9	<b>228,7</b>	373,8	111,7
<b>2002</b>	140,3	143,8	303,9	219,2	266,8	185,3	340,8	178,1	95,2	174,8	202,7	221,9	2472,8	<b>206,1</b>	340,8	95,2
<b>2003</b>	137,2	194,1	149,2	267,2	381,1	264,4	120,6	114,2	216,1	138,8	120,9	372,8	2476,6	<b>206,4</b>	381,1	114,2
<b>2004</b>	111,0	144,3	312,2	166,4	385,7	364,0	233,2	224,2	134,0	130,8	169,9	152,8	2528,5	<b>210,7</b>	385,7	111,0
<b>2005</b>	119,7	264,5	250,5	332,5	203,1	283,3	182,6	89,9	135,3	212,8	209,1	208,4	2491,7	<b>207,6</b>	332,5	89,9

<b>2006</b>	143,8	187,1	288,6	257,8	179,7	195,2	132,6	135,4	177,2	136,4	159,0	141,7	2134,5	<b>177,9</b>	288,6	132,6
<b>2007</b>	231,0	55,4	350,7	308,2	298,0	240,7	132,0	228,3	132,2	178,2	356,8	243,5	2755,0	<b>229,6</b>	356,8	55,4
<b>2008</b>	144,5	175,2	364,0	366,1	248,7	213,6	131,1	136,8	222,8	202,4	339,0	148,7	2692,9	<b>224,4</b>	366,1	131,1
<b>2009</b>	229,3	294,1	300,3	321,6	296,1	189,9	94,9	150,9	143,1	96,9	162,3	246,1	2525,5	<b>210,5</b>	321,6	94,9
<b>2010</b>	130,2	134,7	150,7	186,6	377,9	160,0	170,2	103,9	99,4	258,2	140,6	218,2	2130,6	<b>177,6</b>	377,9	99,4
<b>2011</b>	208,0	167,8	265,2	257,7	152,5	132,6	310,0	94,0	143,0	151,3	280,5	195,8	2358,4	<b>196,5</b>	310,0	94,0
<b>2012</b>	278,3	251,8	391,6	266,3	244,5	170,9	242,0	185,8	104,0	131,8	147,3	125,1	2539,4	<b>211,6</b>	391,6	104,0
<b>2013</b>	256,9	240,6	244,2	199,3	233,9	242,8	230,6	180,7	200,4	131,0	180,6	158,7	2499,7	<b>208,3</b>	256,9	131,0
<b>2014</b>	263,2	180,2	309,6	341,8	364,3	205,0	197,1	90,1	167,2	192,7	159,2	184,6	2655,0	<b>221,3</b>	364,3	90,1
<b>2015</b>	205,4	129,4	274,7	262,0	265,7	327,0	320,4	144,8	186,3	155,9	219,5	153,6	2644,7	<b>220,4</b>	327,0	129,4
<b>2016</b>	112,7	276,3	294,6	353,7	259,5	332,7	152,9	169,1	244,1	171,5	276,0	88,7	2731,8	<b>227,7</b>	353,7	88,7
<b>Prom</b>	<b>168,5</b>	<b>195,1</b>	<b>253,2</b>	<b>272,8</b>	<b>267,3</b>	<b>241,5</b>	<b>199,4</b>	<b>155,2</b>	<b>182,4</b>	<b>182,0</b>	<b>193,6</b>	<b>172,7</b>	<b>2483,7</b>	<b>207,0</b>	<b>341,8</b>	<b>98,8</b>

**ANEXO C:** Entrevista realizada para la recolección de información de la PTAR de la ciudad de Macas

**1. ¿Existen estudios, diseños, memorias de cálculos de los componentes de la PTAR de la ciudad de Macas?**

Efectivamente los estudios, diseños y memorias de cálculo de la planta reposan en el archivo de la Dirección de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio del cantón Morona.

**2. ¿La planta cuenta con planos de construcción de la obra civil y planos de detalles impresos en escala adecuada?**

Si, la planta cuenta con los todos los planos originales y a escala e igual q los estudios técnicos estos reposan en el archivo de la Dirección de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio del cantón Morona.

**3. ¿Qué empresa o institución diseñó y construyó la PTAR de la ciudad de Macas?**

La construcción y diseño de la planta estuvo a cargo de la empresa privada ICCA (Ingenieros Consultores Constructores Asociados)

**4. ¿En qué año se realizó la construcción de la PTAR?**

La construcción de la planta de tratamiento empezó en febrero del 2016 y concluyo en marzo del 2017

**5. ¿Durante la construcción de la PTAR de la ciudad de Macas surgieron inconvenientes?**

No existieron inconvenientes de ningún tipo durante la construcción de la planta

**6. ¿La planta ha sido diseñada y construida considerando la población futura de la ciudad?**



Ciertamente la planta ha sido diseñada con miras hacia el futuro, ya que en la actualidad la ciudad de Macas tiene una población de 19176 habitantes y la planta ha sido diseñada para tratar el agua residual de 23900 usuarios.

**7. ¿La operación actual de la planta abarca todas las redes de alcantarillado de la ciudad?**

Actualmente tiene como afluente únicamente el agua residual de los barrios que se encuentran aledaños a la planta, pero se espera que para el año 2018 el agua residual de todos los barrios pueda ser tratada en la planta.

**8. ¿La planta ha sido diseñada y construida para tratar aguas residuales domésticas e industriales?**

La planta ha sido diseñada y construida para tratar únicamente aguas domésticas, pues actualmente en la ciudad de Macas no existe ningún tipo de industrias que genere aguas residuales.

