



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO
MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA EN EL AÑO 2015”**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: LUIS ENRIQUE TENEMAZA GAIBOR

TUTOR: PHD. ROBERT CAZÁR

Riobamba-Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado su bendición y haber guiado mi camino, permitiéndome cumplir una meta más en mi vida.

A mi madre y mi hermano que son el pilar fundamental de mi vida y que siempre me han brindado su apoyo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Facultad de Ciencias por las doctrinas impartidas y las experiencias adquiridas.

A mis amigos y familiares más cercanos por haberme colaborado de forma desinteresada durante el desarrollo de mi tesis.

Al PhD. Robert Cazár y al Dr. Gerardo León quienes con sus conocimientos me han guiado y ayudado a llevar a cabo este proyecto de tesis. A la E.P-EMAPA-G por la apertura de realizar este estudio con la imprescindible colaboración del Ing. Raúl Allán con quien siempre estaré agradecido por la contribución y sobre todo por su cordialidad.

Y finalmente reitero mi agradecimiento a todas las personas, amigos y allegados que con sus palabras de apoyo estuvieron siempre a mi lado.

Luis Tenemaza

DEDICATORIA

A mi madre Alicia Gaibor que siempre ha sido un ejemplo a seguir y que contribuyo profundamente con mi educación para forjar al hombre y profesional que soy, a mi hermano Dany Naranjo que con su cariño y apoyo fomento el cumplimiento de grandes metas.

A Daniela Barberán que ha estado presente en todo momento de mi vida brindándome su amistad, amor y apoyo incondicional.

A mi abuelita María Verdezoto quien con su mirada de fe y su apoyo estará en mi corazón como un recuerdo de inspiración.

Luis Tenemaza

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA EN EL AÑO 2015”**, de responsabilidad del señor Luis Enrique Tenemaza Gaibor ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

PhD. Robert Cazár

.....

.....

**DIRECTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Dr. Gerardo León

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL
DE TITULACIÓN**

“Yo, Luis Enrique Tenemaza Gaibor soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

LUIS ENRIQUE TENEMAZA GAIBOR

INDICE DE ABREVIATURAS

V	Volumen (m ³)
t	Tiempo (s)
Nt	Población al final del periodo (hab)
No	Población inicial (hab)
r	Tasa de crecimiento poblacional
t	Tiempo de proyección (años)
P futura	población futura
ICC	Índice de consumo de carne (lb)
DF	Demanda futura
CAA	Consumo de agua por animal (l/bovino)
A	Área (m ²)
d	Diámetro (m)
RH	Radio hidráulico (m)
S	Coefficiente de rugosidad de Manning
b	Base del canal (m)
KM	Cálculo del coeficiente de Manning
Rh	Radio hidráulico
S	Gradiente hidráulico
At	Área transversal
Qp	Caudal de llegada
b	Ancho del canal
H	Altura total (m)
Hs	Altura sugerida
Lb	Longitud de las rejillas
V	Velocidad de flujo (m/s)
Sen α	Seno del ángulo
bg	Ancho del canal de entrada (mm)
e	Separación entre barras (mm)
Vc	Velocidad a través de las rejillas (m/s)
As	Área de separación entre barras (m ²)
h	Perdida de carga (cm)
β	Coefficiente de pérdidas para rejillas
g	Gravedad (9,8 m/s ²)
Vs	Velocidad inicial después de instalar las placas

L _p	Longitud de las placas
Φ	Ángulo de inclinación de las placas
L _r	Longitud relativa del sedimentador
L _p	Longitud de las placas
v	Viscosidad cinemática del fluido (m ² /s)
S	Longitud relativa en la zona de transición
L'	Pendiente (m/m)
L _r	Longitud relativa del sedimentador
L _c	Longitud relativa corregida
Θ	Ángulo (°)
Sc	Constante para cada tipo de módulo
Z _s	Altura
DT	Diámetro de la cámara de mezcla
a	Relación de geometría
b	Relación de geometría
W _d	Anchura de los deflectores
W	Alto de la paleta
P	Potencia (watt)
u	Viscosidad dinámica (n•s/m ²)
G	Gradiente de velocidad (s ⁻¹)
k	Número de potencia
ρ	Densidad del agua (kg/m ³)
q	Ancho de las paletas del impulsor
x	Aforo del compuesto químico (L/día)
C	Concentración del compuesto químico (ppm)
V _F	Velocidad de filtración
K	Coefficiente de costo mínimo
Z _f	Altura del filtro
F _s	Factor de seguridad
C _A	Altura de la capa de agua
L _A	Altura del lecho filtrante
C _s	Altura de capa de soporte
F _c	Altura del drenaje
A _o	Área de cada orificio (m ²)
D _o	Diámetro del orificio
NL	Número de laterales

nL	Número de laterales por lado
eL	Separación entre laterales
VL	Velocidad óptima de lavado del filtro (m/min)
CU	Coefficiente de uniformidad de la arena
TE	Tamaño efectivo de la arena (mm)

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	-1-
ABSTRACT.....	-2-
INTRODUCCIÓN.....	-3-
ANTECEDENTES.....	-5-
JUSTIFICACIÓN.....	-8-
OBJETIVOS.....	-9-
Objetivo General.....	-9-
Objetivos Específicos.....	-9-

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Agua potable.....	-11-
1.2. Agua residual.....	-11-
1.2.1. Camal o matadero.....	-12-
1.2.2. Residuos ganaderos.....	-12-
1.2.3. Generación de olores en los camales.....	-12-
1.2.4. Residuos líquidos generados en los camales.....	-13-
1.2.5. Residuos sólidos generados en los camales.....	-14-
1.2.6. Parámetros de calidad del agua residual de matadero.....	-14-
1.2.7. Naturaleza del problema.....	-15-
1.2.8. Clasificación de aguas residuales.....	-15-
1.2.9. Características de las aguas residuales de camal.....	-16-
1.2.9.1. Característica física.....	-16-
1.2.9.1.1. Turbidez.....	-16-
1.2.9.1.2. Color.....	-17-
1.2.9.1.3. Sabor y olor.....	-18-
1.2.9.1.4. Temperatura.....	-18-
1.2.9.1.5. Sólidos.....	-18-
1.2.9.1.6. Conductividad.....	-19-
1.2.9.2. Característica químicas.....	-19-
1.2.9.2.1. Alcalinidad.....	-19-
1.2.9.2.2. Materia orgánica.....	-20-
1.2.9.2.3. Grasas y aceites.....	-20-
1.2.9.2.4. Nitrógeno.....	-20-

1.2.9.2.5. Fósforo.....	-21-
1.2.9.2.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	-21-
1.2.9.2.7. Demanda química de oxígeno (DQO).....	-22-
1.2.9.2.8. Oxígeno disuelto.....	-22-
1.2.9.2.9. Potencial de hidrógeno (pH).....	-22-
1.2.9.3. Características biológicas.....	-23-
1.2.9.3.1. Microorganismos patógenos.....	-23-
1.2.9.3.2. Bacterias.....	-23-
1.2.9.3.3. Virus.....	-23-
1.2.9.3.4. Protozoarios.....	-24-
1.3. Tratamiento convencional del agua residual.....	-24-
1.3.1. Fases y sistemas de tratamiento.....	-24-
1.3.1.1. Pretratamiento.....	-24-
1.3.1.2. Tratamiento primario.....	-25-
1.3.1.3. Tratamiento secundario.....	-25-
1.3.1.4. Tratamiento terciario.....	-26-
1.4. Tratamiento de aguas residuales.....	-26-
1.4.1. Caudal.....	-26-
1.4.1.1. Medición de caudal.....	-27-
1.4.1.2. Método volumétrico.....	-27-
1.4.1.3. Muestreo simple.....	-27-
1.4.1.4. Población Futura.....	-27-
1.4.1.5. Consumo de agua.....	-28-
1.4.1.6. Uso industrial del agua.....	-28-
1.4.1.7. Índice de consumo de carne (ICC).....	-28-
1.4.1.8. Demanda futura (DF).....	-29-
1.4.1.9. Caudal futuro.....	-29-
1.4.2. Dimensionamiento de tubería de ingreso de caudal.....	-29-
1.4.3. Diseño del canal de llegada.....	-30-
1.4.3.1. Cálculo del coeficiente de Manning (KM).....	-30-
1.4.3.2. Cálculo de la altura de agua en el canal (h).....	-30-
1.4.3.3. Cálculo del radio hidráulico (RH).....	-31-
1.4.4. Rejillas.....	-31-
1.4.4.1. Dimensionamiento de las rejillas.....	-32-
1.4.4.1.1. Ecuación de Manning.....	-32-
1.4.4.1.2. Área transversal del canal.....	-33-
1.4.4.1.3. Tirante en el canal.....	-33-

1.4.4.1.4. Altura total del canal.....	-33-
1.4.4.1.5. Longitud de la barra de las rejillas.....	-33-
1.4.4.1.6. Separación entre barras.....	-34-
1.4.4.1.7. Área de los espacios entre barrotes.....	-34-
1.4.4.1.8. Velocidad a través de las rejillas.....	-34-
1.4.4.1.9. Numero de barrotes.....	-34-
1.4.4.1.10. Perdida de carga.....	-35-
1.4.5. Sedimentador de flujo horizontal.....	-35-
1.4.5.1. Dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal.....	-37-
1.4.5.1.1. Velocidad inicial.....	-37-
1.4.5.1.2. Área de sedimentación.....	-38-
1.4.5.1.3. Longitud del área de sedimentación.....	-38-
1.4.5.1.4. Longitud relativa del sedimentador.....	-38-
1.4.5.1.5. Longitud relativa en la zona de transición.....	-38-
1.4.5.1.6. Longitud relativa corregida.....	-39-
1.4.5.1.7. Velocidad crítica de sedimentación.....	-39-
1.4.5.1.8. Número de Reynolds.....	-39-
1.4.5.1.9. Tiempo de retención en placas.....	-40-
1.4.5.1.10. Volumen del tanque de sedimentación.....	-40-
1.4.5.1.11. Tiempo de retención en el tanque de sedimentación.....	-40-
1.4.5.1.12. Número de placas.....	-40-
1.4.5.1.13. Altura de la pendiente de sedimentación.....	-41-
1.4.5.1.14. Diámetro de la tubería de ingreso de agua.....	-41-
1.4.6. Floculación y coagulación.....	-41-
1.4.6.1. Dimensionamiento de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina.....	-45-
1.4.6.1.1. Volumen del tanque.....	-45-
1.4.6.1.2. Diámetro de la cámara de mezcla.....	-45-
1.4.6.1.3. Profundidad de la cámara de mezcla.....	-45-
1.4.6.1.4. Diámetro de la turbina.....	-46-
1.4.6.1.5. Anchura de los deflectores.....	-46-
1.4.6.1.6. Dimensiones de las paletas.....	-46-
1.4.6.1.7. Potencia aplicada al agua residual.....	-47-
1.4.6.1.8. Velocidad de rotación.....	-47-
1.4.6.1.9. Anchura de las paletas del impulsor.....	-48-
1.4.6.1.10. Diámetro del disco central.....	-48-
1.4.6.1.11. Altura del impulsor respecto al fondo del tanque.....	-48-
1.4.6.1.12. Dosificación de coagulantes-floculantes.....	-48-

1.4.7. Filtración lenta.....	-49-
1.4.7.1. Parámetros de diseño de filtración lenta.....	-52-
1.4.7.1.1. Velocidad de filtración.....	-52-
1.4.7.1.2. Área superficial real.....	-52-
1.4.7.1.3. Coeficiente de mínimo costo.....	-52-
1.4.7.1.4. Longitud del filtro lento.....	-53-
1.4.7.1.5. Ancho del filtro lento.....	-53-
1.4.7.1.6. Velocidad de filtración real.....	-53-
1.4.7.1.7. Vertedero de entrada.....	-53-
1.4.7.1.8. Altura del filtro.....	-54-
1.4.7.1.9. Sistema de drenaje.....	-54-
1.4.7.1.10. Sistema de lavado del filtro.....	-55-
1.4.8. Desinfección.....	-56-
1.4.8.1. Dimensionamiento del sistema de desinfección.....	-56-
1.4.8.1.1. Volumen del tanque de cloración.....	-56-
1.4.8.1.2. Altura del tanque.....	-57-
1.4.8.1.3. Dosificación en el hipoclorador.....	-57-
1.5. Normativa ambiental.....	-58-
1.5.1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.....	-58-

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Diseño experimental.....	-61-
2.1.1. Fisiografía y suelo.....	-61-
2.1.2. Localización de la investigación.....	-61-
2.1.3. Método de recolección de información.....	-62-
2.1.4. Materiales, reactivos, equipos.....	-63-
2.2. Metodología.....	-64-
2.2.1. Reconocimiento de la zona de faenamiento.....	-64-
2.2.2. Datos del faenamiento del camal municipal de Guaranda.....	-64-
2.2.3. Revisión de la planta de tratamiento actual.....	-64-
2.2.4. Medición de caudales.....	-64-
2.2.5. Muestreo del agua residual.....	-65-
2.2.6. Caracterización físico-química y microbiológica.....	-65-
2.2.7. Pruebas de test de jarras.....	-67-
2.2.7.1. Determinación de la dosis optima.....	-67-
2.2.8. Pruebas de tratabilidad.....	-69-
2.2.9. Identificación y evaluación de impacto ambiental.....	-69-

2.2.9.1. Descripción de la matriz de Leopold.....	-70-
2.2.10. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	-71-
2.2.11. Elaboración de planos.....	-71-
2.2.12. Elaboración del manual de operaciones y mantenimiento.....	-71-
2.3. Métodos y técnicas.....	-71-
2.3.1. Métodos.....	-71-
2.3.1.1. Método inductivo.....	-71-
2.3.1.2. Método deductivo.....	-72-
2.3.1.3. Método experimental.....	-72-
2.3.2. Técnicas.....	-72-

CAPITULO III

3. DIMENSIONAMIENTO

3.1. Cálculos para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas Residuales.....	-75-
3.1.1. Población de diseño.....	-75-
3.1.2. Caudal de diseño.....	-76-
3.1.2.1. Caudal por bovino (CB).....	-77-
3.1.2.2. Índice de consumo de carne (ICC)	-77-
3.1.2.3. Índice de consumo de carne por habitante (ICH)	-77-
3.1.2.4. Demanda futura de carne (DF).....	-78-
3.1.2.5. Caudal futuro (QF).....	-78-
3.1.3. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	-78-
3.1.3.1. Dimensionamiento de tubería de ingreso de caudal.....	-78-
3.1.3.1.1. Área.....	-79-
3.1.3.1.2. Diámetro de la tubería.....	-79-
3.1.3.2. Dimensionamiento del canal de llegada.....	-79-
3.1.3.2.1. Cálculo del coeficiente de Manning (KM).....	-80-
3.1.3.2.2. Cálculo de la altura de agua en el canal (h)	-80-
3.1.3.2.3. Cálculo del radio hidráulico (RH)	-80-
3.1.3.2.4. Velocidad.....	-80-
3.1.3.3. Diseño de las rejillas.....	-81-
3.1.3.3.1. Ecuación de Manning.....	-81-
3.1.3.3.2. Área transversal del canal.....	-82-
3.1.3.3.3. Tirante en el canal.....	-82-
3.1.3.3.4. Altura total del canal.....	-82-
3.1.3.3.5. Longitud de la barra de las rejillas.....	-82-
3.1.3.3.6. Separación entre barras.....	-83-

3.1.3.3.7. Área de los espacios entre barros	-83-
3.1.3.3.8. Velocidad a través de las rejillas	-83-
3.1.3.3.9. Numero de barros	-83-
3.1.3.3.10. Perdida de carga	-84-
3.1.3.4. Dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal de tasa alta	-84-
3.1.3.4.1. Velocidad inicial	-85-
3.1.3.4.2. Área de sedimentación	-85-
3.1.3.4.3. Longitud del área de sedimentación	-85-
3.1.3.4.4. Longitud relativa del sedimentador	-86-
3.1.3.4.5. Longitud relativa en la zona de transición	-86-
3.1.3.4.6. Longitud relativa corregida	-86-
3.1.3.4.7. Velocidad crítica de sedimentación	-86-
3.1.3.4.8. Número de Reynolds	-87-
3.1.3.4.9. Tiempo de retención en placas	-87-
3.1.3.4.10. Volumen del tanque de sedimentación	-87-
3.1.3.4.11. Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	-87-
3.1.3.4.12. Número de placas	-88-
3.1.3.4.13. Altura de la pendiente de sedimentación	-88-
3.1.3.4.14. Diámetro de la tubería de ingreso de agua	-88-
3.1.3.5. Dimensionamiento del Mezclador rápido mecánico de turbina	-89-
3.1.3.5.1. Volumen del tanque	-89-
3.1.3.5.2. Diámetro de la cámara de mezcla	-90-
3.1.3.5.3. Profundidad de la cámara de mezcla	-90-
3.1.3.5.4. Diámetro de la turbina	-90-
3.1.3.5.5. Anchura de los deflectores	-90-
3.1.3.5.6. Dimensiones de las paletas	-91-
3.1.3.5.7. Potencia aplicada al agua residual	-91-
3.1.3.5.8. Velocidad de rotación	-91-
3.1.3.5.9. Anchura de las paletas del impulsor	-92-
3.1.3.5.10. Diámetro del disco central	-92-
3.1.3.5.11. Altura del impulsor respecto al fondo del tanque	-92-
3.1.3.5.12. Dosificación de coagulantes- floculantes	-92-
3.1.3.6. Parámetros de diseño de filtración lenta	-93-
3.1.3.6.1. Velocidad de filtración	-94-
3.1.3.6.2. Área superficial real	-94-
3.1.3.6.3. Coeficiente de mínimo costo	-95-
3.1.3.6.4. Longitud del filtro lento	-95-

3.1.3.6.5. Ancho del filtro lento.....	-95-
3.1.3.6.6. Velocidad de filtración real.....	-95-
3.1.3.6.7. Vertedero de entrada.....	-96-
3.1.3.6.8. Composición del filtro.....	-96-
3.1.3.6.9. Altura del filtro.....	-96-
3.1.3.6.10. Sistema de drenaje.....	-96-
3.1.3.6.11. Sistema de lavado del filtro.....	-98-
3.1.3.7. Parámetros de diseño del tanque de desinfección.....	-98-
3.1.3.7.1. Volumen del tanque de cloración.....	-99-
3.1.3.7.2. Altura del tanque.....	-99-
3.1.3.7.3. Dosificación en el hipoclorador.....	-100-
3.2. Eficacia de la planta de tratamiento de aguas residuales en la remoción sólidos suspendidos, DBO ₅ , DQO y coliformes fecales.....	-100-
3.2.1. Sedimentador de flujo horizontal de tasa alta.....	-100-
3.2.1.1. Remoción de DBO ₅	-101-
3.2.1.2. Remoción de DQO.....	-101-
3.2.1.3. Remoción de SST.....	-101-
3.2.2. Mezclador rápido mecánico de turbina.....	-101-
3.2.2.1. Remoción de DBO ₅	-101-
3.2.2.2. Remoción de DQO.....	-101-
3.2.2.3. Remoción de SST.....	-102-
3.2.3. Filtro lento.....	-102-
3.2.3.1. Remoción de DBO ₅	-102-
3.2.3.2. Remoción de DQO.....	-102-
3.2.3.3. Remoción de SST.....	-102-
3.2.4. Tanque de desinfección.....	-102-
3.2.4.1. Remoción de DBO ₅	-103-
3.2.4.2. Remoción de DQO.....	-103-

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Reconocimiento de la zona de faenamiento.....	-105-
4.2. Datos del faenamiento del camal municipal de Guaranda.....	-106-
4.3. Resultados de la revisión de la planta de tratamiento actual.....	-106-
4.3.1. Evaluación de la geometría de la planta de tratamiento actual.....	-109-
4.3.2. Evaluación del estado físico de la planta de tratamiento actual.....	-109-
4.3.3. Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento actual.....	-109-
4.4. Medición de caudales del agua residual.....	-109-

4.5. Caracterización inicial físico-química y microbiológica del agua residual sin tratamiento.....	-111-
4.5.1. Interpretación de resultados de nitrógeno total.....	-113-
4.5.2. Interpretación de resultados de cloruros.....	-114-
4.5.3. Interpretación de resultados de cobalto.....	-114-
4.5.4. Interpretación de resultados de cianuro.....	-115-
4.5.5. Interpretación de resultados de bario.....	-116-
4.5.6. Interpretación de resultados de DBO ₅	-116-
4.5.7. Interpretación de resultados de DQO.....	-117-
4.5.8. Interpretación de resultados de coliformes fecales.....	-117-
4.5.9. Interpretación de resultados de aluminio.....	-118-
4.6. Pruebas de Test de jarras.....	-118-
4.6.1. Resultados de eficiencia del test de jarras.....	-118-
4.6.1.1. Resultados de eficiencia de la turbiedad en el test de jarras.....	-122-
4.6.1.2. Resultados de eficiencia de los parámetros generales en el test de jarras.....	-123-
4.6.2. Resultados de pH óptimo.....	-125-
4.6.3. Resultados de concentración óptima.....	-126-
4.6.4. Resultados de tiempo óptimo.....	-127-
4.6.5. Resultados de la velocidad de revolución óptima.....	-128-
4.6.6. Resultados de dosificación óptima de PAC y Chemflock N-100.....	-130-
4.6.7. Resultados de dosificación óptima del sulfato de aluminio.....	-130-
4.7. Pruebas de tratabilidad.....	-132-
4.7.1. Caracterización final del agua residual tratada.....	-132-
4.8. Verificación del cumplimiento con la normativa ambiental.....	-134-
4.9. Propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales para el centro de faenamiento.....	-139-
4.10. Identificación y evaluación de impacto ambiental.....	-141-
4.11. Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	-144-
4.11.1. Población de diseño.....	-144-
4.11.2. Caudal de diseño.....	-145-
4.11.3. Tubería de ingreso de caudal.....	-145-
4.11.4. Canal de llegada.....	-146-
4.11.5. Rejillas.....	-146-
4.11.6. Sedimentador de flujo horizontal de tasa alta.....	-147-
4.11.7. Mezclador rápido mecánico de turbina.....	-148-
4.11.8. Filtración lenta.....	-149-
4.11.9. Tanque de desinfección.....	-151-
4.12. Elaboración de planos de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	-152-

4.13. Manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas Residuales.....	-152-
4.14. Presupuesto total de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	-152-
4.15. Costo total de sustancias químicas empleadas en el proceso de coagulación- Floculación.....	-155-
CONCLUSIONES.....	-157-
RECOMENDACIONES.....	-159-
BIBLIOGRAFÍA.....	-160-
ANEXOS.....	-166-

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Composición usual del agua residual cruda de camal.....	-16-
Tabla 2-1: Información sobre rejillas de limpieza manual y mecánica.....	-31-
Tabla 3-1: Coeficiente de perdida para rejillas.....	-32-
Tabla 4-1: Valores recomendados de carga superficial para distintas suspensiones.....	-36-
Tabla 5-1: Parámetros de diseño de sedimentadores laminares.....	-36-
Tabla 6-1: Parámetros de diseño de sedimentadores de placas planas - cemento.....	-37-
Tabla 7-1: Viscosidad cinemática del agua a distintas temperaturas.....	-37-
Tabla 8-1: Número de potencia para diferente tipo de impulsores.....	-43-
Tabla 9-1: Parámetros de diseño para mezcladores de turbina.....	-43-
Tabla 10-1: Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas.....	-43-
Tabla 11-1: Parámetros de diseño de un filtro lento.....	-50-
Tabla 12-1: Parámetros de Diseño de Filtros lentos de Arena.....	-51-
Tabla 13-1: Parámetros de Diseño de laterales.....	-51-
Tabla 14-1: Velocidades de Diseño para tuberías del filtro.....	-51-
Tabla 15-1: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	-58-
Tabla 1-2: Materiales, equipos, reactivos empleados en la investigación.....	-63-
Tabla 2-2: Métodos de Parámetros Analizados.....	-66-
Tabla 3-2: Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold.....	-70-
Tabla 4-2: Evaluación de impactos de acuerdo a la metodología de Leopold.....	-70-
Tabla 1-3: Datos para el cálculo de la población futura.....	-75-
Tabla 2-3: Proyección de la población.....	-76-
Tabla 3-3: Datos para el cálculo del caudal de diseño.....	-77-
Tabla 4-3: Datos para el cálculo del canal de llegada.....	-79-
Tabla 5-3: Datos para el cálculo de rejillas.....	-81-
Tabla 6-3: Datos para el dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal.....	-84-
Tabla 7-3: Datos para el dimensionamiento del mezclador parido de turbina.....	-89-

Tabla 8-3: Datos para el dimensionamiento del filtro lento.....	-93-
Tabla 9-3: Datos para el dimensionamiento del tanque de desinfección.....	-98-
Tabla 1-4: Número de bovinos faenados en el CFMCG.....	-106-
Tabla 2-4: Geometría del canal de llegada.....	-107-
Tabla 3-4: Geometría del tanque Imhoff.....	-107-
Tabla 4-4: Geometría del canal de descarga.....	-108-
Tabla 5-4: Resumen de las mediciones de caudales del agua residual.....	-110-
Tabla 6-4: Resultados de la caracterización físico-química y microbiológica inicial del agua residual sin tratar.....	-111-
Tabla 7-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 649 NTU.....	-119-
Tabla 8-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 726 NTU.....	-119-
Tabla 9-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 466 NTU.....	-120-
Tabla 10-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 306 NTU.....	-121-
Tabla 11-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 528 NTU.....	-121-
Tabla 12-4: Comparación de las turbiedades obtenidas.....	-122-
Tabla 13-4: Comparación de los parámetros generales antes y después del test de jarras.....	-123-
Tabla 14-4: Comparación pH vs turbiedad.....	-125-
Tabla 15-4: Comparación de concentración vs turbiedad.....	-126-
Tabla 16-4: Comparación de tiempo vs turbiedad.....	-127-
Tabla 17-4: Comparación de las revoluciones vs turbiedad.....	-128-
Tabla 18-4: Dosificación optima del coagulante y el auxiliar.....	-129-
Tabla 19-4: Dosificación optima del sulfato de aluminio.....	-130-
Tabla 20-4: Resultados de la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual luego del tratamiento.....	-133-
Tabla 21-4: Verificación del cumplimiento teórica de la normativa ambiental.....	-134-
Tabla 22-4: Verificación del cumplimiento práctica de la normativa ambiental.....	-136-
Tabla 23-4: Matriz de identificación de impactos ambientales.....	-142-

Tabla 24-4: Matriz de evaluación de impactos ambientales.....	-143-
Tabla 25-4: Resultado del cálculo de la población futura.....	-144-
Tabla 26-4: Resultado del cálculo del caudal de diseño.....	-145-
Tabla 27-4: Resultado del cálculo de la tubería de ingreso del caudal.....	-145-
Tabla 28-4: Resultado del cálculo del canal de llegada.....	-146-
Tabla 29-4: Resultado del dimensionamiento de rejillas.....	-146-
Tabla 30-4: Resultado del dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal de tasa alta.....	-147-
Tabla 31-4: Resultado del dimensionamiento del mezclador rápido mecánico de turbina.....	-148-
Tabla 32-4: Resultado del dimensionamiento del filtro lento.....	-149-
Tabla 33-4: Resultado del dimensionamiento del taque de desinfección.....	-151-
Tabla 34-4: Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	-152-
Tabla 35-4: Presupuesto estimado para la construcción de la planta de tratamiento....	-153-
Tabla 36-4: Costos de sustancias químicas.....	-155-

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1-1: Pretratamiento con rejillas de barra metálicas paralelas.....	-31-
Grafico 2-1: Formas de las rejillas.....	-32-
Grafico 3-1: Sedimentador horizontal de forma rectangular.....	-36-
Grafico 4-1: Proceso de coagulación – floculación.....	-42-
Grafico 5-1: Mezcladores de turbina para aguas residuales.....	-43-
Grafico 6-1: Dimensiones para el diseño de tanque de mezcla rápida.....	-47-
Grafico 7-1: Filtro lento de arena.....	-49-
Grafico 1-2: Ubicación de la Planta de Tratamientos de aguas residuales del Centro de Faenamiento municipal del cantón Guaranda.....	-62-
Grafico 1-4: Proceso de faenamiento y emisión de residuos contaminantes.....	-105-
Grafico 2-4: Actual sistema de tratamiento del agua residual.....	-107-
Grafico 3-4: Variación de caudales por día.....	-110-
Grafico 4-4: Resultado del análisis de nitrógeno total antes del tratamiento.....	-113-
Grafico 5-4: Resultado del análisis de cloruros antes del tratamiento.....	-114-
Grafico 6-4: Resultado del análisis de cobalto antes del tratamiento.....	-114-
Grafico 7-4: Resultado del análisis de cianuro antes del tratamiento.....	-115-
Grafico 8-4: Resultado del análisis de bario antes del tratamiento.....	-116-
Grafico 9-4: Resultado del análisis de DBO ₅ antes del tratamiento.....	-116-
Grafico 10-4: Resultado del análisis de DQO antes del tratamiento.....	-117-
Grafico 11-4: Resultado del análisis de coliformes fecales antes del tratamiento.....	-117-
Grafico 12-4: Resultado del análisis de aluminio antes del tratamiento.....	-118-
Grafico 13-4: Resultados de turbiedad inicial.....	-123-
Grafico 14-4: Resultados de turbiedad final.....	-123-

Grafico 15-4: pH Optimo obtenido.....	-125-
Grafico 16-4: Concentración Optima obtenido.....	-126-
Grafico 17-4: Tiempo de floculación optimo obtenido.....	-127-
Grafico 18-4: Revoluciones por minuto optima.....	-128-
Grafico 19-4: Dosis optima del coagulante.....	-129-
Grafico 20-4: Primera parábola del punto óptimo.....	-130-
Grafico 21-4: Dosis optima del sulfato de aluminio.....	-131-
Grafico 22-4: Primera parábola del punto optimo.....	-131-
Grafico 23-4: Disminución teórica de la DBO ₅ con los tratamientos propuestos..	-135-
Grafico 24-4: Disminución teórica de la DQO con los tratamientos propuestos.	-135-
Grafico 25-4: Disminución teórica de los SST con los tratamientos propuestos.	-136-
Grafico 26-4: Disminución práctica de los DBO ₅ con los tratamientos propuestos-	137-
Grafico 27-4: Disminución práctica de la DQO con los tratamientos propuestos..	-138-
Grafico 28-4: Disminución practica de los SST con los tratamientos propuestos..	-138-
Grafico 29-4: Disminución practica de los coliformes totales con los tratamientos propuestos.....	-139-
Grafico 30-4: Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta	-140-

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

F1: Recolección del agua residual.....	-196-
F2: Medición del volumen de agua residual.....	-196-
F3: Recolección de la muestra de agua residual.....	-196-
F4: Punto de descarga N°1.....	-197-
F5: Punto de descarga N°2.....	-197-
F6: Caracterización físico-química del agua residual.....	-197-
F7: Preparación de reactivos.....	-197-
F8: Caracterización microbiológica.....	-197-
F9: Realización del test de jarras.....	-198-
F10: Formación de flocs.....	-198-
F11: Decantación de flocs.....	-198-
F12: Tratamiento del agua residual en el Filtro lento y su resultado final.....	-198-
F13: Resultado microbiológico del agua sin tratar.....	-199-
F14: Resultado microbiológico del agua tratada.....	-199-
F15: Diferencias del agua tratada y no tratada.....	-199-
F16: Resultado final del tratamiento propuesto.....	-199-

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Resultado de la medición de los caudales del agua residual de los días de monitoreo.....	-167-
ANEXO B. Manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento propuesta en la investigación.....	-172-
ANEXO C. Métodos de Parámetros Analizados.....	-173-
ANEXO D. Registro fotográfico.....	-196-
ANEXO E. Resultados de la caracterización del agua residual.....	-200-
ANEXO F. Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	-204-

RESUMEN

Se realizó el Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Centro de Faenamiento del Cantón Guaranda, para reducir la contaminación del cuerpo de agua receptor y brindar un mejor servicio para una población futura de 34786 habitantes. Se inició con la medición del caudal efluente del centro de faenamiento empleando el método volumétrico, las mediciones se realizaron cada 5 minutos iniciando a las 4:30 am y finalizando a las 6:30 am, durante seis días de lunes a sábado. Se recogieron cinco muestras del agua residual empleando un muestreo simple. En el caso de la caracterización se fundamenta en el libro STÁNDAR METHODS, y HACH. Para el test de jarras se tomaron varias muestras del agua residual y se utilizaron diferentes químicos que se dosificaron a cinco concentraciones. Para las pruebas de tratabilidad se elaboró un filtro lento a pequeña escala, con el adiconamiento de hipoclorito de calcio para la desinfección der agua residual. Para la identificación y evaluación de impacto ambiental se realiza una matriz de identificación, y una matriz de evaluación basándose en la metodología de Leopold y Conesa Fernández. Para el dimensionamiento se utilizaron cálculos de ingeniería y criterios de diseño. Los resultados de la medición de caudal arrojaron un valor promedio de 118.7 L/min. Los resultados de la caracterización dieron valores promedios de: nitrógeno total 40.2 mg/L, cobalto 1.67 mg/L, cianuro 0.22 mg/L, bario 3.90 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno 4596 mg/L, demanda química de oxígeno 9395 mg/L y coliformes fecales 52 NMP/100 ml que se encuentran fuera de los límites permisibles del TULSMA, Libro VI, Tabla 12, Anexo 1. Finalmente se dimensiona la planta de tratamiento compuesta por: un canal de llegada y rejillas, un sedimentador de tasa alta, tanque de mezcla rápida, dos filtros lentos, y un tanque de desinfección. Se concluye que la investigación realizada proporciona un rendimiento real de remoción para la planta de tratamiento es 98.6% de DBO₅, DQO es el 98.6%, el 99% de los sólidos suspendidos totales, y el 100% de los coliformes totales. Para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales se recomienda incrementar la eficiencia de recolección de los residuos generados en el centro de faenamiento municipal de Guaranda como es la sangre, rumen, excrementos, grasas y fragmentos de hueso para su reutilización mediante un adecuado procesamiento.

PALABRAS CLAVE

<AGUA RESIDUAL> < CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DE GUARANDA>
<PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <CAUDAL PROMEDIO>
<SEDIMENTADOR DE TASA ALTA> <FILTRO LENTO> < DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO>
<TANQUE DE DESINFECCIÓN> <TANQUE DE MEZCLA RÁPIDA>
<DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO >

ABSTRACT

A desing of a wasting water treatment plan was carried out for slaughterhouse of the city of Guaranda in order to reduce contamination of receptor water and give a better sarvice for future population of 34786 inhabitants. Outflow of slaughterhouse was measured by the means of volumetric method, measuring was conducted after each 5 minutes starting at 4:30am and ending at 6:30am, during 6 days from Monday to Saturday. Five samples of wasting water were taken using simple sampling. Characterization is founded on the STANDAR AND METHODS AND HACH book. Same wasting water samples were taken and used different chemicals at five concentrations for pitch test. A small slow filter was made for treatment test considering hypochlorite of calcium and disinfecting wasting water. An identification matrix base don Leopold and Conesa Fernández methodology. Engineering calculations and designing criteria were used for sizing. The result are in average 118.72 L/min. Characterization results are in average: total nitrogen 40.2 mg/L, cobalt 1.67 mg/L, cyanide 0.22 mg/L, barium 3.90 mg/L, biochemical demand of oxygen 4596 mg/L, chemycal demand of oxygen 9395 mg/L and fecal coliforms 52 NMP/100 ml that are over the allowed limits of TULSMA, Book VI, Chart 12, Annex 1. Finally the treatment plant formed by: channel for reaching and grate, high rate sedimentation, quick mixture tank, two slow filters, and a disinfection tank is sized. It is concluded that real performance of removal for treatment plant is 98.6% of DBO₅, DQO is 98.6%, 99% is total suspended solids, and 100% of total coliforms. It is recommend to improve efficiency of wasting recollection generated by municipal slaughterhouse of Guaranda such as: blood, rumen, droppings, fat, bone fragments for reusing through appropriate procedure.

KEY WORDS

<WASTING WATER> <MUNICIPAL SLAUGHTERHOUSE OF GUARANDA> <WASTING WATER TREATMENT PLAN> <AVERAGE FLOW> <HIGH RATE SEDIMENTATION> <SLOW FILTER> <BIOCHEMICAL DEMAND OF OXYGEN> <DESINFECTION TANK> <QUICK MIXTURE TANK> <CHEMYCAL DEMAND OF OXYGEN >

INTRODUCCIÓN

La población humana a nivel total en los últimos tiempos se ha incrementado, lo cual provoca un derroche de líquido vital. Por lo tanto estos cambios han originado un alto costo al ambiente, que desaparecieron en siglo XX un gran porcentaje de los humedales.

En la actualidad se ha incrementado significativamente la concientización por el cuidado de nuestro entorno, es así que se han visto deteriorados por las ocasionales y destructivas actividades del hombre con la ambición de conseguir beneficios económicos sin tomar en cuenta el tremendo daño que ocasionan a la naturaleza sin importarles lo que dejamos para nuestros sucesores. (GUZMÁN, Marta. 2007. p.41)

Hasta nuestros días el agua es el motor que genera la vida y es la fuente de riqueza que conformando el punto primordial del desarrollo de la humanidad, no obstante este líquido de vida es el más deteriorado y despreciado ya que la mayor parte de ríos y cauces naturales, están contaminados por una gran cantidad de desechos, los mismos que conjuntamente con los ríos terminan su curso en el océano perturbando la existencia de todo tipo de vida aledaña.

El líquido vital es el medio con más empleo para el progreso de los sectores comerciales y productivos a nivel del globo, , es así, que el Centro de Faenamiento Municipal Del Cantón Guaranda convirtiéndose en una de las principales fuentes de contaminación afectando al cuerpo de agua receptor por el hecho de que no cuenta con un sistema de tratamiento adecuado para sus residuos tanto sólidos como líquidos y estos son desechados diariamente al río sin darle mayor importancia, por esta razón existe la necesidad de proporcionar un tratamiento adecuado para este tipo de efluentes, con el objetivo de disminuir la contaminación del hídrica que cada día es más escaso y necesaria para las actividades cotidianas del hombre. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.636)

Es necesario mencionar que en el Centro de Faenamiento Municipal de Guaranda no se ha realizado un estudio referente al tema tratado en este tema de tesis o similares, de modo que es un trabajo de investigación sin precedentes que brinda una propuesta de mejoramiento en el sistema de tratamiento de agua residual.

Para la ejecución de esta investigación, se inició visitando el CFM-G con el objetivo de darse cuenta de los principales problemas directos e indirectos que se generan en la empresa, determinando el caudal generado por el centro de Faenamiento, posteriormente se tomaron muestras de las aguas residuales generadas en el lugar, para realizar los respectivos análisis e identificar si los parámetros del efluente cumplen con los valores estipulados por la norma denominada TULSMA, proporcionando un óptimo y más eficiente solución para los contaminantes detectados en el agua residual que se vierten al cuerpo de agua receptor.

Una vez realizado los análisis y determinado las diferentes variables se diseñó el sistema de tratamiento más adecuado para este tipo de efluente generado, a través cálculos matemáticos para llevar a cabo el diseño del

sistema de tratamiento, conteniendo un sistema de rejillas, un tanque de recolección, la sedimentación, un tanque de reposo, un floculador de flujo horizontal, dos filtros de carbón activado, un sistema de lodos activados, una cámara de cloración y finalmente un tanque de reserva para posteriormente ser liberado el efluente al río.

Se resalta la conservación del Río Guaranda ya que este efluente converge en el Río Chimbo, y que a las faldas de los mismos ríos existen poblaciones agrícolas que emplean este recurso en distintas actividades según sus necesidades.

ANTECEDENTES

El cantón Guaranda, perteneciente a la provincia de Bolívar, abarca una población de 23.874 habitantes, se encuentra ubicado en las coordenadas 1°36'20''S y 79°00'11''O, se diferencia de las demás ciudades por ser un lugar de intercambio cultural y comercial, Guaranda es un sector pequeño, muy pintoresco con sus calles y estructuras en su mayoría coloniales, es un rincón multicolor, ubicada en la Cordillera Occidental de los Andes. Se caracteriza por la vista espectacular del volcán Chimborazo. Dispone de un clima encantador ya que oscila entre los 15 y los 21°C, es decir ni muy frío ni muy caliente.

Las altitud a la que se encuentra ubicada Guaranda son cercana a los 2668msn, con una población muy aproximada a los 25 000 habitantes, y tomando en cuenta a todas sus parroquias se aproxima a las cien mil habitantes. Se considera el 1,9%, como la tasa media poblacional de Guaranda siendo la más alta de la provincia, según el censo del año 2010. Guaranda tiene el 20,7% de población urbana, el resto constituye el are rural. (GAD DEL CANTON GUARANDA. 2015. p.1)

El centro de Faenamamiento del Cantón Guaranda se encuentra localizado en el barrio el Peñón, junto al rio Guaranda. Cuenta actualmente con un total de 12 empleados y 30 proveedores de ganado.

El personal encargado de la administración está muy consciente de que en el Centro de Faenamamiento producen grandes volúmenes basura y remanentes peligrosos puesto que la empresa por la actividad que realiza genera el incremento de contaminación.

La carga contaminante que tiene mayor influencia en los residuos ganaderos es establecida por parámetros como: materia orgánica, nitrógeno total, fosfatos, metales pesados y potasio, también se incluye el cobre dependiendo de la alimentación de los animales.

Por otra parte la materia orgánica genera contaminación, ya que puede provocar es altos niveles, principalmente por patógenos que generan enfermedades de consideración, también produce disminución de las características propias de un agua pura. El excremento de los bovinos posee gran cantidad de materia orgánica que es consumida por los microorganismos, disminuyendo la cantidad de oxígeno en el agua y provocando eutrofización.

En el centro de Faenamamiento de Guaranda se faenan de 70 a 85 bovinos semanalmente y unos 20 porcinos, y de 355 bovinos mensualmente, estos datos se incrementas anualmente.

El problema existente es la falta de un tratamiento adecuado para la disposición final del agua residual del Centro de Faenamiento Municipal, ya que actualmente solo tienen un tanque Imhoff construido sin ningún estudio además de que no es suficiente para eliminar la contaminación.

En el Rediseño del sistema De Tratamiento De Aguas Contaminadas Del “Centro De Faenamiento De Ganado De La Municipalidad De Orellana” el investigador de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, según los análisis llevados a cabo al efluente del camal antes y después del sistema de purificación, mostro una depreciación de los valores sin garantizar que los procesos de tratamiento empleados sean eficaces, puesto que los resultados finales son: Sólidos Totales Suspendidos de 128,17 mg/L; DQO de 350,87 mg/L; Hierro Total de 12,46 mg/L; Color Real 516,5 PtCo; Sólidos Sedimentables de 2,33 mg/L y $2,01 \times 10^6$ de Coliformes Fecales; valores que no plasman con la normativa vigente aplicada, para descargar el agua residual a un receptor de agua dulce. (GREFA, Luis. 2013. p.1)

Además el estudio del Diseño de la Planta de Tratamiento de Efluentes contaminados en la Parroquia Pinguilí Del Cantón Mocha realizado por un estudiante de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, la cual contiene: canal de llegada, rejilla, desarenador, canal Parshall, tanque Imhoff, filtro anaerobio de flujo ascendente y lechos de secado, obteniendo una eficiencia de tratamiento: DBO₅ es de un 91.25%, Sólidos Suspendidos 90%, DQO 87.34%, Aceites y Grasas un 99.22%. (CHANGO, Gloria. 2014. p.1)

De igual manera en 1827 el inglés James Simplón elaboró un filtro de arena para la desinfección del agua potable. Hoy en día aún se considera el primer sistema práctico y seguro empleado con fines de salud pública.

Por otra parte el camal municipal de la ciudad de Llave en Perú, genera gran cantidad de residuos líquidos y sólidos de rumen con alta cargas orgánicas contaminantes, las cuales al ser dispersadas directamente al río Llave que incita una rigurosa contaminación hídrica. Por ello se realizó un estudio de sistema de tratamiento mixto Cal – Floculación, mediante este proceso se ha llegado a disminuir la Demanda bioquímica de oxígeno al 75%, Demanda química de oxígeno al 73%. Por otro lado se llevó a cabo la disminución del proceso de compostaje, empleando el rumen del camal como materia prima, logrando como producto el compost con características físicas químicas que desempeña la misma calidad de compost. (QUILLE, German. 2006. p.12)

Díaz Baex, María Consuelo, ha elaborado en el Tratamiento de aguas residuales de matadero a través reactores anaeróbicos de lecho empacado Señala los efectos de la industria de la carne en la contaminación del Río Bogotá. Manifiesta que los mataderos existentes descargan sus aguas residuales, en algunos casos, directamente a los ríos, y en otros al alcantarillado. Describe las etapas

del trabajo: inicialmente se selecciona un soporte para la manipulación de reactores de película fija de flujo ascendente, a escala de laboratorio, posteriormente coteja el comportamiento a diferentes temperaturas y valoró la capacidad del sistema para asemejar cargas de choque a temperatura ambiente. (MUÑOZ, Deyanira. 2005. p.21)

JUSTIFICACIÓN

Por ser el agua uno de los recursos naturales más empleados por todos los seres vivos que habitan el globo terráqueo, diariamente se producen cantidades impresionantes de agua residual en el planeta que no se puede detener ya que a cada minuto se están generando por las actividades tanto industriales, comerciales y agropecuarias siendo descargados en los cuerpos de aguas naturales generando una grave contaminación, por lo cual se requiere que estas sean tratadas previamente antes de su descarga, con el fin de mantener un equilibrio y crear una concientización en los seres humanos sobre los beneficios de preservar el medio ambiente, cuidar los recursos hídricos y mantener estable la salud de la población. (DELGADO, Gian. 2005. p.17)

Siendo el objetivo principal diseñar una planta para el tratamiento de aguas residuales para el Centro de Faenamiento Municipal de Guaranda con la finalidad de que esta investigación sea empleada para el beneficio de toda la comunidad Guarandeña.

Actualmente las aguas del centro de Faenamiento Municipal del Cantón Guaranda son dirigidas a un tanque Imhoff para disminuir la carga contaminante, pero este sistema no funciona adecuadamente además es necesario implementar muchos otros procesos para un óptimo tratamiento del agua residual, posteriormente son vertidas directamente al río Guaranda generando una mayor contaminación del mismo. De seguir manteniéndose este problema y con el índice de tasa poblacional en incremento es mayor el número de faenamientos anualmente y por ende la polución emitida, y al contener en mayor proporción los compuestos orgánicos disminuye la cantidad de oxígeno disuelto decrece la vida del río.

Tomando en cuenta estos problemas es necesario dar una solución para los contaminantes que se generan, para lo cual se realizará el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de disminuir la carga contaminante vertida al río Guaranda.

El diseño de la planta beneficiará a toda la ciudadanía Guarandeña y a quienes requieran de esta investigación, puesto que se disminuiría la carga contaminante del centro de faenamiento, y así también, esto contribuirá a los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que asisten a materias similares con el tema, facilitando la el conocimiento de cómo se genera este sistema de tratamiento, y que permita tener una visión de la importancia de preservar nuestros recursos hídricos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales para el centro de faenamiento municipal del cantón Guaranda en el año 2015.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar un diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la Planta de Aguas Residuales.
- Caracterizar el estado actual del agua residual mediante análisis físicos-químicos y microbiológicos.
- Determinar los puntos críticos del sistema actual y los probables cambios en el diseño inicial de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en base a los estudios de caracterización realizados.
- Dimensionar las unidades físicas que se van a implementar en la Planta de Tratamiento De Aguas Residuales.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.2. Agua potable

El agua se considera potable o apta para el consumo humano cuando se encuentra dentro de los límites permisibles de acuerdo a cada norma, esto es posible gracias a diversos procesos y sistemas de tratamiento que existen hasta la actualidad, cuyo objetivo principal es evitar la presencia de elementos y microorganismos que afecten a la salud humana. (MARRÓN, Cesar. 1998. p.15)

Como una regla general el agua para consumo humano debe presentar excedente de microorganismos patógenos que puedan generar enfermedades y pandemias. Es necesario que se le dé un tratamiento previo en una planta de potabilización antes de llegar a los hogares. En dichos sectores el agua debe ser purificada y desinfectada adecuadamente cumpliendo con las normas para ser actas para el consumo.

1.2. Agua residual

El agua residual es por definición el líquido resultante de las actividades de una población, ya sea en labores de aseos del hogar, comerciales e industriales, que se caracterizan por presentar una elevada carga contaminante. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.6)

Por su origen los efluentes contaminados sobresalen por el grado de polución por sólidos y líquidos generados en los hogares, centros de comercio, establecimientos públicos, y de los sectores agricultores. También proviene del agua de lluvia, almacenamientos subterráneos que son explotados como una fuente de recursos. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.7)

Además es de conocimiento general que a las aguas negras se llamen aguas residuales que son generadas por las descargas de retretes procedentes con heces humanas y orina, las cuales se especifican por llevar conjuntos elevados de sólidos suspendidos totales, nitrógeno total, coliformes totales así como la E.coli. Además los efluentes procedentes de las duchas, lavamanos, lavadoras, y lavaplatos se las conocen como aguas grises que presentan niveles exagerados principalmente de grasas, detergentes, DBO, sólidos disueltos, y fósforo. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.62)

1.2.1. Camal o matadero

Los mataderos son compañías tanto municipales como privadas en los que se sacrifican, matan y preparan para el consumo humano categorías animales. Constituye la primera etapa en la fabricación de la carne. La finalidad de un matadero es generar carne preparada de manera higiénica, la cual facilite el proceso de eliminación del agua residual que las mismas generan en este proceso con el fin de eliminar todo peligro potencial de contaminar el medio ambiente y la salud humana. (VEALL, Frederick. 1993. p.1)

1.2.2. Residuos ganaderos

El desecho que generan los animales es un importante contaminante y los parámetros más destacados a determinar son: fósforo, nitrógeno, cobre, materia orgánica, metales pesados y coliformes fecales.

Los análisis se enfatizan en la materia orgánica, ya que es extremadamente contaminante por los gases que generan especialmente el metano, por eso el ganado es identificado el principal causante de la contaminación a nivel mundial. Grandes poblaciones microbianas están presentes en los residuos ganaderos que pueden llegar a generar enfermedades en la salud humana y animal, generalmente pueden ser causadas por virus y hongos. (MARAÑÓN, Elena. 1998. p.3)

Tradicionalmente los residuos ganaderos tanto en forma sólida como líquida se emplean de manera sistemática en el campo cumpliendo una función importante como fertilizante y abono orgánico. El buen empleo de los residuos ganaderos pasa a ser un subproducto ganadero, sin embargo en aquellos lugares donde la carga fecal excede la absorción de estiércol por el suelo genera problemas de contaminación ambiental. (MARAÑÓN, Elena. 1998. p.3)

1.2.3. Generación de olores en los camales

Otro de los grandes contaminantes producidos durante el faenamiento animal es la gran cantidad de sangre que se desperdicia, al ser un producto orgánico y ser liberado a los ríos, suelos comienza su desintegración y putrefacción generando una liberación de olores, y son aún más fuertes al combinarse con residuos intestinales, grasas, entre otros, el potencial de olores es aún mayor. Muchos piensan que la sangre no sirve de nada, pero se equivocan, ya que es utilizada para ser deshidratada y producir harina de sangre para su comercio, además los excrementos de bovinos se los utiliza como abono para el suelo, por lo que está en nuestras manos la generación de olores. (OROZCO, Carmen. 2011. p.598)

No obstante los olores se consideran habitualmente un problema particular, en realidad pueden incorporar el factor ambiental diario más problemático para los mataderos y las infraestructuras de subproductos animales y, por lo tanto, es obligatorio controlarlos. Regularmente son originados por

la descomposición de subproductos animales, lo que incita otros problemas ambientales relacionados, como la disminución en el uso de los subproductos del ganado y el resultante incremento de los desechos. Además, las sustancias que incitan olores pueden dar problemas durante el procedimiento de las aguas residuales. La descomposición biológica y térmica de la materia prima produce la formación de sustancias de olor penetrante, como el amoníaco, las aminas; compuestos de azufre. (OROZCO, Carmen. 2011. p.598)

Entre los principales contaminantes del aire originados por centros de faenamiento son los purines, que son contaminantes químicos productores de olores y patógenos ya que este al ser almacenado genera mayor producción de olores. Por otra parte los patógenos, al tener una mayor dispersión en el terreno del purín a grandes presiones generan el mayor impacto.

Entre las sustancias gaseosas de origen ganadero que generan problemas en el ambiente encontramos al amoniaco, dióxido de carbono y determinados compuestos como ácido acético, propiónico y butírico.

El metano se produce de dos maneras, una por consecuencia de la degradación anaeróbica de la materia orgánica del purín tanto en contenedores como en el animal mismo. El metano absorbe radiaciones infrarrojas que proceden de la superficie de la tierra generando el efecto invernadero. (MARAÑÓN, Elena. 1998. p.3)

1.2.4. Residuos líquidos generados en los camales

Cada uno de los bovinos para su faenamiento demanda aproximadamente 500 L de agua para ser empleada en tal proceso, este afluente es utilizado para la limpieza del animal, cuyo uso es dispersado a un solo drenaje que conecta a la red primordial, junto con ello también es echado la sangre, que no es aprovechado para su industrialización, igual ocurre con el agua empleada para el baño terminante de la res para su posterior oreo.

También podemos considerar como agua residual a los líquidos procedentes del contenido gastrointestinal cuyo proceso de higiene requiere agua y junto con estos residuos también son drenados al drenaje, y al final el agua es empleada para la limpieza de las instalaciones después de cada proceso de trabajo. (GÓMEZ, Orea. 1998. p.5)

Uno de los principales efectos del agua procedente del camal es la generación de eutrofización, generando así contaminación, que se origina por el incremento de la disponibilidad de nutrientes, principalmente para el crecimiento de organismos fotosintéticos como algas y macrófitas que se encuentran en los ríos y lagos.

El agua puede transferirse de un estado de baja producción llamado oligotrófico a un estado de alta producción o eutrófico, generados por altas concentraciones de elementos como fósforo y nitrógeno, en dependencia de la temperatura del lugar. (MARAÑÓN, Elena. 1998. p.46)

1.2.5. Residuos sólidos generados en los camales

Marañón dice “*En el caso de los camales municipales, los residuos sólidos producto del sacrificio de un animal, se piensa:*

Al contenido Bazofia del estómago de los animales, es extraído y subsiguientemente retirado al exterior del camal, donde es recopilado en una zona especial, luego trasladado a otro lugar para transformarlo en compostaje. En el tiempo de almacenamiento este material ruminal sólido soporta un proceso de descomposición natural provocando gases y olores fuertes al ambiente y que parte del material que es evacuado por el drenaje originando también contaminación”. (MARAÑÓN, Elena. 1998. p.45)

Los elevados niveles de materia orgánica conllevan un desequilibrio en la composición de materia orgánica o humus en el suelo cuando se adicionan residuos orgánicos del camal el suelo es alterado apareciendo un nuevo suelo y es exactamente este cambio es el que modifica las condiciones del suelo destinado. Por otro lado los suelos con menor cantidad de humus aumentara el material sólido de los camales que es beneficioso, mientras que en suelos que tengan un alto nivel de humus generarían problemas de productividad como de polución.

Es muy rara la ocasión que el contenido de nitratos de los residuos sólidos de los camales genere contaminación salvo el caso en que sea superior 4 g/kg de nitratos pueden presentarse fenómenos de toxicidad en el suelo. Fósforo: no suele crear peligros de toxicidad en los tierras, por el contrario poner abono rico en fósforo favorece la productividad de los cultivos y el mismo caso se presenta en el potasio. (GÓMEZ, Orea. 1998. p.5)

1.2.6. Parámetros de calidad del agua residual de matadero

Las aguas residuales derivados del procesamiento de la carne son parecidos a las que proceden de los camales y centros de faenamiento. Los parámetros más importantes a valorar son DBO₅, DQO, Oxígeno disuelto, pH, Grasa y Aceites, Coliformes Totales y fecales, Nitritos, Nitratos, Nitrógeno amoniacal, Turbiedad, SDT, Color, olor. Los valores de estos se cotejan con los de una planta de tratamiento de agua residuales. Los análisis diarios de estos elementos constituirán la calidad del agua tratada con la que saldrá del camal, donde se requiere personan con la capacidad y el conocimiento para los estudios de estos parámetros. (MARAÑÓN, Elena. 1998. p.5)

1.2.7. Naturaleza del problema

El problema surge por la existencia de una gran cantidad de empresas de destinada actividad que generan aguas residuales y otros tipos de emisiones y desechos que no son tratadas previamente antes de ser desechadas al ambiente. Por otro lado en los centros de faenamamiento el problema es iniciado por la indiferencia de las autoridades y de su irresponsabilidad con el ambiente con el objetivo de generar una economía sin aplacar el daño que generan.

Entre los principales problemas que generan encontramos los siguientes:

- Deterioro físico, químico y biológico de los abastecimientos de agua.
- Condiciones agresivas al aspecto visual y al olfato.
- Disminución de peces comestibles y de otras formas de vida acuática con valor ecológico.
- Eutrofización de ríos y lagos.
- Deterioro del medio acuático para el gozo de actividades recreativas.

1.2.8. Clasificación de aguas residuales

Las aguas residuales se pueden clasificar en muchos de los casos por su origen, o naturaleza:

A. **Aguas Residuales Domesticas:** Son todos los líquidos producidos por el hombre en su hogar, producto de la limpieza, servicio higiénicos, y en la cocina. Pero también se considera a los líquidos de establecimientos comerciales. Y se pueden clasificar en los siguientes:

- **Aguas Negras.-** Es el agua producido en las industrias, caracterizado por contener alta materia orgánica y productos químicos peligrosos.
- **Aguas Blancas.-** Son líquidos que generan espumas, por lo tanto generados por la limpieza y lavandería, conteniendo jabones y detergentes. (MERLI, Gustavo. 2009. p.5)

B. **Aguas Residuales de Industria:** Son exclusivamente líquidos originados en la industria, y estos se clasifican en los siguientes:

- **Aguas Orgánicas.-** Compuestas por los resultantes finales de industrias de leche, alimentos, textiles, destilerías, entre otras. Que presentan una elevada concentración de materia orgánica y pueden originar una severa contaminación.
- **Aguas Tóxicas.-** Son consecuencia de técnicas industriales de productos químicos, metálicos, y otros, que pueden producir incluso daños de corrosión y perturbar los mismos tratamientos.
- **Aguas Inertes.-** Son desechos de compañías productoras de aparatos de refrigeración, mármol, cerámica, que provocan taponamientos por los sedimentos y polución física.

C. **Agua de Infiltración:** Son líquidos que alcanzan a infiltrarse a través de las tuberías que presentan agrietamiento, o acoples y bridas defectuosas o mal cerradas.

D. **Agua Pluviales:** Son las aguas procedentes de precipitaciones que se infiltran en las capas del suelo, pero pueden saturar las mismas y generan las inundaciones arrastrando todo a su paso y produciendo erosión. (MERLI, Gustavo. 2009. p.5)

1.2.9. Características de las aguas residuales de camal

Por la diversidad de elementos que presentan las aguas residuales de los establecimientos de faenamientos de municipios son clasificados como: químicos, físicos y microbiológicos, teniendo mucha importancia en la categorización de los afluentes para establecer básicamente los niveles orgánicos y sólidos que trasladan, por otro lado el identificar los problemas de la liberación a receptores de agua y la opción de las instrucciones y técnicas de mejoramiento que manifestarán más eficiencia y ahorro económico. (TCHOBANOGLIOUS, George. 2000. p.43)

Tabla 1-1: Composición usual del agua residual cruda de camal

Contaminantes	Unidad	Intervalo	Valor típico
PH		6-8	7
Sólidos no disueltos	mg/L	400-650	580
Sólidos sedimentables	mg/L	20-60	10
Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días	mg/L	5000-10000	838
Sólidos fijos	mg/L	80 - 100	81
Sólidos volátiles	mg/L	300-650	498
Sólidos disueltos	mg/L	800 – 1500	1201
Alcalinidad	mL/L		7
Nitrógeno	mg/L	100 – 200	145
Grasas	mg/L	80-150	108
Pentaóxido de fosforo	mg/L	10-50	19
Oxido de potasio	mg/L	20-50	29
Oxido de calcio	mg/L	50-150	131
KMnO ₄	NMP	100-200	154

Fuente: VEALL, Frederick. FAO 1993

1.2.9.1. Característica física

1.2.9.1.1. Turbidez

Son las partículas de un tamaño inestable presentes en el agua que generan un aspecto visual de la existencia de color u opacidad, propiedad que impide la transferencia de rayos de luz al momento de ser analizados en un turbidímetro. Generalmente están presentes materiales sólidos, semisólidos, orgánicos e inorgánicos. (MARTÍNEZ, Trina. 1999. p.13)

Constituye una apreciación del nivel visual de los sólidos que se están en suspensión en las aguas degeneradas a cuando son analizadas. Los efluentes contaminados ocasionalmente son opacas a diversas concentraciones en dependencia del origen; en los efluentes tratados podrían ser un constituyente de importancia para mantener la buena calidad con que sea dispuesta.

Las partículas en el agua pueden ser ocasionadas por diversas razones, entre las que se destacan podemos referirnos a la arcilla, azufre, hierro, cobre, materia orgánica microscópica, plantón, etc. (MARTÍNEZ, Trina. 1999. p.13)

1.2.9.1.2. Color

Generalmente el color de un agua se da por materiales o compuestos que las mismas acarrear, en las aguas residuales de camal el color se presenta por la materia fecal y el gran contenido de sangre que es liberado indiscriminadamente, el color es empleado para determinar el grado de contaminación del agua, y este se puede clasificar en:

- **Color café claro.-** El líquido toma este color después de unas seis horas de ser liberado por las alcantarillas.
- **Color gris claro.-** Líquido que presenta un grado de descomposición al contener materia orgánica, o haber permanecido por un tiempo en reservorios de aguas residuales.
- **Color gris oscuro o negro.-** Son líquidos con un alto grado de descomposición y putrefacción por bacterias en bajas condiciones anaerobias. El oscurecimiento de es causado por altas concentraciones de sulfuros, en especial el sulfuro ferroso. (CAMPOS, Irene. 2003. p.49)

El color grisáceo u opaco es característico del agua residual de distinta índole que se ha producido, dicho color cambia gradualmente de gris a gris opaco y finaliza en negro de acuerdo con el tiempo de concentración o que se mantenga en reposo por varios días, trasladándose por las tuberías del alcantarillado llevando a cabo condiciones sin oxígeno por el consumo de oxígeno y el aumento de material sólido. (METCALF, & EDDY. 2003. p.582)

1.2.9.1.3. Sabor y olor

Son dos parámetros que están íntimamente relacionados. Por lo general la causa del sabor y el olor son los minerales, sales del suelo, metales, productos de la descomposición de la materia orgánica y las aguas domésticas e industriales.

Dentro de los principales efectos que generan el sabor y color del agua efluentes es principalmente el aspecto, posteriormente no cumplen con los parámetros para ser un agua potable, y algunas de las sustancias que contienen son cancerígenas.

Las aguas residuales frescas no muestran olores muy intensos y desagradables, y mientras que el período de minutos aumenta el olor es aún peor, por la proliferación del gas sulfhídrico y combinaciones de amoníaco por putrefacción son oxígeno. (CAMPOS, Irene. 2003. p.51)

1.2.9.1.4. Temperatura

Las altas temperaturas de los efluentes industriales son comúnmente mayores a las temperaturas de los líquidos para consumo humano por la combinación del líquido caliente originario de los hogares e industrias, este último es el que genera en la mayoría de los casos la temperatura. Es una característica de mucho valor puesto que trastorna ampliamente las reacciones catalíticas y las velocidades de reacción, afectando a la vida náutica y el ajuste del agua para fines beneficiosos. (CAMPOS, Irene. 2003. p.51)

En la mayor parte del tiempo gran cantidad de temperaturas se identifican en efluentes contaminados que en afluentes limpios, el menor nivel se presenta en climas cálidos o tropicales ya que la temperatura del agua es superior a la del aire.

Al incrementarse la temperatura del agua se produce un desequilibrio generando el crecimiento de algas y hongos. Por otra parte la temperatura del agua de camal se da por el mismo fenómeno, al lavar la carne de bovino que presenta una alta temperatura. (METCALF, & EDDY. 2003. p.582)

1.2.9.1.5. Sólidos

Es toda la materia sólida tanto orgánica como inorgánica que se encuentra contenida en el agua residual que se encuentra en suspensión. (ROMERO, Jairo. 2004. p.263)

Existen diferentes tipos de sólidos como son:

- **Sólidos totales.** Posterior a un proceso de ebullición superior a los 100°C del agua, existe la presencia de partículas muy pequeñas de sólidos sólidos totales. Caracterizados por existir sólidos disueltos y no disueltos llamados suspendidos.
- **Sólidos sedimentables.** Sólidos que flotan en el efluente contaminado que ha sido generados de forma continuo por distintas actividades, en los que no se involucran ningún medio externo, solo se da en condiciones normales y por efecto de la gravedad.
- **Sólidos suspendidos.** Son llamados sólidos no filtrables o sólidos no diluidos, que se pueden identificar llevando a cabo una absorción por una membrana de asbesto o a su vez fibra de vidrio, en una superficie para ser medido su peso. (CAMACHO, Alan., et al. 2010. P.57)
- **Sólidos disueltos.** Son llamados sólidos filtrables. Son fáciles de identificar ya que se los separa por diferencias de pesos, y se los separa.
- **Sólidos volátiles y sólidos fijos.** Se los menciona con el propósito de dar a conocer el nivel de sólidos orgánicos asistentes presentes, se los localiza en efluentes residuales con lodos. (ROMERO, Jairo. 2004. p.264)

1.2.9.1.6. Conductividad

Se define a la conductividad eléctrica como la capacidad que tiene un líquido para conducir la electricidad a través de sus iones que se encuentran en solución, es decir que al contener más iones aumentaría la conductividad, los iones se expresan como materia orgánica, o sólidos en suspensión. La conductividad del agua mide los sólidos disueltos totales (SST).

Por tanto, cualquier permutación en la cantidad de sustancias disueltas, en el movimiento de los iones de sólidos disueltos, que implican una alteración, por lo cual se identifica fácilmente por el peso de los iones en las aguas residuales, es decir para determinar la cantidad de materia orgánica que existe en el agua residual. (CAMACHO, Alan., et al. 2010. p.56)

1.2.9.2. Característica químicas

1.2.9.2.1. Alcalinidad

Determina la cantidad de iones de calcio que se encuentran en el agua, los mismos que reaccionan para neutralizar el hidrogeno en forma d iones. En otros términos el objetivo de la alcalinidad es la neutralización de los ácidos y mantener un pH estable. Los iones más frecuentes son el bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_2), y los hidróxidos (OH^-). (CAMPOS, Irene. 2003. p.51)

Entre los efectos más relevantes de la alcalinidad es el sabor amargo del agua, y la generación de costras blancas en las tuberías de agua produciendo obstrucciones e interferencia con el caudal. Una derivación de la presencia de alcalinidad en el agua que indica la capacidad del elemento de conservar

su pH estable frente a la presencia de un ácido, lo que es conocido como efecto tampón o buffer en muchos de los laboratorios. (CAMPOS, Irene. 2003. p.51)

1.2.9.2.2. *Materia orgánica*

Son sólidos pueden ser tanto de origen animal y vegetal, así como de acciones humanas y en este caso del excremento de los bovinos que están relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Dependiendo su naturaleza se clasifican en materia orgánica e inorgánica, así como en biodegradables y no biodegradables.

Las sustancias biodegradables son aquellas utilizadas como alimento por los microorganismos en cierto tiempo. Las más comunes son azúcares, grasas, proteínas, alcoholes, ácidos y aldehídos. En su degradación se toma mucho en cuenta para la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

Las sustancias no biodegradables son el ácido tánico, lignico, la celulosa, el benceno y los polisacáridos. (CAMPOS, Irene. 2003. p.53)

1.2.9.2.3. *Grasas y aceites*

Son combinaciones orgánicas muy grandes elaboradas por los compuestos de la vida C, H y O, aportando con el principal depósito de energía en un cuerpo animal y vegetal. Entre las características más distintivas son mínima densidad, escasa solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido. (VIDALES, Olivio. 2010. p.29)

Por otra parte se conoce que tanto las grasas como los aceites impiden la transferencia de los gases del agua con la atmósfera al formar una capa que funciona como un impermeable. Esto afecta al intercambio de oxígeno entre el agua y las células, e impide la liberación de CO₂, originando así un medio eutrófico y por ende mayor contaminación. (GREFA, Luis. 2013. p.29)

1.2.9.2.4. *Nitrógeno*

Dentro de las fuentes de nitrógeno encontramos que son naturales como escorrentía, polvo, precipitaciones, y la unión biológica es decir orina y excrementos de los animales faenados en donde las tres cuartas partes es urea y el resto nitrógeno orgánico, y las fuentes artificiales que son generados por industrias, abonos, fertilizantes.

El nitrógeno que se encuentra en el agua residual se clasifica en orgánico, amoniacal y oxidado, de estos el más importante en la depuración del agua es el amoniacal y el orgánico, ya que la suma de

los dos genera el nitrógeno total. Otra clasificación del nitrógeno en el agua residual es: el nitrógeno orgánico, el amonio, nitrito y nitrato, y los más importantes de estos son los nitritos y nitratos pues son peligrosos para la salud. (VILLASEÑOR, José. 2001. p.14)

1.2.9.2.5. Fósforo

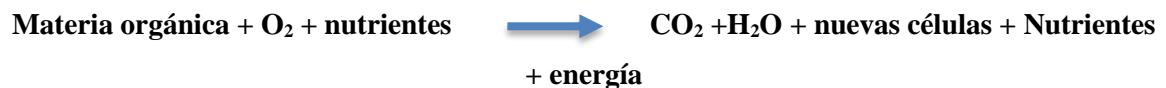
El fósforo es otro elemento importante para el progreso de los microorganismos así como lo es el nitrógeno. El nitrógeno y el fósforo son elementos imprescindibles para la formación del agua residual al presentarse en altas concentraciones. El fósforo se localiza en el agua residual formando estructuras como: ortofosfatos solubles, fosfatos orgánicos y polifosfatos inorgánicos, facilitando la identificación de microorganismos de ortofosfato por ser muy solubles. (GREFA, Luis. 2013. p.30)

Es muy importante mencionar que la liberación de fósforo y de nitrógeno debe ser muy custodiada ya que estimula el crecimiento descomunal de plantas acuáticas en las aguas que lo reciben, ocasionando la disminución del oxígeno disuelto y, a largo tiempo, serias dificultades de contaminación.

Las estadísticas sugieren que el 85% de fósforo proviene del agua residuales de la alcantarillas y de los detergentes de muchas industrias así como de los camales como es el excremento, y el 15% restante proviene de la agricultura. (VILLASEÑOR, José. 2001. p.15)

1.2.9.2.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La DBO es un indicador de la concentración de materia orgánica biodegradable, y se calcula a partir de la cantidad de la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, después de incubar una muestra durante un periodo determinado que es habitualmente 5 días. La medida debe hacer en la oscuridad para evitar la generación fotosintética de oxígeno y mantenidos a un pH de 7.



El valor de la DBO en aguas residuales del hogar y de camales a 5 días, representa en promedio un 65 a 70% del general de elemento orgánico oxidable que se encuentra presente. (DOMENÉCH, Javier. 2006. p.190)

1.2.9.2.7. Demanda química de oxígeno (DQO)

Es el monto de oxígeno imprescindible para oxidar los componentes orgánicos y ciertos componentes inorgánicos, empleando productos químicos. La analogía entre la DBO₅ y DQO perennemente será menor puesto que el mecanismo ($DBO_5/DQO < 1$), puesto que la DQO consume todos los sólidos orgánicos y ciertos componentes inorgánicos, y la DBO se degrada biológicamente.

Corresponde a una medida química de las sustancias oxidables que contiene la muestra. Se establece por medio de la estimación redox de la muestra recopilada con un oxidante químico enérgico, este es el caso del potasio dicromato en medio ácido. (DOMENÉCH, Javier. 2006. p.190)

1.2.9.2.8. Oxígeno disuelto

El parámetro oxígeno disuelto cuantifica el nivel de oxígeno gaseoso disuelto (O₂) en una muestra de agua residual. El oxígeno se adiciona en el agua mediante difusión desde el aire que rodea la mezcla, por aeración de forma natural en ríos y artificial con un mezclador mecánico o unos sistemas de bandejas para aireación como un producto de desecho de la fotosíntesis.

Además el oxígeno disuelto es indispensable para el control del agua residual de los canales, puesto que compone el origen de energía de los seres vivos que se aumenta aplicando los siguientes principios:

- Atracción de oxígeno en la interfase agua-aire por medio de un sistema de bandejas
- Mayor crecimiento ya que reaccionan ante la luz
- Decrecimiento de temperatura
- Disolución

La disminución del oxígeno disuelto se da por el consumo de oxígeno de los microorganismos en la eutrofización por contaminación de los canales con aguas residuales, así también disminuye por el incremento de temperatura del agua. (GUERRA, María. 2014. p.40)

1.2.9.2.9. Potencial de hidrógeno (pH)

La intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra de agua residual se mide en la escala de pH, que en realidad calcula la concentración de iones de Hidrógeno presentes en la muestra. El pH controla muchas reacciones químicas y la actividad biológica normalmente se restringe a una escala muy pequeña entre 6 y 8. En un procedimiento biológico, si el pH del agua es inferior a 6, se ocasiona la propagación de los hongos sobre las bacterias generando peligro biológico o de contaminación de muestras. Las aguas muy ácidas o muy alcalinas son indeseables debido a que son corrosivas o presentan inconvenientes en su tratamiento al formar costras, por lo que es sumamente importante que sea neutra. (ROMERO, Jairo. 2004. p.273)

1.2.9.3. Características biológicas

Las particulares biológicas de las aguas residuales de los centros de faenamiento son sumamente significativas en el examen de malestares producidos por organismos pequeños patógenos y por el alto rango que tienen los virus, bacterias y los organismos microscópicos que pueden desencadenar enfermedades muy peligrosas.

1.2.9.3.1. Microorganismos patógenos

Muy ocasionalmente se los encuentra en las aguas contaminadas de la industria, del hogar y comerciales por la elevada carga contaminante que estas poseen, se los localiza ya sea en bacterias como en helmintos, virus, y protozoarios. Pocos de ellos son liberados en el medio por acarreadores es decir por los excrementos de los animales incluidos el hombre. Es mínima la probabilidad que se hallen en los efluentes puesto que los organismos microscópicos desencadenan enfermedades peligrosas, por lo cual es de suma importancia mantener controlado su número ya que son un riesgo para la salud esto ya sea en el caso de que las aguas sean tratadas previamente. (GUERRA, María. 2014. p.42)

1.2.9.3.2. Bacterias

Son microorganismos unicelulares patógenos y los que se encuentren con mayor frecuencia en el agua residual municipal son derivadas del género *Salmonella*. Este grupo de microorganismos percibe una elevada cantidad de especies preparadas para provocar enfermedades tanto en los humanos como en animales que consuman este tipo de aguas. Las personas que consuman agua residual pueden contraer enfermedades como son fiebres entéricas, las septicemias y la gastroenteritis aguda todas causados por *Salmonella*.

En los efluentes contaminados existen ciertos tipos de bacterias, siendo las más importantes las especies *Yersinia*, *Vibrio*, *Mycobacterium*, *Leptospira sp* y *Clostridium*. También estos organismos microscópicos perniciosos se localizan en efluentes tóxicos, sus congregaciones son ocasionalmente mínimas para generar una enfermedad que sea epidémica. (VARGAS, Carmen. 1996. p.5)

1.2.9.3.3. Virus

Son estructuras biológicas inferiores las cuales poseen información genética para reproducirse por sí mismo. Generalmente se alojan en organismos huésped para causar malestares. Uno de los principales síntomas cuando ha ocurrido una infección generada por los virus son los desórdenes en el sistema nervioso. Alrededor de 100 tipos de virus entéricos están presentes en las aguas residuales y es aun mayor cuando están son perteneciente a los canales ya que provienen de los excrementos.

El hombre es el reservorio de virus infecciosos que se presentan en las heces. Por lo cual los virus representan riesgos importantes para la salud, y es necesario que el agua residual ya tratada sea clorada por encima del punto de quiebre o superior a las normas establecidas. (VARGAS, Carmen. 1996. p.19)

1.2.9.3.4. Protozoarios

Son organismos unicelulares utilizados en la mayoría de los casos como bioindicadores de la calidad de las aguas en el tratamiento de las mismas. Los protozoarios son los mayores consumidores de poblaciones bacterianas en el agua residual contaminada, generalmente forman coágulos sedimentables. Generalmente tienen mayor complejidad estructural que los virus y las bacterias a sin tomar en cuenta que son microorganismos pequeños.

El metabolismo de los protozoarios es la base de la depuración de efluentes contaminados: ya que consumen directamente la materia orgánica diluida en el agua así como de las bacterianas que se desarrollan en el medio acuático, lo cual inducirá la producción de flóculos que son acumulaciones de materia de mayor volumen para que esta precipite. (VARGAS, Carmen. 1996. p.20)

1.3. Tratamiento convencional del agua residual

1.3.1. Fases y sistemas de tratamiento

Dentro del tratamiento de efluentes contaminados existen cuatro etapas fundamentales que se aplican, entre las cuales tenemos las siguientes:

- Pretratamiento: eliminación de objetos de volumen grande.
- Primario: tratamientos físicos y químicos
- Secundario: tratamientos biológicos anaeróbicos o aeróbicos
- Terciario: tratamiento más complejo, eficiente, y costoso.

Todos los tratamientos nombrados deben certificar un control total de los patógenos, disminuir o eliminar las características físicas identificadas así como de sus niveles de contaminación.

1.3.1.1. Pretratamiento

Es la eliminación de objetos de un tamaño considerable generados en distintas actividades y fuentes de origen que son arrastrados junto con el agua residual, pueden ser maderas, trapos, grasas de mayor tamaño, arenas, etc. Su objetivo primordial es disminuir la carga contaminante y proteger los equipos que se encuentran en técnicas posteriores, esto se refiere a bombas o tuberías. Se emplean fundamentalmente rejillas o desbates, desarenadores, tamizado, homogenización y dilucladores. Este

último es un dispositivo mecánico con discos cortantes que trituran los sólidos gruesos. (MARTINEZ, Sergio. 2005. p.16)

1.3.1.2. Tratamiento primario

También conocido como decantación, es un tratamiento físico que en ocasiones se combina con un químico. Su objetivo principal es detener y eliminar los residuos como partículas flotantes y aceites en procesos posteriores como pueden ser sedimentación, floculación, neutralización y homogenización.

La selección de los procesos de tratamiento primarios de aguas residuales depende de ciertos factores, como son:

- Las características del agua residual: DBO, materia en suspensión, pH
- La calidad del efluente de salida requerido
- El coste y disponibilidad del terreno
- Las consideraciones futuras de ampliación

Uno de los procesos más importantes es la sedimentación física mediante el cual se dejan decantar o descender por gravedad los sólidos en suspensión en las aguas contaminadas, este proceso se puede aislar el 60 o 65% de sólidos sedimentables y de 30 a 35% de los sólidos suspendidos en efluentes contaminados. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.91)

1.3.1.3. Tratamiento secundario

Consiste en la eliminación de la masa orgánica biodegradable, es por eso que se llama tratamiento biológico tanto aerobio como anaerobio. Su objetivo primordial es remover sustancias, desechos y demandas biológicas de oxígeno que con la sedimentación no han sido eliminadas. Por otra parte consiste en fortalecer el crecimiento microbiano que sean fáciles de eliminar y que se alimente de masa orgánica. Los mecanismos utilizados son tanques de estabilización, tanques de aireación, percolación, digestores anaerobios y principalmente lodos activados.

Los microorganismos más empleados son los primarios, es decir bacterias tipo aerobio, anaerobio y facultativo, y algas unicelulares. Los microorganismos se obtienen de lodos producidos mediante un procedimiento biológico por lo que no es necesario realizar cultivos previos.

El proceso de lodos activados ha sido usado desde hace un siglo atrás para el tratamiento de aguas urbanas e industriales y su diseño es de forma empírica, tomando muy en cuenta el análisis microbiológico previo del agua residual. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.253)

1.3.1.4. Tratamiento terciario

El tratamiento terciario es un proceso tanto físico y químico que facilita una fase finita para ampliar la pureza del efluente eliminando fósforo, nitrógeno, virus, compuestos orgánicos. Suele ser un procedimiento más elevado que los anteriores dependiendo el químico que se utilice.

Una vez finalizada el tratamiento secundario, en muchos casos, el agua residual tratada se considera ya lo adecuadamente autónomo de carga contaminante como para ser vertida a los cauces de los ríos o vertientes, no obstante, en necesario dar un tratamiento adicional para cumplir con la norma ambiental dispuesta.

El proceso de desinfección es fundamental en donde el agua pasa a una cámara de cloración, donde se eliminan los microorganismos. El agua que entra en este último proceso no sirve para el consumo humano, pero sí para riegos. Ya que procede de una agua sumamente contaminada. Otras ocasiones es necesario eliminar selectivamente ciertos elementos, como el fósforo y nitrógeno, para evitar la eutrofización del cauce donde desembocan las aguas; esto se consigue mediante la combinación de reactivos químicos y el paso de las aguas a través de filtros de arena, y carbón activo. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.531)

1.4. Tratamiento de aguas residuales

1.4.1. Caudal

En fenómenos de transporte y dinámica de fluidos es el volumen de agua residual que avanza por unidad de tiempo, también es denominado caudal volumétrico, gasto volumétrico, índice de flujo, y es expresado en masa o volumen, un elemento muy empleado es el caudalímetro que se colocan en las líneas de tuberías. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.77)

El caudal se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:

V = volumen (m³)

t = tiempo (s)

Para el dimensionamiento de la planta de tratamientos de aguas residuales se requiere conocer el volumen de agua consumida por ganado para lo cual se tomó los respectivos caudales, de una tubería cercana para la línea de bovinos, la cual fue medido durante una semana y en especial los días con mayor actividad que son miércoles y sábado.

1.4.1.1. Medición de caudal

La medición de los caudales de aguas debe ser compatibles con la cantidad de ganado que aporta para establecer la generación de agua contaminada en la fuente. Es necesario realizar cuantificaciones para establecer el volumen de agua consumido y de otros afluentes relacionados.

Las mediciones de los caudales en las corrientes de agua residual pueden efectuarse por una gran diversidad de métodos como son; por vertederos, volumétricos, estación de mediciones, cronometrado del desplazamiento de un punto fijo. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.77)

1.4.1.2. Método volumétrico

El método volumétrico es uno de los más simples que consiste en la medición directa de un recipiente de un volumen conocido y graduado, cuyo tiempo de llenado sea controlado mediante un cronometro. Hay que recalcar que este método solo se emplea para caudales pequeños. El resultado obtenido es empleando la Ecuación 1.

1.4.1.3. Muestreo simple

Nos proporciona características del agua residual en el mismo momento en que la muestra es recolectada. Se utiliza cuando el volumen de agua y su constitución son permanentes, ya que la corriente del líquido residual es discontinuo, cuando el efluente tiene altos niveles de contaminación como pH y temperatura. La cantidad de agua muestreada mínima es de 1 a 2 litros dependiendo de los parámetros que se desea analizar. (RAMALHO, Rubens. 2003. p.78)

1.4.1.4. Población Futura

Es la cantidad de habitantes en un determinado lugar y área proyectada a un periodo de años deseado. La cuantificación teórica del crecimiento poblacional debe justificarse en base a datos reales de acuerdo con las características de la ciudad, sus factores socioeconómicos, su tendencia de desarrollo, y promover proyectos. (FRANCO, Freddy. 2014. p.2)

Existen 8 métodos para calcular la población a futuro según la universidad nacional de Colombia, en este proyecto es el método geométrico o exponencial que es el siguiente:

$$N_t = N_o (1+r)^t \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde:

N_t = población al final del periodo (hab)

N_o = población inicial (hab)

r= tasa de crecimiento poblacional (1.9)

t= tiempo de proyección (años)

1.4.1.5. Consumo de agua

Para calcular la cantidad de agua residual ocasionada por el faenamiento de bovinos se tiene que multiplicar el volumen de agua empleada para el faenamiento de cada bovino, obteniendo la siguiente formula:

$$Q = \frac{L}{\text{Bovino}} * N^{\circ} \text{ Bovinos faenados} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

Q = caudal (L o m³)

1.4.1.6. Uso industrial del agua

El agua es usada ampliamente en la industria, especialmente en la de alimentos, el tipo y el grado de tratamiento del agua en estos procedimientos dependen de su aplicación. El uso del agua a nivel industrial ha crecido incontrolablemente en los últimos 20 años creando grandes problemas para el ambiente, sin embargo muy pocas personas hacen algo para detener este problema pero no es nada suficiente. El éxito radicaría en que todos los seres humanos adoptemos la iniciativa ambiental y ecológica.

Sin importar que actividad sea, el líquido vital es empleado primordialmente para los siguientes cuatro principios específicos como son:

- a) Materia prima en los procesos de fabricación
- b) Forma de transporte
- c) Elemento de transferencia de calor o frío
- d) Contenedor de vertidos industriales que es el más común

El consumo de agua en los CENTROS DE FAENAMIENTO se establece de acuerdo con el número y clase de animales a beneficiar, así:

Clase de animal Dotación diaria

Bovinos	500 L/d x animal
Porcinos	300 L/d x animal
Ovinos y caprinos	250 L/d x animal
Aves en general	16 L/d x animal (VALENCIA, Jeaneth. 2012. p.43)

1.4.1.7. Índice de consumo de carne (ICC)

El consumo de carne para una población se puede determinar empleando la siguiente formula:

$$\text{ICC} = N^{\circ} \text{ reses faenadas} * \text{Peso Promedio} \quad (\text{Ecuación 4})$$

El consumo por habitante se determina mediante la siguiente formula:

$$\text{ICC} = \text{Consumo de carne/Población actual} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Población actual = 23 874 habitantes.