## **ASPECTOS ESTRUCTURALES**

**9. ¿En la actualidad la planta trabaja con el caudal para la que fue diseñada?**

A la fecha la planta opera con un caudal inferior al de diseño, ya que por el momento se encuentra en ejecución un proyecto para interceptar el agua de todos los barrios de la ciudad y que esta pueda llegar a la planta y ser depurada.

**10. ¿Existe una estructura cuya función sea eliminar el exceso de agua residual?**

Si, el sistema de depuración cuenta con dos vertederos de alivio, con el fin de asegurar que el caudal de operación nunca exceda los 80 L/s.

**11. ¿La planta cuenta con válvulas de entrada funcionales que permitan regular el caudal del agua?**

Efectivamente existe una compuerta la cual forma parte del tanque de quietamiento, el objetivo de esta es regular el caudal para evitar el desbordamiento del agua en las unidades subsiguientes cuando se presenten fuertes precipitaciones.

**12. ¿La planta cuenta con estructuras que permitan el cribado de materiales sólidos?**

En el pretratamiento se han dispuesto dos rejillas de diferentes dimensiones con el fin de eliminar del agua residual todo tipo de material sólido que pudiera obstruir los canales de conducción o tuberías.

**13. ¿La planta posee un sistema que permita airear el agua a tratarse?**

No, ya que tras realizar los debidos estudios se ha comprobado que el agua residual proveniente de los domicilios de la ciudad de Macas no requiere de aireación, además el sistema de depuración seleccionado añade al agua de manera natural altas cantidades de oxígeno disuelto.

**14. ¿Posee la planta una estructura que permita la separación de las grasas del agua residual?**

No, al igual que el sistema de aireación no se ha considerado necesario la construcción de una trampa de grasas ya que las aguas residuales que provienen de los domicilios de la ciudad de Macas no presentan grandes cantidades de grasas o aceites.

**15. ¿En las instalaciones se puede encontrar una estructura cuya función sea retener arenas del agua residual?**

Si, con el fin de retener las arenas del agua residual se ha construido un desarenador, evitando así que sólidos sedimentables se acumulen excesivamente en las unidades de tratamiento secundario (lagunas de estabilización).

**16. ¿La planta dispone de una unidad que permita la medición del caudal que ingresa la planta en cualquier hora del día?**

Si, para la medición de caudales la planta cuenta con una estructura conocida como Canaleta Parshall, la cual es un instrumento de fácil manejo, interpretación y permite conocer el caudal a cualquier hora del día.

**17. ¿La planta cuenta con unidades de tratamiento secundario cuya finalidad es remover materia orgánica y reducir el número de organismos patógenos del agua residual?**

Si para la remoción de materia orgánica se han construido dos lagunas facultativas y para la eliminación de organismos causantes de enfermedades la planta cuenta con dos lagunas de maduración.

**18. ¿Cada una de las estructuras de la planta es funcional y se encuentra en buen estado?**

Actualmente todas las unidades de la PTAR se encuentran en buen estado, son totalmente funcionales y están en capacidad de tratar el agua residual proveniente de todos domicilios de la ciudad de Macas.

**19. ¿Alguna de las estructuras fue modificada de su diseño original?**

Ninguna de las estructuras ha sido modificada, las unidades fueron construidas de acuerdo al diseño original.

**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

**20. ¿Existe un documento en el que se establezcan actividades y procedimientos especificados para la operación y mantenimiento de la PTAR de la ciudad de Macas?**

No, por el momento las actividades de operación y mantenimiento se realizan en base a bibliografía referente al manejo de plantas de tratamiento de aguas residuales.

**21. ¿La planta de tratamiento cuenta con una persona encargada específicamente de las actividades de operación?**

Si, existe personal que realiza las actividades tanto de operación y mantenimiento en la PTAR de la ciudad de Macas.

**22. ¿El personal ha recibido capacitaciones referentes al manejo adecuado de la PTAR?**

Efectivamente se ha brindado al personal algunas capacitaciones, pero se continuará con estas, ya que, todavía no se han abordado todos los temas necesarios para el adecuado funcionamiento de la PTAR.

**23. ¿Se realizan registros de las actividades de operación y mantenimiento efectuadas?**

No existen registros de las actividades realizadas para la operación de la planta

**24. ¿La planta cuenta con implementos, equipos y materiales, necesarios para realización de las actividades de operación y mantenimiento?**

Al momento no se cuenta con todos los instrumentos necesarios para la operación de la planta, pero en un futuro muy cercano se implementarán.

**25. ¿El personal ha recibido por parte de la administración Equipos de Protección Personal?**

Efectivamente, se ha buscado cuidar la salud y seguridad del personal que labora en la planta para lo cual se les ha entregado los equipos de protección necesarios para la realización de las labores.

**26. ¿Con qué frecuencia se realizan actividades de limpieza en las unidades de pretratamiento de la PTAR de la ciudad de Macas?**

La limpieza de todas las unidades de pretratamiento se realiza con una frecuencia mensual para evitar el deterioro de las mismas.

**27. ¿Con que frecuencia se realizan la remoción de materiales retenidos en las unidades de cribado?**

Para evitar el encapsulamiento del agua en el tanque de quietamiento y en las canaletas de conducción la remoción de sólidos de las cribas se realiza quincenalmente.

**28. ¿Con que frecuencia se realizan la remoción de natas y lodos generados en las unidades de tratamiento secundario?**

La remoción de natas y sólidos flotantes se realiza de manera quincenal.

**29. ¿Se han establecido indicadores visuales que contribuyan con la pronta detección de problemas de funcionamiento?**

Por el momento en la PTAR no se ha establecido ningún tipo de indicador que ayude a la detección de problemas.

**30. ¿Existe un programa específico para control de plagas y vectores que pudieran ocasionar problemas en el funcionamiento de la PTAR o a la población aledaña?**

El programa aún no ha sido definido, pero se encuentra en estudio.

### **CONTROL DE CALIDAD DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

**31. ¿En qué lugar se vierten las aguas que han sido tratadas en la PTAR de la ciudad de Macas?**

El agua que ya ha pasado por el sistema de depuración es descargada en el río Upano.

**32. ¿La descarga del efluente de la planta ha sido diseñada en base a los lineamientos establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A?**

Efectivamente para seleccionar el lugar de descarga se consideró los lineamientos establecidos en la normativa ambiental aplicable.

**33. ¿La planta cuenta con personal capacitado que realice el control de calidad del efluente?**

Si, el Municipio de cantón Morona cuenta con personal especializado en control de calidad ambiental que son los encargados de realizar el control del efluente de la PTAR.

**34. ¿Existe un programa establecido para el monitoreo del efluente de la PTAR de la ciudad de Macas?**

El programa de monitoreo y control de calidad de la PTAR se encuentra en estudio por lo que aún no ha sido definido.



**35. ¿Se han seleccionado ciertos parámetros, como indicadores de correcto funcionamiento de la PTAR en base a la tabla 12 de Acuerdo 028 del Ministerio del Ambiente Ecuatoriano?**

Los parámetros químicos, físicos y microbiológicos a analizarse serán definidos en el programa de monitoreo y control de calidad de la PTAR

**36. ¿Los valores máximos y mínimos permisibles de descarga fueron establecido en base al Acuerdo 097-A del Ministerio de Ambiente Ecuatoriano?**

Al igual que los parámetros a analizarse serán definidos en el programa de monitoreo y control de calidad de la PTAR.

**ANEXO D:** Formulario empleado para la determinación del caudal

 <p style="text-align: center;"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS</b>  <b>INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL</b></p> 				
<b>DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>				<b>F-1</b>
<b>Datos Específicos</b>				
<i>Fecha</i>	<i>Condiciones climáticas</i>	<i>Altura de la lámina de agua (m)</i>	<i>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</i>	<i>Caudal (l/s)</i>
12/06/2017	Mayormente nublado con precipitaciones	0,16	148,77	41,33
26/06/2017	Parcialmente soleado sin precipitaciones	0,14	121,46	33,74
11/07/2017	Mayormente soleado sin precipitaciones	0,13	108,53	30,14
08/08/2017	Parcialmente nublado con bajas precipitaciones	0,15	134,88	37,47
19/08/2017	Mayormente nublado con precipitaciones	0,17	163,12	45,31
03/09/2017	Mayormente nublado con fuertes precipitaciones	0,20	208,81	58,00
22/09/2017	Mayormente nublado con precipitaciones	0,18	177,92	49,42
17/10/2017	Parcialmente soleado sin precipitaciones	0,14	121,46	33,74
22/10/2017	Parcialmente nublado con precipitaciones	0,15	134,88	37,47
<b>CAUDAL PROMEDIO</b>			<b>146,65</b>	<b>40,74</b>

**ANEXO E:** Entrevista realizada para la recolección de información referente a la gestión integral de desechos sólidos de la PTAR de Macas.

## **INFORMACION GENERAL DE LA GESTION DE DESECHOS SÓLIDOS**

**1. ¿Existe un Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos específico para la PTAR de la ciudad de Macas?**

Si, existe un documento en el que se especifica la gestión que se le debería dar a los desechos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas.

**2. ¿La PTAR cuenta con un Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos acorde a lo establecido en el Acuerdo 061 del Ministerio del Ambiente Ecuatoriano?**

Efectivamente el plan fue diseñado en base a los lineamientos establecidos en la normativa ambiental

**3. ¿Al momento la PTAR tiene implementado el Plan de Gestión Integral de Desechos Sólidos?**

Por el momento las actividades, lineamientos y procedimientos establecido en el plan no se encuentran siendo aplicados al 100%

**4. ¿La planta posee personal cuyas labores sean específicamente el manejo de desechos sólidos?**

No, pues actualmente el manejo de desechos sólidos es ejecutado por las personas que se encargan de realizar la operación y el mantenimiento de la planta, en un futuro se contratará a una persona que se encargue específicamente del manejo de desechos sólidos.

**5. ¿El personal encargado del manejo de desechos sólidos está debidamente capacitado?**

Efectivamente se ha brindado al personal algunas capacitaciones, pero se continuará con estas, ya que, todavía no se han abordado todos los puntos necesarios para el adecuado manejo de desechos sólidos.



**6. ¿La PTAR de la ciudad de Macas posee el Registro de Generador de Desechos Peligrosos emitido por la Autoridad Ambiental, de acuerdo a lo establecido en el Acuerdo 026 del Ministerio del Ambiente Ecuatoriano?**

La obtención del Registro de Generador de Desechos Peligrosos por el momento se encuentra en proceso.

## **GENERACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

**7. ¿Los desechos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas son separados y clasificados en la fuente?**

Los desechos que se generan en la planta no son mezclados, sino que se separan según el área del cual provengan.