1.4.1.8. Demanda futura (DF)

El consumo futuro se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$\text{DF} = \text{P}_{\text{futura}} * \text{ICC} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

P futura = población futura a 20 años (34 786 habitantes)

ICC = índice de consumo de carne (lb)

1.4.1.9. Caudal futuro

El caudal futuro o también llamado de diseño del agua que se consumirá se puede determinarse a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Q}_{\text{Futuro}} = \text{DF} * \text{CAA} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

Q futuro = caudal futuro m³/d

DF = Demanda futura

CAA = consumo de agua por animal (L/bovino)

1.4.2. Dimensionamiento de tubería de ingreso de caudal

Para las el diámetro de tuberías se calcula inicialmente el área y se utiliza la siguiente formula:

$$A = \frac{Q}{v} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde:

v= velocidad (m/s)

A= área (m²)

Q= caudal (m³/s)

Para calcular el Diámetro deriva del siguiente despeje:

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

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde:

d= diámetro (m)

A= área (m²)

1.4.3. Diseño del canal de llegada

Para diseñar adecuadamente el canal de llegada se deben tomar algunas consideraciones para que se conecte con la tubería de entrada, como son las siguientes:

- El tipo de canal, en este caso se considera que es adecuado un canal rectangular.
- La pendiente del conducción rectangular de acuerdo con los sistemas de depuración de Uralita: $S \geq 0.5\%$
- El ancho del conducción rectangular de acuerdo con los sistemas de depuración de Uralita: $0.3\text{m} < b < 0.70\text{m}$
- La velocidad del conducción rectangular de acuerdo con los sistemas de depuración de Uralita: $V > 0.6\text{m/s}$ al ser un caudal medio y $V < 2.5\text{ m/s}$ al ser un caudal máximo.
- La rugosidad de Manning es de 0.016 al ser de material de hormigón.

$$v = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2} \text{ (Ecuación 10)}$$

Dónde:

V = Velocidad de flujo (m/s)

RH = Radio Hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

1.4.3.1. Cálculo del coeficiente de Manning (KM)

$$K_M = \frac{Q * n}{B^{8/3} * S^{1/2}} \text{ (Ecuación 11)}$$

Donde:

Q = Caudal medio diario (m³/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

b = Base del canal (m)

S = Pendiente del canal (m/m)

1.4.3.2. Cálculo de la altura de agua en el canal (h)

$$h = 1.6624 \times K_M^{0.74232} \times b \text{ (Ecuación 12)}$$

Donde:

K_M = Cálculo del coeficiente de Manning

b = Base del canal (m)

h = Cálculo de la altura de agua en el canal (m)

1.4.3.3. Cálculo del radio hidráulico (RH)

$$RH = \frac{b \times h}{b + 2h} \text{ (Ecuación 13)}$$

Donde:

b = Base del canal (m)

h = Cálculo de la altura de agua en el canal (m)

1.4.4. Rejillas

Las rejillas, también conocidas como cribas se utilizan para reducir los sólidos de mayor diámetro como troncos, trapos, es decir fragmentos de mayor tamaño. La distancia de las aberturas dependen de los objetos que pretenden detener con una separación entre barras superiores a ½ pulg. (12,5 mm). Su limpieza se realiza de forma manual o mecánica, los desechos que generalmente son recogidos deben ser incinerados.

Existen dos tipos de rejillas, las finas que tienen una separación de 5 mm o menos que están hechas en malla metálica, y las rejillas gruesas que poseen una separación de 4 a 8 cm hechas con barras de acero.



Grafico 1-1: Pretratamiento con rejillas de barra metálicas paralelas

Fuente: Temmisa, 2014

El objetivo primordial de las rejillas es preservar a las bombas de agua y otros dispositivos electromecánicos y advertir obstrucción de válvulas. Por esta razón el primer proceso que se efectúa en el efluente del agua residual del canal es el cribado. (CRITES, Ron. 2000. p.246)

Tabla 2-1: Información sobre rejillas de limpieza manual y mecánica

CARACTERISTICAS	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECANICA
Tamaño de la barra		

Anchura, m	0,5 – 2	0,5 – 2
Profundidad, mm	25 – 37	25 – 37,5
Separación entre barras, mm	25 – 50	15 – 75
Pendiente en relación a la vertical, grados	25 – 50	50 – 82,5
Velocidad de aproximación, m/s	150	150
Perdida de carga admisible, m/m	150	150

Fuente: METCALF & EDDY, 1995

Tabla 3-1: Coeficiente de pérdida para rejillas

Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: Normas RAS, 2000

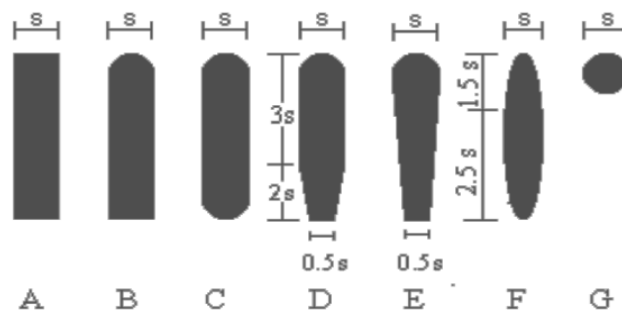


Grafico 2-1: Formas de las rejillas

Fuente: Normas RAS, 2000

1.4.4.1. Dimensionamiento de las rejillas

1.4.4.1.1. Ecuación de Manning

Esta ecuación es indispensable para establecer la velocidad de llegada del agua residual hacia las rejillas, posteriormente se realiza una comparación con la velocidad que se genera en el cribado.

$$v = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2} \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Dónde:

V = Velocidad

n = Coeficiente de Manning

Rh = Radio Hidráulico

S = Gradiente Hidráulico

1.4.4.1.2. Área transversal del canal

Para calcular el área donde se ubica las rejillas se emplea la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{Q_p}{v} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Dónde:

A_t = área transversal

v = Velocidad

Q_p = Caudal de llegada

1.4.4.1.3. Tirante en el canal

Para calcular el tirante canal de las rejillas se obtendrá a través de la siguiente ecuación:

$$H_a = \frac{A_t}{b} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Dónde:

A_t = área transversal

b = ancho del canal (obtenido en la tabla 2)

1.4.4.1.4. Altura total del canal

$$H = H_a + H_s \quad (\text{Ecuación 17})$$

Dónde:

H = altura total (m)

H_s = altura sugerida (0.5 m)

1.4.4.1.5. Longitud de la barra de las rejillas

La longitud de las rejillas depende del grado de inclinación horizontal, y del tirante del canal.

$$L_b = \frac{H}{\text{Sen}\alpha} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Dónde:

L_b = longitud de las rejillas

$\text{Sen}\alpha = \text{seno del ángulo } (50^\circ)$

1.4.4.1.6. Separación entre barras

La suma de la separación entre barras, tanto para rejillas finas como gruesas se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$bg = \left(\frac{b-e}{s+e} + 1\right)e \text{ (Ecuación 19)}$$

Dónde:

bg = ancho del canal de entrada (mm)

e = separación entre barras (mm)

S = espesor de las barras (mm)

1.4.4.1.7. Área de los espacios entre barrotes

Para calcular esta área se emplea la siguiente ecuación:

$$A_s = bg * L_b \text{ (Ecuación 20)}$$

Dónde:

bg = ancho del canal de entrada (m)

A_s = área de separación entre barras (m^2)

L_b = longitud de las rejillas (m)

1.4.4.1.8. Velocidad a través de las rejillas

Para calcular la velocidad que pasa por las rejillas se emplea la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{Qp}{A_s} \text{ (Ecuación 21)}$$

Dónde:

V_c = velocidad a través de las rejillas (m/s)

A_s = área de separación entre barras (m^2)

Qp = caudal de llegada (m^3/s)

1.4.4.1.9. Numero de barrotes

Para calcular el número de barrotes del sistema de rejillas se emplea la siguiente ecuación:

$$n = \frac{bg}{e} - 1 \text{ (Ecuación 22)}$$

Dónde:

bg = ancho del canal de entrada (mm)

e = separación entre barras (mm)

1.4.4.1.10. Pérdida de carga

La pérdida de carga aumenta cuando las rejillas se saturan de residuos, nunca pueden superar los 15cm, es así que se emplea el coeficiente de pérdidas de la Tabla 3-1 al establecer que la barra sea circular y esta se calcula de la siguiente manera:

$$h = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{V^2}{2 * g}\right) * \text{sen} \alpha \quad (\text{Ecuación 23})$$

Dónde:

h= pérdida de carga (cm)

β = coeficiente de pérdidas para rejillas (1,79)

V = velocidad de aproximación del fluido hacia la rejilla (m/s)

g = gravedad (9,8 m/s²)

S=espesor de las barras

e= separación entre barras

1.4.5. Sedimentador de flujo horizontal

La sedimentación se emplea en el tratamiento de efluentes contaminados para separar los sólidos en suspensión de las mismas que no han sido eliminadas en procesos anteriores, la eliminación de tales solidos se fundamenta en la discrepancia de peso específico entre las partículas consistentes y el líquido en el cual se encuentra contenida.

La remoción de partículas en suspensión en el agua residual puede lograr obtener por filtración y sedimentación. Siendo los dos sistemas dependientes. El proceso de sedimentación hace que precipiten los sólidos más pesados y por otro lado la filtración hace que decanten los sólidos más livianos similar a la densidad del líquido vital y no se suspendan nuevamente. En la mayoría de los casos el objetivo primordial es la producción de un efluente cristalino y puro pero también es necesario producir un fango y que su congregación de sólidos permitiendo un factible tratamiento y manejo.

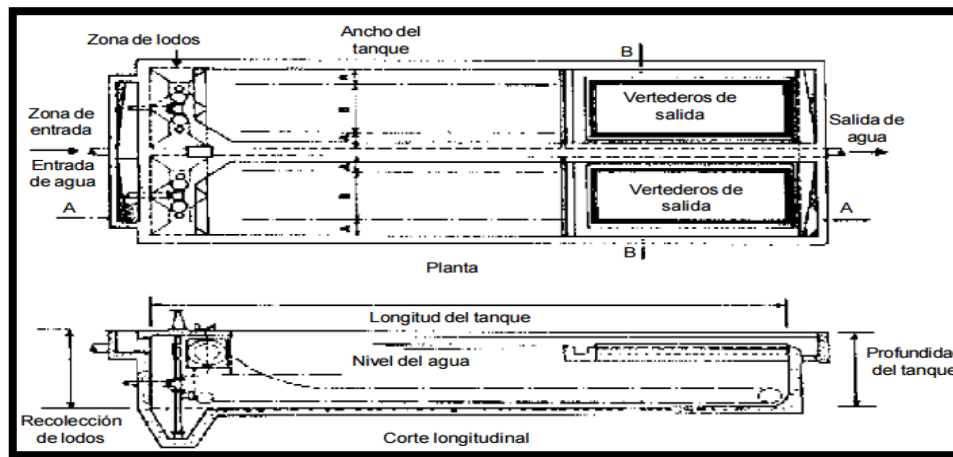


Grafico 3-1: Sedimentador horizontal de forma rectangular

Fuente: Maldonado Victor, 2014

Por lo general los sedimentadores se catalogan por su forma, en este caso son los sedimentadores de forma rectangular o que sean de flujo horizontal, permitiendo una fácil construcción y a menor escala pero el precio es más elevado por la cantidad de material que implica su construcción. Normalmente, tienen una relación longitud/ancho comprendida entre 3 y 6, además de una profundidad de 2,50 a 4,00 metros. (METCALF., & EDDY. 1998. p.280)

Tabla 4-1: Valores recomendados de carga superficial para distintas suspensiones

Suspensión	Carga superficial ($m^3/m^2 \cdot día$)	
	Intervalo	Caudal punta
Agua residual sin tratar	24 - 48	48
Floculos de sulfato de alúmina	14 - 24	24
Floculos de hierro	21 - 32	32
Floculos de cal	21 - 48	48

Fuente: METCALF & EDDY, 1996

Tabla 5-1: Parámetros de diseño de sedimentadores laminares

Parámetro	Valor
Tiempo de retención en placas	15 – 25 min
Inclinación de placas	60°

Distancia entre placas	5 cm
profundidad	3-5 m
Pendiente de fondo	> 2%

Fuente: ROMERO, Jairo. 2004

Tabla 6-1: Parámetros de diseño de sedimentadores de placas planas - cemento

Parámetro	Valor
Longitud	1.20 m
Ancho	2.40 m
Espesor	0.01 m

Fuente: ROMERO, Jairo. 2004

Tabla 7-1: Viscosidad cinemática del agua a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Viscosidad cinemática x10 ⁻⁶ (m ² /s)
15	1.140
17	1.082
18	1.054
19	1.029
20	1.004

Fuente: ROMERO, Jairo. 2004

1.4.5.1. Dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal

En general las partículas de los sólidos suspendidos son retenidas en las placas superiores y consecutivamente caen para que se sedimenten, lo que nos permite que se concierta en un proceso autolimpiable, además los factores que ayudan a la sedimentación son incremento del área de la sedimentación, reducción de la elevación de desplome de la partícula, y el régimen de flujo laminar.

1.4.5.1.1. Velocidad inicial

Para calcular la velocidad con la que llega el agua al sedimentador se calcula de la siguiente manera:

$$V_s = \frac{L_p}{T_{rp}} \text{ (Ecuación 24)}$$

Dónde:

V_s = velocidad inicial en las placas (m/min)

T_{rp} = tiempo de retención de placas (min)

L_p = longitud de placas (m)

1.4.5.1.2. Área de sedimentación

Para calcular la siguiente área se necesita de esta ecuación:

$$A_s = \frac{Q}{V_s * \text{Sen } \Phi} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Dónde:

Q = caudal (m³/s)

A_s = área (m²)

Φ = ángulo de inclinación de las placas (60°)

V_s = velocidad inicial después de instalar las placas (m/min)

1.4.5.1.3. Longitud del área de sedimentación

Esta longitud se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$L_s = \frac{A_s}{B_s} \quad (\text{Ecuación 26})$$

Dónde:

A_s = área (m²)

L_s = longitud área de sedimentación (m)

B_s = ancho sedimentador (m)

1.4.5.1.4. Longitud relativa del sedimentador

Para determinar la longitud relativa se necesita de la siguiente ecuación:

$$L_r = \frac{L_p}{d} \quad (\text{Ecuación 27})$$

Dónde:

L_r = longitud relativa del sedimentador (m)

d = distancia de separación entre placas (0.06m)

L_p = longitud de las placas (m)

1.4.5.1.5. Longitud relativa en la zona de transición

$$L' = 0.013 * \frac{V_s * d}{v} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Dónde:

V_s = Velocidad inicial después de instalar las placas (m/min)

d = distancia de separación entre placas (0.06m)

ν = viscosidad cinemática del fluido (m^2/s)

L' = longitud relativa en la zona de transición (m)

1.4.5.1.6. Longitud relativa corregida

Esta longitud se establece por la siguiente ecuación:

$$L_c = L_r - L' \quad (\text{Ecuación 29})$$

Dónde:

L_r = longitud relativa del sedimentador (m)

L' = longitud relativa en la zona de transición (m)

L_c = longitud relativa corregida (m)

1.4.5.1.7. Velocidad crítica de sedimentación

La velocidad crítica está determinada por la siguiente formula:

$$V_{sc} = \frac{Sc \cdot V_s}{\text{Sen } \theta + L_c \cdot \text{Cos } \theta} \quad (\text{Ecuación 30})$$

Dónde:

θ = ángulo (60°)

L_c = longitud relativa corregida (m)

V_s = Velocidad inicial después de instalar las placas (m/min)

Sc = Constante para cada tipo de módulo, adimensional (1)

1.4.5.1.8. Número de Reynolds

Es un número adimensional caracterizado por comprobar el movimiento del fluido es decir si es laminar o turbulento, en este caso del agua residual que llega al sedimentador.

$$Nre = \frac{V_s \cdot d}{\nu} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Dónde:

d = distancia de separación entre placas (0.06m)

V_s = Velocidad inicial después de instalar las placas (m/min)

ν = viscosidad cinemática del fluido (m^2/s)

Nre = número de Reynolds (adimensional)

1.4.5.1.9. Tiempo de retención en placas

El tiempo se establece con la siguiente formula:

$$t = \frac{L_p}{V_s} \quad \text{(Ecuación 32)}$$

Dónde:

t= tiempo de retención en placas (min)

L_p= longitud de las placas (m)

V_s= velocidad inicial después de instalar las placas (m/min)

1.4.5.1.10. Volumen del tanque de sedimentación

Se determina el volumen con los valores del área superficial y la altura del tanque.

$$V = Z_s * L_s * B_s \quad \text{(Ecuación 33)}$$

Dónde:

V= volumen (m³)

Z_s= Altura (m)

L_s= longitud del área de sedimentación (m)

B_s= ancho del sedimentador (m)

1.4.5.1.11. Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

Se determina mediante el volumen del tanque dividido para el caudal del agua residual mediante la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad \text{(Ecuación 34)}$$

Dónde:

TRH = tiempo de retención (min)

V= volumen (m³)

Q= caudal (m³/min)

1.4.5.1.12. Número de placas

Para determinar el número de placas a emplear en el tanque de sedimentación se emplea el siguiente cálculo:

$$N_p = \frac{(L_s - L_p * \cos\theta) \text{sen}\theta + d}{d + e} \quad \text{(Ecuación 35)}$$

Dónde:

Ls= longitud del área de sedimentación (m)

Lp= longitud de las placas (m)

d= distancia de separación entre placas (0.06 m)

Np= Número de placas (adimensional)

e= Espesor de las placas (0.01 m)

1.4.5.1.13. Altura de la pendiente de sedimentación

Se emplea un ángulo de 2% como una consideración para el diseño por lo establecido en el libro de Metcalf y Eddy.

$$h = \theta * Lc \quad \text{(Ecuación 36)}$$

Dónde:

Lc= longitud relativa corregida (m)

θ = ángulo de pendiente (2%)

h= altura de la pendiente (m)

1.4.5.1.14. Diámetro de la tubería de ingreso de agua

$$\Phi = \sqrt{\frac{Q*4}{V*\pi}} \quad \text{(Ecuación 37)}$$

Dónde:

Q= Caudal (m^3/min)

V= velocidad (se considera 0.3 m/s)

1.4.6. Floculación y coagulación

Los términos coagulación y floculación han variado mucho de acuerdo a los distintos autores, pero se ha podido estandarizar ambos conceptos:

A. Coagulación: es el mecanismo inicial que permite que los elementos de una disolución que se halla en estabilidad es desequilibrada por un incremento de fuerzas que favorecen la estabilidad, por lo cual existen varios químicos empleados como coagulantes que ayudan a la decantación del material suspendido.

B. Floculación: es en segundo paso dispuesto para favorecer a la decantación con mayor facilidad, consiste en unir los fragmentos desestabilizados para constituir grandes cúmulos de material llamados flocs que por su peso tienden a caer, para que este proceso suceda es necesario la aplicación

de floculantes a una definitiva velocidad de agitación, en algunos casos se requieren químicos auxiliares como el sulfato de aluminio. (AGUILAR, Mario, et al. 2002. p.35)

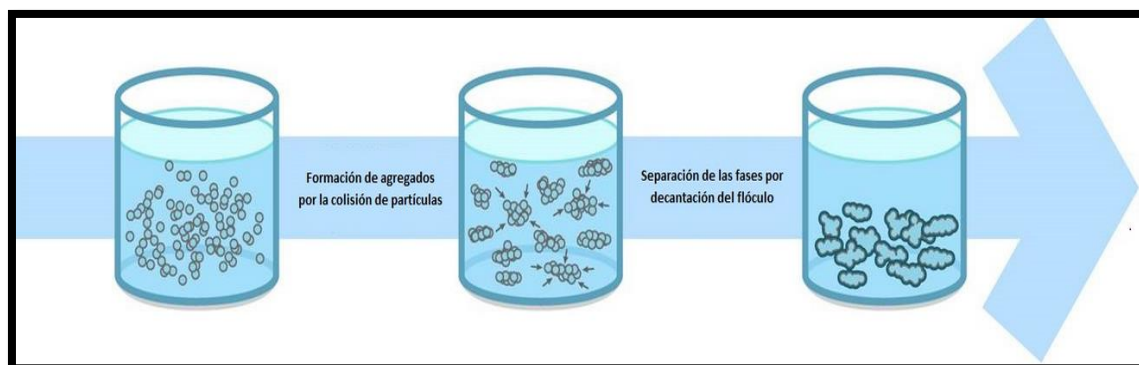


Grafico 4-1: Proceso de coagulación – floculación

Fuente: Aquatracta, 2014

Entre los principales factores que afectan el correcto funcionamiento están:

- La naturaleza del agua
- Las variaciones de caudal
- La intensidad de agitación
- El tiempo de floculación
- El número de compartimentos de la unidad

Los floculadores se clasifican en mecánicos o hidráulicos de acuerdo con la clase de energía empleada para movimiento de agitación del agua residual.

C. Mezcladores rápidos mecánicos de turbina

La mezcla de los coagulantes y floculantes para el proceso de sedimentación preferentemente de aguas contaminadas que se realiza en tanques rectangulares o cilíndricos, el flujo del líquido es detenido en un período determinado y es sacudido por mezcladores hidráulicos o mecánicos produciendo turbulencia, los coagulantes deben ser proporcionados en un solo punto del tanque. El mezclador más frecuente son los mecánicos ya que son de mayor confianza y flexibilidad, los impulsores utilizados son los de paleta, turbina y hélices. El diámetro del impulsor comúnmente es de 30- 50 % del diámetro total del tanque y el rango de velocidades que son recomendados dependiendo el tipo de agua es de 10 a 150 rpm. Se colocan además pequeños deflectores en el interior del tanque a una longitud de 0.10 veces el diámetro del tanque que permiten una mayor potencia a la mezcla y genera gran turbulencia. En el diseño de este agitador se realizara con impulsores de turbina de paletas planas ya que proporcionan una buena mezcla. (VÁZQUEZ, Fidel. 2003. p,283)

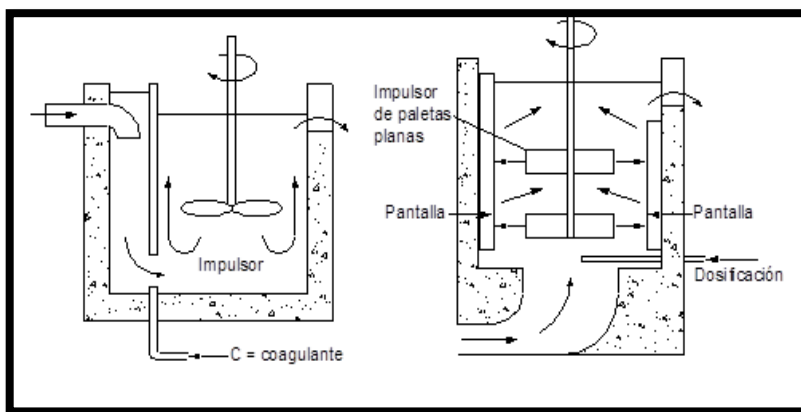


Grafico 5-1: Mezcladores de turbina para aguas residuales

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Tabla 8-1: Número de potencia para diferente tipo de impulsores

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

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Tabla 9-1: Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

Parámetro	Medida
Gradiente de velocidad (s^{-1})	500 - 1000
Tiempo de retención (s)	1 - 7

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Tabla 10-1: Densidad y viscosidad dinámica del agua a distintas temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad (Kg/m ³)	Viscosidad Dinámica (N·s/m ²)
15	999.19	$1,139 \cdot 10^{-3}$
16	999.03	

17	999.86	
18	999.68	
20	999.49	$1,102 \cdot 10^{-3}$

Fuente: ROBERTH, Mott, 2013

Las cantidades que se emplearan para el procedimiento de coagulación-floculación serán calculadas previamente a través de ensayos de test de jarras, mencionados de esta manera:

D. Policloruro de aluminio.- es un polímero que actúa tanto coagulante como floculante es empleado para el tratamiento de clarificación de aguas potables y en algunas ocasiones en aguas residuales de métodos industriales. Su forma química está compuesto por policloruro de aluminio en forma de polvo y en concentraciones líquidas como la de JP Químicos que es la empresa que administra los insumos necesarios para la sedimentación de material suspendido, tiene alta concentración de $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)} \cdot H_2O$ con un mínimo de 31%. Por su fuerte poder desequilibrador de cargas permite una completa coagulación de los sólidos presentes en el agua residual permitiendo lograr una reducción de los niveles de turbidez, color que es lo que se precisa. Una de las grandes ventajas que presenta es el tratamiento de aguas con una elevada cantidad de hierro o en compuesto, aguas duras y que exhiban con color. (AGUILAR, Mario, et al. 2002. p.35)

E. Sulfato de aluminio.- es una sal que su fórmula es $Al_2(SO_4)_3$, se muestra como un polvo sólido y blanco en el caso se lo conoce como de tipo A, con un conjunto de hierro menor 0.5%, y la segunda forma es de un color marrón en el caso de tipo B y presenta un conjunto de hierro menor al 1,5%. Es considerablemente empleado en la industria que genera aguas residuales, además es empleado como coagulante en la purificación del agua potable y en la industria del papel para su blanqueamiento. Su forma de acción es cuando el pH de agua residual es ligeramente ácido, alcalino o neutro el aluminio lo derrumba arrastrando las partículas en suspensión, sedimentándose y dejándolo transparente. En el tratamiento de efluentes es muy empleado ya que el sulfato de aluminio es un producto muy económico y segura en la separación de fósforo, tanto administrativo y comercial que clarifica el líquido al decantar los sólidos en suspensión. (AGUILAR, Mario, et al. 2002. p.47)

F. La cal.- es conocida como el químico versátil, ya que es uno de los químicos más antiguos que el hombre ha venido procesando y que tiene un sin número de aplicaciones, desde la agricultura hasta el procesamiento de metales. Pero sin duda en este estudio es adecuado para el tratamiento de aguas residuales ya que en este momento sus utilidades se han ampliado al cuidado ambiental, empleando usualmente en el tratamiento de efluentes residuales. Las funciones y beneficios que proporciona al tratar este tipo de aguas es:

- Suavización del agua al estabilizar el pH ocasionado por los bicarbonatos.
- Mayor coagulación, ya que las aguas residuales son muy acidas, y en el potencial de hidrogeno neutros la coagulación es más factible.
- Favorece en la purificación de las aguas ya que tiene mayor éxito en la destrucción de los microorganismos de tipo E.Coli.
- Buena remoción de metales como, el arsénico, bario, plomo, cadmio, cromo, flúor.
- Eliminación del color con una ayuda adicional de carbón activado.
- Control de olores manteniendo el pH estable favoreciendo a que los sulfuros persistan en disolución y no se dispersen como un gas. (AGUILAR, Mario, et al. 2002. p.56)

1.4.6.1. Dimensionamiento de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina

1.4.6.1.1. Volumen del tanque

Se calcula empleando el caudal para un tiempo determinado, mediante la siguiente ecuación:

$$v=Q*Trh \text{ (Ecuación 38)}$$

Dónde:

v= volumen (m³)

Q= caudal (m³/s)

T= tiempo de retención (s)

1.4.6.1.2. Diámetro de la cámara de mezcla

El diámetro se determina mediante la siguiente ecuación en la cual se emplean relaciones de geometría:

$$V = \frac{\pi * DT^3}{4} * \frac{a}{b}$$

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * V * a}{\pi * b}} \text{ (Ecuación 39)}$$

Dónde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

V= volumen (m³)

a= relación de geometría, adimensional (3)

b= relación de geometría, adimensional (3.5)

1.4.6.1.3. Profundidad de la cámara de mezcla

Determina el ancho que deberá tener dicho tanque mediante la siguiente ecuación:

$$H = b * \frac{DT}{a} \text{ (Ecuación 40)}$$

Dónde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

a= relación de geometría, adimensional ($\frac{DT}{D} = 3$)

b= relación de geometría, adimensional ($\frac{H}{D} = 3.5$)

H= Profundidad de la cámara de mezcla (m)

1.4.6.1.4. Diámetro de la turbina

El diámetro que posee el disco de la turbina que genera la rotación se determina a través la siguiente ecuación en la cual se emplean relaciones de geometría:

$$D = \frac{DT}{a} \text{ (Ecuación 41)}$$

Dónde:

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

a= relación de geometría, adimensional (3)

D= diámetro de la turbina (m)

1.4.6.1.5. Anchura de los deflectores

Los deflectores permiten generar una mayor mezcla por lo que es muy importante el diámetro que posean los mismos.

$$Wd = \frac{D}{10} \text{ (Ecuación 42)}$$

Dónde:

Wd= anchura de los deflectores (m)

D= diámetro de la turbina (m)

1.4.6.1.6. Dimensiones de las paletas

Las dimensiones básicas se determinan mediante el empleo de las siguientes ecuaciones:

$$B = \frac{D}{4} \text{ (Ecuación 43)}$$

$$W = \frac{D}{4} \text{ (Ecuación 44)}$$

Dónde:

B= longitud de la paleta (m)

W= alto de la paleta (m)

D= diámetro de la turbina (m)

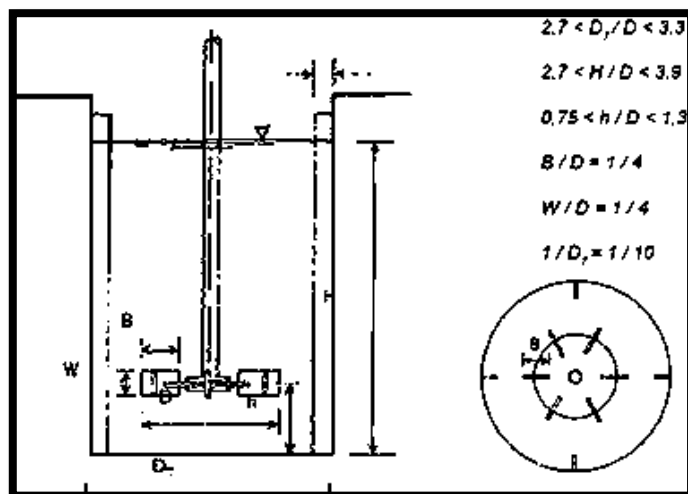


Grafico 6-1: Dimensiones para el diseño de tanque de mezcla rápida

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

1.4.6.1.7. Potencia aplicada al agua residual

Es la cantidad de potencia que se requiere para una mezcla adecuada sin romper los flocs generados el proceso de coagulación floculación y se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = u * v * G^2 \text{ (Ecuación 45)}$$

Dónde:

P= potencia (Watt)

u = viscosidad dinámica (N·s/m²)

v = viscosidad cinemática (m²/s)

G= gradiente de velocidad (s⁻¹)

1.4.6.1.8. Velocidad de rotación

Es el número de revoluciones por minuto generadas en el tanque para que se produzca una mezcla uniforme. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * D^5}} \text{ (Ecuación 46)}$$

Dónde:

N= velocidad de rotación (rpm)

P= potencia (Watt)

k= número de potencia (adimensional)

ρ = densidad del agua (kg/m³)

D= diámetro de la turbina (m)

1.4.6.1.9. Anchura de las paletas del impulsor

Para calcular el ancho de las paletas se utiliza la siguiente ecuación:

$$q = \frac{D}{5} \text{ (Ecuación 47)}$$

Dónde:

q= ancho de las paletas del impulsor (m)

D= diámetro de la turbina (m)

1.4.6.1.10. Diámetro del disco central

Para calcular el diámetro del disco de la turbina se utiliza la siguiente formula:

$$S = \frac{DT}{4} \text{ (Ecuación 48)}$$

Dónde:

S= Diámetro del disco central (m)

DT= diámetro de la cámara de mezcla (m)

1.4.6.1.11. Altura del impulsor respecto al fondo del tanque

Para calcular la altura se necesita de la siguiente ecuación:

$$h = \frac{D}{1} \text{ (Ecuación 49)}$$

Dónde:

h= altura del impulsor respecto al fondo del tanque (m)

D= diámetro de la turbina (m)

1.4.6.1.12. Dosificación de coagulantes-floculantes

Para calcular la cantidad adecuada para la reacción de coagulación-floculación se determina mediante la siguiente formula:

$$x = \frac{Q * C}{P * \rho} \text{ (Ecuación 50)}$$

Dónde:

x = Aforo del compuesto químico (L/día)

C = Concentración del compuesto químico utilizado en el test de jarras (ppm)

P = Porcentaje de dilución del compuesto químico

ρ = Densidad del compuesto químico (Kg/L)

1.4.7. Filtración lenta

Generalmente la filtración lenta es llevada a cabo con arena, pero también se puede incluir carbón activado y grava, con el objetivo de cambiar las tipologías físicas del agua residual más que las propiedades bacteriológicas y químicas pues serán tratadas en procesos posteriores. La filtración lenta es un proceso común de costo moderado dependiendo el medio filtrante que se emplee, para tratar aguas que no estén muy contaminadas. Durante el tratamiento se retienen las partículas coloidales y productos orgánicos biodegradables. Una de las limitaciones que se presentan es que la turbiedad no exceda las 15 NTU, en el caso de que este valor se supere debe ser tratada el agua previamente con un sistema de sedimentación. (JIMÉNEZ, Blanca. 2001. p,220)

En un filtro lento convencional la potabilización del agua se lleva a cabo por un flujo precipitante por medio de un lecho de arena o carbón activado, donde se genera un proceso complejo que comprende varios sistemas de tratamiento como son:

- Tamizado
- Sedimentación
- Adsorción
- Oxidación
- Acción bacteriana

El agua residual debe ingresar a través de una tubería que se localiza arriba de lecho filtrante de carbón o conocido como sobrenadante, en espera de su trayecto por el mismo proceso. Un tiempo de detención hidráulico admisible es de 4 a 12 horas dependiendo de la velocidad de filtración. (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 1988. p,60)

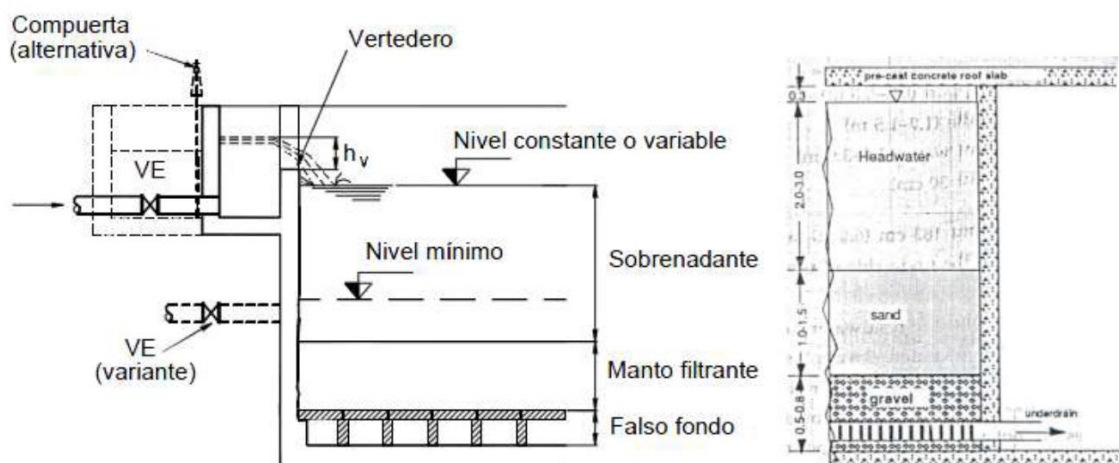


Grafico 7-1: Filtro lento de arena

Fuente: Palacios José, 2009

Sistema de drenaje del agua purificada.- puede estar construida por distintos tipos de materiales, como concreto en forma de bloques, ladrillos dejando espacios de 1cm para que filtre el agua, y tuberías perforadas previamente.

Limpieza del filtro lento.- para la limpieza del filtro se debe diseñar una tubería de desfoque del agua tratada o un falso fondo, además se debe cerrar la tubería de ingreso del agua hasta que permanezca a ras del medio filtrante. Para su limpieza se debe raspar de 1 a 2 cm de la superficie del lecho filtrante, una vez limpio el excedente se lo deposita en un recipiente, una vez que se encuentre lleno dicho recipiente, el arena se puede lavar nuevamente, mientras que el carbón activado se lo debe llevar a un lugar óptimo para su reactivación, se recomienda el empleo de este filtro lento para aguas residuales con una carga superficial menor a $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{días}$, es decir que deben contar con un tratamiento previo. (VALENCIA, Adriana. 2013. p,70)

Tabla 11-1: Parámetros de diseño de un filtro lento

PARÁMETROS	UNIDADES
Numero de filtros:	2 a 4 filtros
Velocidad de filtración:	0.1 a 0.3 m/h
Área de los filtros:	Área mínima=100 m ²
	Área máxima= 2000-5000 m ²
Lecho de arena:	0.30-0.40 m zona bacteriológica
	0.40-0.50 m zona de oxidación
	Total de la capa de arena de 1.2-1.4 m
Sistema de drenaje:	
Altura del drenaje incluyendo la capa de grava	0.3-0.5 m
Tubos perforados:	
Máxima velocidad en múltiples y laterales	0.3 m/s
Espacio entre laterales	1.5 m
Espacio de orificios de laterales	0.15 m
Tamaño de orificio laterales	3 mm
Limpieza de los filtros:	Limpieza mecánica
Agua sobrenadante en el filtro:	
Altura	1.0 y 1.5 m
Sobre el nivel de agua	20 cm y 30 cm

Fuente: Bucay Ruth, 2014

Carbón activado.- es un material permeable de carbón que es elaborado por incineración y activación de elementos de destino tipo de origen, como son carbones minerales, maderas las cuales se identifican por sus propiedades de absorción y catálisis. El carbón activo está compuesto de 75 a 80% de carbono y un 5 a 10% de cenizas. Concretamente se presenta en forma de polvo o en forma de grano.

Los lechos de carbón activado se instalan en columnas de filtros lentos, ya sea compactados o no, teniendo como objetivo primordial la filtración mecánica y adsorbente, en mezcla de capa con filtros de arenas, procediendo como atrayente de absorción. Este proceso inmoviliza productos no polares como el aceite inorgánico, polihidrocarburos aromáticos, cloro y sus derivados, sustancias halogenadas como I, Br, Cl, H, F, sustancias productoras de olores y sabores insoportables en el agua, sin destruir la composición única de la misma. (VALDERRAMA, José. 1996. p.62)

Tabla 12-1: Parámetros de Diseño de Filtros lentos de Arena

Parámetro	Valor
Tasa de filtración	2 – 12 m/d
Medio	Arena
Altura del agua sobre el lecho	1 - 1,5 m
Profundidad del medio	0,60 – 1 m
Profundidad de grava	0,30 m
Tamaño efectivo del medio	0,15 - 0,35 mm
Coefficiente de uniformidad	1,8 - 2,0
Drenaje	Tubería perforada
Altura del drenaje	0,4 - 0,7 m
Tiempo de lavado	5 – 15 min

Fuente: Romero Jairo, 2004

Tabla 13-1: Parámetros de Diseño de laterales

Parámetro	Valor
Espaciamiento de los laterales	1,5 – 2,0 m
Diámetro de los orificios de los laterales	2 - 4 mm
Espaciamiento de los orificios de los laterales	10 - 30 cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	3,5 cm
Velocidad en orificio	0,3 m/s

Fuente: Romero Jairo, 2004

Tabla 14-1: Velocidades de Diseño para tuberías del filtro

Parámetro	Velocidad (m/s)
Afluente	0,15 – 3
Efluente	0,4 – 0,9

Fuente: Romero Jairo, 2004

1.4.7.1. Parámetros de diseño de filtración lenta

1.4.7.1.1. Velocidad de filtración

Es la velocidad con la que desciende el agua a tratar por medio de la fracción filtrante, se debe establecer una consideración de diseño en cuanto al área.

$$V_F = \frac{Q}{A_s} \quad (\text{Ecuación 51})$$

Dónde:

V_F = velocidad de filtración (m/s)

Q = caudal (m³/s)

A_s = área (m²)

1.4.7.1.2. Área superficial real

Para un tratamiento adecuado de este tipo de agua residual se deben diseñar al menos dos filtros lentos para facilitar la limpieza, es decir que cuando el primer filtro se sature, entra en acción el segundo filtro con el objetivo de que no se pierda el tratamiento del agua, las unidades deben estar en paralelo con una área máxima de 100 m².

Es el área donde se ubicara el diseño, que se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{Q}{N \cdot V_F} \quad (\text{Ecuación 52})$$

Dónde:

V_F = velocidad de filtración (m/s)

Q = caudal (m³/s)

A_s = área (m²)

N = número de unidades (adimensional)

1.4.7.1.3. Coeficiente de mínimo costo

Es un parámetro en el que se considera en número de unidades filtrantes a utilizar.

$$K = \frac{2 \cdot N}{N + 1} \quad (\text{Ecuación 53})$$

Dónde:

N = número de unidades (adimensional)

K = coeficiente de costo mínimo (adimensional)

1.4.7.1.4. Longitud del filtro lento

Es la distancia longitudinal con la que se extiende la estructura.

$$L=(As * K)^{1/2} \text{ (Ecuación 54)}$$

Dónde:

As= área (m²)

K= coeficiente de costo mínimo (adimensional)

L= longitud (m)

1.4.7.1.5. Ancho del filtro lento

Es la menor unidad de dimensión horizontal de una estructura, calculada con la siguiente ecuación:

$$B=(\frac{As}{K})^{1/2} \text{ (Ecuación 55)}$$

Dónde:

As= área (m²)

K= coeficiente de costo mínimo (adimensional)

B= ancho (m)

1.4.7.1.6. Velocidad de filtración real

La velocidad de filtración para filtros lentos debe variar entre 0,10 a 0,12 m/h, en dependencia del tipo de agua residual y la calidad con la que ingresa. Se calcula de la siguiente manera:

$$VFr=(\frac{Q}{2*As*B}) \text{ (Ecuación 56)}$$

Dónde:

As= área (m²)

B= ancho (m)

Q= caudal (m³/s)

VFr= velocidad de filtración real (m/s)

1.4.7.1.7. Vertedero de entrada

La velocidad recomendada de ingreso del agua residual al filtro es de 0,3m/s para no dañar el lecho faltante con aun acida brusca de agua.

$$ha=(\frac{Q}{1,84*B})^{2/3} \text{ (Ecuación 57)}$$

Dónde:

B= ancho (m)

Q= caudal (m³/s)

ha= vertedero de entrada (m)

1.4.7.1.8. Altura del filtro

Para calcular la altura se emplea la siguiente ecuación:

$$Z_F = F_S (C_A + L_A + C_S + F_C) \quad \text{(Ecuación 58)}$$

Dónde:

Z_f= Altura del filtro (m)

F_s= Factor de seguridad (10 %)

C_A= Altura de la capa de agua (m)

L_A= Altura del lecho filtrante (m)

C_s= Altura de capa de soporte (m)

F_c= Altura del drenaje (m)

1.4.7.1.9. Sistema de drenaje

El cargo más importante del sistema de drenaje del filtro reside en suministrar una distribución adecuada del agua de lavado, además se lo utiliza para recolectar el agua tratada y filtrada correctamente.

A. Área de orificios laterales

Para calcular el área que ocupara cada orificio se determina con la siguiente ecuación:

$$A_0 = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \quad \text{(Ecuación 59)}$$

Dónde:

A₀= área de cada orificio (m²)

D₀= Diámetro del orificio (m)

B. Caudal que ingresa a cada orificio

Para determinar este caudal se emplea a siguiente formula:

$$Q_0 = A_0 \cdot V_0 \quad \text{(Ecuación 60)}$$

Dónde:

A₀= área de cada orificio (m²)

Q₀= caudal que ingresa cada orificio (m³/s)

vo:= velocidad en orificio (m/s)

C. Numero de laterales

Para determinar el número de laterales se emplea a siguiente formula:

$$N_L = n_L \frac{L}{e_L} \text{ (Ecuación 61)}$$

Dónde:

NL= número de laterales (adimensional)

n_L= número de laterales por lado (adimensional)

e_L= separación entre laterales (m)

D. Diámetro de la tubería de entrada al filtro

Para calcular el diámetro se emplea la siguiente formula:

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V_e}} \text{ (Ecuación 62)}$$

Donde:

D_{Te}= diámetro de la tubería de entrada del agua al filtro (m)

Q= caudal de diseño (m³/s)

V_e= velocidad de agua a través de la tubería de entrada (m/s)

E. Diámetro de la tubería de salida del filtro

Para calcular el diámetro se emplea la siguiente ecuación:

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V_s}} \text{ (Ecuación 63)}$$

Donde:

D_{Te}= diámetro de la tubería de entrada del agua al filtro (m)

Q= caudal de diseño (m³/s)

V_s= velocidad de agua a través de la tubería de salida (m/s)

1.4.7.1.10. Sistema de lavado del filtro

El lavado de los filtros es una acción imprescindible para devolver la capacidad depuradora cuando el filtro ya se encuentra saturado. Por lo general el lavado se realiza en contracorriente expandiendo los granos de arena y carbón activado estableciendo una suspensión.