**8. ¿Se realizan el debido registro de la PPC de la PTAR?**

Por el momento no se han realizado cálculos para la determinación de la Producción Per Cápita

**9. ¿Existe un plan cuya finalidad sea la minimización de desechos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas?**

Actualmente la planta no cuenta con un plan de minimización de desechos o de reciclaje.

**10. ¿El personal cuenta con capacitaciones que les permita realizar una correcta clasificación de desechos sólidos?**

Si, se han realizado capacitaciones iniciales acerca de la correcta clasificación de los desechos sólidos y el riesgo para la salud que representan algunos de ellos.

**11. ¿Se realiza la separación adecuada de desechos comunes y de desechos peligrosos?**

Si, el material de las unidades de cribado es considerados como biológicamente peligrosos por los que son separados de los desechos comunes generados en las demás unidades de la planta.

## **RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL**

**12. ¿La recolección de desechos sólidos es realizada con una frecuencia que impida su acumulación? ¿Cuál es la frecuencia?**

Ya que no se cuenta con el personal suficiente para realizar todas las labores que implica una PTAR la recolección de los desechos se realiza quincenalmente.

**13. ¿La PTAR cuenta con estaciones de recolección en cada una de las áreas de la planta?**

Al momento la PTAR no cuenta con estaciones de recolección, pero se espera que estas sean implementadas en el año 2018.

**14. ¿Las estaciones de recolección cuentan con recipientes diferenciados por colores según lo establecido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en la Norma Técnica 2841?**

La planta no cuenta con estaciones de recolección

**15. ¿Los recipientes se encuentran correctamente rotulados para evitar la mezcla inapropiada de desechos sólidos?**

La planta no cuenta con estaciones de recolección por lo tanto tampoco existen recipientes o contenedores.

**16. ¿Existen procedimientos establecidos para manejo de desechos biológicamente peligrosos?**

Si existen procedimientos que han sido establecidos específicamente para el manejo de desechos biológicamente peligrosos.

**17. ¿Los procedimientos establecidos para el manejo de desechos biológicamente peligrosos son adecuados y garantizan el buen estado de salud del personal que los ejecutan?**

Ciertamente, los procedimientos fueron establecidos pensando en la salud del personal que labora en la planta y con el fin de evitar la proliferación de vectores transmisores de enfermedades.

**18. ¿Existe una estación de transferencia en la cual se descarguen y almacenen los desechos sólidos generados en todas las áreas de la PTAR?**

Por el momento la planta no cuenta con una estación de transferencia en donde se dispongan los desechos de todas las áreas, pero se espera que estas sean implementadas en el año 2018.

**19. ¿La estación de transferencia cuenta con instalaciones y contenedores apropiados para el almacenamiento temporal de desechos sólidos?**

No existe estación de transferencia.

**20. ¿La estación de transferencia está ubicada en un lugar cerrado y alejado de las demás áreas de la PTAR?**

No existe estación de transferencia.

**21. ¿El personal cuenta con Equipos de Protección Personal apropiados para el manejo de desechos biológicamente peligrosos?**

Las personas que en la actualidad manejan los desechos cuentan con todos los EPP necesarios.

#### **TRANSPORTE, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL**

**22. ¿El transporte de desechos sólidos generados en la PTAR de la ciudad de Macas es efectuado conforme a lo establecido en el acuerdo ministerial 061?**

Efectivamente los desechos que son generados en la planta son transportados según lo establecido en la normativa ambiental

**23. ¿El transporte externo de los desechos sólidos comunes es ejecutado por la administración de proyecto?**

La Dirección de Gestión Ambiental y Servicios Públicos perteneciente al Municipio del cantón Morona es la encargada de realizar el transporte de desechos sólidos que se generan en la planta.

**24. ¿Los desechos sólidos biológicamente peligrosos son confiados y entregados a un gestor ambiental para su disposición final?**

Por el momento no se ha contratado a una empresa que realice la gestión de los desechos peligrosos, pero dichos servicios serán contratados en el año 2018.

**25. ¿La disposición final de los desechos sólidos comunes se realiza en el relleno sanitario del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Morona?**

Ciertamente los desechos que son recolectados en la PTAR son dispuestos en las celdas de confinamiento del relleno sanitario de la ciudad de Macas.

**26. ¿Los desechos sólidos resultantes del mantenimiento de jardineras y cortinas naturales son empleados como materia prima en la elaboración de abonos?**

Si, los desechos orgánicos generados en la planta sirven como materia prima para la elaboración del abono Takakura.

**ANEXO F:** Formulario empleado para la determinación de la cantidad de desechos sólidos

<b>DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS</b>																	<b>F-2</b>	
<b>RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>																		
<b>ZONAS DE MUESTREO</b>	<b>Día 1</b>		<b>Día 2</b>		<b>Día 3</b>		<b>Día 4</b>		<b>Día 5</b>		<b>Día 6</b>		<b>Día 7</b>		<b>Día 8</b>		<b>PROMEDIO POR ZONA</b>	
	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>Peso Neto (kg)</b>
<b>Zona 1 (Cribas I)</b>	1,59	1,36	3,86	3,63	2,04	1,81	2,76	2,53	1,9	1,67	3,39	3,16	3,01	2,78	2,97	2,74	2,85	2,62
<b>Zona 2 (Cribas II)</b>	1,82	1,59	1,73	1,5	1,59	1,36	1,43	1,2	1,5	1,27	1,55	1,32	1,74	1,51	1,58	1,35	1,59	1,36
<b>Zona 3 (Área Administrativa)</b>	0,64	0,41	0,5	0,27	0,43	0,2	0,42	0,19	0,55	0,32	0,44	0,21	0,42	0,19	0,66	0,43	0,49	0,26
<b>Zona 4 (Servicios Higiénicos)</b>	1,13	0,9	0,89	0,66	0,96	0,73	0,85	0,62	1,26	1,03	0,91	0,68	1,1	0,87	1,74	0,91	1,10	0,79