A. Velocidad óptima del lavado del filtro

Para determinar la velocidad de lavado se emplea la siguiente fórmula:

$$V_L = CU * TE \text{ (Ecuación 64)}$$

Donde:

V_L = velocidad óptima de lavado del filtro (m/min)

CU = coeficiente de uniformidad de la arena (adimensional)

TE = tamaño efectivo de la arena (mm)

B. Cantidad de agua para el lavado del filtro

Para calcular la cantidad adecuada de agua para el lavado se emplea la siguiente ecuación:

$$v_L = V_L * A_S * t_l \text{ (Ecuación 65)}$$

Dónde:

v_L = cantidad de agua para el lavado del filtro (m³)

t_l = tiempo óptimo de lavado (min)

A_S = área superficial (m²)

1.4.8. Desinfección

El proceso de desinfección del agua se lo entiende como un proceso de extracción, separación, inactivación, destrucción, de microorganismos perjudiciales que supone el final de su reproducción y desarrollo, ya que si no son eliminados causarían enfermedades siendo una de los principales medios de transmisión, además que un agua tratada no puede salir sin desinfectarse completamente. (OSORIO, Francisco. 2010. p,16)

Cloro.- es el método de desinfección más común, sencillo, y económico, se emplean numerosos derivados de este elemento como pueden ser cloro gas, hipoclorito o dióxido de cloro, ácido hipocloroso, pudiendo el resto de tipos convertirse en esta variante con una previa reacción. El cloro y sus derivados que son un tipo de oxidante, actúan destruyendo la célula al romper la pared celular que lo resguarda. La eficacia del cloro también dependerá de las características que presente el agua ya tratada previamente. (OSORIO, Francisco. 2010. p,17)

1.4.8.1. Dimensionamiento del sistema de desinfección

1.4.8.1.1. Volumen del tanque de cloración

Para el proceso de desinfección se empleará el diseño del tanque, donde se calcula el volumen con la siguiente ecuación:

$$V_{tanque} = Q * T \text{ (Ecuación 66)}$$

Dónde:

V_{tanque} = volumen del tanque (m³)

Q = Caudal (m³/s)

Tr = tiempo de retención (1200s proporcionado por E.P-EMAPA-G)

1.4.8.1.2. Altura del tanque

La altura del tanque de desinfección se diseña con el siguiente parámetro establecido por Muñoz Balarezo, demanda de cloro para aguas en 1992:

$$\text{Área} = 6,3 * 3,5 = 22,5 \text{ m}^2$$

$$H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A} \text{ (Ecuación 67)}$$

Dónde:

V_{tanque} = volumen del tanque (m³)

A = área (23 m²)

1.4.8.1.3. Dosificación en el hipoclorador

A. Peso cloro necesario

La cantidad de cloro que se debe adicionar para ser mezclado con el agua se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q * D * T^2}{1000 * I} \text{ (Ecuación 68)}$$

Dónde:

Q = Caudal

D = Dosis cloro necesaria

T = Periodo de almacenamiento de la solución

I = Porcentaje del cloro (65% = 0,65 de hipoclorito de calcio)

B. Volumen del hipoclorador

Se emplea datos de cálculos anteriores para obtener el volumen del tanque con la siguiente ecuación:

$$Vh = \frac{P_{Cl}}{5 * C} \text{ (Ecuación 69)}$$

Dónde:

C=Concentración de hipoclorito de calcio similar al cloro doméstico (5 establecido por E.P-EMAPA-G)

P_{Cl} = peso de cloro necesario

1.6. Normativa ambiental

1.5.1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua

La actual norma técnica ambiental es establecida por la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de empleo obligatorio y gobierna en todo el territorio nacional del Ecuador.

Para la caracterización y el análisis del agua residual y calidad del efluente que se descarga al Río Guaranda, se regirá la presente investigación a la normativa emitida por el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente “TULSMA”. El motivo del empleo de ésta norma se evidencia en que el cantón Guaranda, no hay una ordenanza, normativa, o ley que reglamente la liberación o descarga del agua residual contaminante.

Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua. Calidad de Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente “TULSMA”, Recurso Agua, Libro VI, Tabla 12, Anexo 1.

Tabla 15-1: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	2,0
Boro total	B	mg/L	2,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Cianuro total	CN-	mg/L	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cloruros	Cl-	mg/L	1 000
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 mL		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/L	100

Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	250
Fluoruros	F	mg/L	5,0
Fósforo Total	P	mg/L	10
Hierro total	Fe	mg/L	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	20,0
Manganeso total	Mn	mg/L	2,0
Materia flotante	Visibles	Ausencia	
Mercurio total	Hg	mg/L	0,005
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/L	10,0
Potencial de hidrógeno	pH	5-9	
Sólidos Sedimentables	mL/L	1,0	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	100	
Sólidos totales	mg/L	1 600	
Sulfatos	SO4	mg/L	1000
Temperatura	oC	< 35	

Fuente: TULSMA, 2010

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

El centro de faenamiento de Guaranda actualmente se abastece del agua proveniente del sistema de agua potable de Guaranda, una vez faenados los bovinos el agua es liberada hacia un tanque Imhoff el cual solo retiene los sólidos de mayor tamaño, y es así que el agua residual posteriormente es liberado hacia el río Guaranda, la cual contiene grandes cantidades de materia orgánica y sangre. A pesar que se recolecta la sangre y los excrementos durante el faenamiento, los que se escapan con el agua.

Para determinar la calidad y estado actual del agua se basó en caracterizaciones tanto físicas, químicas, biológicas y pruebas de tratabilidad realizadas en el laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G, estableciendo las etapas de tratamiento que se deben implementar en el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

2.1. Diseño experimental

2.1.1. *Fisiografía y suelo*

El cantón Guaranda posee una topografía sumamente irregular por el mismo hecho de estar localizado en la cordillera, el suelo presenta una estructura franco arcilloso con una excelente retención de la humedad convirtiéndolos en un suelo fértil con alta cantidad de materia orgánica y un pH un poco ácido, pero su mayor inconveniente es la topografía que dificulta la mecanización por las pendientes un poco elevadas.

El lugar de investigación está ubicado en una zona plana con nivel cero, por lo cual no es necesario realizar un levantamiento topográfico, solo se debe llevar a cabo un desmonte y limpieza por la proliferación de la maleza.

2.1.2. *Localización de la investigación*

La presente investigación se realizó en el centro de faenamiento municipal del cantón Guaranda, y posteriormente los análisis de caracterización en la planta de tratamiento de agua potable de Chaquishca en el laboratorio de control de calidad perteneciente a la E.P-EMAPA-G.

Ubicación de la provincia: En el callejón interandino del Ecuador

Lugar de estudio: Vía Ambato-Guaranda; calle el Peñón

Parroquia: Gabriel Ignacio Veintimilla

Cantón: Guaranda

Provincia: Bolívar

Coordenadas: 723005.78 m E; 9823136.84 m S; altitud 2668 msnm

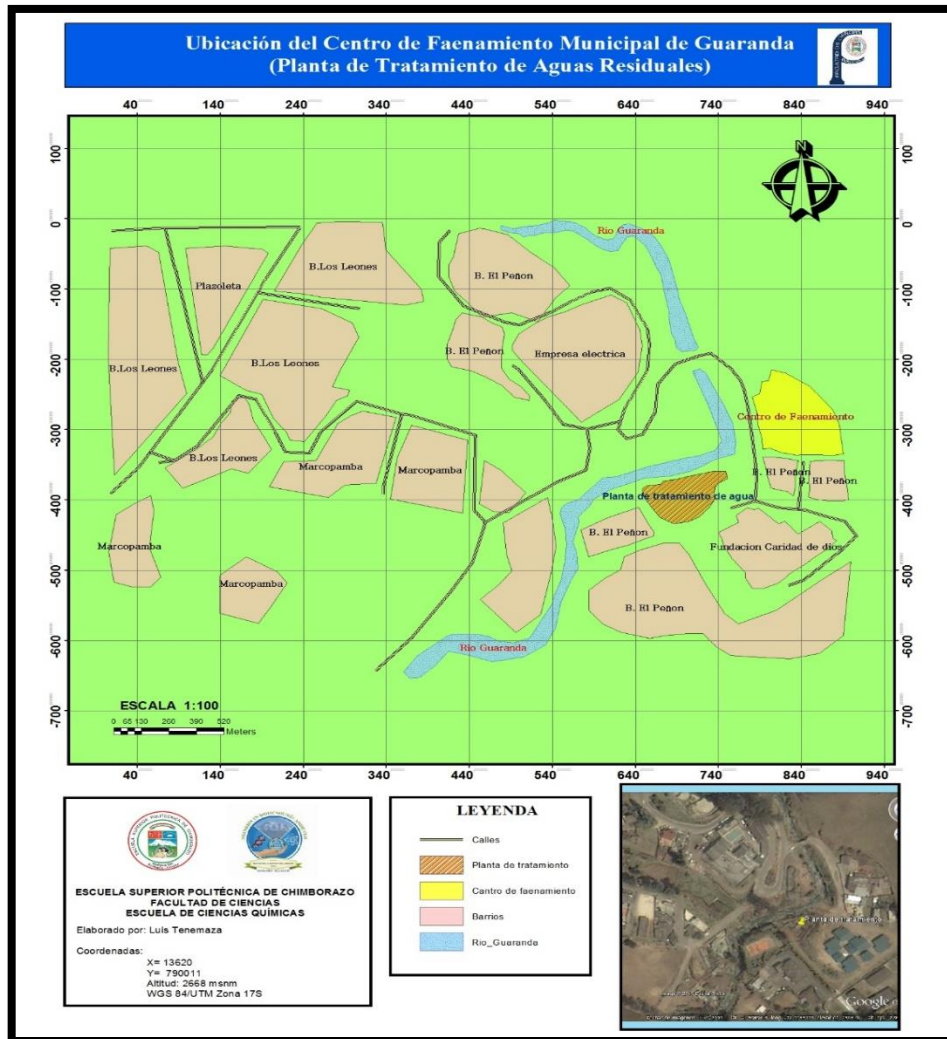


Grafico 1-2: Ubicación de la Planta de Tratamientos de aguas residuales del Centro de Faenamiento municipal del cantón Guaranda.

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

2.1.3. Método de recolección de información

La recolección de información y los métodos empleados para esta investigación son cuantitativo ya que mide los valores de análisis y resultados y cualitativo para la interpretación y análisis del agua residual u el objeto de estudio, de manera que facilite la determinación de caudales, el dimensionamiento de la planta y el análisis comparativo propuesto, cumpliendo los objetivos propuestos.

2.1.4. *Materiales, reactivos, equipos*

Tabla 1-2: Materiales, equipos, reactivos empleados en la investigación.

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
<p><i>Medición de caudales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Vaso de precipitación(1 L) ➤ Mandil ➤ Guantes ➤ Mascarilla ➤ Libreta de apuntes ➤ Balde (8L) ➤ Cronómetro 		
<p><i>Muestreo de aguas residuales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Probeta (1 L) ➤ Envases de plástico de 5 L ➤ Mandil ➤ Termómetro ➤ Mascarilla ➤ Guantes ➤ Cooler 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ pH-metro ➤ Conductímetro
<p><i>Laboratorio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erlenmeyer ➤ Pipetas ➤ Vasos de precipitación ➤ Tubos de ensayo ➤ Balones aforados ➤ Probetas ➤ Buretas ➤ Peras ➤ Papel filtro 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ácido sulfúrico ➤ Agua destilada ➤ Buffer de dureza ➤ Negro de eriocromo T ➤ EDTA ➤ NaOH ➤ Cromato de potasio ➤ Nitrato de plata NO₃Ag ➤ cloruro de bario ➤ Nitrito nitriver 3 ó nitrite ➤ Nitriver 5 ó nitrate ➤ Ácido ascórbico ➤ Aluver 3 o aluminio ➤ Sulfate ver 4 ➤ Hierro ferro ver ó iron phentathroline ➤ Reactivo SPANDS ➤ Colilert (mcolibblue-endocolibblue) ➤ MolyVer 1 ➤ MolyVer 2 ➤ MolyVer 3DPD cloro libre ➤ Ascorbic acid ➤ Cuver 1 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pH-metro ➤ Balanza ➤ Conductímetro ➤ Estufa ➤ Conductímetro ➤ Baño maría ➤ Test de jarras

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Phospaver ➤ Cromo 1 ➤ Cromo 2 ➤ Chromater 3 ➤ Reagent acid cromo 	
--	--	--

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

2.2. Metodología

2.2.1. Reconocimiento de la zona de faenamiento

Se recorrió las instalaciones del centro de faenamiento municipal del cantón Guaranda, con la dirección del administrador de la empresa, donde se enfatizó las zonas que generaron los distintos tipos de desechos. Se empezó el recorrido en el área de arribo de animales, luego se visitó el área de reposo de animales en el corral, continuado se procedió a la zona de arreo, luego se visitó el área de desangrado o zona de muerte, luego se visitó el área de izado, se continuo con la zona de degüello, se continuo con el área de descuerado, luego se visitó el área de evisceración, posteriormente se continuo con la zona de corte, y finalizó la visita en la zona de despacho.

2.2.2. Datos del faenamiento del camal municipal de Guaranda

El número de bovinos faenados durante el último año fueron proporcionados por la administración del centro de faenamiento municipal del cantón. Con los datos se elaboró una tabla en la que se registraron el número de bovinos faenados por día, y por mes, obteniendo los valores promedios.

2.2.3. Revisión de la planta de tratamiento actual

Se inició la revisión del área de estudio actual con la dirección del administrador del centro de faenamiento, que empezó en el canal de llegada del agua residual hacia el tanque Imhoff midiendo con un flexometro la base, longitud y la altura, posteriormente se continuo con la revisión del tanque Imhoff midiendo la base, la altura y la longitud, además se midió el nivel de inclinación del tanque para lo cual se utilizó una varilla con graduación colocándola en distintos puntos del tanque y anotando los datos registrados para determinar si existió variación de nivel, se continuo con la revisión de la extracción de lodos y residuos del tanque Imhoff, y se finalizó con la revisión del canal de descarga al río Guaranda y de las condiciones estructurales.

2.2.4. Medición de caudales

Para la medición de caudales del agua residual generada por el centro de faenamiento, se realizó en la tubería principal que desemboca a la entrada del tanque Imhoff, se empleó para la medición un cronometro, un balde de 8 litros ya que el caudal es alto, un vaso de precipitación de 1 litro, una

libreta para las anotaciones. El método que se utilizó es el volumétrico ya que las condiciones eran las adecuadas por no ser un volumen extremadamente grande y se aplicó la fórmula de la Ecuación 1 para determinar el caudal, las mediciones se realizaron durante los seis días de jornada laboral siendo de Lunes a Sábado, fue realizado con intervalos de 5 minutos ya que la jornada laboral diaria comienza a las 4 y 30 am y termina a las 6 y 30 am.

Se enfatizó la medición de los caudales para los días miércoles y sábado ya que se realizan más faenamientos por ser días de mayor afluencia comercial a los mercados de la ciudad. Una vez que se obtuvieron los caudales, se realizó tabulaciones e hidrogramas en Excel, estableciendo el caudal promedio y máximo de cada día y de la semana, los cuales fueron muy elevados.

Cabe mencionar que existen dos puntos de descarga hacia el río Guaranda por lo cual también se realizó mediciones de los caudales de estos puntos, sumando el valor resultante al ya obtenido con el fin de que no existan pérdidas que alteren el resultado real.

2.2.5. Muestreo del agua residual

Con la información que se obtuvo de la medición de los caudales, se consideró la hora en la que se genera mayor caudal y mayor concentración de sangre para la toma de muestras del agua residual generada.

Una vez que se estableció la hora adecuada se procedió a la toma de muestras con un recipiente plástico de 5 litros y con el equipamiento adecuado como es guantes, mascarillas y mandil. Los puntos de muestreo son dos, a la entrada del tanque Imhoff y a la salida del mismo con el fin de formar una muestra compuesta para proceder a la caracterización en el laboratorio. Por otro lado se tomó una muestra en un envase de vidrio ámbar para el análisis de DBO y DQO que se realizó los análisis en el centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica (CESTTA).

Para el muestreo compuesto se midió el volumen de muestra de entrada y de salida del tanque Imhoff y formar una muestra compuesta. Se obtuvieron dos muestras compuestas, una muestra para la caracterización en el laboratorio y la otra para la prueba del test de jarras.

Al final de cada muestreo se procedió a la rotulación de cada envase y la medición de pH, conductividad y temperatura, para luego ser colocados en el cooler y ser transportados adecuadamente.

2.2.6. Caracterización físico-química y microbiológica

En la caracterización del agua residual del centro de faenamiento de Guaranda se fundamentó en el método cualitativo para las características físicas y el método cuantitativo para las características tanto químicas y microbiológicas.

Es así que la caracterización del agua residual se realizó en laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G ubicado en el barrio Chaquishca del cantón Guaranda, y dichos análisis se fundamentan en el libro STÁNDAR METHODS, Edición 17, y HACH, previamente de ser recolectadas a la salida del centro de faenamiento.

Los resultados de los análisis realizados se presentan en el Capítulo III, y la metodología utilizada se describe en la siguiente Tabla.

Tabla 2-2: Métodos de Parámetros Analizados

DETERMINACIÓN TÉCNICA	UNIDAD DE MEDICIÓN	MÉTODO
Físicos		
pH	-----	STANDARD METHODS *4500 HB
Temperatura	°C	-----
Turbiedad	NTU	-----
Conductividad	mg/L	HACH DR 2800
Color	Pt-Co	-----
Químicos		
Dureza	mg/L(CaCO ₃)	HACH DR 2800
DBO	mg O ₂ /L	Método 5210- B
DQO	mg O ₂ /L	Método 5220- C
Solidos Totales Disueltos	mg/L	HACH DR 2800
Aluminio	mg/L	HACH DR 2800
Amonio Salicilato	mg/L	HACH DR 2800
Bario	mg/L	HACH DR 2800
Bromo	mg/L	HACH DR 2800
Hierro	mg/L	HACH DR 2800
Cobre	mg/L	HACH DR 2800
Cromo Hexavalente	mg/L	HACH DR 2800
Cromo Total	mg/L	HACH DR 2800
Cloruros	mg/L	HACH DR 2800
Sulfatos	mg/L	HACH DR 2800
Níquel/Cobalto	mg/L	HACH DR 2800
Fosfatos	mg/L	HACH DR 2800
Molibdeno	mg/L	HACH DR 2800
Flúor	mg/L	HACH DR 2800
Manganeso	mg/L	HACH DR 2800
Microbiológico		
Coliformes Fecales	NPM/100mL	Manual de métodos analíticos para el control del tratamiento de aguas
Coliformes totales	NPM/100mL	Manual de métodos analíticos para el control del tratamiento de aguas

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

2.2.7. Pruebas de test de jarras

La prueba de test de jarras se realizó en el laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G, posterior a la caracterización del agua residual, al presentar gran cantidad de sólidos suspendidos se procedió a colocar el agua residual en cuatro vasos de precipitación de 800 mL en el equipo, con el objetivo de adicionar los químicos a distintas concentraciones y obtener los más eficientes, los reactivos químicos que se ocuparon fueron policloruro de aluminio en distintas concentraciones, sulfato de aluminio, cal, PAC y CHEMFLOCK, al agregar estos químicos se procede a colocar a una revolución y tiempos adecuados para que se dé el proceso de coagulación-floculación.

Se realizaron varias pruebas de test de jarras para identificar qué tipo de CHEMFLOCK es el más óptimo ya que varía su eficacia de acuerdo al tipo de agua residual, por lo que se probaron con el CHEMFLOCK N-100, A-92, C-25, K-933, PF-130 y P-25.

Primero se agregó el sulfato de aluminio conjuntamente con la cal para la eliminación del color y el olor además de la estabilización del pH que disminuye al agregar el sulfato, luego se agregó en las mismas cantidades el policloruro de aluminio y el Chemflock para la formación de flocs más grandes y que se genere una decantación más rápida.

Posterior a las pruebas realizadas, se midieron los parámetros físicos, y de igual manera al finalizar, es decir que se comenzó midiendo la turbiedad, pH, conductividad, demostrando cuan eficaz son los químicos que se probaron para dicho tratamiento y que es necesario el dimensionamiento de un floculador para que se lleve a cabo el tratamiento a futuro. Además se realizaron varias pruebas con diversos floculantes para determinar cuál es el mejor, y emplearlo para el tratamiento.

2.2.7.1. Determinación de la dosis optima

Se comenzó determinando inicialmente los valores de pH óptimo, concentración optima, tiempo óptimo, y velocidad óptima que se describen a continuación:

a) Para determinar el pH optimo

- Se colocó el agua residual en 4 vasos de precipitación de 800 mL.
- Se ajustó el pH para los siguientes valores: 6, 7, y 8. Posteriormente se utilizó cal que fue diluida a 0.4 g/L para eliminar el olor, color, y estabilizar el pH.
- Se efectuó el test de jarras con la adición de policloruro de aluminio, sulfato de aluminio y Chemflock.
- Se llevó a cabo los procesos de mezcla rápida, floculación, y decantación.
- Se estableció el valor de la turbiedad del efluente para cada pH.

- Se graficó los resultados de pH vs turbiedad en el programa de cálculo Excel, determinando el valor del pH óptimo con el que se logró la mayor eficiencia de remoción de turbiedad.

b) Para determinar la concentración óptima

- Con el valor del pH óptimo determinado previamente se llevó a cabo el test de jarras.
- Para la dosificación del coagulante se adiciono: 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, y 5.0 en g/L, es decir del 1-8% respectivamente.
- Se estableció el valor de la turbiedad del efluente para cada concentración.
- Se graficó los resultados de concentración vs turbiedad en el programa de cálculo Excel, determinando el valor del concentración óptima con el que se logró la mayor eficiencia de remoción de turbiedad.

c) Para determinar el tiempo de floculación óptimo

- Con el valor del pH óptimo y concentración óptima determinados previamente se llevó a cabo el test de jarras.
- Dosificado lo coagulantes se dejó en funcionamiento el test de jarras para los siguientes tiempos: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 en minutos.
- Se estableció el valor de la turbiedad del efluente para cada tiempo.
- Se graficó los resultados de concentración vs turbiedad en el programa de cálculo Excel, determinando el valor del tiempo óptimo con el que se logró la mayor eficiencia de remoción de turbiedad.

d) Para determinar la velocidad óptima

- Con el valor del pH óptimo, concentración óptima y tiempo óptimo determinados previamente se llevó a cabo el test de jarras.
- Dosificado lo coagulantes se dejó en funcionamiento el test de jarras para las siguientes velocidades: 10, 20, 40, 75, 100, 125, 175, 200 en rpm.
- Se estableció el valor de la turbiedad del efluente para cada velocidad.
- Se graficó los resultados de concentración vs turbiedad en el programa de cálculo Excel, determinando el valor de la velocidad óptima con el que se logró la mayor eficiencia de remoción de turbiedad.

e) Para determinar la dosis óptima

- Con el valor del pH óptimo, concentración óptima, tiempo óptimo y velocidad óptima determinados previamente se llevó a cabo el test de jarras.

- Se prepararon soluciones de policloruro de aluminio y Chemflock N-100 como auxiliar de coagulación a concentraciones de 0.49g/L y 0.9g/L respectivamente, que se agregaron simultáneamente en las mismas dosis, por recomendaciones técnicas.
- Dosificado lo coagulantes se dejó en funcionamiento el test de jarras para las siguientes dosis: 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 en ppm.
- Se estableció el valor de la turbiedad del efluente para cada dosis.
- Se graficó los resultados de dosis optima vs turbiedad en el programa de cálculo Excel, determinando el valor de dosis optima con el que se logró la mayor eficiencia de remoción de turbiedad del agua residual.

2.2.8. Pruebas de tratabilidad

Después de que sean establecidos los resultados de las caracterizaciones del agua residual que es un aspecto fundamental para determinar los que parámetros que pueden encontrarse fuera de los límites permisibles de acuerdo al TULSMA, Libro VI, Tabla 12, Anexo 1, y proporcionar un tratamiento adecuado.

Es así que se realizó las pruebas de tratabilidad, diseñando un filtro lento con piedra de río, arena y carbón activado, con el objetivo de disminuir car carga microbiana, el color, olor, obteniendo un agua en excelentes condiciones y muy cristalina. Las pruebas se realizaros durante varios días ya que las condiciones del agua residual muestreada varía mucho, es así que en algunos días llega con alta carga orgánica por los excrementos, mientras que otros días presenta mucho color debido a la sangre. Además previo a este tratamiento se realizó pruebas de test de jarras para disminuir gran parte de los sólidos suspendidos, y como punto final al culminar las pruebas de tratabilidad de agrega hipoclorito de calcio como desinfectante.

2.2.9. Identificación y evaluación de impacto ambiental

Para la realización de esta investigación, se consideró imprescindible realizar la evaluación de impacto ambiental estableciendo un diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales que no genere ningún impacto o al menos lo minimice, estableciendo los impactos más notables y perjudiciales que genera la empresa.

Para la evaluación se empleó la matriz de Leopold mediante las relaciones causa-efecto, considerando la situación actual del lugar así como los posibles efectos durante la fase de construcción ya que también se genera gran impacto en esos alrededores y principalmente al ambiente estableciendo una disposición adecuada de los desechos que se generan actualmente, cumpliendo con las normas establecidas.

2.2.9.1. Descripción de la matriz de Leopold

Para la realización de la identificación y posterior evaluación de los impactos generados, el método de Leopold fijo un número de acciones probables de 100 y 88 de elementos ambientales, siendo el valor de interacciones probables de $88 \times 100 = 8.800$, este valor varía según el autor quien lo realice y las características y actividades producidas, ya que no suelen pasar de 50 las consideraciones de impacto por matriz realizada. (FERNANDEZ, Conesa. 1993. p.343)

Inicialmente para generar la matriz se realizó la evaluación e identificación de los posibles impactos producidos por la planta, luego se clasificaron tales impactos en positivos si genera beneficios y negativos si genera perjuicios. Posteriormente se evaluó el impacto generando información cualitativa y cuantitativa, estableciendo los criterios de evaluación para este proyecto como son: aire, agua, suelo, flora, fauna, infraestructura, socioeconómico, colocando una X en dichas actividades y procesos que generen impacto, y estableciendo productos numéricos según las consideraciones de daño ambiental.

La valoración para considerar la magnitud y categoría de un impacto, fueron determinados por Leopold en las siguientes tablas:

Tabla 3-2: Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold

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

Fuente: Matriz Leopold, 1971

Tabla 4-2: Evaluación de impactos de acuerdo a la metodología de Leopold

RANGO	IMPACTO	
-70,1 a -100	Negativo	Muy Alto
-50,1 a -70	Negativo	Alto
-25,1 a -50	Negativo	Medio
-1 a -25	Negativo	Bajo
1 a -25	Positivo	Bajo
25,1 a 50	Positivo	Medio

50,1 a 80	Positivo	Alto
80,1 a 100	Positivo	Muy Alto

Fuente: Matriz Leopold, 1971

2.2.10. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

La elaboración del diseño del sistema de tratamiento que se ubicaría en el sector del Peñón, contando con la información básica como es la medición de caudales, la caracterización físico-química y bacteriológica, pruebas de tratabilidad y test de jarras correspondiente llevadas a cabo en el laboratorio de control de calidad estableciendo por nuestro criterio las posibles unidades físicas con las que contaría dicha investigación, además se tomó en cuenta la topografía, disponibilidad del lugar que es de nivel cero adecuada para una construcción.

Es así que también se analizó la normativa ambiental que rige actualmente para las descargas máximas permisibles a un cuerpo de agua dulce siendo es este caso al río Guaranda, y de las normas de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Metcalf & Eddy (1995), Normas RAS 2000.

2.2.11. Elaboración de planos

Para realizar el diseño y elaboración de planos de la planta de tratamiento de agua residual, se utilizó el Software de diseño AUTOCAD 2012, empleando escala de impresión 1:1 y escala real 1:7000.

2.2.12. Elaboración del manual de operaciones y mantenimiento

La obtención y elaboración del manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento de efluentes contaminados del centro de faenamiento municipal de Guaranda, se basó en las normativas RAS 2000, Título E y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS/05.168).

2.3. Métodos y técnicas

2.3.1. Métodos

Para llevar a cabo esta investigación se tomó en cuenta tres tipos de métodos de razonamiento que son: inductivos, deductivos y experimental, el cual permite resolver problemas más fácilmente para el diseño de la planta de tratamiento, además facilita la comprensión de los problemas como el tipo y la cantidad de contaminantes, que necesitan ser resueltos e identificar los parámetros que influyen sobre la investigación.

2.3.1.1. Método inductivo

Para esta investigación se inició con la medición de los caudales generados todos los días durante una semana y se determinó el caudal promedio y determinar qué cantidad de agua se consume para el faenamiento de cada bovino, posteriormente se procedió a la toma de muestras durante tres semanas para ser analizadas las características físico-químicas y bacteriológicas en el laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G, además se realizaron las pruebas de tratabilidad y test de jarras, finalmente se realizaron las tabulaciones correspondientes para ser comparadas y así determinar cuál es el mejor proceso para el dimensionamiento empleando los cálculos de ingeniería que sean los adecuados.

2.3.1.2. Método deductivo

Establecido el proceso de tratamiento que se le dará al agua residual proveniente del centro de faenamiento, teniendo al principio un pretratamiento en este caso son las rejillas, subsiguientemente esta un decantador de flujo horizontal, posteriormente se transporta hacia un floculador de flujo horizontal, luego a un filtro lento de arena y finalmente hacia un tanque de desinfección, con este proceso se certifica que las propiedades del efluente ya tratado cumplan con los parámetros establecidos para la descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULSMA para que sean eliminados adecuadamente sin causar un impacto ambiental. Para presentar este tratamiento como un estudio adecuado, se inicia de la percepción de la problemática ambiental generada por la actividad del centro de faenamiento, para continuar con el muestreo necesario, y como punto básico se realizó los análisis de laboratorio para la obtención de resultados que determinan de una manera más precisa que tratamientos dar y que opciones tomar para evitar tal contaminación.

2.3.1.3. Método experimental

El método experimental de este estudio se realizó mediante la toma de muestras significativas, para posteriormente ser analizadas en el laboratorio mediante la caracterización físico-química y bacteriológica y así determinar cómo se podría disminuir los parámetros más elevados. De igual manera se estableció las cantidades exactas de coagulantes, floculantes y desinfectantes que se utilizaron en las pruebas de tratabilidad y test de jarras, es por eso que el trabajo de experimentación es clave para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

2.3.2. Técnicas

Son conjuntos de procedimientos específicos y reglas a seguir que poseen un único objetivo que es conseguir un resultado correcto independiente de la actividad, la técnica demanda destrezas manuales e intelectuales, como en el uso de equipos de laboratorio en interpretación de resultados.

Las técnicas que se utilizaron se estipulan en el libro denominado “Standar Methods for Examination of Water and Wastewater” que son tanto para agua potable como para residual, y el manual de Métodos HACH ya que rigen el funcionamiento los equipos y reactivo empleados en el laboratorio de control de calidad. La representación de las técnicas empleadas en análisis de los elementos del agua residual del centro de faenamiento municipal del cantón Guaranda se las pueden ubicar en el Anexo C.

CAPÍTULO III

DIMENSIONAMIENTO

CAPITULO III

3. DIMENSIONAMIENTO

3.1. Cálculos para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Los parámetros obligatorios para el adecuado dimensionamiento son los siguientes:

- Población de diseño
- Caudal de diseño
- Dimensionamiento de la planta de tratamiento

3.1.1. Población de diseño

Para la ejecución de cualquier tipo de investigación y proyectos es necesario conocer cuál es la población actual real y las condiciones actuales en las que se encuentra el lugar de diseño y la empresa, para establecer el periodo de funcionamiento o diseño.

Además se consideraron las recomendaciones de diseño establecidas para la disposición de aguas residuales para poblaciones superiores a 1000 habitantes según el INEN, y apoyándose en el conocimiento adquirido en mi formación profesional, lo cual manifiesta que para el tratamiento de aguas residuales la proyección de la población futura se establece de 20 a 30 años.

Es por esto que se consideró como periodo de diseño 20 años, recomendado según las necesidades de funcionamiento del centro de faenamiento municipal de Guaranda, de la E.P-EMAPA-G y la Norma INEN.

Para el cálculo de la población futura se consideraron los siguientes datos:

Tabla 1-3: Datos para el cálculo de la población futura

Parámetros	Datos	Unidades
Población actual según el último censo del 2010	23874	habitantes
Tasa de crecimiento anual	1.9	%
Años futuros	20	años

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). 2010

La población futuro o de diseño, se entiende como una proyección demográfica a futuro, la cual se calcula empleando la fórmula del método geométrico o exponencial, ya que en muchos trabajos de

investigación realizados en los años de educación y por recomendaciones de la empresa pública de agua potable de Guaranda se trabajó con la Ecuación 2.

$$Pf = P_0 (1 + r)^t$$

$$Pf = 23,874 (1 + 0,019)^{20}$$

$$Pf = 34,786 \text{ habitantes}$$

Tabla 2-3: Proyección de la población

#	Año	Población
0	2015	23874
1	2016	24328
2	2017	24790
3	2018	25261
4	2019	25741
5	2020	26230
6	2021	26728
7	2022	27236
8	2023	27754
9	2024	28281
10	2025	28818
11	2026	29366
12	2027	29924
13	2028	30492
14	2029	31072
15	2030	31662
16	2031	32264
17	2032	32877
18	2033	33501
19	2034	34138
20	2035	34786

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

3.1.2. Caudal de diseño

Para establecer el caudal de diseño o futuro que es uno de los parámetros más importantes de esta investigación, inicialmente se tuvieron que tomar las mediciones de los caudales durante una semana, posterior se creó una tabla con todos los datos para determinar el caudal promedio de toda la semana siendo 118,72 L/min. Además se estableció el promedio de faenamientos diarios, semanales y mensuales, obteniendo un promedio de 14 bovinos faenados diariamente.

Para el cálculo del caudal de diseño se consideraron los siguientes datos:

Tabla 3-3: Datos para el cálculo del caudal de diseño

Parámetros	Datos	Unidades
Caudal promedio actual	118,7	L/min
	14,244	L/día
Promedio de bovinos faenados por día	14	Bovinos
Peso promedio del ganado	500	Kg
	1100	Lb

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

3.1.2.1. Caudal por bovino (CB)

Para determinar el caudal consumido por cada bovino faenado se emplea la Ecuación 3:

$$C_B = \frac{\text{caudal promedio}}{\# \text{ bovinos faenados}}$$

$$C_B = \frac{14,244 \text{ L/día}}{14 \text{ bovinos}} = 1017 \text{ L/bovino}$$

La cantidad consumida es 1017 L/bovino lo que indica que existe un exceso en el consumo de agua y que además esta se está desperdiciando ya que el promedio de agua que debe consumir es de 500L a 1m³ por bovino como máximo.

3.1.2.2. Índice de consumo de carne (ICC)

La cantidad de carne consumida diariamente se calcula con la Ecuación 4:

$$ICC = \# \text{ bovinos faenados} * \text{ peso promedio del ganado}$$

$$ICC = 14 \frac{\text{bovinos}}{\text{dia}} * 1100 \text{ lb}$$

$$ICC = 15400 \text{ lb/dia}$$

3.1.2.3. Índice de consumo de carne por habitante (ICH)

Para establecerla cantidad de carne que consume cada habitante actualmente se emplea la Ecuación 5:

$$ICH = \frac{ICC}{\text{Poblacion actual}}$$

$$ICH = \frac{15400 \text{ lb/día}}{23,874 \text{ habitantes}}$$

$$ICH = 0,64 \text{ Lb/días*hab}$$

3.1.2.4. Demanda futura de carne (DF)

El consumo de carne a futuro por día se calcula mediante la siguiente Ecuación 6:

$$DF = \frac{\text{poblacion futura} * ICH}{\text{peso promedio del ganado}}$$

$$DF = \frac{34,786 \text{ hab} * 0,64 \text{ Lb/días*hab}}{1100 \text{ lb}}$$

$$DF = 20.2 \text{ bovinos/día}$$

El cálculo estima que se consumirán en 20 años un promedio de 20 bovinos al día por toda la población de Guaranda es decir que el consumo se incrementó en un 25%.

3.1.2.5. Caudal futuro (QF)

El caudal de diseño se determina la Ecuación 7 que se muestra a continuación:

$$Q_F = DF * C_B$$

$$Q_F = 20.2 \text{ bovinos/día} * 1017 \text{ L/bovino}$$

$$Q_F = 20543 \text{ L/día}; 0,0028 \text{ m}^3/\text{s}; 0.171 \text{ m}^3/\text{min}; 171,19 \text{ L/min}$$

El factor de conversión para obtener $0,0028 \text{ m}^3/\text{s}$, es tomando en cuenta que el día de trabajo consta de 2 horas, puesto que si el factor de conversión se realiza para las 24 horas el diseño de las unidades no será para el caudal real. El caudal de diseño se incrementa aproximadamente en 6 m^3 en 20 años acorde con el incremento poblacional, por lo cual es este el parámetro tomado para dimensionar adecuadamente la planta de tratamiento.

3.1.3. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Posterior a analizar los resultados de los análisis de laboratorio, el caudal a tratar, el área disponible y la actividad que realiza la empresa se dimensionara la planta de tratamiento de aguas residuales que consta de la tubería de entrada, canal de llegada, un pretratamiento que consta de rejillas, un sedimentador de flujo horizontal de tasa alta, posterior un tratamiento primario con un tanque de mezcla rápida de turbina mecánica, luego un tratamiento secundario o biológico con dos filtros lentos, y finalmente el agua resultante pasara a un tanque de desinfección para la eliminación de microorganismos patógenos.

3.1.3.1. Dimensionamiento de tubería de ingreso de caudal

Empezamos implementando una tubería que conectara al centro de faenamiento donde se recolectan toda el agua residual con el canal de llegada para el posterior ingreso a la planta. Los datos a tomar en consideración son el caudal de diseño $Q=0.0028 \text{ m}^3/\text{s}$ y la velocidad $V=0.31 \text{ m/s}$.

3.1.3.1.1. Área

Para determinar el área que ocupara la tubería empleamos la Ecuación 8:

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

$$A = \frac{0.0028m^3/s}{0.31m/s}$$

$$A = 0.009m^2$$

3.1.3.1.2. Diámetro de la tubería

Para establecer el diámetro de la tubería empleamos la Ecuación 9:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0.009m^2}{3.14}}$$

$$d = 0.11 m$$

Por recomendaciones del centro de faenamiento y de acuerdo al Programa regional HPE/OPS/CEPIS se establece el diámetro de la tubería de 0.30 m.

3.1.3.2. Dimensionamiento del canal de llegada

Para el diseño del canal de llegada se emplearan los siguientes datos basados en la Norma para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales INEN, 1992.

Tabla 4-3: Datos para el cálculo del canal de llegada

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Caudal	0.0028	m ³ /s	Q
Base del canal (asumida)	0.5	m	B
Altura del canal (asumida)	0.6	m	H
Pendiente (asumida)	0.5	%	S
Coefficiente de rugosidad de Manning	0.013		n
Material	Hormigón		

Fuente: Norma ecuatoriana para el diseño de sistemas de agua potable y residuales, 1992.

3.1.3.2.1. Cálculo del coeficiente de Manning (KM)

Para determinar el coeficiente de Manning se empleó la Ecuación 11:

$$K_M = \frac{Q \cdot n}{B^{8/3} \cdot S^{1/2}}$$

$$K_M = \frac{0.0028 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0.013}{(0.5 \text{ m})^{8/3} \cdot (0.005)^{1/2}}$$

$$K_M = 0.0033$$

3.1.3.2.2. Cálculo de la altura de agua en el canal (h)

Para determinar el tirante de agua se empleó la Ecuación 12:

$$h = 1.6624 \times K^{0.74232} \times b$$

$$h = 1.6624 \times (0.0033)^{0.74232} \times (0.5 \text{ m})$$

$$h = 0.012 \text{ m}$$

3.1.3.2.3. Cálculo del radio hidráulico (RH)

Para comprobar el tirante de agua en el canal se empleó la Ecuación 13:

$$RH = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

$$RH = \frac{0.5 \text{ m} \times 0.012 \text{ m}}{0.5 \text{ m} + 2(0.012 \text{ m})}$$

$$RH = 0.012$$

Una vez identificados los valores se procede a efectuar la comprobación de la velocidad con la que circula el agua mediante a la ecuación de Manning.

3.1.3.2.4. Velocidad

Para establecer la velocidad de circulación del agua en el canal se empleó la Ecuación 10:

$$v = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2}$$

$$v = \frac{1}{0.013} (0.012)^{2/3} (0.005)^{1/2}$$

$$v = 0.31 \text{ m/s}$$

El valor de la velocidad determinado es acorde con los datos establecidos por la Norma ecuatoriana para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales que indica que va de 0.3 a 0.6 m/s.

3.1.3.3. Diseño de las rejillas

Se tomó en consideración el diseño de las rejillas de limpieza manual por su fácil manipulación, alta eficiencia, bajos costos, teniendo presente los criterios de diseño de las Normas RAS 2000, Metcalf & Eddy, 1996 y Norma ecuatoriana para estudio y diseño de los sistemas de agua potable y residuales publicado en 1992.

Tabla 5-3: Datos para el cálculo de rejillas

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Caudal	0.0028	m ³ /s	Q
Tipo de limpieza	Manual		
Velocidad	0.3 -0.6	m/s	V
Base del canal sugerida	0.5	m	B
Angulo	50	°	α
Separación entre barras sugerido	42 0.042	mm m	e
Espesor sugerido	13 0.013	mm m	s
Altura sugerida	0.5	m	Hs
Gravedad	9.8	m/s	g
Tipo de barras	Circulares		
Coefficiente de perdidas	Depende de la forma de las rejillas como se observa en el Grafico 2-1 (1.79)		β

Fuente: Normas RAS, 2000. Norma ecuatoriana para estudio y diseño de sistemas de agua potable y residuales, 1992. METCALF & EDDY, 1996.

3.1.3.3.1. Ecuación de Manning

Calculo anteriormente determinado empleando la Ecuación 10, se tiene:

$$v = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$$

$$v = 0.31m/s$$

3.1.3.3.2. Área transversal del canal

Empleando el caudal de diseño y la velocidad ya calculada, se determina el área transversal mediante la Ecuación 15 descrita a continuación:

$$A_t = \frac{Qp}{v}$$

$$A_t = \frac{0.0028 \text{ m}^3/\text{s}}{0.31 \text{ m/s}}$$

$$A_t = 0.009 \text{ m}^2$$

3.1.3.3.3. Tirante en el canal

Considerando los criterios de diseño se tiene un ancho de 0.5 m, utilizando la Ecuación 16 se calcula el tirante de agua.

$$Ha = \frac{At}{b}$$

$$Ha = \frac{0.009 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}}$$

$$Ha = 0.02 \text{ m}$$

3.1.3.3.4. Altura total del canal

Siguiendo los criterios de diseño se considera una altura sugerida de 0.5m. Para determinar la altura total se emplea la Ecuación 17:

$$H = Ha + Hs$$

$$H = 0.02 \text{ m} + 0.5 \text{ m}$$

$$H = 0.52 \text{ m}$$

Para fines prácticos se empleara una altura total de 0.6m

3.1.3.3.5. Longitud de la barra de las rejillas

Considerando los criterios de diseño establecidos para rejillas tenemos un ángulo de inclinación de 50°. Para el cálculo de la longitud se emplea la Ecuación 18.

$$L_b = \frac{H}{\text{Sen} \alpha}$$

$$L_b = \frac{0.6 \text{ m}}{\text{Sen}(50^\circ)}$$

$$L_b = 0.78 \text{ m}$$

Para fines de diseño se empleara una longitud de 0.8m

3.1.3.3.6. Separación entre barras

Considerando los criterios de diseño establecidos para rejillas tenemos una separación entre barras 42 mm y un espesor de las barras de 13 mm. Para el cálculo de la separación entre barras se emplea la Ecuación 19.

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

$$bg = \left(\frac{0.5m - 0.042m}{0.013m + 0.042m} + 1\right)0.042m$$

$$bg = 0.39 \text{ m}$$

Para fines de diseño se empleara una separación de 0.40 m

3.1.3.3.7. Área de los espacios entre barrotes

Para calcular el área de los espacios entre barrotes se emplea la Ecuación 20.

$$A_s = bg * L_b$$

$$A_s = 0.40m * 0.8m$$

$$A_s = 0.32 \text{ m}^2$$

3.1.3.3.8. Velocidad a través de las rejillas

La velocidad a través de las rejillas gruesas, se calcula mediante la Ecuación 21.

$$V_c = \frac{Qp}{A_s}$$

$$V_c = \frac{0.0028m^3/s}{0.32 \text{ m}^2}$$

$$V_c = 0.009 \text{ m/s}$$

3.1.3.3.9. Numero de barrotes

Para determinar el número de barrotes del diseño de rejillas se utiliza la Ecuación 22.

$$n = \frac{bg}{e} - 1$$

$$n = \frac{0.40m}{0.042m} - 1$$

$$n = 8.5 \text{ barras}$$

Para fines prácticos y de diseño se empleara un valor de 9 barras.

3.1.3.3.10. Perdida de carga

Para establecer el valor de la perdida de carga generada considerando los parámetros de diseño de acuerdo a la forma circulas de las varillas, se utiliza la Ecuación 23.

$$h = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{V^2}{2 * g}\right) * \text{sen} \alpha$$

$$h = 1.79 \left(\frac{0.013m}{0.042m}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{0.31m^2}{2 * 9.8m/s}\right) * \text{sen}(50^\circ)$$

$$h = 0.0014m = 0.14 \text{ cm}$$

La pérdida está dentro de los parámetros establecidos ya que no debe superar los 12cm.

3.1.3.4. Dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal de tasa alta

Se tomó en consideración el diseño del sedimentador de flujo horizontal de tasa alta por su fácil operación, alta eficiencia para la decantación de sólidos suspendidos, costos moderados, espacio adecuado, y por ser el problema el color de la sangre más que los sólidos suspendidos, además que estos serán tratados en el proceso de floculación, y es por esto que no se tomó en cuenta el diseño de un sedimentador tanque circular. Además se tubo presente los criterios de diseño de las Normas RAS 2000, Metcalf & Eddy, 1996 y Romero Jairo, 2004.

Tabla 6-3: Datos para el dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Caudal	0.0028	m ³ /s	Q
	0.171	m ³ /min	
Tiempo de retención en placas (sugerido)	20	min	Trp
Inclinación de las placas (sugerido)	60	°	Θ
Longitud del sedimentador (sugerido)	1.2	m	Lp
Ancho del sedimentador (sugerido)	2.4	m	Bs
Altura del sedimentador (sugerido)	3	m	Zs
Distancia entre placas (sugerido)	5	cm	d
	0.05	m	
Espesor de placas	0.01	m	e

Pendiente (sugerido)	2	%	p
Viscosidad cinemática	1.14×10^{-6}	m^2/s	v
Constante para cada tipo de módulo	1		Sc

Fuente: METCALF & EDDY, 1996. ROMERO, Jairo. 2004.

3.1.3.4.1. Velocidad inicial

Para determinar la velocidad inicial se considerarán los parámetros de diseño como una longitud de 1.2m y un tiempo de retención en placas de 20 minutos. Para calcular la velocidad se empleó la Ecuación 24.

$$V_s = \frac{Lp}{Trp}$$

$$V_s = \frac{1.2m}{20 \text{ min}}$$

$$V_s = 0.06 \text{ m/min} = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

No se tomó en cuenta la velocidad de 0.31 m/s proveniente del sistema de rejillas ya que al pasar por los barrotes esta disminuye.

3.1.3.4.2. Área de sedimentación

Tomando en cuenta el caudal de diseño, la velocidad inicial, y con el ángulo de inclinación de placas descrito en las consideraciones de diseño, se emplea la Ecuación 25 para calcular dicha área.

$$A_s = \frac{Q}{V_s * \text{Sen } \Phi}$$

$$A_s = \frac{0.171 \text{ m}^3/\text{min}}{0.06 \text{ m/min} * \text{Sen } 60}$$

$$A_s = 3.3 \text{ m}^2$$

3.1.3.4.3. Longitud del área de sedimentación

Para establecer la longitud del área de sedimentación se asume un ancho de 2.4m de acuerdo a las consideraciones de diseño. Para este cálculo se emplea la Ecuación 26.

$$L_s = \frac{A_s}{B_s}$$

$$L_s = \frac{3.3 \text{ m}^2}{2.4 \text{ m}}$$

$$L_s = 1.4 \text{ m}$$

3.1.3.4.4. Longitud relativa del sedimentador

A partir de la Tabla 8-3 se establece la distancia de separación entre placas (0.06m) y la longitud del sedimentador, por lo tanto la longitud relativa del sedimentador según la Ecuación 27 será:

$$Lr = \frac{Lp}{d}$$

$$Lr = \frac{1.2 \text{ m}}{0.05\text{m}}$$

$$Lr = 24 \text{ m}$$

3.1.3.4.5. Longitud relativa en la zona de transición

De acuerdo con los parámetros de diseño la longitud relativa en la zona de transición se determina a partir de la Ecuación 28:

$$L' = 0.013 * \frac{Vs*d}{v}$$

$$L' = 0.013 * \frac{1 \times 10^{-3} \text{ m/s} * 0.05\text{m}}{1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$L' = 0.57 \text{ m}$$

3.1.3.4.6. Longitud relativa corregida

Ya que L' es menor que Lr , la longitud relativa corregida es calculada mediante la Ecuación 29.

$$Lc = Lr - L'$$

$$Lc = 24 \text{ m} - 0.57 \text{ m}$$

$$Lc = 23.4 \text{ m}$$

3.1.3.4.7. Velocidad crítica de sedimentación

A partir de la Ecuación 30 se determina la velocidad crítica, tomando en cuenta los parámetros de diseño como la constante para cada tipo de módulo (1), un ángulo de 60° y la velocidad inicial calculada anteriormente.

$$Vsc = \frac{Sc * Vs}{\text{Sen } \theta + Lc * \text{Cos } \theta}$$

$$Vsc = \frac{1 * 0.06 \text{ m/min}}{\text{Sen } 60 + 23.4 \text{ m} * \text{Cos } 60}$$

$$Vsc = 4.7 \times 10^{-3} \text{ m/min}$$

3.1.3.4.8. Número de Reynolds

De acuerdo a los parámetros de diseño de la Tabla 8-3 considerando una temperatura promedio del agua de 15°C y mediante la Ecuación 31 se calcula el número de Reynolds.

$$Nre = \frac{V_s * d}{\nu}$$
$$Nre = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ m/s} * 0.05 \text{ m}}{1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$
$$Nre = 43.8 = 44$$

De acuerdo por lo establecido por Fisherstrom para sedimentadores de flujo horizontal el número de Reynolds es adecuado ya que debe ser < 500.

3.1.3.4.9. Tiempo de retención en placas

Mediante la Ecuación 32 tomando en consideración los parámetros de diseño se calcula el tiempo entre placas de la siguiente manera:

$$t = \frac{Lp}{V_s}$$
$$t = \frac{1.2 \text{ m}}{0.06 \text{ m/min}}$$
$$t = 20 \text{ min}$$

3.1.3.4.10. Volumen del tanque de sedimentación

Establecidos los parámetros de diseño para longitud, base y alto se puede calcular el volumen del sedimentador a través de la Ecuación 33.

$$V = Z_s * L_s * B_s$$
$$V = 3 \text{ m} * 1.2 \text{ m} * 2.4 \text{ m}$$
$$V = 8.6 \text{ m}^3$$

Para fines de diseño se empleara un volumen de 9 m³

3.1.3.4.11. Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

Por medio de la Ecuación 34 se determina el tiempo de retención hidráulica en el tanque de sedimentación, tomando en cuenta el caudal de diseño y el volumen ya calculado.

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

$$TRH = \frac{9 \text{ m}^3}{0.171 \text{ m}^3/\text{min}}$$

$$TRH = 52.6 = 53 \text{ min}$$

3.1.3.4.12. Número de placas

A partir de las tablas 6-1, 5-1, y 4-1 se obtienen los parámetros de diseño para establecer la distancia entre placas, la inclinación de las placas, longitud de las placas, y el espesor de las placas, respectivamente. El número de placas planas se obtiene mediante la Ecuación 35.

$$N_p = \frac{(L_s - L_p * \cos \theta) \text{sen} \theta + d}{d + e}$$

$$N_p = \frac{(1.4 \text{ m} - 1.2 \text{ m} * \cos 60) \text{sen} 60 + 0.05 \text{ m}}{0.05 \text{ m} + 0.01 \text{ m}}$$

$$N_p = 12 \text{ placas}$$

3.1.3.4.13. Altura de la pendiente de sedimentación

Al ser la altura o en otras palabras el grado de inclinación que posee el sedimentador es el punto más importante, ya que determina la eficacia con la que se decantaran los sólidos en suspensión. Para determinar esta altura se emplea la Ecuación 36.

$$h = \theta * L_c$$

$$h = 0.02 * 23.4 \text{ m}$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

Esta altura es adecuada y eficiente según otros proyectos similares ya realizados, es por lo cual se la considera óptima 0.5m.

3.1.3.4.14. Diámetro de la tubería de ingreso de agua

Para establecer el diámetro de la tubería de entrada es necesario tomar en consideración el volumen y el caudal de diseño empleando la Ecuación 37.

$$\Phi = \sqrt{\frac{Q * 4}{V * \pi}}$$

$$\Phi = \sqrt{\frac{0.171 \text{ m}^3/\text{mi} * 4}{9 \text{ m}^3 * \pi}}$$

$$\Phi = 0.16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

Para fines de diseño se establece un diámetro de 20 cm.

3.1.3.5. Dimensionamiento del Mezclador rápido mecánico de turbina

Se eligió el mezclador rápido mecánico debido a que cumple las mismas funciones que un floculador de pantallas además es específico para el tratamiento de aguas residuales, se puede controlar la velocidad de agitación, es menos costoso, ocupa menos espacio, y es más funcional. Se consideró ciertos parámetros para su diseño basado en el programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992, y el manual de diseño y funcionamiento de mezcladores mecánicos de Roberth, Mott, 2013.

Tabla 7-3: Datos para el dimensionamiento del mezclador parido de turbina

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Caudal de diseño	0.0028	m ³ /s	Q
Tiempo de retención	7	seg	Trh
Temperatura promedio del agua	15	°C	T°
Gradiente de velocidad	1000	s ⁻¹	G
Volumen proveniente del sedimentador	9	m ³	V
Relación de geometría	$\frac{DT}{D} = 3$		a
Relación de geometría	$\frac{H}{D} = 3.5$		b
Viscosidad dinámica	$1,139 \cdot 10^{-3}$	N·s/m ²	<i>u</i>
Número de potencia	6.3		K
Densidad del agua	999.19	kg/m ³	ρ

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992. ROBERTH, Mott, 2013

3.1.3.5.1. Volumen del tanque

Basados en el caudal de diseño y el tiempo de retención establecidos en los parámetros de diseño, se puede determinar el volumen del tanque mediante la Ecuación 38:

$$v = Q \cdot Trh$$

$$v = 0.0028 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 7 \text{ s}$$

$$v = 0.02 \text{ m}^3$$

Para fines de diseño se emplea el volumen proveniente del tanque de sedimentación 9 m³, ya que el volumen calculado es sumamente bajo y no abastecería la demanda de agua.

3.1.3.5.2. Diámetro de la cámara de mezcla

Para establecer el diámetro del tanque se tomó en cuenta las relaciones geométricas a y b, establecidas en los criterios de construcción, a través de la Ecuación 39:

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4*V*a}{\pi*b}}$$

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4*9 \text{ m}^3*3}{\pi*3.5}}$$

$$DT = 2.14 \text{ m}$$

Es un tanque de tamaño pequeño ya que el caudal no es mucho, pero en el caso de que se genere un poco más de agua residual, se la puede tratar por etapas.

3.1.3.5.3. Profundidad de la cámara de mezcla

Para establecer el valor de la altura de la cámara de mezcla se emplea la Ecuación 40:

$$H = b * \frac{DT}{a}$$

$$H = 3.5 * \frac{2.14 \text{ m}}{3}$$

$$H = 2.5 \text{ m}$$

3.1.3.5.4. Diámetro de la turbina

Por lo general el diámetro de la turbina es 1/3 del damero total, y se determina mediante la Ecuación 41:

$$D = \frac{DT}{a}$$

$$D = \frac{2.14 \text{ m}}{3}$$

$$D = 0.71 \text{ m}$$

3.1.3.5.5. Anchura de los deflectores

Se utiliza la Ecuación 42 para establecer el valor del ancho de los deflectores.

$$Wd = \frac{D}{10}$$

$$Wd = \frac{0.71}{10}$$

$$Wd = 0.071 \text{ m}$$

3.1.3.5.6. Dimensiones de las paletas

Se considera tanto la longitud como la altura de los deflectores, para lo cual se utiliza la Ecuación 43 y 44 respectivamente.

$$B = \frac{D}{4}$$

$$B = \frac{0.71 \text{ m}}{4}$$

$$B = 0.18 \text{ m}$$

$$W = \frac{D}{4}$$

$$W = \frac{0.71 \text{ m}}{4}$$

$$W = 0.18 \text{ m}$$

3.1.3.5.7. Potencia aplicada al agua residual

Es clave la potencia ya que influye mucho en el número de revoluciones, determinando la eficacia del proceso de tratamiento. Se calcula aplicando la Ecuación 45:

$$P = u * v * G^2$$

$$P = 1,139 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2 * 9 \text{ m}^3 * (1000 \text{ s}^{-1})^2$$

$$P = 10.3 \times 10^3 \text{ Watt}$$

3.1.3.5.8. Velocidad de rotación

Como se mencionó anteriormente, este valor influye en el proceso de coagulación y floculación, ya que al ser elevada las revoluciones destruye los flocs ya formados, se utiliza la Ecuación 46 para su determinación.

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

$$N = \sqrt[3]{\frac{10.3 \times 10^3 \text{ Watt}}{6.3 * 999.19 \text{ kg}/\text{m}^3 * (0.71 \text{ m})^5}}$$

$$N = 2.09 \frac{\text{rev}}{\text{seg}} = 125 \text{ rpm}$$

3.1.3.5.9. Anchura de las paletas del impulsor

Se utiliza la Ecuación 47 para determinar este parámetro.

$$\mathbf{q} = \frac{D}{5}$$

$$\mathbf{q} = \frac{0.71 \text{ m}}{5}$$

$$\mathbf{q} = 0.14 \text{ m}$$

3.1.3.5.10. Diámetro del disco central

Para establecer el valor del disco central, se emplea la Ecuación 48:

$$\mathbf{S} = \frac{DT}{4}$$

$$\mathbf{S} = \frac{2.14 \text{ m}}{4}$$

$$\mathbf{S} = 0.54 \text{ m}$$

3.1.3.5.11. Altura del impulsor respecto al fondo del tanque

La altura respecto al fondo del tanque con los deflectores se determina con la Ecuación 49:

$$\mathbf{h} = \frac{D}{1}$$

$$\mathbf{h} = \frac{0.71 \text{ m}}{1}$$

$$\mathbf{h} = 0.71 \text{ m}$$

3.1.3.5.12. Dosificación de coagulantes- floculantes

Los cantidad de coagulantes, floculantes y auxiliares que se utilizaron para el tratamiento del agua residual se determina a través de los siguientes cálculos.

A. PAC

Para calcular la cantidad de policloruro de aluminio se utilizó la Ecuación 50:

$$\mathbf{x} = \frac{Q * C}{P * \rho}$$

$$\mathbf{x} = \frac{20.543 \text{ m}^3 / \text{día} * 6 \times 10^{-5} \text{ kg/L}}{0.04 * 1.25 \text{ Kg/L}}$$

$$\mathbf{x} = 0.025 \text{ m}^3 / \text{día} = 25 \text{ L/día}$$

B. CAL

El aforo de cal se determina mediante la ecuación ya empleada.

$$x = \frac{Q \cdot C}{P \cdot \rho}$$

$$x = \frac{20.543 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 5 \times 10^{-5} \text{ kg/L}}{0.04 \cdot 2.21 \text{ Kg/L}}$$

$$x = 0.012 \text{ m}^3/\text{día} = 12 \text{ L/día}$$

C. SULFATO DE ALUMINIO

El aforo de sulfato de aluminio se determina mediante la ecuación ya empleada.

$$x = \frac{Q \cdot C}{P \cdot \rho}$$

$$x = \frac{20.543 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 7 \times 10^{-5} \text{ kg/L}}{0.04 \cdot 2.67 \text{ Kg/L}}$$

$$x = 0.0135 \text{ m}^3/\text{día} = 13.5 \text{ L/día}$$

D. CHEMFLOCK -N100

$$x = \frac{Q \cdot C}{P \cdot \rho}$$

$$x = \frac{20.543 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 9 \times 10^{-5} \text{ kg/L}}{0.03 \cdot 1.58 \text{ Kg/L}}$$

$$x = 0.029 \text{ m}^3/\text{día} = 29 \text{ L/día}$$

Las sustancias químicas empleadas serán colocadas en un punto específico del tanque de mezcla rápida, con la finalidad que no se pierda entre los deflectores, disminuyendo la cantidad y su eficacia.

3.1.3.6. Parámetros de diseño de filtración lenta

El filtro lento será diseñado para el caudal futuro establecido anteriormente, estará compuesto de tres capas como son grava, arena y carbón activado. El material con el que se construya debe ser resistente a la corrosión es por eso que se empleara hormigón para retener partículas que se escaparon del proceso anterior y desinfectarlo a la vez a través de su capa biológica. Se propuso su diseño por su gran eficacia en disminución de olor, color, y desinfección. Para lo cual se consideró los parámetros de diseño basados en los libros de Bucay Ruth, 2014 y Romero Jairo, 2004.

Tabla 8-3: Datos para el dimensionamiento del filtro lento

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Caudal de diseño	0.0028	m ³ /s	Q
	0.171	m ³ /min	
Área sugerida para el diseño	100	m ²	As
Número de medios filtrantes	3		N
Factor de seguridad	10	%	Fs

Altura de la capa de agua	1	m	C _A
Altura del lecho filtrante	1.6	m	L _A
Altura de capa de soporte	0.3	m	C _s
Altura del drenaje	0.6	m	F _c
Diámetro del orificio	3 0.003	mm m	Do
Velocidad en orificio	0.3	m/s	v _o
Número de laterales por lado	2		n _L
Separación entre laterales	2	m	e _L
Velocidad de agua a través de la tubería de entrada	1.2	m/s	V _e
Velocidad de agua a través de la tubería de salida	0.5	m/s	V _s
Coefficiente de uniformidad de la arena	2		CU
Tamaño efectivo de la arena	0.30 3x10 ⁻⁴	mm m	TE
Tiempo óptimo de lavado	10 600	min s	t _i

Fuente: Bucay Ruth, 2014. Romero Jairo, 2004.

3.1.3.6.1. Velocidad de filtración

A partir de los parámetros de diseño de la Tabla 10-3, se calcula la velocidad de filtración a través de la Ecuación 51:

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

$$V_F = \frac{0.171 \text{ m}^3/\text{min}}{100 \text{ m}^2}$$

$$V_F = 1.71 \times 10^{-3} \text{ m/min o } 0.103 \text{ m/h}$$

3.1.3.6.2. Área superficial real

Se considera el caudal de diseño y el número de filtros a emplear que en este caso son 3 para calcular el área superficial mediante la Ecuación 52:

$$A_s = \frac{Q}{N \cdot V_F}$$

$$As = \frac{0.171 \text{ m}^3 / \text{min}}{3 \cdot 1.71 \times 10^{-3} \text{ m} / \text{min}}$$

$$As = 33.3 \text{ m}^2$$

3.1.3.6.3. Coeficiente de mínimo costo

El coeficiente de mínimo costo, según la Ecuación 53 será el siguiente:

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

$$K = \frac{2 \cdot 3}{3 + 1}$$

$$K = 1.5$$

3.1.3.6.4. Longitud del filtro lento

La longitud del filtro empleando el resultado del coeficiente de mínimo costo y aplicado la Ecuación 54 será:

$$L = (As \cdot K)^{1/2}$$

$$L = (33.3 \text{ m}^2 \cdot 1.5)^{1/2}$$

$$L = 7 \text{ m}$$

3.1.3.6.5. Ancho del filtro lento

Para determinar el ancho del filtro se empleara la Ecuación 55:

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

$$B = \left(\frac{33.3 \text{ m}^2}{1.5} \right)^{1/2}$$

$$B = 4.7 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

3.1.3.6.6. Velocidad de filtración real

La velocidad de filtración real es calculada a través de la Ecuación 56:

$$VFr = \left(\frac{Q}{2 \cdot As \cdot B} \right)$$

$$VFr = \left(\frac{0.171 \text{ m}^3 / \text{min}}{2 \cdot 33.3 \text{ m}^2 \cdot 5 \text{ m}} \right)$$

$$VFr = 5.14 \times 10^{-4} \text{ m} / \text{min} = 0.031 \text{ m} / \text{h}$$

Esta velocidad no suele ser muy alta para permitir que actúe tanto el carbón activado como su capa biológica para la depuración de la misa.

3.1.3.6.7. Vertedero de entrada

El diámetro que tendrá este vertedero se establece mediante la Ecuación 57:

$$ha = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{2/3}$$

$$ha = \left(\frac{0,171 \text{ m}^3 / \text{min}}{1,84 * 5 \text{ m}} \right)^{2/3}$$

$$ha = 0,072 \text{ m} = 7,2 \text{ cm}$$

3.1.3.6.8. Composición del filtro

A partir de las tablas 11-1 y 12-1 se establece la composición adecuada para el filtro de arena y carbón activado y que está constituido de 1 m de carbón activado, 60 cm de arena con un tamaño efectivo de 30 mm y un coeficiente de uniformidad de 2, además de un soporte de grava de 0.3 m, la altura del sistema de drenaje de 0.6m, un factor de seguridad del 10% y la altura del agua sobre el lecho de 1 m.

3.1.3.6.9. Altura del filtro

A partir de los parámetros de diseño de la Tabla 10-3, se consigue la altura del sistema drenaje, Fc. Por consiguiente, la altura del filtro se determina en función de la composición del lecho filtrante con un factor de seguridad del 10% , utilizando la Ecuación 58:

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

$$Z_F = 1,10 (1 \text{ m} + 1,6 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,6 \text{ m})$$

$$Z_F = 4,2 \text{ m}$$

3.1.3.6.10. Sistema de drenaje

A. Área de orificios laterales

A partir de la Tabla 13-1 se obtiene el diámetro de los orificios laterales empleados para calcular el área de los mismos. Se utiliza la Ecuación 59:

$$A_0 = \frac{\pi * D_0^2}{4}$$

$$A_0 = \frac{\pi * (0,003 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_0 = 7.06 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 0.07 \text{ cm}^2$$

B. Caudal que ingresa a cada orificio

Se utiliza la Ecuación 60 para determinar el caudal que atraviesa cada orificio tomando en consideración la velocidad establecida en la Tabla 13-1.

$$Q_0 = A_0 * V_0$$

$$Q_0 = 7.06 \times 10^{-6} \text{ m}^2 * 0.3 \text{ m/s}$$

$$Q_0 = 2.12 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

C. Numero de laterales

A partir de la Tabla 13-1 se contiene la separación entre laterales para calcular el número del mismo aplicando la Ecuación 61:

$$N_L = n_L \frac{L}{e_L}$$

$$N_L = 2 * \frac{7 \text{ m}}{2 \text{ m}}$$

$$N_L = 7 \text{ laterales}$$

D. Diámetro de la tubería de entrada al filtro

Se emplea los parámetros de diseño de la Tabla 14-1 para establecer la velocidad del afluyente, y de esta manera determinar el diámetro de la tubería empleando la Ecuación 62:

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_e}}$$

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4 * 0.0028 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 1.2 \text{ m/s}}}$$

$$D_{Te} = 0.055 \text{ m} = 5.5 \text{ cm}$$

E. Diámetro de la tubería de salida del filtro

A partir de la Tabla 14-1 acerca de los parámetros de diseño se establece la velocidad del agua a través de la tubería de salida, vs. El diámetro de la tubería de salida será, según la Ecuación 63:

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_s}}$$

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 * 0.0028 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0.5 \text{ m/s}}}$$

$$D_{Ts} = 0.084 \text{ m} = 8.4 \text{ cm}$$

3.1.3.6.11. Sistema de lavado del filtro

A. Velocidad óptima del lavado del filtro

El coeficiente de uniformidad CU, y el tamaño efectivo del arena TE, son establecidos a través de los parámetros de diseño de la Tabla 13-1. Se emplea la Ecuación 64 para determinar la velocidad óptima de lavado.

$$V_L = CU * TE$$

$$V_L = 2 * 3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$V_L = 6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

B. Cantidad de agua para el lavado del filtro

El volumen de agua para el lavado del filtro se establece empleando la Ecuación 65, así como los parámetros de diseño de la Tabla 10-3.

$$v_L = V_L * A_s * t_l$$

$$v_L = 6 \times 10^{-4} \text{ m/s} * 33.3 \text{ m}^2 * 600 \text{ s}$$

$$v_L = 12 \text{ m}^3$$

El volumen a utilizar es 12 m³ que se considera adecuado para el lavado del filtro.

3.1.3.7. Parámetros de diseño del tanque de desinfección

El tanque de desinfección es considerado para el diseño de la planta por la necesidad de que el agua salga sin ningún tipo de microorganismo patógeno, además de que es económico y altamente eficiente. Para el dimensionamiento se consideró datos del libro de Muñoz Balarezo sobre desinfección del agua, 1992, y recomendaciones por parte de la E.P-EMAPA-G, 1015.

Tabla 9-3: Datos para el dimensionamiento del tanque de desinfección.

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Caudal de diseño	0.0028	m ³ /s	Q
	2.85	L/s	
Tiempo de reacción sugerido por E.P-EMAPA-G	20	min	T
	1200	seg	
Porcentaje de cloro	65	%	I

Concentración de hipoclorito de calcio similar al cloro doméstico	5		C
Dosis cloro necesaria	1,5	mg/L	D
Periodo de almacenamiento de la solución	8 28 800	h seg	T2
Longitud del tanque	6.3	m	L
Ancho del tanque	3.5	m	B

Fuente: Muñoz Balarezo, 1992. E.P-EMAPA-G, 1015.

3.1.3.7.1. Volumen del tanque de cloración

Para determinar el volumen del tanque se utiliza la Ecuación 66, empleando el caudal de diseño.

$$V_{tanque} = 0.0028 \frac{m^3}{s} * 1200 \text{ seg}$$

$$V_{tanque} = Q * T$$

$$V_{tanque} = 3.36 \text{ m}^3$$

Para fines de diseño se emplea el volumen proveniente del tanque de floculación-coagulación 9 m^3 , ya que el volumen calculado es sumamente bajo y no abastecería la demanda de agua para su tratamiento.

3.1.3.7.2. Altura del tanque

La altura del tanque de desinfección se diseña con el siguiente parámetro establecido por Muñoz Balarezo, demanda de cloro para aguas en 1992, establecido en la Tabla 11-3 sobre consideraciones de diseño. Se emplea la Ecuación 67.

$$\text{Área} = L * B$$

$$\text{Área} = 6,3 * 3,5 = 22 \text{ m}^2$$

$$H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A}$$

$$H_{tanque} = \frac{9 \text{ m}^3}{22 \text{ m}^2}$$

$$H_{tanque} = 0.41 \text{ m} = 41 \text{ cm}$$

Para fines de diseño se establece una altura de 50cm.

3.1.3.7.3. Dosificación en el hipoclorador

A. Peso cloro necesario

A partir de la Tabla 11-3 se obtiene el valor de hipoclorito de calcio que se aplicará al agua con una dosificación de 1,5 mg/l por recomendaciones de la empresa de agua potable de Guaranda, ya que el agua proviene de un proceso de faenamiento y de acuerdo los valores obtenidos de coliformes totales y fecales se considera que está altamente contaminada.

Por lo tanto, el peso de cloro necesario, se calcula utilizando la Ecuación 68.

$$P = \frac{Q \cdot D \cdot T^2}{1000 \cdot I}$$
$$P = \frac{2.85 \text{ L/s} \cdot 1.5 \text{ mg/L} \cdot 28800 \text{ s}}{1000 \cdot 0.65}$$
$$P = 189 \text{ mg/s} = 1.36 \text{ kg/día}$$

B. Volumen del hipoclorador

La concentración del hipoclorito de calcio (C), es 5%, porcentaje equivalente a la concentración del cloro doméstico. El volumen del hipoclorador, según la Ecuación 69 será:

$$Vh = \frac{P_{cl}}{5 \cdot C}$$

$$Vh = \frac{1.36 \text{ kg/día}}{5 \cdot 5}$$

$$Vh = 0.05 \text{ m}^3 = 54 \text{ L}$$

$$54 \frac{\text{L}}{\text{día}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 37.5 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

La solución del HTH por goteo es de 37.5 mL/min, es decir que los 54 L se deben dosificar a un goteo determinado para que exista una mejor mezcla y distribución del desinfectante.

3.2. Eficacia de la planta de tratamiento de aguas residuales en la remoción sólidos suspendidos, DBO₅, DQO y coliformes fecales

Según la procedimiento regional HPE/OPS/CEPIS la eficiencia que posee cada proceso diseñado para la remoción de contaminantes presentes en el agua residual proveniente del centro de faenamiento, tomo en consideración los parámetros contaminantes más importantes que son: DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales.

3.2.1. Sedimentador de flujo horizontal de tasa alta

Por lo establecido en el manual de la OPS se considera que el sedimentador de flujo horizontal varía la eficiencia en un rango de 35 a 45 % para DBO₅ y DQO, en cuanto a los sólidos suspendidos totales

entre 50 a 70 %, por lo que se ha empleado valores de 42% para DQO y DBO₅ un valor de y 65% para sólidos suspendidos.

3.2.1.1. Remoción de DBO₅

$$DBO_{5 \text{ removida}} = DBO_5 - (DBO_5 * \% \text{ de remoción})$$

$$DBO_{5 \text{ removida}} = 4596 \text{ mg/L} - (4596 \text{ mg/L} * 0.42)$$

$$DBO_{5 \text{ removida}} = 2666 \text{ mg/L}$$

3.2.1.2. Remoción de DQO

$$DQO_{\text{removida}} = DQO - (DQO * \% \text{ de remoción})$$

$$DQO_{\text{removida}} = 9395 \text{ mg/L} - (9395 \text{ mg/L} * 0.42)$$

$$DQO_{\text{removida}} = 5449 \text{ mg/L}$$

3.2.1.3. Remoción de SST

$$SST_{\text{removidos}} = SST - (SST * \% \text{ de remoción})$$

$$SST_{\text{removidos}} = 317 \text{ mg/L} - (317 \text{ mg/L} * 0.65)$$

$$SST_{\text{removidos}} = 111 \text{ mg/L}$$

3.2.2. Mezclador rápido mecánico de turbina

Según el manual de la OPS considera que el mezclador mecánico de turbina varía la eficiencia en un rango de 45 a 60 % para DBO₅ y DQO, en cuanto a los sólidos suspendidos totales entre 60 a 80 %, por lo que se ha empleado valores de 55% para DQO y DBO₅ un valor de y 75% para sólidos suspendidos.

3.2.2.1. Remoción de DBO₅

$$DBO_{5 \text{ removida}} = DBO_5 - (DBO_5 * \% \text{ de remoción})$$

$$DBO_{5 \text{ removida}} = 2666 \text{ mg/L} - (2666 \text{ mg/L} * 0.55)$$

$$DBO_{5 \text{ removida}} = 1200 \text{ mg/L}$$

3.2.2.2. Remoción de DQO

$$DQO_{\text{removida}} = DQO - (DQO * \% \text{ de remoción})$$

$$DQO_{\text{removida}} = 5449 \text{ mg/L} - (5449 \text{ mg/L} * 0.55)$$

$$DQO_{removida} = 2452 \text{ mg/L}$$

3.2.2.3. Remoción de SST

$$SST_{removidos} = SST - (SST * \% \text{ de remoción})$$

$$SST_{removidos} = 111 \text{ mg/L} - (111 \text{ mg/L} * 0.75)$$

$$SST_{removidos} = 28 \text{ mg/L}$$

3.2.3. Filtro lento

Según bibliografía revisada se considera que en los filtros lentos de arena la eficiencia varía en un rango de 60 a 80 % para DBO₅ y DQO, en cuanto a los sólidos suspendidos totales entre 70 a 90 %, por lo que se ha empleado valores de 75% para DQO y DBO₅ un valor de 85% para sólidos suspendidos.

3.2.3.1. Remoción de DBO₅

$$DBO_{5\text{ removida}} = DBO_5 - (DBO_5 * \% \text{ de remoción})$$

$$DBO_{5\text{ removida}} = 1200 \text{ mg/L} - (1200 \text{ mg/L} * 0.75)$$

$$DBO_{5\text{ removida}} = 300 \text{ mg/L}$$

3.2.3.2. Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = DQO - (DQO * \% \text{ de remoción})$$

$$DQO_{removida} = 2452 \text{ mg/L} - (2452 \text{ mg/L} * 0.75)$$

$$DQO_{removida} = 613 \text{ mg/L}$$

3.2.3.3. Remoción de SST

$$SST_{removidos} = SST - (SST * \% \text{ de remoción})$$

$$SST_{removidos} = 28 \text{ mg/L} - (28 \text{ mg/L} * 0.85)$$

$$SST_{removidos} = 4.2 \text{ mg/L}$$

3.2.4. Tanque de desinfección

Según bibliografía revisada se considera que en la desinfección la eficiencia varía en un rango de 70 a 85 % para DBO₅ y DQO, por lo que se ha empleado valores de 80% para DQO y DBO₅.

3.2.4.1. Remoción de DBO₅

$$DBO_{5 \text{ removida}} = DBO_5 - (DBO_5 * \% \text{ de remoción})$$

$$DBO_{5 \text{ removida}} = 300 \text{ mg/L} - (300 \text{ mg/L} * 0.80)$$

$$DBO_{5 \text{ removida}} = 60 \text{ mg/L}$$

3.2.4.2. Remoción de DQO

$$DQO_{\text{removida}} = DQO - (DQO * \% \text{ de remoción})$$

$$DQO_{\text{removida}} = 613 \text{ mg/L} - (613 \text{ mg/L} * 0.80)$$

$$DQO_{\text{removida}} = 123 \text{ mg/L}$$

A través de estos tratamientos existiría una alta posibilidad de que los coliformes fecales y totales presentes de los procesos anteriores disminuyan entre un 98 y 99 % y muy especialmente con el filtro lento. Por otro lado se sabe que puede existir una disminución adicional de fosforo y nitrógeno entre 10 a 60%.

Posterior en el tanque de desinfección existiría una eficiencia teórica de remoción de patógenos, es decir coliformes fecales y totales del 100%.

La remoción de DQO es aproximadamente del 98.6%, la demanda bioquímica de oxígeno se remueve en 98.6% y los sólidos suspendidos totales disminuyen en 99%, la eficiencia global es de 98,7%.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Reconocimiento de la zona de faenamiento

El centro de faenamiento del cantón Guaranda presenta los distintos procesos que se muestran en el siguiente gráfico:

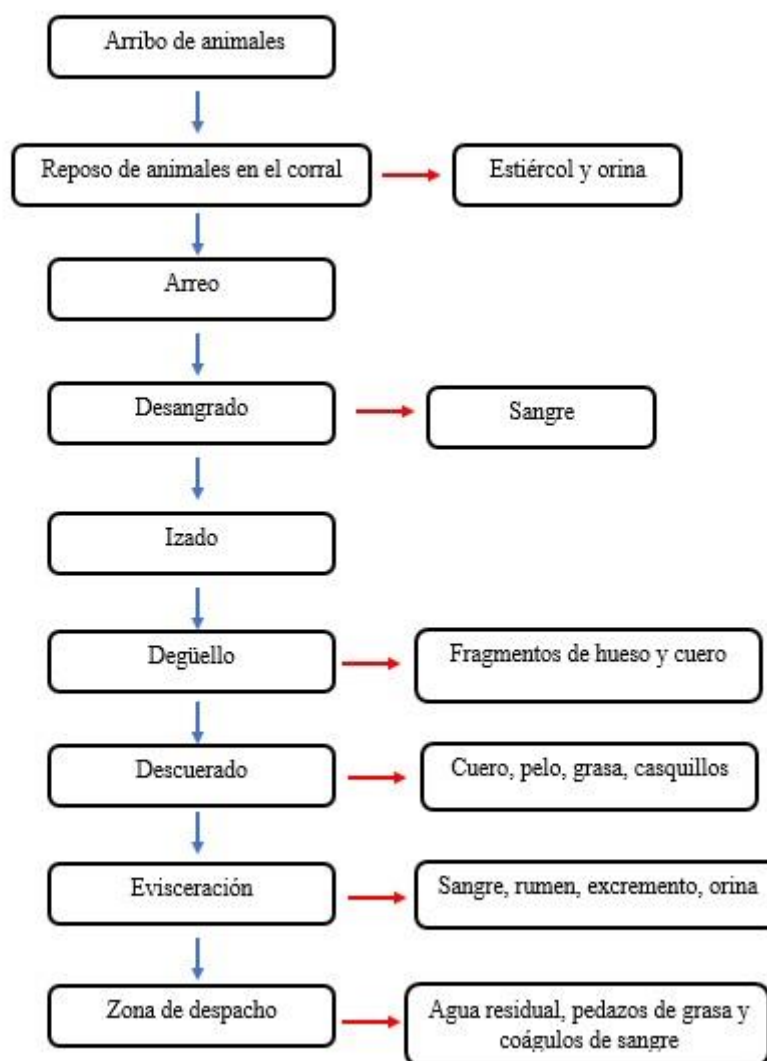


Grafico 1-4: Proceso de faenamiento y emisión de residuos contaminantes

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El recorrido realizado por las instalaciones del centro de faenamiento municipal del cantón Guaranda, inicio en el área de arribo de animales, luego procede el área de reposo de animales en el corral donde

se genera excremento que es limpiado diariamente, continuado se encuentra a la zona de arreo que es la conexión del coral con el centro de faenamiento, a continuación se encuentra el área de desangrado donde sucede la muerte del animal, luego está el área de izado donde el animal es suspendido para evitar el contacto con el suelo, se continúa con la zona de degüello donde se retiran las extremidades con una sierra eléctrica y se recoge la sangre, posteriormente se encuentra con el área de descuerado, posterior está el área de evisceración, continúa con la zona de corte, y finalmente se encuentra la zona de despacho.

4.2. Datos del faenamiento del camal municipal de Guaranda

El número de bovinos que se faenan mensualmente en el centro de faenamiento municipal del cantón Guaranda que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1-4: Número de bovinos faenados en el CFMCG

Mes/Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	
Diciembre	11	12	17	11	14	18	83	83
Enero	12	13	18	12	15	20	90	90
Febrero	10	12	19	12	14	18	85	85
Marzo	13	11	18	12	14	19	87	87
Total	46	48	72	47	57	75		345
Promedio	11,5	12	18	11,75	14,25	18,75	86,25	
						14,375		

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

En la tabla se muestran el número de bovinos que se han faenado y que son; un promedio general de 14 faenamientos por día, semanalmente se faenan aproximadamente 86 reses, y mensualmente alrededor de 345 bovinos. Los días que se faenan el mayor número de bovinos es el día miércoles y el día sábado ya que son días de feria y hay una mayor demanda de este producto.

4.3. Resultados de la revisión de la planta de tratamiento actual

Al no existir una investigación que se sustente con planos, dimensiones y eficiencia del actual sistema de tratamiento del centro de faenamiento, se realizó una revisión técnica que cuyos resultados se muestran en el siguiente gráfico y tablas:



Grafico 2-4: Actual sistema de tratamiento del agua residual

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Tabla 2-4: Geometría del canal de llegada

Parámetros	Datos	Unidades
Volumen	0.6	m ³
Caudal	5	L/s
Base	0.6	m
Altura	0.5	m
Longitud	2	m
Material	Concreto	

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La geometría del canal de llegada está diseñada para un volumen de 0.6 m³, y el caudal que circula en promedio es de 5 L/s, la altura del nivel de agua que circula es de 4 cm, por lo que se considera como adecuado.

Tabla 3-4: Geometría del tanque Imhoff

Parámetros	Datos	Unidades
Volumen	25.8	m ³
Caudal	6	L/s
Base	3	m
Altura	2.15	m
Longitud	4	m
Inclinación de superficie	0	°
Forma de Superficie	Plana	

Nivel de lodo y residuos acumulados	0.5	m
Carga Superficial	18	m ³ /m ² *día
Tiempo de Retención Hidráulico	2	horas
Velocidad de Sedimentación	1.6 0.027	m/h m/min
Volumen del Sedimentador	43.2	m ³
Eficiencia de Diseño	40	%
Eficiencia Actual	10	%
Material	Concreto	

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La revisión de la geometría del tanque Imhoff muestra que tiene una longitud 4 m, de base 3 m, de altura, 2.15 m, diseñado para un volumen de 25.8m³, volumen suficiente ya que actualmente se producen 14,2 m³. El caudal de salida del tanque es de 6 L/s por la presión del agua que existe, además las mediciones realizadas al nivel de la superficie muestran que es cero, es decir es una superficie plana. El nivel de acumulación de lodos es 0.5 m, la carga superficial es de 18 m³/m²*día, con un tiempo de retención de 2.5 horas, la velocidad de sedimentación es de 0.027 m/min, así mismo el volumen del área de sedimentación es de 43.2 m³, y finalmente la eficiencia de diseño es del 40% sin embargo la eficiencia actual de acuerdo a la caracterización del efluente es del 10 %.

Tabla 4-4: Geometría del canal de descarga

Parámetros	Datos	Unidades
Volumen	2.4	m ³
Caudal	5	L/s
Base	0.6	m
Altura	0.5	m
Longitud	8	m
Material	Concreto	

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La revisión de la geometría del canal de descarga muestra que tiene una longitud de 8 m, de altura 0.5 m, y de base 0.6 m, diseñado para un volumen de 2.4 m³, el caudal de salida es de 5L/s.

4.3.1. Evaluación de la geometría de la planta de tratamiento actual

La geometría del canal de llegada y el canal de descarga son adecuados, ya que conducen el caudal del afluente sin ningún problema, sin embargo la geometría del tanque Imhoff no cumple de acuerdo con los criterios de diseño ya que su superficie es plana y no en forma de cono para mejorar el tratamiento, en cuanto al volumen del tanque es óptimo ya que está diseñado para un volumen de 25.8m³ y actualmente se llenan 14,2 m³. El inadecuado diseño de la geometría se debe a que no existió un estudio previo, además de que se construyó sin diseños que garanticen una óptima eficiencia.

4.3.2. Evaluación del estado físico de la planta de tratamiento actual

Se evidencio que en ciertas secciones del canal de llegada existen agrietamientos por el cual se infiltra el afluente, además las compuertas de entrada y salida del tanque Imhoff muestra corrosión y las paredes laterales presentan grandes agrietamientos por la humedad, por lo tanto el estado físico no está en óptimas condiciones, esto se debe a que el sistema de tratamiento actual funciona desde hace 20 años y su tiempo de vida útil está finalizando, y existe la necesidad de un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales más eficiente.