**ANEXO G:** Formulario empleado para la determinación de generación diaria de desechos sólidos

<b>DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN DIARIA DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS</b>										
<b>ZONAS DE MUESTREO</b>	<b>PESO NETO TOTAL (kg)</b>								<b>Peso neto total por zona (kg)</b>	<b>Generación diaria por Zona (kg/día)</b>
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 8</b>		
<b>Zona 1</b> (Cribas I)	1,36	3,63	1,81	2,53	1,67	3,16	2,78	2,74	18,32	2,62
<b>Zona 2</b> (Cribas II)	1,59	1,50	1,36	1,20	1,27	1,32	1,51	1,35	9,51	1,36
<b>Zona 3</b> (Área Administrativa)	0,41	0,27	0,20	0,19	0,32	0,21	0,19	0,43	1,81	0,26
<b>Zona 4</b> (Servicios Higiénicos)	0,90	0,66	0,73	0,62	1,03	0,68	0,87	0,91	5,50	0,79
<b>Peso total neto diario (kg/día)</b>	4,26	6,06	4,10	4,54	4,29	5,37	5,35	5,43		
<b>Promedio de generación diaria de la PTAR (kg/día)</b>									<b>35,14</b>	<b>5,02</b>

**ANEXO H:** Formulario empleado para la determinación de la densidad de desechos sólidos

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS											F-4	
ZONAS DE MUESTREO	Día 1			Día 2			Día 3			Día 4		
	Peso Neto (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Peso Neto (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Peso Neto (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Peso Neto (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)
Zona 1 (Cribas I)	1,36	0,015	90,67	3,63	0,025	145,20	1,81	0,031	58,39	2,53	0,03	84,33
Zona 2 (Cribas II)	1,59	0,018	88,33	1,5	0,016	93,75	1,36	0,0135	100,74	1,2	0,014	85,71
Zona 3 (Área administrativa)	0,46	0,0083	55,42	0,27	0,0048	56,25	0,2	0,0043	46,51	0,19	0,0046	41,30
Zona 4 (Servicios higiénicos)	0,9	0,0115	78,26	0,66	0,01	66,00	0,73	0,012	60,83	0,62	0,01	62,00

ZONAS DE MUESTREO	Día 5			Día 6			Día 7			Día 8			Densidad promedio por zona
	Peso Neto (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Peso Neto (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Peso Neto (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	Peso Neto (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)	
Zona 1 (Cribas I)	1,67	0,02	83,50	3,16	0,042	75,24	2,78	0,031	89,68	2,74	0,033	83,03	86,42
Zona 2 (Cribas II)	1,27	0,012	105,83	1,32	0,013	101,54	1,51	0,017	88,82	1,35	0,011	122,73	98,55
Zona 3 (Área administrativa)	0,32	0,0053	60,38	0,21	0,0038	55,26	0,19	0,00316	60,13	0,43	0,0092	46,74	51,48
Zona 4 (Servicios higiénicos)	1,03	0,02	51,5	0,68	0,011	61,82	0,87	0,0112	77,68	0,91	0,012	75,83	63,81

**ANEXO I:** Formulario empleado para la determinación de la composición física de desechos sólidos

DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MACAS								F-5
ZONA DE MUESTREO	Día 1				Día 2			
	PESO NETO DE LA ZONA (kg)	COMPONENTES	PESO DEL COMPONENTE (kg)	PORCENTAJE DEL COMPONENTE (%)	PESO NETO DE LA ZONA (kg)	COMPONENTES	PESO DEL COMPONENTE (kg)	PORCENTAJE DEL COMPONENTE (%)
<b>Zona 1 (Cribas I)</b>	<b>1,36</b>	Plástico	0,25	18,38%	<b>3,63</b>	Plástico	0,83	22,87%
		Papel	0	0,00%		Papel	0	0,00%
		Látex	0	0,00%		Látex	0,75	20,66%
		Madera	0,14	10,29%		Madera	0,15	4,13%
		Telas	0,12	8,82%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0,48	35,29%		Materia orgánica	1,2	33,06%
		Animales en descomposición	0,27	19,85%		Animales en descomposición	0,48	13,22%
		Otros	0,1	7,35%		Otros	0,19	5,23%
<b>Zona 2 (Cribas II)</b>	<b>1,59</b>	Plástico	0,35	22,01%	<b>1,5</b>	Plástico	0,3	20,00%
		Papel	0	0,00%		Papel	0	0,00%
		Látex	0	0,00%		Látex	0	0,00%
		Madera	0,1	6,29%		Madera	0,6	40,00%



		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0,4	25,16%		Materia orgánica	0	0,00%
		Animales en descomposición	0,6	37,74%		Animales en descomposición	0,5	33,33%
		Otros	0,15	9,43%		Otros	0,1	6,67%
<b>Zona 3 (Área Administrativa)</b>	<b>0,41</b>	Plástico	0,07	17,07%	<b>0,27</b>	Plástico	0,1	37,04%
		Papel	0,3	73,17%		Papel	0,17	62,96%
		Látex		0,00%		Látex	0	0,00%
		Madera		0,00%		Madera	0	0,00%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0	0,00%		Materia orgánica	0	0,00%
		Animales en descomposición	0	0,00%		Animales en descomposición	0	0,00%
		Otros	0,04	9,76%		Otros	0	0,00%
<b>Zona 4 (Servicios Higiénicos)</b>	<b>0,9</b>	Plástico	0,13	14,44%	<b>0,66</b>	Plástico	0,1	15,15%
		Papel	0,77	85,56%		Papel	0,56	84,85%
		Látex	0	0,00%		Látex	0	0,00%
		Madera	0	0,00%		Madera	0	0,00%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0	0,00%		Materia orgánica	0	0,00%
		Animales en descomposición	0	0,00%		Animales en descomposición	0	0,00%
		Otros	0	0,00%		Otros	0	0,00%