4.3.3. Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento actual

El actual sistema de tratamiento recibe un agua residual que contienen cantidades considerables de rumen, grandes pedazos de grasas, coágulos de sangre, pelos, cueros, huesos, aserrín óseo, que son conducidos a través de un canal de llegada hacia un tanque Imhoff cuyo volumen de almacenamiento es adecuado, pero que no disminuye la carga contaminante ya que gran parte de estos residuos vuelven a salir del mismo siendo emitidos al río Guaranda. Los niveles de contaminación son confirmados mediante la caracterización realizada a la entrada y salida del tanque que se presenta en la Tabla 6-4. Esto se debe a que en el tanque Imhoff existen dos placas, una al ingreso y otro a la salida que permite la retención de lodos, pero el espacio de abertura es grande para la salida del agua residual sin la retención adecuada de lodos, ya que si se reduce este espacio se satura la cantidad de lodos y no fluye el agua. Los lodos que son retenidos se limpian una vez por semana, estos lodos son trasladados al relleno sanitario del cantón. De acuerdo con la remoción de lodos, fragmentos de gran tamaño que son retenidos, DQO y la DBO₅, se considera en base a criterios técnicos que funciona con una eficiencia actual del 10%, valor que está por debajo del 40% eficiencia con la que debería cumplir.

4.4. Medición de caudales del agua residual

En la siguiente tabla se muestran los resultados del monitoreo diario de los caudales que se realizaron durante los seis días de trabajo en el centro de faenamiento, iniciando el lunes 16 de marzo y finalizando el sábado 21 de marzo.

Tabla 5-4: Resumen de las mediciones de caudales del agua residual.

CAUDALES	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	SEMANAL
Caudal máximo (L/min)	125	132	140	125	136	141	141
Caudal mínimo (L/min)	98	95	105	94	109	110	94
Caudal promedio (L/min)	112	113	125	114	120	128	118,72

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

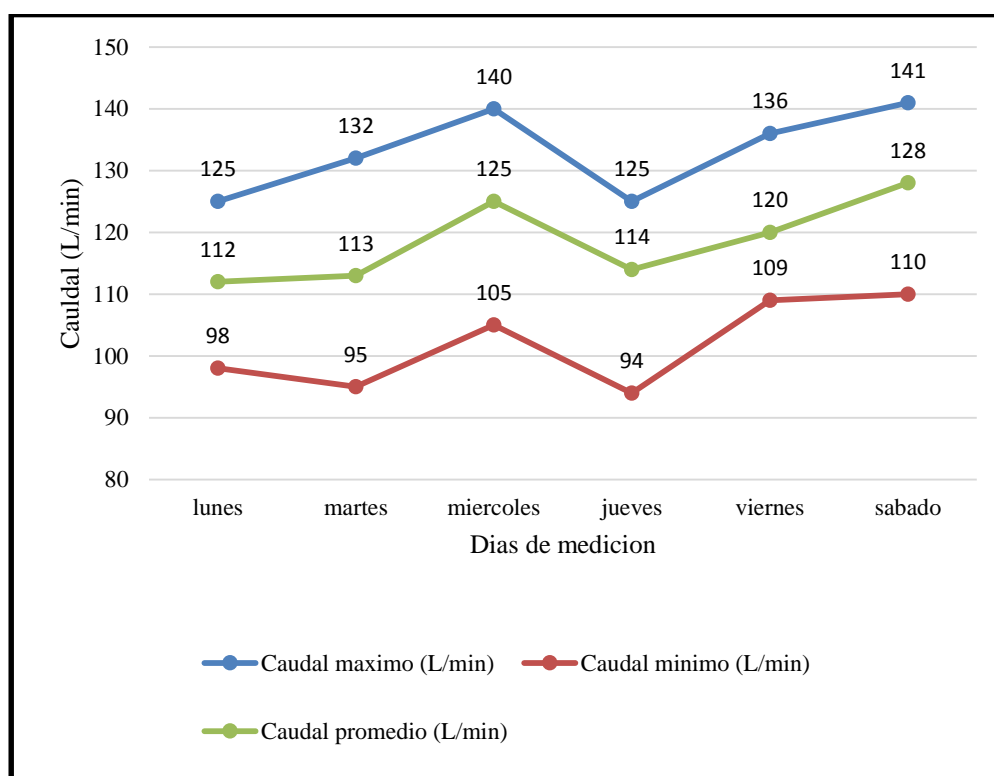


Gráfico 3-4: Variación de caudales por día

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

A través Del Gráfico 3-4 y de la Tabla 5-4, se puede analizar que los días que se genera mayor cantidad de agua residual son el miércoles 18 de marzo y sábado 21 de marzo, puesto a que estos días existe mayor afluencia a los mercados de Guaranda por ser días de feria existiendo una mayor demanda de carne.

Los días que existe una menor generación de agua residual son los días lunes, martes y jueves, ya que el consumo de carne es regular, mientras que el día viernes la generación del efluente un poco alta ya que la feria se da en una de los dos mercados de la ciudad.

Es así que se obtiene un caudal promedio de 118,7 L/min de los seis días realizadas las mediciones empleado en los cálculos del dimensionamiento, además del caudal mínimo de 94 L/min, y un caudal máximo de 141 L/min.

El consumo de agua para el faenamiento de cada bovino con el caudal promedio determinado establece un caudal total de 14,244 L/día, el decir que para el faenamiento de cada bovino se emplea 1017 L. El consumo promedio para el faenamiento de cada bovino según tablas establecidas es de 500 litros. Por otro lado la investigación sobre el modelo del diseño de la planta de tratamiento de efluentes contaminados para el centro de faenamiento frigorífico municipal Riobamba realizado por Tatiana Valencia establece que se consumen 720,46 L/Bovino para su faenamiento. Investigaciones realizadas en los centros de faenamiento de Colombia determina que se consumen 1880 L/bovino faenado. Es decir que dentro de las normas de nuestro país estamos consumiendo el doble de líquido, y generando una contaminación mayor.

4.5. Caracterización inicial físico-química y microbiológica del agua residual sin tratamiento

Los parámetros que se analizaron en el laboratorio son: potencial de Hidrogeno, conductividad, turbiedad, nitratos, nitratos, nitrógeno amoniacal, fosfatos, sulfatos, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, cloro, bromo, manganeso, bario, cloruros, aluminio, cromo hexavalente, cromo total, temperatura, dureza, fluoruros, coliformes fecales, coliformes totales, DBO₅ Y DQO.

A continuación se muestran los resultados de la caracterización inicial del agua residual.

Tabla 6-4: Resultados de la caracterización físico-química y microbiológica inicial del agua residual sin tratar

 RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO CENTRO DE FAENAMIENTO DESCARGA DEL CANTÓN GUARANDA									
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULAS Lim.Max.Per	SEMANA MONITOREADA					PROMEDIO	Cumplimiento de la norma
			Ingreso T.lmhoff			Salida T.lmhoff			
			16/03/2015	18/03/2015	20/03/2015	24/03/2015	30/03/2015		
COLOR	UTC	lna. en dis	850	1100	900	845	932	925	—
TURBIEDAD	NTU	.....	556	522	665	306	466	503	—
pH	.....	5,0 - 9,0	8,09	6,50	6,55	6,32	7,09	6,91	Cumple
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	843	988	912	682	720	829	—
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	360	247	318	291	352	314	Cumple
TEMPERATURA	°C	< 35	17,4	15,4	16,0	14,9	15,1	15,8	Cumple
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	10,0	42,06	38,95	40,65	37,60	41,84	40,2	No Cumple
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	5,64	4,97	5,23	4,87	5,22	5,19	Cumple
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	22,61	28,41	36,49	23,47	29,63	28,12	—
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	16,00	14,00	17,00	12,00	15,00	14,80	Cumple
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	0,15	1,23	0,16	0,93	0,72	0,64	Cumple
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	0,06	1,20	0,98	1,12	0,076	0,69	Cumple
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	1,340	0,398	0,451	0,31	0,15	0,53	Cumple
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,23	0,09	0,34	0,28	0,06	0,20	Cumple
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,014	0,065	0,042	0,085	0,015	0,04	Cumple
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	80,0	85,0	73,0	91,0	82,0	82,2	—
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	3,8	4,7	4,8	3,4	4,7	4,3	Cumple
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	756,34	758,39	697,64	532,32	645,52	678,04	Cumple
NIOQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,34	0,27	0,30	0,29	0,31	0,30	Cumple

COBALTO (Co)	mg/L	0,5	1,98	1,48	1,73	1,60	1,55	1,67	No Cumple
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,007	0,007	0,008	0,006	0,008	0,007	Cumple
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,74	0,80	0,76	0,56	0,61	0,69	Cumple
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,005	0,005	0,007	0,006	0,008	0,006	Cumple
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,32	0,25	0,24	0,12	0,15	0,22	No Cumple
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	3,65	3,97	4,11	4,06	3,72	3,90	No Cumple
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,008	0,008	0,007	0,006	0,007	0,007	——
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,007	0,007	0,009	0,005	0,006	0,007	——
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,09	0,06	0,11	0,07	0,1	0,09	——
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,77	1,23	1,70	1,53	1,68	1,58	——
DBO ₅	mg/L	100	4243	5136	4989	4497	4115	4596	No Cumple
DQO	mg/L	250	9290	10290	9355	8683	9375	9395	No Cumple
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	292	254	282	290	275	279	——
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	40	53	48	62	59	52	No Cumple

Realizado por: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA-G – Luis Tenemaza (Tesisista)

Los resultados iniciales de la caracterización físico-química y bacteriológica de la Tabla 6-4 determinan que los parámetros que se encuentran por encima del límite permisible según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro VI, Tabla 12, Anexo 1, son los siguientes: nitrógeno total, cobalto, cianuro, bario, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, y coliformes fecales. Por otro lado, el color, la turbiedad, conductividad y los coliformes totales presentan altos niveles, pero no están fuera de la norma ya que el TULSMA no establece límites permisibles para dichos elementos, sin embargo generan graves problemas de contaminación si no son controlados.

El color en el agua residual es originado por la sangre en su mayor parte, pero también influye los excrementos y el rumen. El color obtuvo su mayor valor el 18 de marzo ya que ese día se faenan mayor cantidad de bovinos.

En el caso de la turbiedad es causada por los excrementos, fragmentos de hueso triturado, y la sangre, el valor más alto se obtuvo el día 20 de marzo ya que la muestra contenía mayor cantidad de excremento y sangre.

La conductividad es un indicador de sólidos disueltos en el agua y la concentración de los iones, de igual manera se obtuvo un mayor valor el 18 de marzo ya que ese día se faenan mayor cantidad de bovinos el agua residual transporta mayor cantidad de excrementos y coágulos de sangre.

Los coliformes totales indican contaminación del agua por excrementos, el día que se obtuvo mayor cantidad de coliformes es el día 24 de marzo, ya que la muestra de agua contenía mayor cantidad de excrementos que las otras fechas de análisis, pues su color era café verdoso.

Aunque el oxígeno disuelto no está dentro de la norma del TULSMA, este parámetro es un indicador de la cantidad de oxígeno que está presente en el agua, ya que bajas cantidades indican mayor

contaminación y el valor promedio obtenido de la caracterización es 1.58 mg/L que es un nivel bajo, ya que el valor promedio es de 7 a 12 mg/L. La causa es la gran cantidad de excremento, sangre y otros elementos antes mencionados.

Otro parámetro es la dureza, el valor promedio obtenido de las caracterizaciones es de 82.2 mg/L, que es causado por la propia naturaleza del agua potable empleada ya que es de origen subterránea y se encuentran minerales de calcio y magnesio.

Parámetros como fosfatos, sulfatos, fluoruros, hierro total, manganeso, cromo, cobre, níquel, plomo, zinc, plata, bromo, y molibdeno se encuentran dentro de los límites permisibles según la norma, pero la presencia de muchos de ellos es causada por la sangre como es el caso hierro, también son causados por el excremento y la dieta de los bovinos, otros elementos son propios del agua que es de origen subterránea.

A continuación se interpretan los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles de acuerdo al TULSMA:

4.5.1. Interpretación de resultados de nitrógeno total

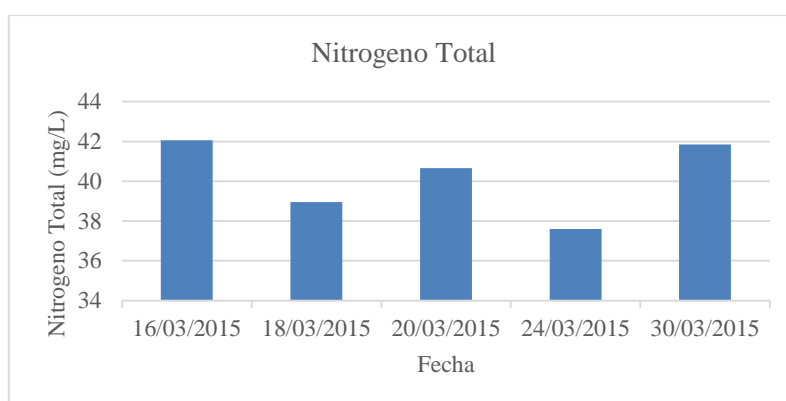


Grafico 4-4: Resultado del análisis de nitrógeno total antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El nitrógeno total generalmente es un indicador de la concentración de nutrientes, por lo cual su exceso genera eutrofización del agua por la proliferación de algas. El 16 de marzo es la fecha que el valor del nitrógeno total está en el punto más alto, esto debido a que ese día la cantidad de orina y excremento fueron altas, posterior a esta fecha los valores varían desde 37 hasta 41 mg/L dependiendo de la concentración de los causales. Por otro lado el 24 de marzo se generó el menor valor de nitrógeno, puesto a que ese día no existió muchos faenamientos, y la muestra no presentaba gran cantidad de excremento y orina.

4.5.2. Interpretación de resultados de cloruros

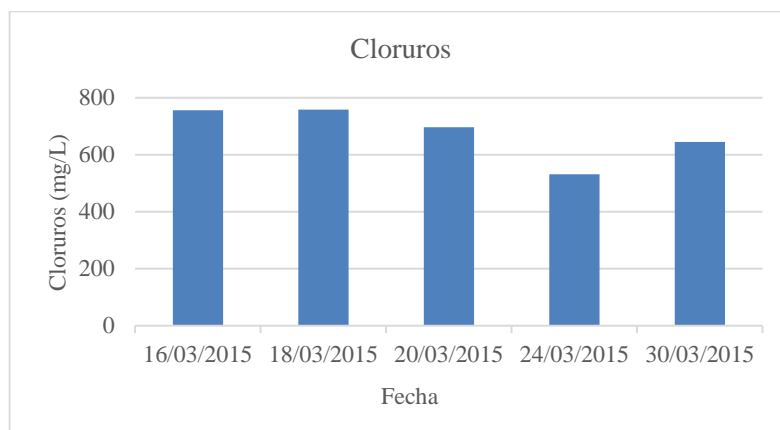


Grafico 5-4: Resultado del análisis de cloruros antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Los cloruros en altas concentraciones generan problemas en el tratamiento del agua residual ya que corroen los conductos, e instalaciones metálicas, además son un indicador de salinidad que impide el crecimiento de la vegetación, también acidifican el agua. Es por lo cual que el 18 de marzo se generó el nivel más alto de cloruros ya que esos días se faenaron una mayor cantidad de bovinos y por lo tanto es mayor la cantidad de orina procedente del faenamamiento y de los corrales, que es el causante del incremento de cloruros, el nivel más bajo se produjo el 24 de marzo con 532.32 mg/L ya que en el momento de la recolección de la muestra era mayor la cantidad de sangre, y por lo tanto menos cloruros. Este parámetro no supero el límite permisible pero si se encuentra en niveles elevados, por lo que es mencionado.

4.5.3. Interpretación de resultados de cobalto

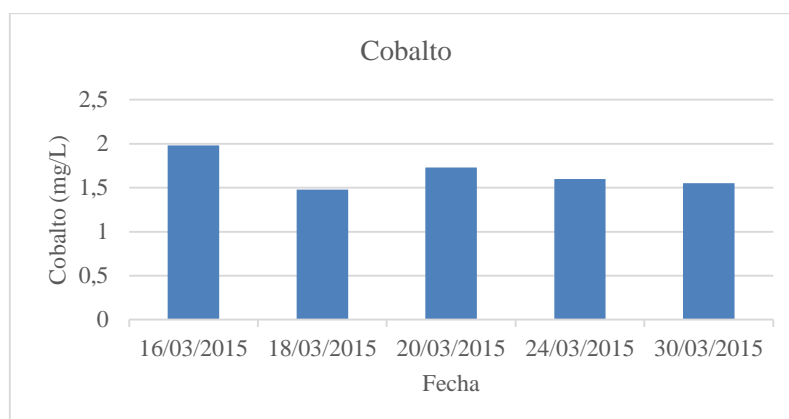


Grafico 6-4: Resultado del análisis de cobalto antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El cobalto se encuentra en casi todos los bovinos, ya que ingieren ciertas plantas, además del agua de ríos o pozos que contienen grandes cantidades de este elemento que es de origen mineral, razón por la cual se justifica la presencia del alto grado de cobalto presente en el agua residual, pero los efectos que ocasionan son a la salud humana, ya que es fuente seria vertido al río Guaranda y posteriormente el agua es usada en la agricultura. Es por lo tanto que el 16 de marzo se genera el mayor valor de cobalto por el gran número de animales faenados ese día superando los límites máximos permisibles de acuerdo a la norma.

4.5.4. Interpretación de resultados de cianuro

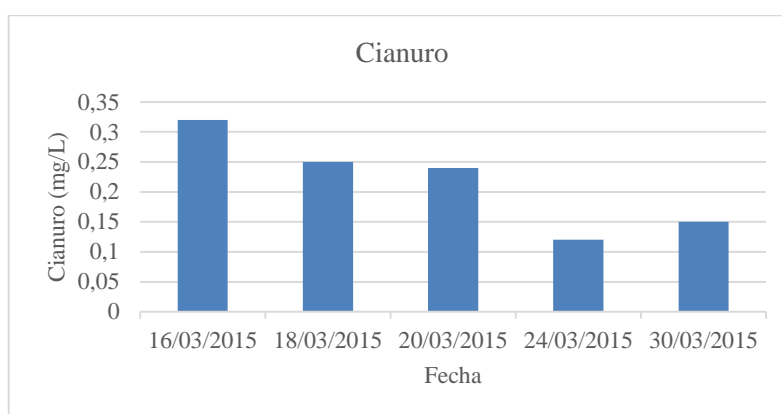


Grafico 7-4: Resultado del análisis de cianuro antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El cianuro se encuentra en la planta de maíz, y en la región de bolívar se caracteriza por la producción en grandes cantidades de maíz, los agricultores de nuestra región alimentan al ganado con los desechos de dicha planta. El cianuro elimina toda forma de vida en el agua ya que es un elemento sumamente contaminante. El agua residual sin tratada muestra valores que se encuentran fuera del límite permisible, siendo el 16 de marzo el día que se generó el valor más alto con 0,32 mg/L, debido a que los animales fueron alimentados solamente con desechos de maíz previo a su faenamamiento ya que en esas fechas se da la cosecha del maíz. En las fechas posteriores los niveles de cianuro disminuyen gradualmente en razón de que hayan sido alimentados con menor cantidad de la planta de maíz.

4.5.5. Interpretación de resultados de bario

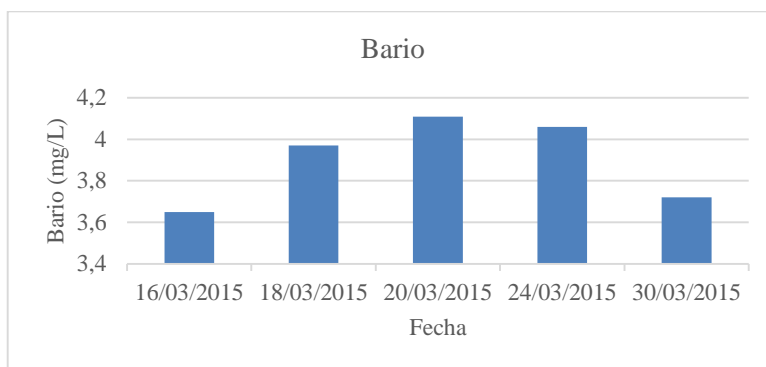


Grafico 8-4: Resultado del análisis de bario antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Posiblemente el origen del bario en los bovinos faenados es que bebieron agua contaminada con este elemento, ya que la mayoría de bovinos provienen de sectores aledaños al río Guaranda y muchas veces consumen el agua contaminada con este elemento, por otra parte el bario se puede encontrar en el agua que emplean para la limpieza de las instalaciones ya que es de origen subterránea, otra causa podría ser el pasto que se encuentra en el suelo contaminado con este elemento y conllevaría la presencia de este elemento. Los problemas que causan son en elevadas concentraciones y principalmente a la salud humana. Es así que el día 20 y 24 de marzo se generan los niveles más altos de bario ocasionado por las causas ya mencionadas, y el 16 de marzo es el nivel más bajo, todos los valores se encuentran fuera de los límites permisibles.

4.5.6. Interpretación de resultados de DBO₅

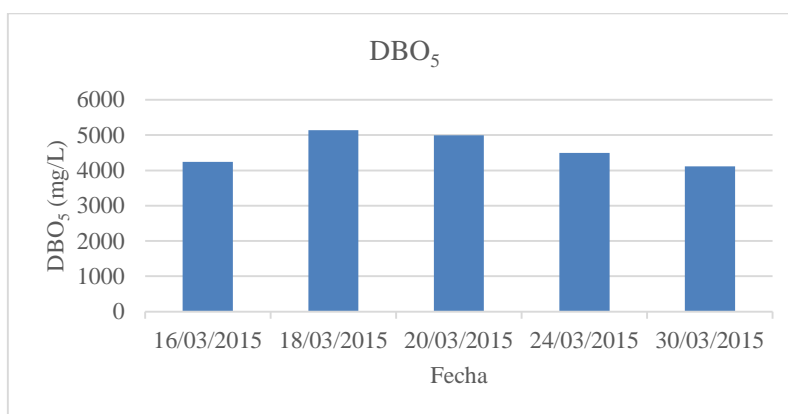


Grafico 9-4: Resultado del análisis de DBO₅ antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La demanda bioquímica de oxígeno es generada por la gran cantidad de materia orgánica presente en el agua residual, uno de sus grandes inconvenientes es la eutrofización y presencia de patógenos. Generalmente los valores antes del tratamiento fueron sumamente elevados. Los días 18 y 20 de marzo se produjeron los niveles más altos con 5136, 4989 mg/L respectivamente, debido a la gran cantidad de sangre y materia fecal, mientras que los días 16, 24 y 30 de marzo presentan valores un poco más bajos por una disminución de sangre y excremento, sin embargo no se encuentran dentro de los límites permisibles según la norma.

4.5.7. Interpretación de resultados de DQO

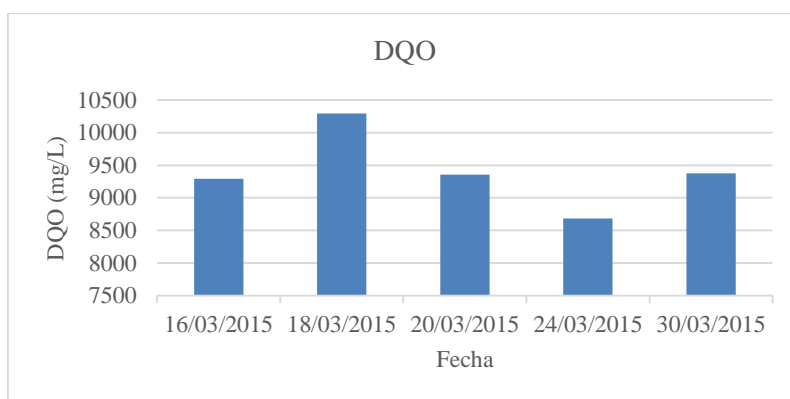


Grafico 10-4: Resultado del análisis de DQO antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Al igual que la demanda bioquímica de oxígeno es causado por los grandes niveles de materia orgánica en el agua residual generando los mismos inconvenientes. Es así que los días 18 y 30 de marzo se generaron los niveles más altos con 10290, 9375 mg/L respectivamente, por la alta concentración de materia orgánica, mientras que el 16, 20 y 24 de marzo los niveles disminuye un poco ya que las muestras que se tomaron en esos momentos no contenían mucha carga orgánica.

4.5.8. Interpretación de resultados de coliformes fecales

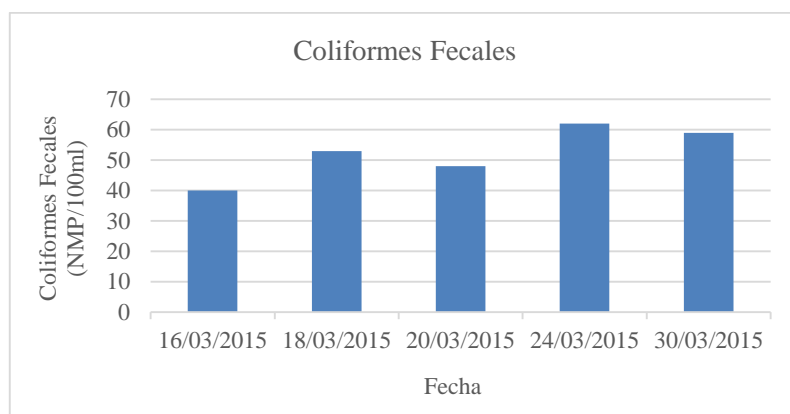


Grafico 11-4: Resultado del análisis de coliformes fecales antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La presencia de coliformes fecales en el agua residual es causada por la elevada cantidad de material fecal del ganado, puesto que en ciertos momentos de la recolección de muestras aumenta la cantidad de excremento que viene en el efluente, por lo cual el 24 y 30 de marzo se presentaron los valores más altos con 62 y 59 NMP/100mL, mientras que el 16, 18 y 20 de marzo los valores disminuyen un poco ya que la muestra contenía más sangre que excrementos, sin embargo los resultados de todas estas fechas superan el límite permisible de acuerdo con la norma.

4.5.9. Interpretación de resultados de aluminio

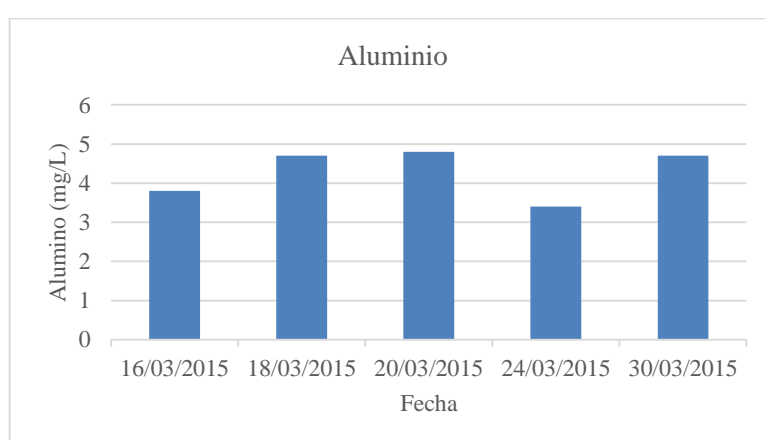


Grafico 12-4: Resultado del análisis de aluminio antes del tratamiento

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Los resultados de la caracterización del aluminio no superaron los límites permisibles, sin embargo los valores fueron un poco altos cerca de superar el valor permisible, ya que la presencia de este elemento en el agua presenta la posibilidad de causar la enfermedad de Alzheimer, este elemento puede estar presente en el agua, aire y suelo, como en forma de yacimiento de minerales, en el agua potable que es tratada con productos químicos para la coagulación. El valor más alto estuvo presente el día 20 de marzo con 4,8 mg/L.

4.6. Pruebas de Test de jarras

Las pruebas de test de jarras consisten el tratamiento del agua residual con la adición de diferentes químicos coagulantes, floculantes, auxiliares, y desinfectantes con el objetivo de establecer cual el proceso más adecuado para obtener un agua que cumpla con las condiciones requeridas.

Es por esto que se realizó pruebas con un test de jarras para determinar la concentración y el tipo de químico más óptimo.

Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 7-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 649 NTU

(pHo=6.50, pHf=7.14), rpm=200, tiempo de agitación= 30 min												
Conc Chemflock N-100 (%)	Conc PAC (%)	Conc Cal (%)	Conc Sulfato Aluminio (%)	Dosis PAC (mL)	Dosis N-100 (mL)	Dosis Cal (mL)	Dosis Sulfa (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Tiempo filt (h)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	60,00	70,00	35,00	60,00	54,22	13,55	24,00	35,05	94,60
0,80	0,02	0,02	0,02	120,00	140,00	70,00	120,00	57,23	15,45	24,00	36,99	94,30
0,80	0,02	0,02	0,02	180,00	210,00	105,00	180,00	60,24	17,47	24,00	38,94	94,00
0,80	0,02	0,02	0,02	240,00	280,00	140,00	240,00	63,25	19,61	24,00	40,89	93,70
0,80	0,03	0,03	0,03	60,00	70,00	35,00	60,00	66,26	21,87	24,00	42,83	93,40
0,80	0,03	0,03	0,03	120,00	140,00	70,00	120,00	69,28	24,25	24,00	44,78	93,10
0,80	0,03	0,03	0,03	180,00	210,00	105,00	180,00	72,29	26,75	24,00	46,73	92,80
0,80	0,03	0,03	0,03	240,00	280,00	140,00	240,00	75,30	29,37	24,00	48,68	92,50
0,80	0,04	0,04	0,04	60,00	70,00	35,00	60,00	30,00	7,50	24,00	3,25	99,50
0,80	0,04	0,04	0,04	120,00	140,00	70,00	120,00	54,02	15,13	24,00	5,84	99,10
0,80	0,04	0,04	0,04	180,00	210,00	105,00	180,00	78,06	24,20	24,00	8,44	98,70
0,80	0,04	0,04	0,04	240,00	280,00	140,00	240,00	102,11	34,72	24,00	11,03	98,30
0,80	0,05	0,05	0,05	60,00	70,00	35,00	60,00	84,17	12,63	24,00	18,17	97,20
0,80	0,05	0,05	0,05	120,00	140,00	70,00	120,00	105,44	18,98	24,00	22,72	96,50
0,80	0,05	0,05	0,05	180,00	210,00	105,00	180,00	126,80	26,63	24,00	27,26	95,80
0,80	0,05	0,05	0,05	240,00	280,00	140,00	240,00	148,26	35,58	24,00	31,80	95,10

Realizado por: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA-G – Luis Tenemaza (Tesista)

Al iniciar con una turbiedad de 649 NTU se adicionaron cuatro químicos como son Chemflock N-100, policloruro de aluminio, sulfato de aluminio, y cal, disminuyendo la turbiedad hasta 3,25 NTU con una remoción del 99,5%, es así que el agua que se obtiene es casi cristalina con un poco de remanentes de color de la sangre que son eliminados posteriormente por un filtro biológico obteniendo un agua mucho más cristalina. Al contar con cuatros vasos de precipitación se realizaron a cuatro concentraciones distintas, es decir que se realizaron cuatro pruebas para dicha turbiedad.

Tabla 8-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 726 NTU

(pHo=6.55, pHf=7.09), rpm=200, tiempo de agitación= 30 min												
Conc Chemflock N-100 (%)	Conc PAC (%)	Conc Cal (%)	Conc Sulfato Aluminio (%)	Dosis PAC (mL)	Dosis N-100 (mL)	Dosis Cal (mL)	Dosis Sulfa (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Tiempo filt (h)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	60,00	70,00	20,00	60,00	9,06	6,16	24,00	17,42	97,60
0,80	0,02	0,02	0,02	80,00	90,00	40,00	80,00	10,38	7,27	24,00	18,88	97,40
0,80	0,02	0,02	0,02	100,00	110,00	60,00	100,00	11,79	8,49	24,00	20,33	97,20
0,80	0,02	0,02	0,02	120,00	130,00	80,00	120,00	13,29	9,83	24,00	21,78	97,00
0,80	0,03	0,03	0,03	60,00	70,00	20,00	60,00	14,87	11,30	24,00	23,23	96,80
0,80	0,03	0,03	0,03	80,00	90,00	40,00	80,00	16,54	12,90	24,00	24,68	96,60
0,80	0,03	0,03	0,03	100,00	110,00	60,00	100,00	18,30	14,64	24,00	26,14	96,40
0,80	0,03	0,03	0,03	120,00	130,00	80,00	120,00	20,14	16,51	24,00	27,59	96,20

0,80	0,04	0,04	0,04	60,00	70,00	20,00	60,00	95,08	13,31	24,00	5,81	99,20
0,80	0,04	0,04	0,04	80,00	90,00	40,00	80,00	53,29	12,79	24,00	3,63	99,50
0,80	0,04	0,04	0,04	100,00	110,00	60,00	100,00	30,00	4,50	24,00	0,73	99,90
0,80	0,04	0,04	0,04	120,00	130,00	80,00	120,00	37,06	8,15	24,00	2,90	99,60
0,80	0,05	0,05	0,05	60,00	70,00	20,00	60,00	10,13	5,47	24,00	22,51	96,90
0,80	0,05	0,05	0,05	80,00	90,00	40,00	80,00	9,58	5,46	24,00	23,96	96,70
0,80	0,05	0,05	0,05	100,00	110,00	60,00	100,00	8,89	5,34	24,00	25,41	96,50
0,80	0,05	0,05	0,05	120,00	130,00	80,00	120,00	8,06	5,08	24,00	26,86	96,30

Realizado por: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA-G – Luis Tenemaza (Tesista)

En esta muestra se inició con una turbiedad de 726 NTU se adicionaron cuatro químicos como son Chemflock N-100, policloruro de aluminio, sulfato de aluminio, y cal a distintas concentraciones disminuyendo la turbiedad hasta 0,73 NTU con una remoción del 99,9%, es así que el agua que se obtiene es casi cristalina con un poco de remanentes de color de la sangre que son eliminados posteriormente por un filtro biológico obteniendo un agua cristalina. Cabe recalcar que es una excelente eficiencia ya que esta agua estuvo en reposo por 4 días.

Tabla 9-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 466 NTU

(pHo=6.32, pHf=7.10), rpm=200, tiempo de agitación= 30 min												
Conc Chemflock N-100 (%)	Conc PAC (%)	Conc Cal (%)	Conc Sulfato Aluminio (%)	Dosis PAC (mL)	Dosis N-100 (mL)	Dosis Cal (mL)	Dosis Sulfa (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Tiempo filt (h)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	70,00	80,00	10,00	50,00	3,00	3,50	24,00	15,00	96,78
0,80	0,02	0,02	0,02	90,00	100,00	30,00	70,00	3,51	3,00	24,00	18,30	96,07
0,80	0,02	0,02	0,02	110,00	120,00	50,00	90,00	4,12	2,25	24,00	21,35	95,42
0,80	0,02	0,02	0,02	130,00	140,00	70,00	110,00	4,66	1,30	24,00	24,00	94,85
0,80	0,03	0,03	0,03	70,00	80,00	10,00	50,00	5,02	3,03	24,00	26,66	94,28
0,80	0,03	0,03	0,03	90,00	100,00	30,00	70,00	5,87	2,29	24,00	30,50	93,45
0,80	0,03	0,03	0,03	110,00	120,00	50,00	90,00	6,96	1,35	24,00	36,90	92,08
0,80	0,03	0,03	0,03	130,00	140,00	70,00	110,00	7,36	1,05	24,00	40,24	91,36
0,80	0,04	0,04	0,04	70,00	80,00	10,00	50,00	9,20	3,33	24,00	45,67	90,20
0,80	0,04	0,04	0,04	90,00	100,00	30,00	70,00	9,75	3,22	24,00	50,12	89,24
0,80	0,04	0,04	0,04	110,00	120,00	50,00	90,00	10,01	2,20	24,00	5,72	98,77
0,80	0,04	0,04	0,04	130,00	140,00	70,00	110,00	7,36	1,40	24,00	4,22	99,09
0,80	0,05	0,05	0,05	70,00	80,00	10,00	50,00	6,12	3,12	24,00	0,52	99,89
0,80	0,05	0,05	0,05	90,00	100,00	30,00	70,00	7,50	2,50	24,00	3,54	99,24
0,80	0,05	0,05	0,05	110,00	120,00	50,00	90,00	4,07	1,35	24,00	55,00	88,20
0,80	0,05	0,05	0,05	130,00	140,00	70,00	110,00	5,15	1,10	24,00	58,40	87,47

Realizado por: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA-G – Luis Tenemaza (Tesista)

En este análisis se empezó con una turbiedad de 466 NTU se adicionaron cuatro químicos como son Chemflock N-100, policloruro de aluminio, sulfato de aluminio, y cal disminuyendo la turbiedad hasta 0,52 NTU con una remoción del 99,89%, es así que el agua que se obtiene es casi cristalina

con un poco de remanentes de color de la sangre que son eliminados posteriormente por un filtro biológico obteniendo un agua cristalina. De igual manera el agua residual tuvo un reposo previo de cuatro días.

Tabla 10-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 306 NTU

(pHo=7.90, pHf=7.16), rpm=200, tiempo de agitación= 30 min												
Conc Chemflock N-100 (%)	Conc PAC (%)	Conc Cal (%)	Conc Sulfato Aluminio (%)	Dosis PAC (mL)	Dosis N-100 (mL)	Dosis Cal (mL)	Dosis Sulfa (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Tiempo filt (h)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	40,00	60,00	10,00	30,00	2,50	3,12	24,00	53,00	82,68
0,80	0,02	0,02	0,02	50,00	80,00	20,00	50,00	3,45	2,28	24,00	52,30	82,91
0,80	0,02	0,02	0,02	70,00	110,00	40,00	70,00	4,60	2,05	24,00	57,52	81,20
0,80	0,02	0,02	0,02	90,00	130,00	60,00	90,00	4,94	1,23	24,00	12,43	95,94
0,80	0,03	0,03	0,03	40,00	60,00	10,00	30,00	5,32	3,04	24,00	38,20	87,52
0,80	0,03	0,03	0,03	50,00	80,00	20,00	50,00	5,76	2,19	24,00	30,50	90,03
0,80	0,03	0,03	0,03	70,00	110,00	40,00	70,00	6,45	2,00	24,00	36,90	87,94
0,80	0,03	0,03	0,03	90,00	130,00	60,00	90,00	7,75	1,20	24,00	40,24	86,85
0,80	0,04	0,04	0,04	40,00	60,00	10,00	30,00	9,21	3,10	24,00	2,00	99,35
0,80	0,04	0,04	0,04	50,00	80,00	20,00	50,00	9,81	2,21	24,00	55,17	81,97
0,80	0,04	0,04	0,04	70,00	110,00	40,00	70,00	10,30	2,09	24,00	18,72	93,88
0,80	0,04	0,04	0,04	90,00	130,00	60,00	90,00	7,20	1,26	24,00	4,22	98,62
0,80	0,05	0,05	0,05	40,00	60,00	10,00	30,00	6,58	3,19	24,00	3,12	98,98
0,80	0,05	0,05	0,05	50,00	80,00	20,00	50,00	7,29	2,30	24,00	3,54	98,84
0,80	0,05	0,05	0,05	70,00	110,00	40,00	70,00	4,31	2,15	24,00	24,60	91,96
0,80	0,05	0,05	0,05	90,00	130,00	60,00	90,00	5,19	1,28	24,00	20,30	93,37

Realizado por: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA-G – Luis Tenemaza (Tesisista)

Al iniciar la prueba se empezó con una turbiedad de 306 NTU se adicionaron cuatro químicos como son Chemflock N-100, policloruro de aluminio, sulfato de aluminio, y cal disminuyendo la turbiedad hasta 2 NTU con una remoción del 99,35%, es así que el agua que se obtiene es casi cristalina con un poco de remanentes de color de la sangre que son eliminados posteriormente por un filtro biológico obteniendo un agua cristalina.

Tabla 11-4: Resultados del test de jarras con una turbiedad de 528 NTU

(pHo=8.13, pHf=7.05), rpm=200, tiempo de agitación= 30 min												
Conc Chemflock N-100 (%)	Conc PAC (%)	Conc Cal (%)	Conc Sulfato Aluminio (%)	Dosis PAC (mL)	Dosis N-100 (mL)	Dosis Cal (mL)	Dosis Sulfa (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Tiempo filt (h)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	0,02	0,02	55,00	75,00	15,00	35,00	2,70	3,34	24,00	43,00	91,86
0,80	0,02	0,02	0,02	65,00	85,00	25,00	55,00	3,76	2,56	24,00	47,30	91,04
0,80	0,02	0,02	0,02	75,00	115,00	45,00	75,00	5,10	2,10	24,00	51,57	90,23
0,80	0,02	0,02	0,02	95,00	135,00	65,00	95,00	5,30	1,58	24,00	16,43	96,89
0,80	0,03	0,03	0,03	55,00	75,00	15,00	35,00	5,95	3,59	24,00	33,50	93,66
0,80	0,03	0,03	0,03	65,00	85,00	25,00	55,00	6,24	2,16	24,00	35,32	93,31
0,80	0,03	0,03	0,03	75,00	115,00	45,00	75,00	6,83	2,14	24,00	38,60	92,69
0,80	0,03	0,03	0,03	95,00	135,00	65,00	95,00	7,78	1,10	24,00	25,24	95,22

0,80	0,04	0,04	0,04	55,00	75,00	15,00	35,00	9,54	3,27	24,00	7,69	98,54
0,80	0,04	0,04	0,04	65,00	85,00	25,00	55,00	9,87	2,37	24,00	6,11	98,84
0,80	0,04	0,04	0,04	75,00	115,00	45,00	75,00	10,65	2,09	24,00	3,57	99,32
0,80	0,04	0,04	0,04	95,00	135,00	65,00	95,00	7,31	1,29	24,00	2,87	99,46
0,80	0,05	0,05	0,05	55,00	75,00	15,00	35,00	6,63	3,20	24,00	2,20	99,58
0,80	0,05	0,05	0,05	65,00	85,00	25,00	55,00	7,41	2,40	24,00	0,36	99,93
0,80	0,05	0,05	0,05	75,00	115,00	45,00	75,00	5,74	2,20	24,00	4,60	99,13
0,80	0,05	0,05	0,05	95,00	135,00	65,00	95,00	4,12	1,30	24,00	6,30	98,81

Realizado por: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA-G – Luis Tenemaza (Tesista)

Finalmente en la última prueba se inició con una turbiedad de 528 NTU se adicionaron cuatro químicos como son Chemflock N-100, policloruro de aluminio, sulfato de aluminio, y cal disminuyendo la turbiedad hasta 0,36 NTU con una remoción del 99,93%, siendo la mejor eficiencia en cuanto a remoción que se ha obtenido.

Es necesario mencionar que se realizaron otros ensayos previos para establecer los químicos floculantes más adecuados para el tratamiento, por lo cual se determinó que de todos los coagulantes auxiliares el Chemflock N-100 obtuvo el mejor rendimiento para este tipo de agua.

Los resultados de las turbiedades finales obtenidas varían mínimamente en dependencia del agua residual que se obtenga ese día, es decir que ciertos días presentan mayor concentraciones de excremento y otros días hay mayor cantidad de sangre, pero se logra disminuir este tipo de contaminación casi en su totalidad.

4.6.1. Resultados de eficiencia del test de jarras

4.6.1.1. Resultados de eficiencia de la turbiedad en el test de jarras

A continuación se muestra una tabla de comparación de las turbiedades obtenidas antes y después del tratamiento.