ZONA DE MUESTREO	Día 3				Día 4			
	PESO NETO DE LA ZONA (kg)	COMPONENTES	PESO DEL COMPONENTE (kg)	PORCENTAJE DEL COMPONENTE (%)	PESO NETO DE LA ZONA (kg)	COMPONENTES	PESO DEL COMPONENTE (kg)	PORCENTAJE DEL COMPONENTE (%)

<b>Zona 1 (Cribas I)</b>	<b>1,81</b>	Plástico	0,6	33,15%	<b>2,53</b>	Plástico	0,56	22,13%
		Papel	0	0,00%		Papel	0	0,00%
		Látex	0,2	11,05%		Látex	0,15	5,93%
		Madera	0,3	16,57%		Madera	0,4	15,81%
		Telas	0	0,00%		Telas	0,2	7,91%
		Materia orgánica	0,4	22,10%		Materia orgánica	0,68	26,88%
		Animales en descomposición	0,3	16,57%		Animales en descomposición	0,39	15,42%
		Otros	0	0,00%		Otros	0,15	5,93%
<b>Zona 2 (Cribas II)</b>	<b>1,36</b>	Plástico	0,2	14,71%	<b>1,2</b>	Plástico	0,1	8,33%
		Papel	0	0,00%		Papel	0,16	13,33%
		Látex	0	0,00%		Látex	0	0,00%
		Madera	0,2	14,71%		Madera	0,1	8,33%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0,5	36,76%		Materia orgánica	0,3	25,00%
		Animales en descomposición	0,45	33,09%		Animales en descomposición	0,57	47,50%
		Otros	0	0,00%		Otros	0	0,00%
<b>Zona 3 (Área Administrativa)</b>	<b>0,2</b>	Plástico	0	0,00%	<b>0,19</b>	Plástico	0	0,00%
		Papel	0,2	100,00%		Papel	0,19	100,00%
		Látex	0	0,00%		Látex	0	0,00%
		Madera	0	0,00%		Madera	0	0,00%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%

		Materia orgánica	0	0,00%		Materia orgánica	0	0,00%
		Animales en descomposición	0	0,00%		Animales en descomposición	0	0,00%
		Otros	0	0,00%		Otros	0	0,00%
<b>Zona 4 (Servicios Higiénicos)</b>	<b>0,73</b>	Plástico	0	0,00%	<b>0,62</b>	Plástico	0	0,00%
		Papel	0,73	100,00%		Papel	0,57	91,94%
		Látex	0	0,00%		Látex	0,05	8,06%
		Madera	0	0,00%		Madera	0	0,00%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0	0,00%		Materia orgánica	0	0,00%
		Animales en descomposición	0	0,00%		Animales en descomposición	0	0,00%
		Otros	0	0,00%		Otros	0	0,00%

<b>ZONA DE MUESTREO</b>	<b>Día 5</b>				<b>Día 6</b>			
	<b>PESO NETO DE LA ZONA (kg)</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>PESO DEL COMPONENTE (kg)</b>	<b>PORCENTAJE DEL COMPONENTE (%)</b>	<b>PESO NETO DE LA ZONA (kg)</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>PESO DEL COMPONENTE (kg)</b>	<b>PORCENTAJE DEL COMPONENTE (%)</b>
<b>Zona 1 (Cribas I)</b>	<b>1,67</b>	Plástico	0,35	20,96%	<b>3,16</b>	Plástico	0,9	28,48%
		Papel	0,1	5,99%		Papel	0,3	9,49%
		Látex	0	0,00%		Látex	0,2	6,33%
		Madera	0,2	11,98%		Madera	0,5	15,82%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0,8	47,90%		Materia orgánica	0,68	21,52%
		Animales en descomposición	0,2	11,98%		Animales en descomposición	0,45	14,24%
		Otros	0	0,00%		Otros	0,12	3,80%
<b>Zona 2 (Cribas II)</b>	<b>1,27</b>	Plástico	0,3	23,62%	<b>1,32</b>	Plástico	0,26	19,70%
		Papel	0	0,00%		Papel	0,1	7,58%
		Látex	0	0,00%		Látex	0	0,00%
		Madera	0,24	18,90%		Madera	0,2	15,15%

		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0,42	33,07%		Materia orgánica	0,3	22,73%
		Animales en descomposición	0,27	21,26%		Animales en descomposición	0,34	25,76%
		Otros	0	0,00%		Otros	0,1	7,58%
<b>Zona 3 (Área Administrativa)</b>	<b>0,32</b>	Plástico	0	0,00%	<b>0,21</b>	Plástico	0	0,00%
		Papel	0,22	68,75%		Papel	0,21	100,00%
		Látex	0	0,00%		Látex	0	0,00%
		Madera	0	0,00%		Madera	0	0,00%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0	0,00%		Materia orgánica	0	0,00%
		Animales en descomposición	0	0,00%		Animales en descomposición	0	0,00%
		Otros	0,1	31,25%		Otros	0	0,00%
<b>Zona 4 (Servicios Higiénicos)</b>	<b>1,03</b>	Plástico	0,15	14,56%	<b>0,68</b>	Plástico	0	0,00%
		Papel	0,88	85,44%		Papel	0,68	100,00%
		Látex	0	0,00%		Látex	0	0,00%
		Madera	0	0,00%		Madera	0	0,00%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0	0,00%		Materia orgánica	0	0,00%
		Animales en descomposición	0	0,00%		Animales en descomposición	0	0,00%
		Otros	0	0,00%		Otros	0	0,00%