Tabla 12-4: Comparación de las turbiedades obtenidas

N°	Unidades	Turbiedad Inicial	Turbiedad Final
1	NTU	649	3,25
2	NTU	726	0,73
3	NTU	466	0,52
4	NTU	306	2,00
5	NTU	528	0,36

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

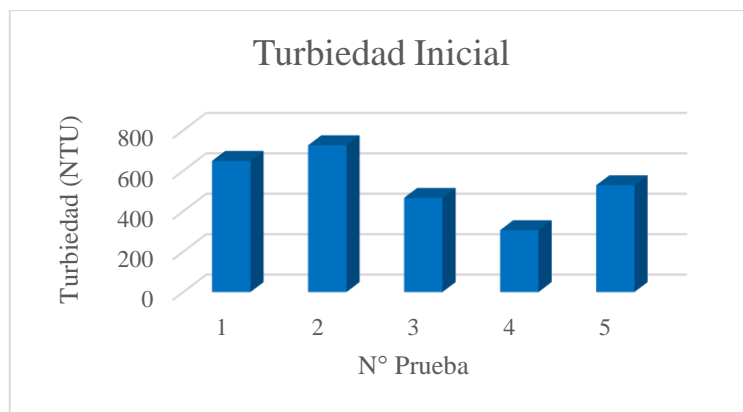


Grafico 13-4: Resultados de turbiedad inicial

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

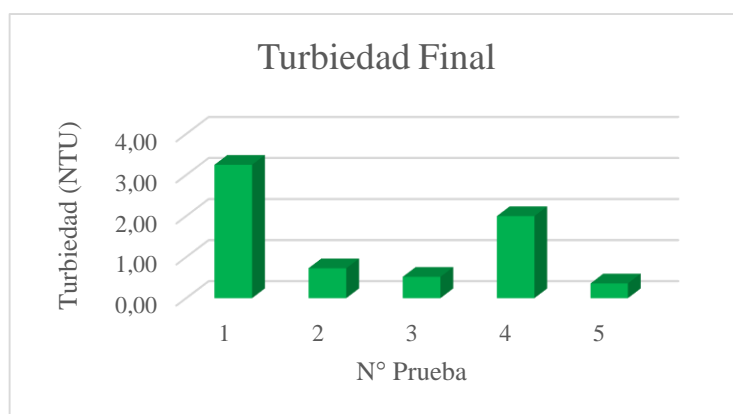


Grafico 14-4: Resultados de turbiedad final

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La mejor eficiencia obtenida mediante la prueba de test de jarras en la numero cinco, ya que se inicia con una turbiedad de 528 NTU, y finaliza con 0,36 NTU. Este resultado es gracias a la concentración de Chemflock N-100 al 0.8%, policloruro de aluminio, cal, y sulfato de aluminio al 5%, adicionando 65.00, 85.00, 25.00, 55.00 respectivamente.

4.6.1.2. Resultados de eficiencia de los parámetros generales en el test de jarras

A continuación se muestra una tabla de comparación de la caracterización obtenida antes y después del tratamiento del test de jarras:

Tabla 13-4: Comparación de los parámetros generales antes y después del test de jarras

PARAMETROS	UNIDAD	Promedio Antes del Test de Jarras	Promedio Después del Test de Jarras	Norma TULAS	Cumplimiento de la Norma
				Lim.Max.Per	
COLOR	UTC	925	5,00	Ina. en dis	-----

TURBIEDAD	NTU	503	1,78	.....	-----
pH	.....	6,91	6,95	5,0 - 9,0	Cumple
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	829	145,12	.....	-----
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	314	60,32	1600	Cumple
TEMPERATURA	° C	15,8	15,14	< 35	Cumple
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	40,2	6,39	10,0	Cumple
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	5,19	3,15	10,0	Cumple
NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	28,12	13,17	.....	-----
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	14,80	4,63	1000	Cumple
FLUORUROS (F)	mg/L	0,64	0,52	5,0	Cumple
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,69	0,45	10,0	Cumple
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0,53	0,36	2,0	Cumple
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,20	0,13	0,5	Cumple
COBRE (Cu)	mg/L	0,04	0,02	1,0	Cumple
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	82,2	25,4	.....	-----
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	4,3	1,53	5,0	Cumple
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	678,04	75,1	1000	Cumple
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,30	0,01	2,0	Cumple
COBALTO (Co)	mg/L	1,67	0,19	0,5	Cumple
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,007	0,005	0,2	Cumple
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	0,69	0,18	5,0	Cumple
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,006	0,05	0,1	Cumple
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,22	0,11	0,1	Cumple
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	3,9	1,3	2,0	Cumple
BROMO (Br)	mg/L	0,007	0,43	.....	-----
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0,007	0,05	.....	-----
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,09	0,07	.....	-----
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	1,58	0,94	.....	-----
DBO5	mg/L	4596	452	100	No Cumple
DQO	mg/L	9395	965	250	No Cumple
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	279	97	.....	Cumple
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	52	14	Rem. al 99%	No Cumple

Realizado por: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA-G – Luis Tenemaza (Tesista)

Luego de realizado las pruebas de test de jarras se caracterizó el agua residual tratada, logrando disminuir significativamente los parámetros como nitrógeno total, cobalto, cianuro, y bario. Es así que la aplicación de coagulantes y floculantes redujeron parcialmente los sólidos suspendidos, turbiedad, color, y conductividad, además con la adición de cal se eliminó en un gran porcentaje el color y olor característico de la materia orgánica en descomposición.

Los parámetros que no se lograron disminuir de acuerdo a lo dispuesto por la norma son la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno el los coliformes fecales, ya que después del

test de jarras todavía quedan pequeñas partículas de materia orgánica que posteriormente pasaran a otro tratamiento para su total eliminación.

4.6.2. Resultados de pH óptimo

A continuación se muestra la obtención del pH óptimo al comparar el pH con la turbiedad.

Tabla 14-4: Comparación pH vs turbiedad

N° vaso de precipitación 800 mL	pH	Turbiedad (NTU)
1	6,30	0,52
2	6,50	3,25
3	6,60	0,73
4	6,70	1,50
5	7,30	0,25
6	7,50	2,45
7	7,90	2,00
8	8,10	0,36

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

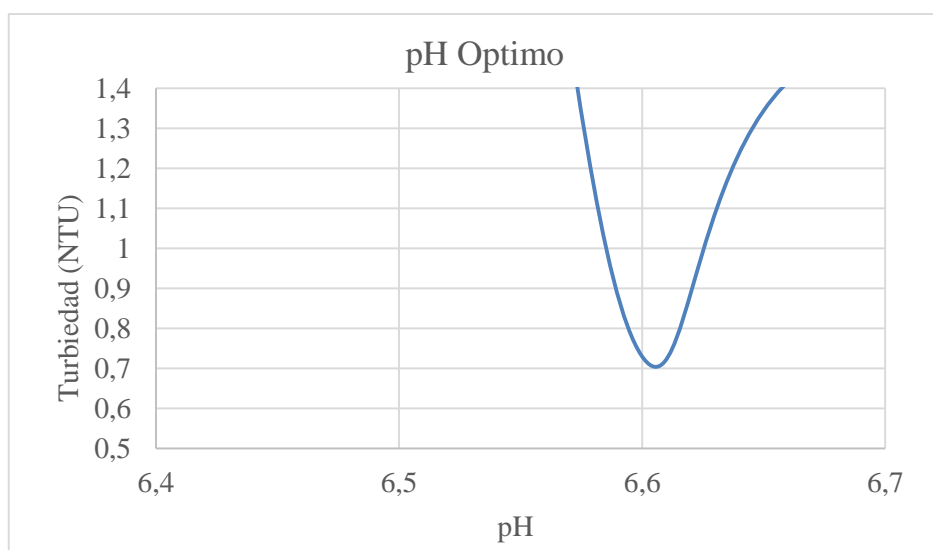


Grafico 15-4: pH Óptimo obtenido

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El pH óptimo obtenido es de 6,60 que se encuentra a una turbiedad de 0,73 NTU, el cual se comprueba realizando una gráfica, el cual se identifica en el punto más bajo de la curva ya que se obtiene a un menor tiempo y se optimiza más recursos.

4.6.3. Resultados de concentración óptima

A continuación se muestra la obtención de la concentración óptima al comparar la concentración con la turbiedad.

Tabla 15-4: Comparación de concentración vs turbiedad

Nº vaso de precipitación 800 mL	pH	Concentración (%)	Turbiedad (NTU)
1	6,60	1,0	1,45
2	6,60	2,0	2,25
3	6,60	3,0	3,33
4	6,60	4,0	0,68
5	6,60	5,0	1,38
6	6,60	6,0	1,50
7	6,60	7,0	2,78
8	6,60	8,0	0,98

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

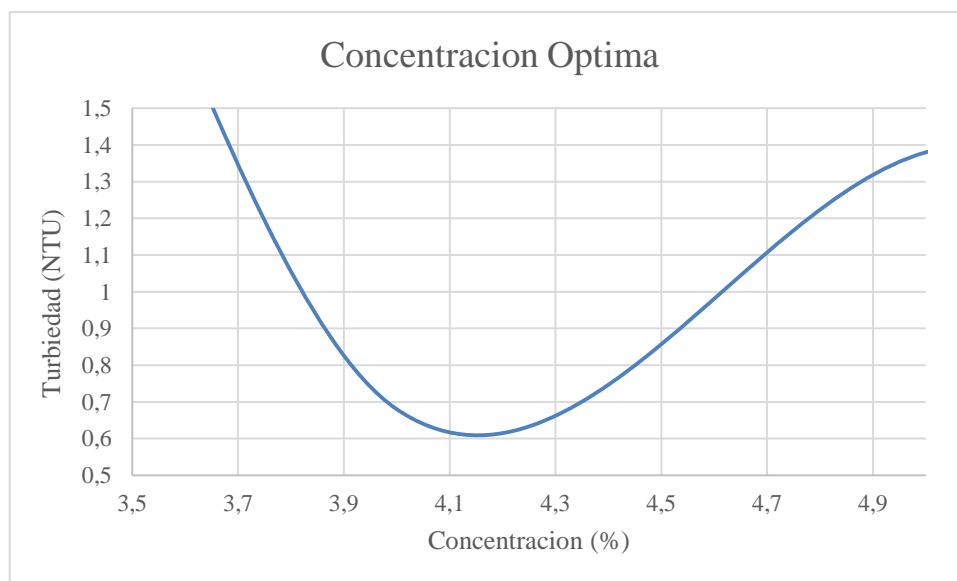


Gráfico 16-4: Concentración Óptima obtenido

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La concentración óptima obtenida es de 4% que se encuentra a una turbiedad de 0,68 NTU, el cual se comprueba realizando una gráfica, el cual se identifica en el punto más bajo de la curva ya que se obtiene a un menor tiempo y se optimiza más recursos.

4.6.4. Resultados de tiempo óptimo

A continuación se muestra la obtención del tiempo de floculación óptimo al comparar el tiempo con la turbiedad.

Tabla 16-4: Comparación de tiempo vs turbiedad

N° vaso de precipitación 800 mL	pH	Concentración (%)	Tiempo de Floculación (min)	Turbiedad (NTU)
1	6,60	4,0	2	4,25
2	6,60	4,0	5	3,25
3	6,60	4,0	10	2,10
4	6,60	4,0	15	1,25
5	6,60	4,0	20	1,80
6	6,60	4,0	25	2,70
7	6,60	4,0	30	3,46
8	6,60	4,0	35	4,20

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

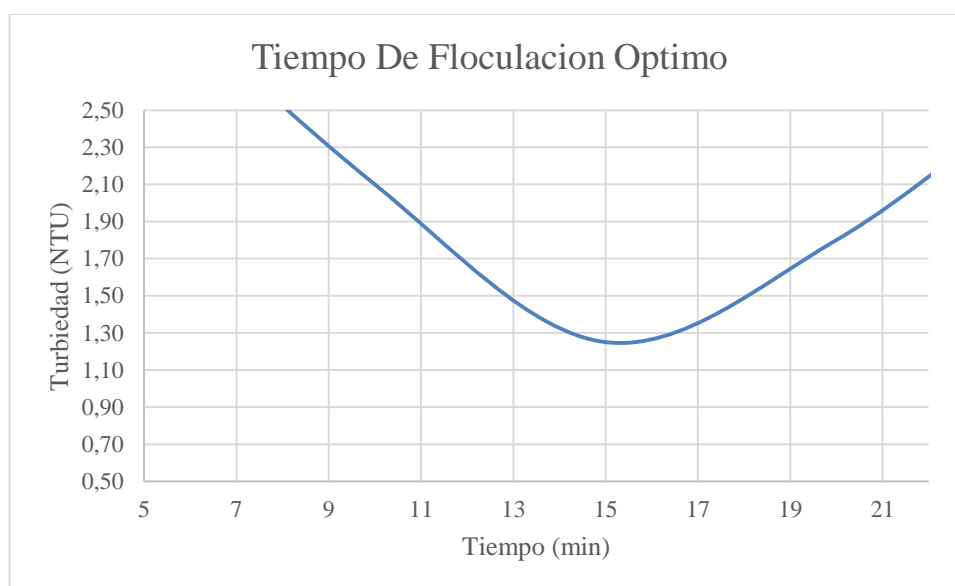


Gráfico 17-4: Tiempo de floculación óptimo obtenido

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El tiempo de floculación óptimo es de 15 minutos que se encuentra a una turbiedad de 1,25 NTU, el cual se comprueba realizando una gráfica, el cual se identifica en el punto más bajo de la curva ya que se obtiene a un menor tiempo y se optimiza más recursos.

4.6.5. Resultados de la velocidad de revolución óptima

A continuación se muestra la obtención del punto de revolución óptimo al comparar el tiempo con la turbiedad.

Tabla 17-4: Comparación de las revoluciones vs turbiedad

N° vaso de precipitación 800 mL	pH	Concentración (%)	Tiempo de Floculación (min)	Velocidad (rpm)	Turbiedad (NTU)
1	6,60	4,0	15	10	20,20
2	6,60	4,0	15	20	15,33
3	6,60	4,0	15	40	12,13
4	6,60	4,0	15	75	9,50
5	6,60	4,0	15	100	3,80
6	6,60	4,0	15	125	0,45
7	6,60	4,0	15	175	4,30
8	6,60	4,0	15	200	1,55

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

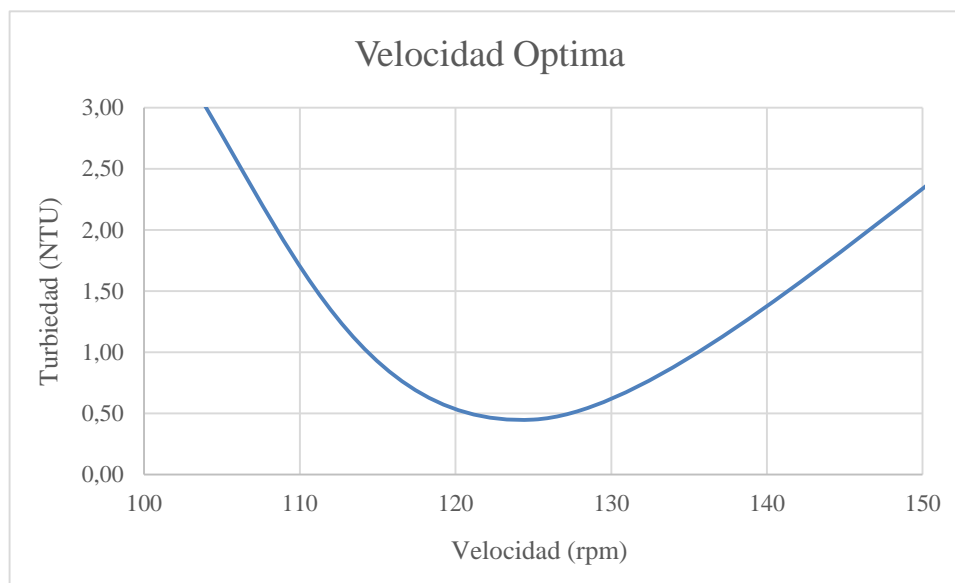


Gráfico 18-4: Revoluciones por minuto optima

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La velocidad de revoluciones por minuto óptima es de 125 rpm que se encuentra a una turbiedad de 0,45 NTU, el cual se comprueba realizando una gráfica, el cual se identifica en el punto más bajo de la curva ya que se obtiene a un menor tiempo y se optimiza más recursos.

4.6.6. Resultados de dosificación óptima de PAC y Chemflock N-100

Se realizaron varias pruebas de test de jarras considerando pH, concentración de los químicos floculantes, tiempo de floculación, velocidad adecuada, dosis, y turbiedad final. Inicialmente se realizó una tabla considerando varios rangos de pH frente a la turbiedad obtenida, posteriormente se realiza una gráfica de dispersión identificando la primera curva obtenida y así estandarizando el pH. De igual manera se realiza para las demás consideraciones hasta obtener la siguiente tabla.

Tabla 18-4: Dosificación óptima del coagulante y el auxiliar

N° vaso de precipitación 800 mL	pH	Concentración (%)	Tiempo de Floculación (min)	Velocidad (rpm)	Dosis de PAC y Chemflock (ppm)	Turbiedad (NTU)
1	6,60	4	15	125	15	40,50
2	6,60	4	15	125	20	32,32
3	6,60	4	15	125	30	25,10
4	6,60	4	15	125	40	15,87
5	6,60	4	15	125	50	2,34
6	6,60	4	15	125	60	1,50
7	6,60	4	15	125	70	7,29
8	6,60	4	15	125	80	0,58

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

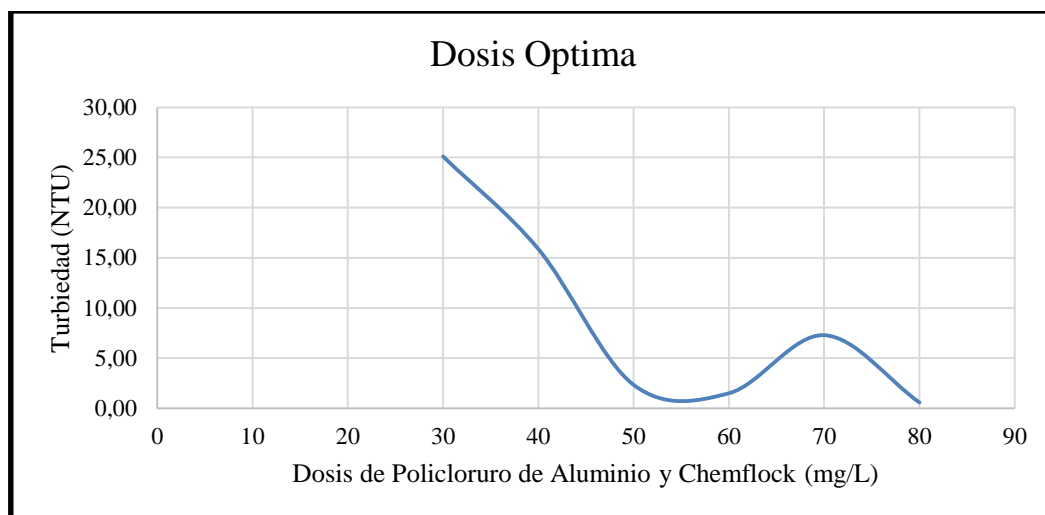


Gráfico 19-4: Dosis óptima del coagulante

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

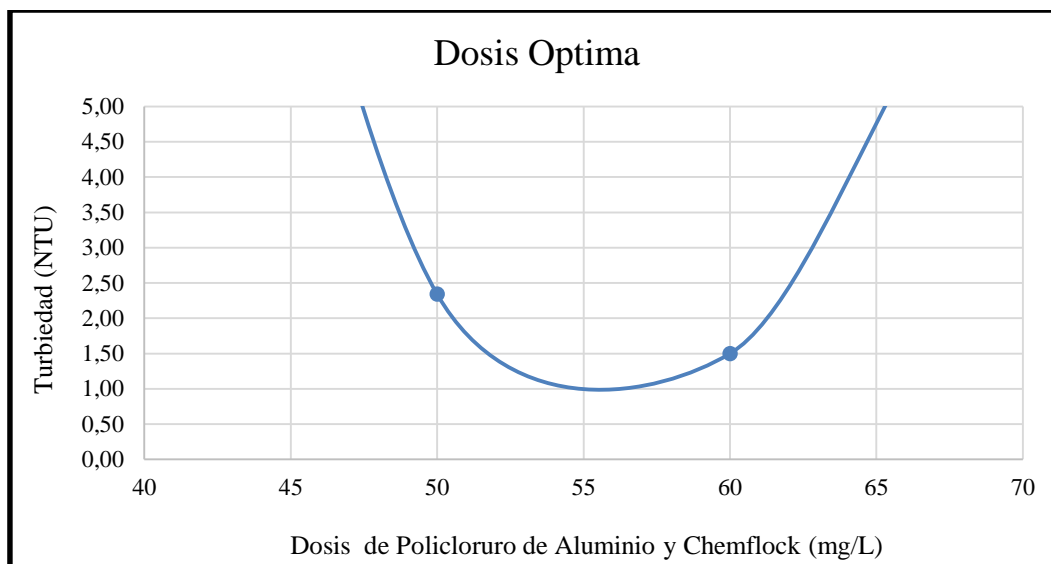


Gráfico 20-4: Primera parábola del punto óptimo

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

En el Gráfico 19-4 se muestran las curvas que generan los datos de dosificación frente a la turbiedad final obtenida, mientras que en el Gráfico 20-4 se amplían las escalas para obtener la primera curva e identificar en el punto más bajo de las dosis óptima del policloruro de aluminio y Chemflock N-100 ya que ambos compuestos se adicionan simultáneamente y en las mismas cantidades, es por lo cual el punto óptimo es para los dos compuestos. No se puede tomar como referencia a curvas posteriores ya que implican mayor consumo de químicos así como de tiempo.

La dosis óptima del policloruro de aluminio y Chemflock N-100 es de 60 mg/L con una turbiedad final de 1,50 NTU a 125 rpm con un tiempo de floculación de 15 minutos, un pH de 6,55 y una concentración del 4 %.

4.6.7. Resultados de dosificación óptima del sulfato de aluminio

El proceso para la obtención de la dosis óptima del sulfato de aluminio es el mismo proceso del PAC y Chemflock. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 19-4: Dosificación óptima del sulfato de aluminio

N° vaso de precipitación 800 mL	pH	Concentración (%)	Tiempo de Floculación (min)	Velocidad (rpm)	Dosis de Sulfato de Aluminio (ppm)	Turbiedad (NTU)
1	6,60	4,0	10	125	15	60,33
2	6,60	4,0	10	125	20	40,73
3	6,60	4,0	10	125	30	26,83
4	6,60	4,0	10	125	40	17,38

5	6,60	4,0	10	125	50	1,54
6	6,60	4,0	10	125	60	6,94
7	6,60	4,0	10	125	70	0,87
8	6,60	4,0	10	125	80	7,44

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

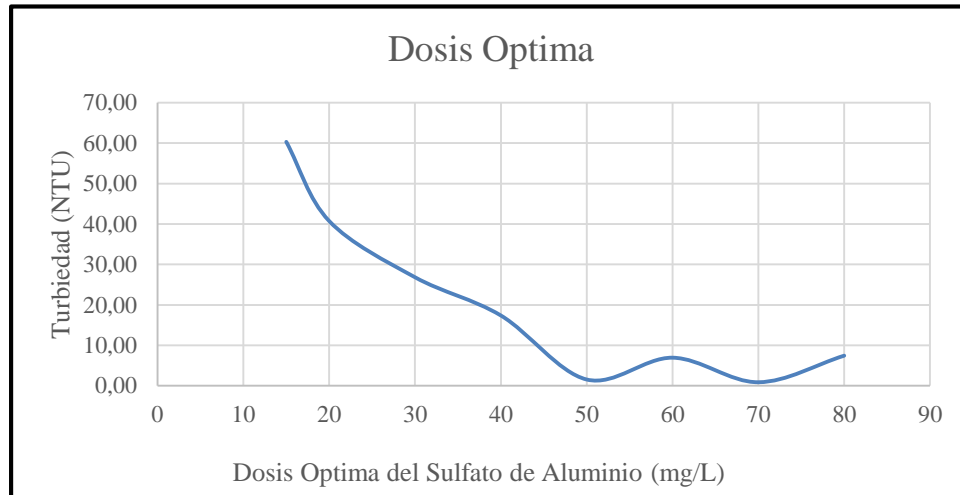


Gráfico 21-4: Dosis optima del sulfato de aluminio

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

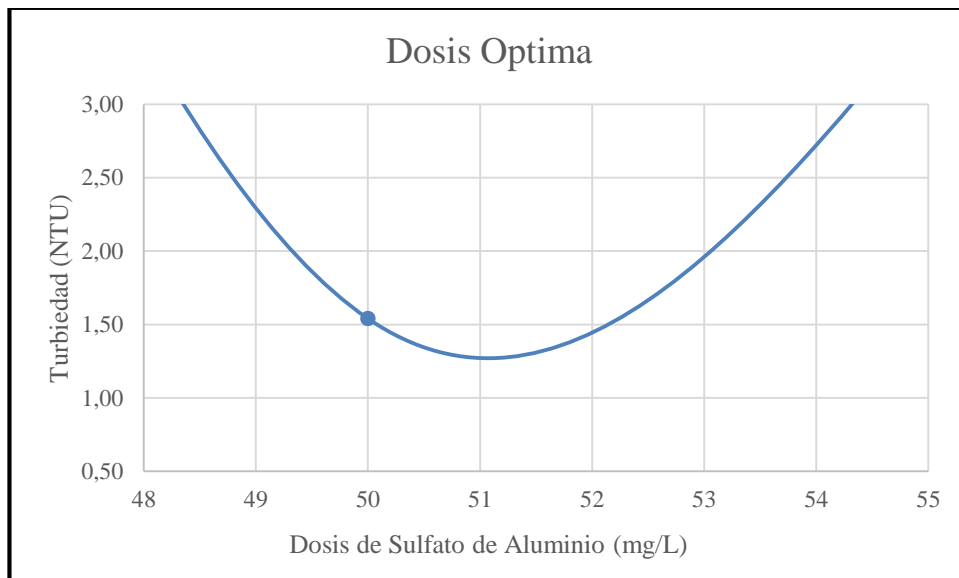


Gráfico 22-4: Primera parábola del punto optimo

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

En el Gráfico 21-4 se muestran las curvas que generan los datos de dosificación óptima frente a la turbiedad final obtenida, mientras que en el Gráfico 22-4 se amplían las escalas para obtener la primera curva e identificar en el punto más bajo de la dosis óptima del sulfato de aluminio que es

adicionada conjuntamente con la cal. No se puede tomar como referencia a curvas posteriores ya que implican mayor consumo de químicos así como de tiempo.

La dosis óptima del sulfato de aluminio es de 50 mg/L con una turbiedad final de 1,54 NTU a 125 rpm con un tiempo de floculación de 10 minutos, un pH de 6,55 y una concentración del 4 %.

Se aplicó inicialmente el sulfato de aluminio con la cal para obtener una mayor eliminación del color, ya que si se aplicara solo policloruro de aluminio y Chemflock no se elimina el color, además si se colocara primero el PAC y Chemflock, luego provocaría el rompimiento de los flocs ya formados al agregar el sulfato de aluminio con la cal, es así que se genera la combinación perfecta de los cuatro compuestos químicos en base a las concentraciones optimas de cada componente.

4.7. Pruebas de tratabilidad

Los resultados de las pruebas de tratabilidad fueron sumamente eficientes como se muestra en la Tabla 20-4 de caracterización final después del tratamiento, ya que los parámetros que se encontraban fuera de la norma establecida disminuirían hasta cumplir con la misma. Además el agua que sale de este tratamiento es cristalina, sin olores, y principalmente sin patógenos por las propiedades que presenta el carbón activado y la formación de una capa biológica en la arena.

4.7.1. Caracterización final del agua residual tratada

La caracterización de las aguas residuales procedentes del centro de faenamiento municipal de Guaranda se llevó a cabo en el laboratorio de control de calidad perteneciente a la E.P-EMAPA-G, ubicado en la provincia bolívar, cantón Guaranda, barrio Chaquishca, cabe recalcar que algunos parámetros fueron realizados en el centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica (CESTTA), de la ciudad de Riobamba.

Los valores que se obtienen de los análisis son comparados con los límites máximos permisibles de la normativa emitida por el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, libro VI, Anexo 1, Tabla 12.

A continuación se muestra la tabla de resultados de la caracterización final de agua residual tratada:

Tabla 20-4: Resultados de la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual luego del tratamiento

	RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO CENTRO DE FAENAMIENTO DEL CANTÓN GUARANDA LUEGO DEL TRATAMIENTO
---	--

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULAS	SEMANA MONITOREADA					PROMEDIO	Cumplimiento de la norma
		Lim.Max.Per	16/03/2015	18/03/2015	20/03/2015	24/03/2015	30/03/2015		
COLOR	UTC	Ina. en dis	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	—
TURBIEDAD	NTU	.....	0,54	0,39	0,63	0,36	2,00	0,78	—
pH	.....	5,0 - 9,0	7,05	7,13	7,08	7,1	7,14	7,10	Cumple
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	98,65	110,67	87,64	92,03	102,64	98,33	—
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	38,64	41,63	38,57	39,12	45,06	40,60	Cumple
TEMPERATURA	° C	< 35	16,05	15,95	14,98	15,65	15,75	15,68	Cumple
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	10,00	1,15	2,87	3,65	2,07	1,98	2,34	Cumple
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	1,23	1,07	1,65	0,96	1,31	1,24	Cumple
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	0,42	0,61	0,54	0,75	0,54	0,57	—
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	5,01	6,34	4,97	5,65	5,92	5,58	Cumple
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	0,63	0,46	0,48	0,32	0,40	0,46	Cumple
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	0,36	0,59	0,37	0,38	0,06	0,35	Cumple
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,14	0,22	0,18	0,11	0,17	0,16	Cumple
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,011	0,170	0,024	0,125	0,015	0,069	Cumple
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,009	0,008	0,005	0,007	0,004	0,007	Cumple
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	14,0	25,0	16,0	19,0	22,0	19,2	—
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,128	0,239	0,143	0,232	0,162	0,181	Cumple
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	33,1	45,1	53,6	46,1	37,5	43,1	Cumple
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,023	0,099	0,045	0,083	0,028	0,056	Cumple
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,179	0,097	0,123	0,099	0,011	0,102	Cumple
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,008	0,009	0,007	0,006	0,005	0,007	Cumple
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,13	0,26	0,15	0,17	0,21	0,18	Cumple
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,044	0,048	0,034	0,049	0,051	0,05	Cumple
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,03	0,04	0,03	0,06	0,03	0,04	Cumple
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	0,02	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	Cumple
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,25	0,69	0,39	0,64	0,18	0,43	—
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,08	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	—
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,07	0,06	0,08	0,09	0,07	0,07	—
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	0,56	0,34	0,38	0,52	0,49	0,46	—
DBO ₅	mg/L	100	67	87	81	69	75	76	Cumple
DOO	mg/L	250	117	141	136	118	122	127	Cumple
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**	Cumple

Realizado por: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA-G – Luis Tenemaza (Tesista)

Luego de realizado las pruebas de tratabilidad se caracterizó el agua residual ya tratada, logrando disminuir significativamente los parámetros que generan mayor impacto ambiental. Es así que la aplicación de coagulantes y floculantes redujeron solidos suspendidos, turbiedad, y color con la

adición de cal se eliminó en un gran porcentaje el color y olor característico de la materia orgánica en descomposición.

El filtro de carbón activado, grava y arena realizado en laboratorio de control de calidad logro disminuir significativamente el color, olor, DBO₅, DQO, bario, cianuro, cobalto, y nitrógeno total, ya que el carbón activado gracias a sus propiedades de absorción de contaminantes a través de sus paredes resulta un tratamiento óptimo. Y finalmente la eliminación tanto de coliformes fecales y totales se logró con la adición de hipoclorito de calcio al 0.5%, obteniendo un agua libre de patógenos.

La DBO₅ y DQO también se disminuyeron con la desinfección logrando valores por debajo del límite permisible según la normativa ambiental, ya que esta agua va a ser descargada al río Guaranda.

4.8. Verificación del cumplimiento con la normativa ambiental

Para verificar el cumplimiento de la normativa ambiental se realiza en base a la normativa vigente la cual se rigen en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce, perteneciente al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro VI, Tabla 12, Anexo 1.

El agua residual ya tratada será descargada al río Guaranda, que se encuentra a escasos metros del centro de faenamiento, o en lo posible de acuerdo a la necesidad de este centro puede ser recirculada a través de un mecanismo de bombeo.

Con la propuesta establecida sobre la planta de tratamiento de aguas residuales para este centro de faenamiento, el objetivo es reducir los niveles de DBO₅, DQO, SST y Coliformes fecales y totales presentes.

Tabla 21-4: Verificación del cumplimiento teórica de la normativa ambiental

Parámetro	Unidades	Concentración Promedio En El Afluente (mg/L)	Concentración En Efluente (mg/L)	Remoción teórica	Límite Máximo Permisible (mg/L)	Cumplimiento (TULSMA)
DBO ₅	mg/L	4596	60	98.6%	100	Cumple
DQO	mg/L	9395	123	98.6%	250	Cumple
SST	mg/L	317	4.2	99%	100	Cumple
Coliformes totales	UFC/100 mL	292	0	100%	Remoción > 99%	Cumple

Fuente: TULAS, Libro VI, anexo I. Tabla 12

Por medio de esta tabla se puede determinar que se cumpliría teóricamente con la remoción de sólidos suspendidos totales así como coliformes fecales y totales ya que el efluente sería vertido cumpliendo los parámetros establecidos por la norma. Por otra parte, tanto la demanda bioquímica de oxígeno como la demanda química de oxígeno cumplen con la norma, pero hay que recalcar que las cantidades iniciales fueron elevadas y se logró disminuir en 98.6% estableciendo valores razonables para el vertido ya que el agua residual proviene de un centro de faenamiento.

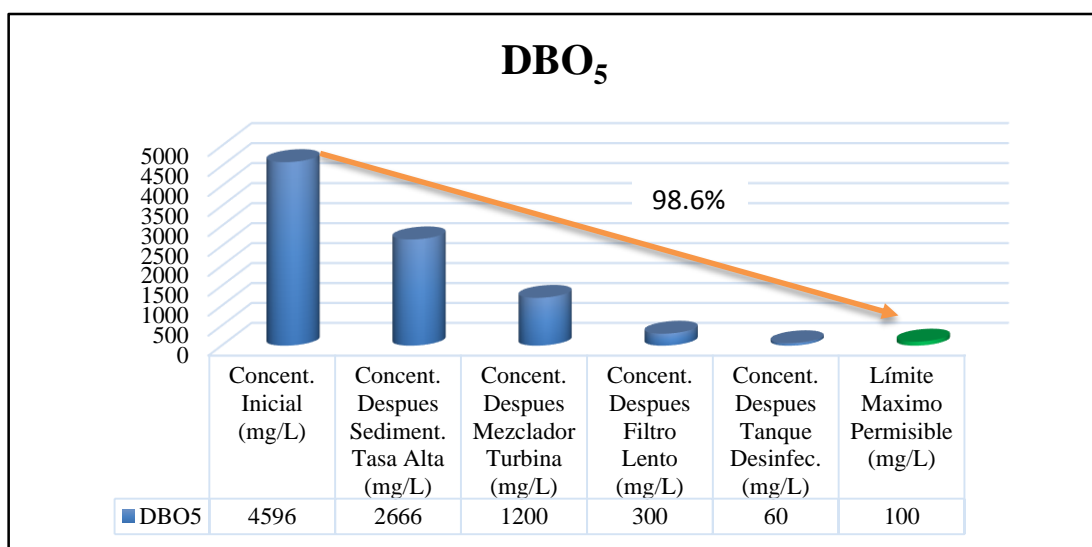


Grafico 23-4: Disminución teórica de la DBO₅ con los tratamientos propuestos

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Para la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno se tomaron en cuenta porcentajes sugeridos de eficiencia que se asumen a cada proceso basados en la normativa regional HPE/OPS/CEPIS. El valor promedio de las caracterizaciones iniciales del agua residual fue 4596 mg/L y posterior al atravesar el proceso de tratamiento disminuye a 60 mg/L que se encuentra por debajo del límite permisible, el proceso de tratamiento más eficiente para la remoción de la DBO₅ es el filtro lento por la acción del carbón activado.

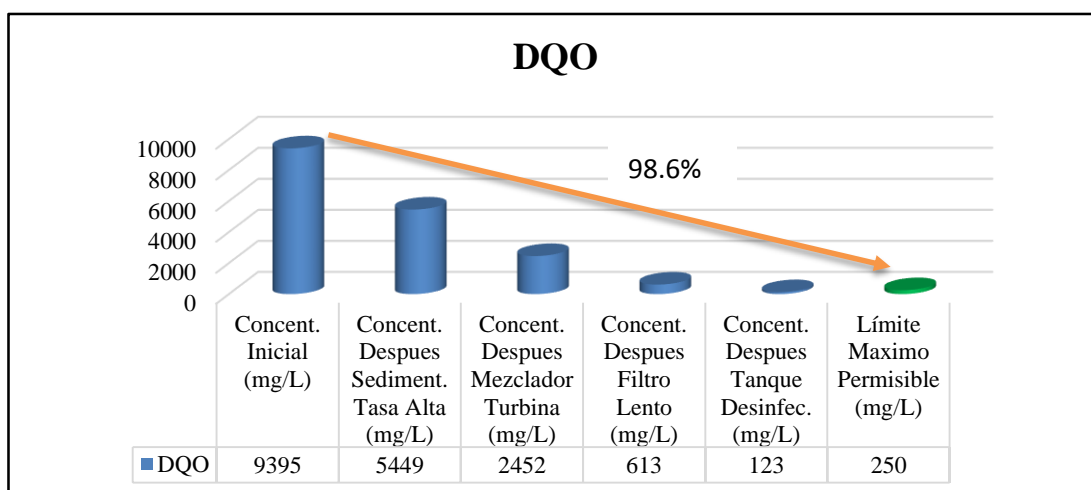


Grafico 24-4: Disminución teórica de la DQO con los tratamientos propuestos

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Para la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno se tomaron en cuenta distintos porcentajes de eficiencia basados en la normativa regional HPE/OPS/CEPIS. El valor promedio de las caracterizaciones iniciales del agua residual fue 9395 mg/L y posterior al atravesar el proceso de tratamiento disminuye a 123 mg/L que se encuentra por debajo de los 250 mg/L del límite permisible.

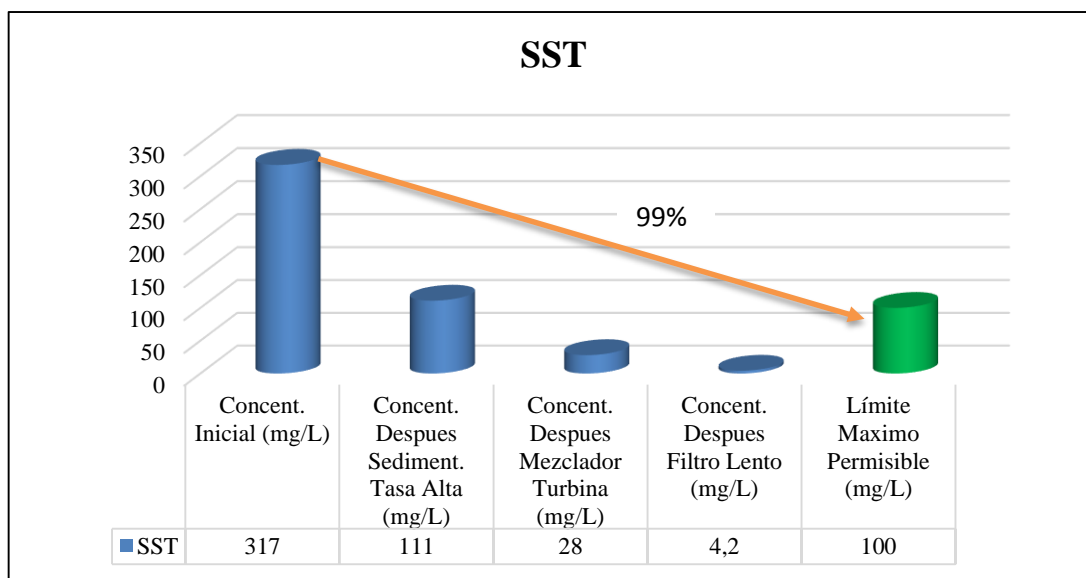


Grafico 25-4: Disminución teórica de los SST con los tratamientos propuestos

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La mayor remoción de los sólidos suspendidos totales se genera en el mezclador de turbina rápida y el filtro biológico ya que retienen y eliminan dichos sólidos. La eficiencia de remoción teórica es del 99%, con una disminución de 317 mg/L a 4.2 mg/L.

En la siguiente tabla los resultados del cumplimiento práctico con respecto a la normativa ambiental, para establecer el grado de eficiencia de la planta de tratamiento. Los valores empleados en la tabla son los valores promedios obtenidos en los análisis finales realizados al agua residual ya tratada.

Tabla 22-4: Verificación del cumplimiento práctico de la normativa ambiental

Parámetro	Unidades	Concentración Promedio En El Afluyente (mg/L)	Concentración En Efluente (mg/L)	Remoción práctica	Límite Máximo Permisible (mg/L)	Cumplimiento (TULSMA)
DBO ₅	mg/L	4596	76	98.3%	100	Cumple
DQO	mg/L	9395	127	98.6%	250	Cumple
SST	mg/L	317	2.7	99%	100	Cumple

Coliformes totales	UFC/100 mL	292	0	100%	Remoción > 99%	Cumple
-----------------------	---------------	-----	---	------	-------------------	--------

Fuente: TULAS, Libro VI, anexo I. Tabla 12

En comparación con el cumplimiento teórico, el cumplimiento práctico con la normativa ambiental es igual o superior en algunos casos, logrando remover hasta el 98.3% de la demanda bioquímica de oxígeno, el 98.6% de la demanda química de oxígeno, el 99% de los sólidos suspendidos totales, y el 100% de los coliformes. Es decir que la el cumplimiento práctico supera aún más las expectativas del grado de eficiencia que presentaría el diseño de la planta propuesto de llevarse a cabo.

Además es necesario mencionar que los parámetros tomados en cuenta para su remoción son los que presentan un nivel elevado con respecto a la norma.

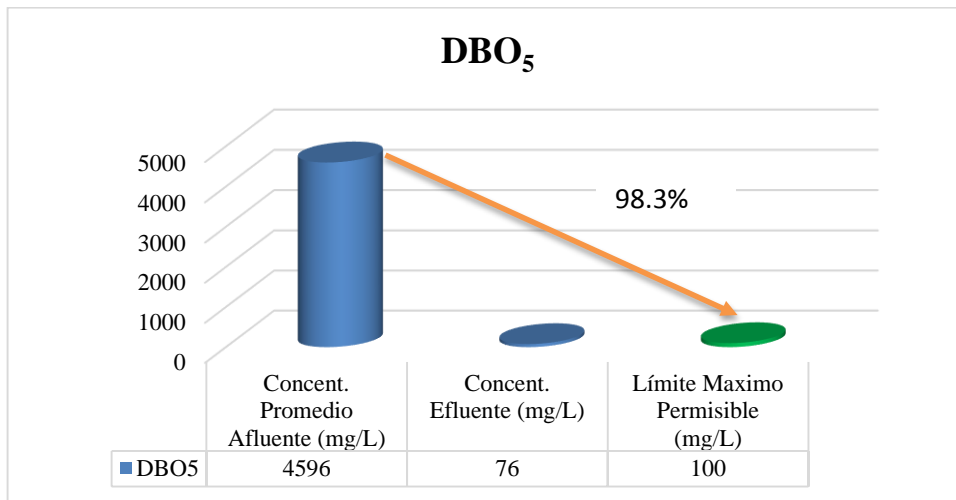


Grafico 26-4: Disminución práctica de los DBO₅ con los tratamientos propuestos

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La DBO₅ inicio con un valor promedio de 4596 mg/L, disminuyendo luego del tratamiento aplicado a 76 mg/L, es decir con una eficiencia de remoción del 98.3%, cumpliendo con los límites permisibles de la normativa ambiental.