<b>ZONA DE MUESTREO</b>	<b>Día 7</b>				<b>Día 8</b>			
	<b>PESO NETO DE LA ZONA (kg)</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>PESO DEL COMPONENTE (kg)</b>	<b>PORCENTAJE DEL COMPONENTE (%)</b>	<b>PESO NETO DE LA ZONA (kg)</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>PESO DEL COMPONENTE (kg)</b>	<b>PORCENTAJE DEL COMPONENTE (%)</b>
<b>Zona 1 (Cribas I)</b>	<b>2,78</b>	Plástico	0,64	23,02%	<b>2,74</b>	Plástico	0,83	30,29%
		Papel	0	0,00%		Papel	0	0,00%
		Látex	0,3	10,79%		Látex	0,25	9,12%
		Madera	0,2	7,19%		Madera	0,35	12,77%
		Telas	0	0,00%		Telas	0	0,00%

		Materia orgánica	0,88	31,65%		Materia orgánica	0,6	21,90%
		Animales en descomposición	0,5	17,99%		Animales en descomposición	0,7	25,55%
		Otros	0,2	7,19%		Otros	0	0,00%
<b>Zona 2 (Cribas II)</b>	<b>1,51</b>	Plástico	0,4	26,49%	<b>1,35</b>	Plástico	0,3	22,22%
		Papel	0	0,00%		Papel	0	0,00%
		Látex	0	0,00%		Látex	0,11	8,15%
		Madera	0,3	19,87%		Madera	0,25	18,52%
		Telas	0,1	6,62%		Telas	0	0,00%
		Materia orgánica	0,62	41,06%		Materia orgánica	0,42	31,11%
		Animales en descomposición	0	0,00%		Animales en descomposición	0,27	20,00%
		Otros	0,1	6,62%		Otros	0	0,00%
		<b>Zona 3 (Área Administrativa)</b>	<b>0,19</b>	Plástico		0	0,00%	<b>0,43</b>
Papel	0,19			100,00%	Papel	0,21	48,84%	
Látex	0			0,00%	Látex	0	0,00%	
Madera	0			0,00%	Madera	0	0,00%	
Telas	0			0,00%	Telas	0	0,00%	
Materia orgánica	0			0,00%	Materia orgánica	0,1	23,26%	
Animales en descomposición	0			0,00%	Animales en descomposición	0	0,00%	
Otros	0			0,00%	Otros	0	0,00%	
<b>Zona 4 (Servicios Higiénicos)</b>	<b>0,87</b>			Plástico	0,17	19,54%	<b>0,91</b>	
		Papel	0,7	80,46%	Papel	0,91		100,00%
		Látex	0	0,00%	Látex	0		0,00%
		Madera	0	0,00%	Madera	0		0,00%
		Telas	0	0,00%	Telas	0		0,00%
		Materia orgánica	0	0,00%	Materia orgánica	0		0,00%
		Animales en descomposición	0	0,00%	Animales en descomposición	0		0,00%
		Otros	0	0,00%	Otros	0		0,00%

**ANEXO J:** Matriz de evaluación de impactos ambientales

COMPONENTES AMBIENTALES	ACCION 2: Remoción de macrophytas de L. maduración												
	CI	SI	I	AC	PE	MC	EX	EF	MO	PR	RV	IM	CLI
Aire	-	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	15	CO
Aguas superficiales	-	2	1	1	2	1	2	4	2	2	1	22	CO
Aguas subterráneas	-	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	15	CO
Suelo	-	2	2	4	2	1	2	1	2	2	1	25	CO
Fauna	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	14	CO
Vegetación	-	1	2	4	2	2	2	4	1	2	2	28	M
Belleza paisajística	-	2	2	4	2	1	2	4	2	4	1	30	M
Salud e Higiene	-	1	1	1	1	1	1	4	1	2	1	17	CO

COMPONENTES AMBIENTALES	ACCION 3: Remoción de lodos del fondo de L. facultativas												
	CI	SI	I	AC	PE	MC	EX	EF	MO	PR	RV	IM	CLI
Aire	-	2	4	1	2	2	2	1	4	1	2	31	M
Aguas superficiales	-	2	2	1	1	1	2	4	2	1	1	23	CO
Aguas subterráneas	-	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	21	CO
Suelo	-	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	16	CO
Fauna	-	2	2	1	2	2	4	4	4	1	2	32	M
Vegetación	-	2	2	1	2	2	2	4	4	1	2	28	M
Belleza paisajística	-	2	2	4	2	1	2	4	2	1	1	27	M
Salud e Higiene	-	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	16	CO
COMPONENTES AMBIENTALES	ACCION 4: Mantenimiento de áreas verdes y jardines												
	CI	SI	I	AC	PE	MC	EX	EF	MO	PR	RV	IM	CLI
Aire	-	2	2	1	2	2	2	4	4	4	1	30	M
Aguas superficiales	-	1	2	2	1	2	2	1	4	2	1	24	CO
Aguas subterráneas	-	1	2	1	2	2	1	1	2	2	1	20	CO
Suelo	-	2	1	4	2	2	2	4	4	2	1	28	M
Fauna	-	2	2	4	2	2	2	4	4	2	2	32	M
Vegetación	-	1	2	1	2	2	1	1	4	2	2	23	CO
Belleza paisajística	-	2	2	4	2	1	1	4	2	2	1	26	M
Salud e Higiene	-	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	20	CO

COMPONENTES AMBIENTALES	ACCION 5: Recepción y redacción de oficios e informes												
	CI	SI	I	AC	PE	MC	EX	EF	MO	PR	RV	IM	CLI
Aire	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	16	CO
Aguas superficiales	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	16	CO
Aguas subterráneas	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	CO
Suelo	-	1	2	4	2	1	1	1	2	4	1	24	CO
Fauna	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	CO
Vegetación	-	1	1	4	2	2	1	4	2	4	1	25	CO
Belleza paisajística	-	2	1	4	2	1	1	1	2	4	1	22	CO
Salud e Higiene	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	16	CO

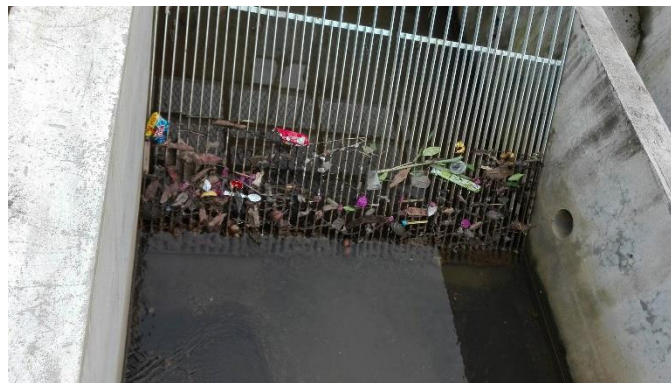
COMPONENTES AMBIENTALES	ACCION 6: Visitas técnicas												
	CI	SI	I	AC	PE	MC	EX	EF	MO	PR	RV	IM	CLI
Aire	-	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	15	CO
Aguas superficiales	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	CO
Aguas subterráneas	-	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	CO
Suelo	-	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	17	CO
Fauna	-	1	2	4	2	2	2	1	4	1	2	27	M
Vegetación	-	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	17	CO
Belleza paisajística	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	CO
Salud e Higiene	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	CO

COMPONENTES AMBIENTALES	ACCION 7: Uso de servicios higiénicos												
	CI	SI	I	AC	PE	MC	EX	EF	MO	PR	RV	IM	CLI
Aire	-	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	17	CO
Aguas superficiales	-	1	1	1	1	1	2	1	1	4	1	18	CO
Aguas subterráneas	-	1	1	1	1	2	1	1	1	4	1	17	CO
Suelo	-	1	2	4	2	1	2	4	2	4	1	29	M
Fauna	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	16	CO
Vegetación	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	16	CO
Belleza paisajística	-	2	1	2	2	1	1	1	2	4	1	20	CO
Salud e Higiene	-	1	2	4	1	1	1	4	1	4	1	25	CO

**ANEXO K: Fotografías**



Ingreso de agua residual a la PTAR-Macas



Unidad de cribado



Vertedero de alivio



Desarenador, Canaleta Parshall





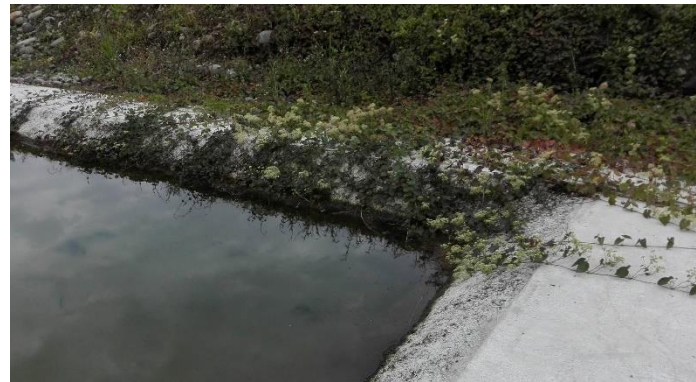
Cajón repartidor de caudales



Lagunas de oxidación



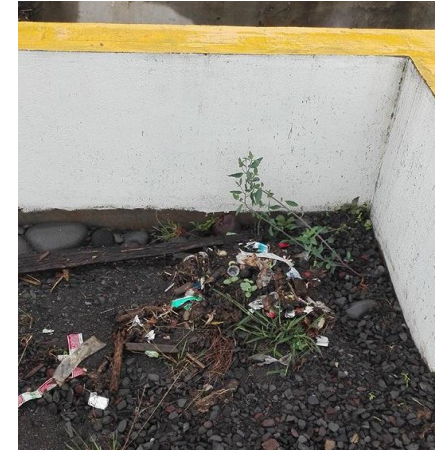
Acumulación excesiva de natas y lodos en las lagunas de oxidación



Invasión de vegetación en las lagunas de oxidación



Presencia de garzas blancas



Disposición inadecuada de desechos



Acumulación excesiva de sedimentos  
en el tanque de quietamiento



Presencia de buitres negros





Toma de muestras en el día



Toma de muestras en la noche



Análisis de laboratorio



Lectura de coliformes fecales



Desechos sólidos en las unidades de cribados



Pesaje de desechos sólidos



Medición de volúmenes



Cuarteo de desechos sólidos