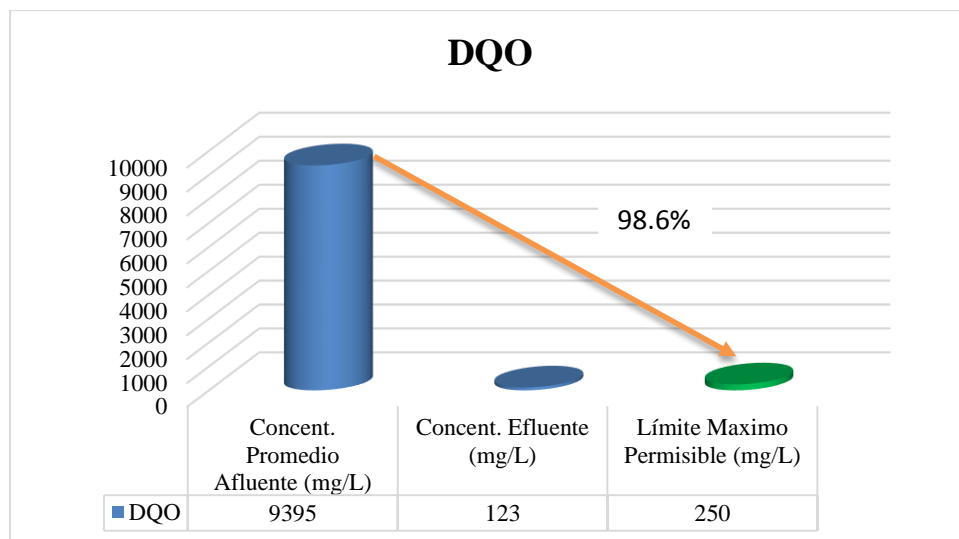


Grafico 27-4: Disminución práctica de la DQO con los tratamientos propuestos

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

La DQO inicio con un valor promedio de 9395 mg/L, disminuyendo luego del tratamiento aplicado a 123 mg/L, es decir con una eficiencia de remoción del 98.6%, cumpliendo con los límites permisibles de la normativa ambiental.

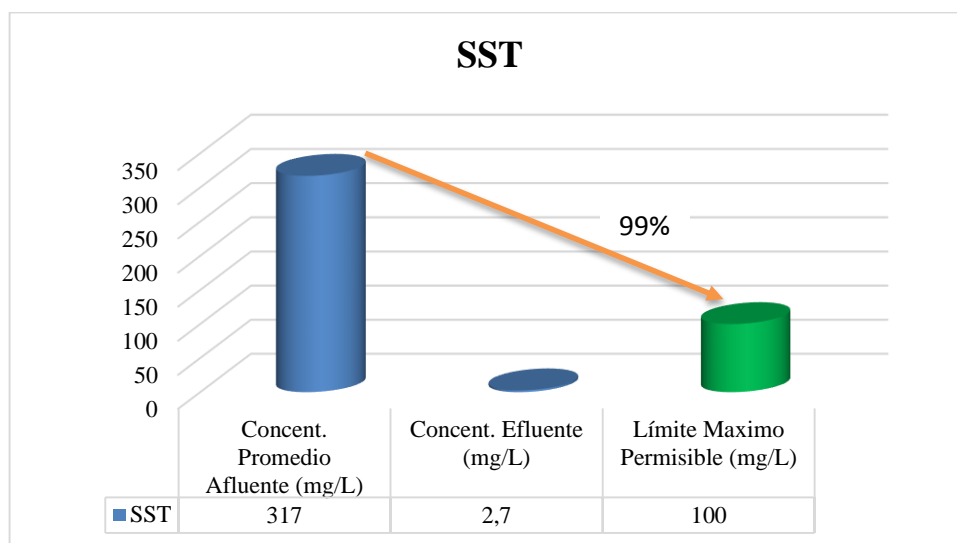


Grafico 28-4: Disminución practica de los SST con los tratamientos propuestos

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Los sólidos suspendidos totales iniciaron con un valor promedio de 317 mg/L, disminuyendo luego del tratamiento aplicado a 2.7 mg/L, es decir con una eficiencia de remoción del 99%, cumpliendo con los límites permisibles de la normativa ambiental.

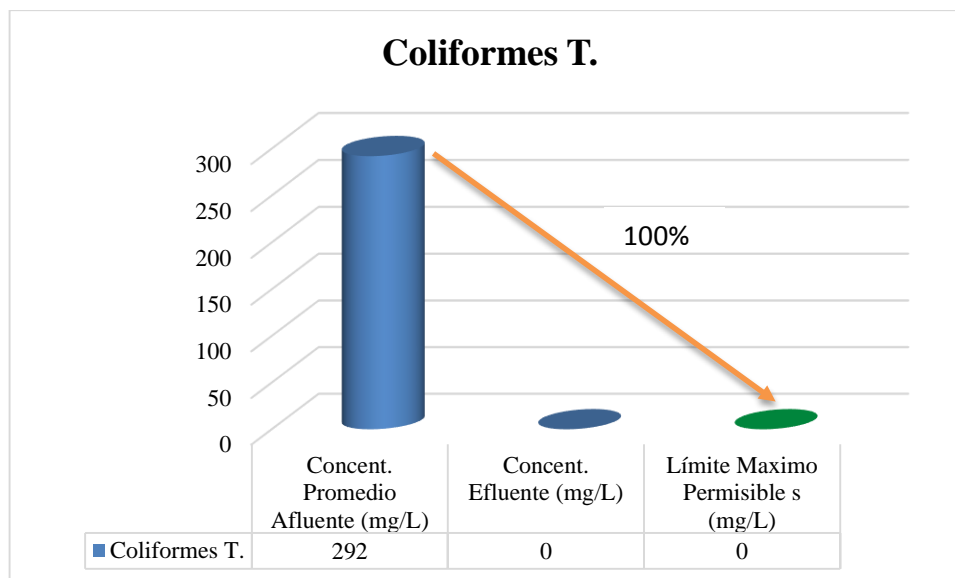


Grafico 29-4: Disminución práctica de los coliformes totales con los tratamientos propuestos

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Los coliformes totales iniciaron con un valor promedio de 292 mg/L, disminuyendo luego del tratamiento aplicado a 0 mg/L, es decir con una eficiencia de remoción del 100%, cumpliendo con los límites permisibles de la normativa ambiental. Gracias a todos los tratamientos propuestos y aplicados a pequeña escalas se logró esta eficiencia en cuanto a los coliformes.

4.9. Propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales para el centro de faenamiento

Para establecer la propuesta para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, inicialmente se tuvo que realizar las mediciones de caudal el cual fue en promedio 118,72 L/min, el caudal de diseño obtenido es de 20543 L/día para un faenamiento de 20 bovinos/día a 20 años, para una población futura de 34786 habitantes, por tanto el factor de conversión del caudal de diseño se toma en cuenta que un día de faenamiento es equivalente a 2 horas de trabajo puesto que si el factor de conversión se realiza para las 24 horas el diseño de las unidades no será para el caudal real, posterior la caracterización fisicoquímica, microbiológica y pruebas de tratabilidad, ya que son los puntos determinantes de donde surge el tipo de tratamiento y el tipo de unidades con la capacidad de abastecimiento adecuado. De igual manera se consideró el tipo de actividad que realiza la empresa, la disponibilidad del espacio y terreno, así como los factores económicos más convenientes.

Los parámetros que se encuentran fuera del límite permisible de acuerdo con la norma son, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniac, DBO₅, DQO, turbiedad, Sólidos Suspendidos Totales, color, conductividad, cobalto, bario, nitrógeno total, coliformes fecales y totales, que muestran que la eficiencia de la planta actual no es aceptable, y que requiere de soluciones adecuadas y eficientes.

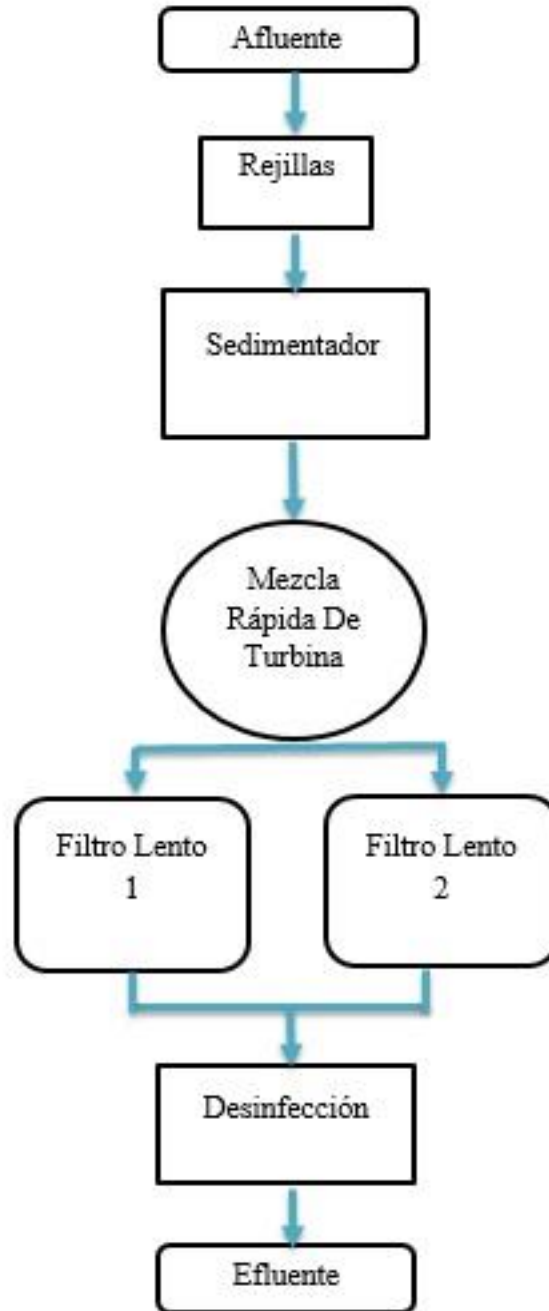


Grafico 30-4: Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Se presenta el diseño de la planta de tratamiento el cual cuenta inicialmente con el ingreso del afluente a través de la tubería, continua a través de un canal de llagada para encontrarse con el primer proceso de rejillas gruesas, ya que se generan grandes pedazos de grasas y otros fragmentos de las reses; posteriormente se dirige a un sedimentador horizontal de tasa alta, que cuenta con dos mecanismos, uno de placas inclinadas y una pendiente en el fondo de 2% para disminuir los sólidos suspendidos. Seguidamente el afluente es conducido a un proceso de coagulación-floculación a través de un tanque de mezcla rápida de turbina con paletas para que los flocs de mayor tamaño precipite al fondo y ser eliminados más fácilmente disminuyendo la cantidad de sólidos en un 90%,

además el punto donde se agregan los químicos es específico y como se trata de un agua residual con un bajo caudal ocupara menos espacio y es más eficiente; posterior pasa a una cámara de filtro lento constituida de grava, arena y carbón activado para la eliminación de olores, clarificación del agua, y desinfección.

Finalmente pasa a un tanque de desinfección con hipoclorito de calcio para la eliminación de microorganismos patógenos y que el agua pueda ser utilizada en el caso de que se requiera para recirculación o simplemente desembocar en el río Guaranda bajo las condiciones y parámetros adecuados. En el caso de los sólidos extraídos estos deberán someterse a análisis para darles posteriormente un tratamiento adecuado mediante lechos o eras de secado.

4.10. Identificación y evaluación de impacto ambiental

Todo proyecto de construcción va a generar impactos ambientales ya sean positivos o negativos durante las etapas construcción, ejecución y abandono. Para llevar a cabo la identificación y evaluación de impactos ambientales de la planta de tratamiento se consideró la situación actual que atraviesa el centro de faenamiento identificando los impactos antes de la construcción de la planta, por lo cual justificamos la necesidad de dimensionar la planta de tratamiento ajustándose a las necesidades de un adecuada disposición final del efluente en el área de investigación.

Es por esta razón que se diseñó la matriz de evaluación e identificación de impactos ambientales de Leopold, rigiéndose en la metodología establecida en el Capítulo II, literal 2.2.9.1.

Tabla 23-4: Matriz de identificación de impactos ambientales

Matriz de identificación de impactos ambientales del centro de faenamiento municipal del canton Guaranda																								
Factores Ambientales			Etapa de construcción											Etapa de operación y mantenimiento										
			Limpieza y Desbroce	Replanteo y Nivelación	Excavación del Suelo	Relleno compactado	Desalajo de material	Transporte de materiales de construcción	Ruido y vibraciones de maquinaria pesada	Construcción de obras de concreto	Generación de residuos sólidos comunes	Generación de residuos sólidos peligrosos	Cambio de paisaje y modificación del hábitat	Fallas operacionales	Limpieza de canales y rejillas	Mantenimiento del sedimentador de flujo horizontal	Mantenimiento de los filtros lentos biológicos	Mantenimiento del tanque de mezcla rápida	Transporte de lodos y fragmentos de carne	Vertido de agua tratada en el cuerpo receptor	Desarrollo de la zona			
Características Físico-Químicas	Suelo	calidad del suelo	Textura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
		contaminación del suelo	Uso de suelo (Profundidad max. 4m)	X	X	X	X	X													X			
	Aire	calidad del aire	Gases (olores)				X		X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X		
		contaminación del aire	Material particulado (polvo)	X	X	X	X	X	X	X	X			X									X	
			Ruido	X	X	X	X	X	X	X	X													X
	Agua	calidad del agua	Uso del agua		X	X							X			X		X	X	X	X		X	
contaminación del agua		Descarga cuerpo receptor		X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Factores Bioticos	Flora	Vegetación primaria	arboles	X	X	X	X	X		X		X												
		Vegetación secundaria	arbusto-hiervas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X				X	
	Fauna	Migración de especies	aves	X	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X	X	X				X	
			animales terrestres	X	X	X	X				X	X										X		X
animales acuáticos															X	X							X	
Factores Culturales	Socio-económico	Usos de terreno	Paisaje	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X								X	
			agricultura											X	X	X	X							X
			ganadería												X	X	X							X
	Humanos	empleo	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X		X	
		servicios básicos											X	X									X	
		seguridad y salud laboral	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Posterior de analizar y evaluar tanto la importancia como la magnitud de la matriz de evaluación e identificación de impactos ambientales de Leopold realizada, indica que se obtuvo un total de 29 impactos positivos, 157 impactos negativos, con un total de 186 interacciones, es decir que el impacto actual presenta una agregación de impactos de -989, este valor al ser comparado con la Tabla 4-2 indica un impacto negativo muy alto, es decir que se requieren medidas de corrección para evitar afectaciones mayores con el pasar del tiempo, y la concientización de los trabajadores con el objetivo de que laboren en equilibrio con el ambiente.

Los problemas más importantes generados durante la construcción son el impacto a la vida silvestre y acuática por las descargas de agua al río más seco, además de la generación del ruido y destrucción de la capa del suelo son considerados como impactos importantes pero en menor grado.

El impacto positivo alto es la generación de empleo y seguridad y salud laboral en las fases de construcción y operación de la planta, beneficiando a la población más cercana y apoyando al desarrollo de la colectividad.

4.11. Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Consecutivamente se muestran los resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales para el centro de faenamiento del cantón Guaranda, tomando en cuenta los criterios y consideraciones más adecuadas con la necesidad de la empresa, colectividad y el ambiente.

4.11.1. Población de diseño

Para determinar el cálculo de la población futura se consideró una tasa de crecimiento anual de 1,9 con una proyección a 20 años por recomendaciones técnicas según las necesidades de la empresa y basándose en estudios anteriores. Además se tomó en cuenta solo la población de la ciudad de Guaranda más no las parroquias aledañas ya que la carne solo es distribuida para dicha ciudad.

Tabla 25-4: Resultado del cálculo de la población futura

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Población actual	23,874	Habitantes	P_0
Población Futura	34,786	Habitantes	P_f

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

4.11.2. Caudal de diseño

Para obtener el caudal de diseño, primero se tuvo que determinar el caudal actual generado en la planta ya que no cuentan con estos datos, este caudal fue obtenido mediante mediciones por una semana obteniendo un caudal promedio de 118,7 L/min. Otros datos a considerar fueron el promedio de bovinos faenados, el peso promedio de cada res.

Tabla 26-4: Resultado del cálculo del caudal de diseño

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Caudal por bovino	1017	L/bovino	CB
Índice de consumo de carne	15400	Lb/día	ICC
Índice de consumo de carne por habitante	0,64	Lb/días*hab	ICH
Demanda futura de carne	20.2	Bovinos/día	DF
Caudal futuro	20543	L/día	QF
	0,0028	m ³ /s	
	0.171	m ³ /min	
	171,19	L/min	

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Es así que el caudal de diseño tomando en cuenta todas las consideraciones ya mencionadas es de 20.543 m³/día, es decir que se incrementó aproximadamente 6 m³, y número de faenamiento también aumento a un promedio de 20 reses por día con un incremento de 6 reses.

4.11.3. Tubería de ingreso de caudal

Tomando en cuenta las consideraciones para el diseño de la tubería se calculó el área y el diámetro obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 27-4: Resultado del cálculo de la tubería de ingreso del caudal

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Área	0.009	m ²	A
Diámetro de la tubería	0.11	m	d

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Por recomendaciones la tubería de ingreso se establece un diámetro de 0.30 m para que abastezca y sea capaz de soportar el caudal del agua residual.

4.11.4. Canal de llegada

En el canal de llegada se tomaron en consideración criterios de diseño como al ancho, la altura, el material para determinar los cálculos de diseño de acuerdo al caudal futuro, llegando a obtener los siguientes resultados:

Tabla 28-4: Resultado del cálculo del canal de llegada

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Coefficiente de Manning	0.0033		KM
Altura de agua en el canal	0.012	m	h
Radio hidráulico	0.012		RH
Velocidad	0.31	m/s	v

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Como se observa en la tabla se determinó la altura real del canal que es 0.012 m, así como la velocidad de 0.31m/s y que es considerada adecuada para este tipo de canal.

4.11.5. Rejillas

Al considerar que el caudal no es muy alto, se diseñó un sistema de rejillas gruesas de limpieza manual ya que los residuos que llegan son grades como trozos de grasa y otros órganos, es decir que su función sea retener sólidos de gran tamaño de una manera eficiente. En la tabla siguiente se muestran los resultados del diseño de las rejillas.

Tabla 29-4: Resultado del dimensionamiento de rejillas

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Ecuación de Manning	0.31	m/s	v
Área transversal del canal	0.009	m ²	At
Tirante en el canal	0.02	m	Ha
Altura total del canal	0.60	m	H
Longitud de la barra de las rejillas	0.80	m	L _b
Separación entre barras	0.40	m	bg
Área de los espacios entre barrotes	0.32	m ²	A _s
Velocidad a través de las rejillas	0.009	m/s	V _c
Numero de barrotes	9	barras	n

Perdida de carga	0.14	cm	h
------------------	------	----	---

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Los resultados más relevantes se consideran el número de rejillas que son 9, además de la separación entre barras obteniendo 0.4m, una longitud de 0.8 m y la pérdida de carga que se encuentra dentro del rango siendo 0.14 cm.

4.11.6. Sedimentador de flujo horizontal de tasa alta

Con el propósito de disminuir la carga conteniente de solidos suspendidos como excremento, y fragmentos de hueso y coágulos de sangre que se desintegran que no pudieron se retenidos por el sistema de rejillas, se dimensiono el sedimentador de tasa alta que posee dos mecanismos como son placas planas en las superficie reteniendo material suspendido y en la base una inclinación del 2% para que se sedimente los sólidos más pesados y ser extraídos para su disposición final. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 30-4: Resultado del dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal de tasa alta

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Velocidad inicial	0.06 1×10^{-3}	m/min m/s	V_s
Área de sedimentación	3.3	m ²	A_s
Longitud del área de sedimentación	1.4	m	L_s
Longitud relativa del sedimentador	24	m	L_r
Longitud relativa en la zona de transición	0.57	m	L'
Longitud relativa corregida	23.4	m	L_c
Velocidad crítica de sedimentación	4.7×10^{-3}	m/min	V_{sc}
Número de Reynolds	44		N_{re}
Tiempo de retención en placas	20	min	t
Volumen del tanque de sedimentación	9	m ³	V
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	53	min	TRH

Número de placas	12	Placas	N_p
Altura de la pendiente de sedimentación	0.5	m	h
Diámetro de la tubería de ingreso de agua	0.16 16	m cm	Φ

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El volumen del tanque es de 9 m^3 , las dimensiones son de longitud 1,2m, ancho, 2,4m, de altura 3m y de área $3,3 \text{ m}^2$, parámetros que son considerados en base a criterios antes establecidos, así mismo se obtiene un total de 12 placas planas y un tiempo de retención hidráulica de 53 minutos, es decir que por cada hora de funcionamiento el aguara residual tratada será de aproximadamente 10 m^3 , es por esto que el afluente será tratado por etapas, además existe la propuesta que se adicione un tanque recolector previo a este proceso y que así sea posible que trabaje por etapas.

4.11.7. Mezclador rápido mecánico de turbina

Por la necesidad de eliminar en color proveniente de la sangre y el material particulado de excrementos se diseñó un tanque de mezcla rápida para este tratamiento, en el cual se adicionan cantidades adecuadas de coagulantes-floculantes para su tratamiento y remoción. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 31-4: Resultado del dimensionamiento del mezclador rápido mecánico de turbina

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Volumen del tanque	0.02	m^3	v
Volumen a emplear	9	m^3	v
Diámetro de la cámara de mezcla	2.14	m	DT
Profundidad de la cámara de mezcla	2.5	m	H
Diámetro de la turbina	0.71	m	D
Anchura de los deflectores	0.071	m	Wd
Longitud de la paleta	0.18	m	B
Alto de la paleta	0.18	m	W
Potencia aplicada al agua residual	10.3×10^3	Watt	P
Velocidad de rotación	125	rpm	N

Anchura de las paletas del impulsor	0.14	m	q
Diámetro del disco central	0.54	m	S
Altura del impulsor respecto al fondo del tanque	0.71	m	h
Dosificación de coagulantes- floculantes			
Dosificación de PAC	25	L/día	x
Dosificación de CAL	12	L/día	x
Dosificación de Sulfato de Aluminio	13.5	L/día	x
Dosificación de CHEMFLOCK -N100	29	L/día	x

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El volumen del tanque será el mismo volumen del tanque de sedimentación ya que es la cantidad para la cual se dimensiona en consideración del caudal de diseño obteniendo diámetro de la cámara de mezcla 2.14 m con una profundidad de la cámara de mezcla 2.5m, la potencia con la cual funcionara es de 10.3×10^3 Watt con una velocidad de 125 rpm para una mezcla optima de los productos químicos, de igual manera el tanque funcionara por etapas ya que el caudal es muy alto además no se genera de inmediato. La cantidad de policloruro de aluminio que se empleará es de 25 L/día, de cal 12 L/día, sulfato de aluminio 13.5 L/día y de Chemflock N-100 es 29 L/día.

4.11.8. Filtración lenta

Para la eliminación de agentes patógenos así como la clarificación del agua y eliminación de olores se dimensiona un sistema de filtración lenta de tres capas, tomando en consideración algunos parámetros de diseño. Los resultados obtenidos son los siguientes.

Tabla 32-4: Resultado del dimensionamiento del filtro lento

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Velocidad de filtración	1.71×10^{-3}	m/min	V_F
	0.103	m/h	
Área superficial real	33.3	m ²	A_s

Coefficiente de mínimo costo	1.5		K
Longitud del filtro lento	7	m	L
Ancho del filtro lento	5	m	B
Velocidad de filtración real	5.14×10^{-4} 0.031	m/min m/h	V_{Fr}
Vertedero de entrada	0.072 7.2	m cm	h_a
Composición del filtro	Grava, Arena y, Carbón Activado		
Altura del filtro	4.2	m	Z_F
Sistema de drenaje			
Área de orificios laterales	7.06×10^{-6} 0.07	m^2 cm^2	A_0
Caudal que ingresa a cada orificio	2.12×10^{-6}	m^3/s	Q_0
Numero de laterales	7	Laterales	N_L
Diámetro de la tubería de entrada al filtro	0.055 5.5	m cm	D_{Te}
Diámetro de la tubería de salida del filtro	0.084 8.4	m cm	D_{Ts}
Sistema de lavado del filtro			
Velocidad optima del lavado del filtro	6×10^{-4}	m/s	V_L
Cantidad de agua para el lavado del filtro	12	m^3	v_L

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

En base a consideraciones de diseño la composición, diámetros y las dimensiones adecuadas se establecieron a partir de las tablas 11-1 y 12-1, las determinan que para el filtro de arena y carbón activado y grava, está constituido de 1 m de carbón activado, 60 cm de arena con un tamaño efectivo de 30 mm y un coeficiente de uniformidad de 2, además de un soporte de grava de 0.3 m, la altura del sistema de drenaje de 0.6m, un factor de seguridad del 10% y la altura del agua sobre el lecho de 1 m, es así que se obtiene una altura de 4.2 m.

En cuanto a la longitud del filtro lento se obtuvo de 7 m y un ancho del filtro lento 5 m. para el sistema de lavado Caudal que ingresa a cada orificio $2.12 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ con un número de laterales es 7, y finalmente para el sistema de lavado el volumen de agua a utilizar será 12 m^3 .

4.11.9. Tanque de desinfección

De acuerdo con los resultados de coliformes fecales y totales existe un elevado número de estos, por lo cual se diseñó un tanque de desinfección con el objetivo de que el efluente salga libre de patógenos peligrosos además de la intención de cumplir con la norma ya que esta establece que no debe salir con ningún microorganismo a un cuerpo receptor de agua dulce, ya que el fuente será empleada en el agricultura en poblaciones rio abajo, además de la opción de que esta agua sea reutilizada para el mismo faenamiento. El desinfectante a utilizar es el hipoclorito de calcio por ser muy efectivo en la desinfección, y muy económico en comparación con otros productos. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 33-4: Resultado del dimensionamiento del taque de desinfección

Parámetros	Datos	Unidades	Expresión
Volumen del tanque de cloración	3.36	m^3	V_{tanque}
Volumen aplicado	9	m^3	V
Área	22	m^2	A
Longitud del tanque	6.3	m	L
Ancho del tanque	3.5	m	B
Altura del tanque	0.41	m	H_{tanque}
Dosificación en el hipoclorador			
Peso cloro necesario	1,36	kg/día	P
Volumen del hipoclorador	54	L	Vh
Solución por goteo	37.5	mL/min	-

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El tanque de desinfección tendrá una longitud de 6.3 m, un ancho de 3.5 m, y el área total de 22 m^2 , el volumen para el cual fue dimensionado es de 9 m^3 , la cantidad de hipoclorito de calcio a utilizar diariamente es de 1,36 Kg/día los cuales se mezclaran en 54 L de agua, el goteo aplicado al efluente tratado es de 37.5 mL/min.

4.12. Elaboración de planos de la planta de tratamiento de aguas residuales

Los planos para la planta de tratamiento de aguas residuales para el centro de faenamiento municipal de Guaranda se elaboraron empleando el Software de diseño AUTOCAD 2012, empleando la escala de impresión 1:1 y la escala de dibujo 1:1000 , obteniendo una escala real de 1:7000. Los planos se presentan en el Anexo F.

Tabla 34-4: Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales

Descripción	Planos
Canal de llegada	1 de 1
rejillas	1 de 1
Sedimentador de flujo horizontal	1 de 1
Mezclador rápido	1 de 1
Filtración lenta	1 de 1
Tanque de desinfección	1 de 1

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Cabe mencionar que no se realizaron planos topográficos ya que la superficie donde será construida la planta de tratamiento de aguas residuales es plana, es decir un nivel de pendiente cero por lo que el terreno es adecuado actualmente para la construcción, es decir que resulta innecesario un levantamiento topográfico de esta área.

4.13. Manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

El manual de operaciones y mantenimiento fue realizado tomando en consideración todos los aspectos de operación, mantenimiento, seguridad y desempeño de los operadores. Por otro lado se basó el funcionamiento y operación en las normativas RAS 2000, Título E y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS/05.168), el manual se presenta en el Anexo B.

4.14. Presupuesto total de la planta de tratamiento de aguas residuales

El análisis de costos permite determinar de una manera más real la inversión que se debe generar para dar paso a la construcción de la planta tomando en cuenta factores externos como internos. El costo total del proyecto se establece de la suma de todos los costos unitarios multiplicados por la cantidad de producto necesario, así como de la suma de los subproductos.

Tabla 35-4: Presupuesto estimado para la construcción de la planta de tratamiento

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Obras Preliminares					
01	Derrochamiento de estructura existente	m3	300	3,50	1050,00
02	Limpieza y desbroce	m2	385	0,92	354,20
03	Replanteo y nivelación	m2	650	1,80	1170,00
04	Cerramiento (postes, alambre de púas)	m	650	10,25	6662,50
05	Excavación con maquinaria mayor a 4m	m3	480	3,75	1800,00
06	Desalojo de tierra y material	m3	780	4,00	3120,00
Subtotal:					14156,7
Canal De Entrada Y Desbaste					
07	Excavación (altura de 0 hasta 2 m a máquina (retroexcavadora suelo normal)	m3	3,30	2,25	7,43
08	Adecuación del fondo de la zanja	m2	3,75	6,10	22,88
09	Encofrado recto	m2	3,65	12,84	46,87
10	Compuerta de volante de acero inoxidable	u	1,00	210	210,00
11	Hormigón S. F'c=210 kg/cm2	m3	3,10	105,38	326,70
12	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m2	3,50	5,25	7,88
13	Rejilla canal de cribado	u	2,00	3,70	7,40
14	Latón perforado	u	1,00	5,10	5,10
Subtotal:					634,26
Sedimentador De Tasa Alta					
15	Excav. h=0 a 3 m (retroexcavadora suelo normal)	m3	4,00	2,75	11,00
16	Adecuación del fondo de la zanja	m2	3,75	7,55	28,31
17	Encofrado recto	m2	4,12	12,84	52,90
18	Hormigón S. f'c=210 kg/cm2	m3	2,25	105,38	237,11
19	Compuerta de volante de acero inoxidable	u	2,00	210	420,00
20	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m2	5,30	5,25	27,83
21	Placas planas	u	12,00	5,30	63,60
22	Prov. Inst. de Tubería de PVC D=160 mm	m	5,00	8,25	41,25
23	Prov. Inst. de Codo de PVC D=160 mm x 90°	u	1,00	5,50	5,50
Subtotal:					887,49
Tanque De Mezcla Rápida De Turbina					
24	Estructura circular de acero inoxidable	m3	9,00	412,33	3710,97
25	Estructura de soporte de acero	u	1,00	245,5	245,50
26	Excavación de suelo h=1m	m3	1,00	2,75	2,75
27	Hormigón S. F'c=210 kg/cm2	m3	0,80	105,38	84,304
28	Turbina de 6 aspas	u	1,00	125,40	125,40
29	Motor de agitación industrial (flow control)	u	1,00	1270	1270,00
Subtotal:					5438,92

Filtro Lento O Biológico (2 Unidades)					
30	Estructura con Hormigón S. F'c=210 kg/cm2	m3	7,00	105,38	737,66
31	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m2	6,50	5,25	34,125
32	Grava media (2-3 cm)	m3	1,00	190,00	190,00
33	Arena de 30 mm	m3	3,00	50,00	150,00
34	Carbón activado	m3	4,00	3000,00	12000,00
35	Prov. Inst. De Tubería de PVC D=60 mm	m	4,00	5,35	21,40
36	Prov. Inst. De Tubería de PVC D=90 mm	m	2,00	6,14	12,28
37	Prov. Inst. De Codo de PVC D=60 mm x 90°	u	1,00	4,55	4,55
38	Prov. Inst. De Codo de PVC D=90 mm x 90°	u	1,00	4,90	4,90
39	Compuerta de volante de acero inoxidable	u	1,00	210	210,00
Subtotal:					13364,92
Subtotal por las dos unidades:					26729,83
Tanque De Desinfección					
40	Excav. H=1 m	m3	1,00	2,75	2,75
41	Adecuación del fondo de la zanja	m2	15,50	7,55	117,03
42	Encofrado recto	m2	16,18	12,84	207,75
43	Hormigón S. F'c=210 kg/cm2	m3	8,90	105,38	937,88
44	Compuerta de volante de acero inoxidable	u	1,00	210	210,00
45	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m2	15,50	5,25	81,38
46	Tanque de hipocloración (plástico)	L	55,00	-	85,75
47	Estructura de soporte de acero	u	1,00	50,00	50,00
Subtotal:					1692,53
Mano De Obra					
48	Chofer	-	2,00	400,00	800,00
49	Ayudante de maquinaria	-	3,00	500,00	1500,00
50	Albañil (jefe)	-	4,00	800,00	3200,00
51	Albañil (ayudante)	-	6,00	500,00	3000,00
52	Soldador	-	2,00	200,00	400,00
Subtotal:					8900,00
Costo Total:					58439,74
Gastos Imprevistos (15%):					8765,96
TOTAL:					67205,70

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

El costo referencial establecido en la anterior tablas es 58439 dólares, al cual se le suman un 15% de imprevistos ya sean directos e indirectos generando un precio total de 67205 dólares, considerado como un costo moderad ya que se trata una planta de tratamiento de una área pequeña que está dispuesta para su construcción.

4.15. Costo total de sustancias químicas empleadas en el proceso de coagulación-floculación

Los costos de cada producto químico fueron proporcionados por el director de control de calidad del agua potable de Guaranda, así como las relaciones de disolución de los químicos para un determinado volumen de agua. Es así que se obtiene el siguiente presupuesto de productos químicos.

Tabla 36-4: Costos de sustancias químicas

Sustancia Química	Concentración (Ppm)	Concentración (%)	Cantidad De Disolución	Relación De La Cantidad De Reactivo	Cantidad De Reactivo Consumido En La Solución	Costo Unitario	Costo Total
PAC	60	4	25 L/día	20mL/L	0.5 L/día	0,90 \$/L	0,45 \$
CAL	50	4	12 L/día	20 gr/L	0.24 Kg/L	1,00 \$/kg	0,24 \$
CHEMFLOCK	90	4	29 L/día	0.9 gr/L	35.5 gr/día	9,00 \$/kg	0,32 \$
SULFATO DE ALUMINIO	70	4	13.5 L/día	20 gr/L	0.27 Kg/L	2,00 \$/kg	0.54 \$
COLORO	5	5	50 L/día	1,5 mg/L	1,36 Kg/día	3,25 \$/kg	4,42 \$
Costo Por Día:							5,97
Costo Por Mes:							143,28
Costo Anual:							1719,36

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

En la tabla se puede determinar que el costo es adecuado con el consumo de reactivos, generándose un costo diario de 5 dólares con 97centavos por cada día, el compuesto químico más costoso es el cloro, ya que la cantidad destinada debe ser enviada por goteo al efluente durante las 12 hora que se encuentra en funcionamiento, además si se envía cantidades de hipoclorito más concentradas el agua va a tomar un color amarillo verdoso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El lugar que ya se encuentra dispuesto para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales cuenta actualmente con un canal de llegada y un tanque Imhoff para disminuir la carga contaminante, sin embargo no es eficiente en el tratamiento que se le da actualmente ya que solo elimina grandes fragmentos de grasa y tejido de los bovinos faenados, además la planta no fue diseñada mediante una investigación que determine los problemas más relevantes que necesitan una rápida solución, en cuanto al abastecimiento del caudal es adecuada, la geometría es adecuada para el canal de llegada pero no para el tanque Imhoff como se demuestra en los resultados de la revisión de la planta. Por lo cual se determinó el rendimiento del actual sistema de tratamiento que es el 10% de acuerdo con la remoción de lodos, DQO y la DBO₅, determinada en la caracterización inicial, es decir que se encuentra por debajo del 40% de eficiencia con la que debería cumplir.
- El agua residual del centro de faenamiento municipal de Guaranda presenta un caudal promedio de diseño de 118.7 L/min, posteriormente se realizaron análisis a los parámetros físicos, químicos, y microbiológicos, que presentaron los siguientes valores promedios: nitrógeno total 40.2 mg/L, cobalto 1.67 mg/L, cianuro 0.22 mg/L, bario 3.90 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno 4596 mg/L, demanda química de oxígeno 9395 mg/L y coliformes fecales 52 NMP/100 mL que se encuentran fuera de los límites permisibles según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro VI, Tabla 12, Anexo 1; así también, el color, la turbiedad, conductividad y los coliformes totales presentan altos niveles, pero no están fuera de la norma ya que el TULSMA no establece límites permisibles para dichos parámetros, por lo cual el agua residual no es adecuada para ser descargada al río Guaranda.
- Los puntos críticos que presenta el actual sistema de tratamiento radica en el tanque Imhoff, puesto que la geometría no es la adecuada por la poca retención de lodos, además de que existen agrietamientos por los cuales existe filtración del agua, pero el volumen de almacenamiento del efluente es adecuado ya que está diseñado para 25.8 m³ y actualmente se producen 14,2 m³, generando una eficiencia del 10%. Es así que se propone un sistema de tratamiento constituido por un canal de llegada, un sistema de rejillas, un sedimentador de tasa alta, un tanque de mezcla rápida, dos filtros lentos, y un tanque de desinfección como la mejor opción para el tratamiento óptimo de este tipo de agua residual llegando a obtener una eficiencia teórica global del 98.7%, disminuyendo el valor de los parámetros que se encontraban elevados en la caracterización inicial como lo establece la norma.

- De acuerdo con la información recopilada, a las mediciones del caudal actual, así como a la caracterización físico-química y microbiológica, las pruebas de tratabilidad del agua residual y la situación actual del lugar de estudio, se realizó el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales la misma que cuenta con un sistema de rejillas, un sedimentador de tasa alta, un tanque de mezcla rápida de turbina, dos filtros lentos o biológicos, y un tanque de desinfección. Permitiendo cumplir con la normativa ambiental, evitando una mayor contaminación del río Guaranda que es el cuerpo receptor. Los planos realizados en el software de diseño AutoCAD se encuentran en el Anexo F.

RECOMENDACIONES

- Como recomendación principal el centro de faenamiento municipal de Guaranda deberá implementar la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta para evitar que el efluente siga contaminando el cuerpo de agua receptor al que es vertido.
- Se recomienda incrementar la eficiencia de recolección de los residuos generados en el centro de faenamiento como es la sangre, rumen, excrementos, grasas y fragmentos de hueso para su reutilización mediante un adecuado procesamiento.
- Se recomienda que el GAD Municipal de Guaranda disponga ordenanzas para la descarga de aguas residuales a los cuerpos de agua, minimizando el impacto ambiental que es generado.
- En cuanto a la operación y el mantenimiento de la PTAR propuesta se recomienda implementar el manual establecido en esta investigación, en el que se exponen datos de suma importancia para una adecuada operación tanto previo como posterior proceso de tratamiento.
- Los lodos generados por la PTAR deben ser tratados adecuadamente, por lo que se recomienda que el departamento de gestión ambiental del cantón Guaranda de una adecuada disposición en la planta de tratamiento con la que cuentan previo a una adecuada caracterización.
- Es necesario que el personal que sea contratado para la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales cumpla con un perfil acorde con el área de trabajo, además deberán recibir capacitaciones para evitar cualquier inconveniente.
- Las autoridades que administran el centro de faenamiento municipal deberán buscar opciones adecuadas para solucionar problemas ambientales ya que también afectan al suelo y al aire por la presencia de animales y la infiltración hacia el suelo.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Mario., et al. Tratamiento físico-químico de las aguas residuales: coagulación-floculación. 2ªed., Murcia-España. Graf S.L. 2002, pp. 34, 35,56.

<https://books.google.com.ec/books?id=8v1QBXPvhAUC&pg=PA35&dq=floculacion+y+coagulacion&hl=es-419&sa=X&ei=umYuVbPTBfC0sAS-xoCACg&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=floculacion%20y%20coagulacion&f=false>
2015-04-20

BUCAI, Ruth. Rediseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la EP.EMAPA-G. (Tesis). (Ing.Quim). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2014, pp. 44-99.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3658/1/96T00273%20UDCTFC.pdf>
2015-04-22

CAMPOS, Irene. Saneamiento ambiental. 2ªed., San José-Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. 2003, pp. 49,51.

<https://books.google.com.ec/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA49&dq=turbiedad&hl=es-419&sa=X&ei=D7UrVdz5PMXasAT66YGQCA&ved=0CCoQ6AEwAw#v=onepage&q=turbiedad&f=false>
2015-04-18

CAMACHO, Alan., et al. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. 2ªed., Cochabamba-Bolivia. Proyecto GOV-AGUA. 2010, pp. 56-60.

<https://books.google.com.ec/books?id=1kO2J5aDljQC&pg=PA56&dq=solidos+en+el+agua+residual&hl=es-419&sa=X&ei=YsMrVczxN-#v=onepage&q=solidos%20en%20el%20agua%20residual&f=false>
2015-04-18

CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES. Organización Panamericana De La Salud. 1988.

<https://books.google.com.ec/books?id=X9QgncMbnsYC&pg=PA60&dq=filtros+lentos&hl=es-419&sa=X&ei=aL4uVZToCIWfgwS9q4HgBQ&ved=0CCAQ6AEwAQ#v=onepage&q=filtros%20lentos&f=false>
2015-04-20

CHANGO, Gloria. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Pinguilí del cantón Mocha. (Tesis). (Ing.Amb). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2014, pp. 20-115.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3405/1/236T0099.pdf>

2015-04-21

CRITES, Ron., & TCHOBANOGLOUS, George. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. 2ªed., Bogotá-Colombia. McGraw-Hill. 2000, pp. 7-10; 180, 200.

DATOS IMPORTANTES DE GUARANDA. Gobierno Autónomo Descentralizado De Guaranda. 2015.

<http://www.guaranda.gob.ec/web/el-canton/datos-importantes>

2015-04-16

ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA. Dirección Nacional De Innovación Académica. 2013.

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_4/Pages/cadales_continuacion1.htm

2015-04-20

FERRER, Jorge., & SECO, Aurora. Tratamiento biológico de aguas residuales. 2ªed., Valencia-España. AlfaOmega. 2008, pp. 8-15

FERNÁNDEZ, Conesa. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. 2ªed., Madrid-España. Mundi-Prensa. 1993, pp. 5-57.

http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf

2015-04-22

GÓMEZ, Orea. Evaluación de impacto ambiental. 2ªed., Madrid-España. Agrícola Española. 1998, pp. 1,2.

http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf

2015-04-17

GUZMÁN, Martha. La contaminación de suelos y aguas. 3ªed., Sevilla-España. Publidisa. 2007, pp. 83,84.

<https://books.google.com.ec/books?id=KPcJItVcQRoC&printsec=frontcover&dq=el+agua+y+la+contaminacion&hl=es-419&sa=X&ei=VWQqVcvsl47IsATFi4GoBg&ved=0CCgQ6AEwAg#v=onepage&q=el%20agua%20y%20la%20contaminacion&f=false>

2015-04-15

GUERRA, María., & CASTILLO, Ana. Diseño e implementación de una PTAR por lodos activos a escala de laboratorio, facultad de ciencias - Espoch. (Tesis). (Ing.Amb). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2014, pp. 40,42.

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3403/1/236T0097%20.pdf>

2015-04-19

GUÍA PARA EL DISEÑO DE SEDIMENTADORES Y DESARENADORES. Centro Panamericano De Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Ambiente. 2005.

<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

2015-04-20

GREFA, Luis. Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento municipal de ganado de Orellana. (Tesis). (Ing.Amb). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2013, pp. 29,30.

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3116/1/236T0080.pdf>

2015-04-19

MARRÓN, César. Sistemas de agua potable. 2ªed., Lima-Perú. Tarea Asociación Grafica Educativa. 1992, pp. 53-55.

<https://books.google.com.ec/books?id=V7bLwVNI8jMC&pg=PA13&dq=agua+potable&hl=es-419&sa=X&ei=m28qVbrHNY3IsQTR0gE&ved=0CEcQ6AEwBw#v=onepage&q=agua%20potable&f=false>

2015-04-16

MARAÑÓN, Elena., et al. Generación de residuos de ganadería vacuna problemática y tratamiento. 2ªed., Asturias-España. Servicio de publicaciones Universidad de Oviedo. 2001, pp. 3-6.

<https://books.google.com.ec/books?id=EbmKpBjI4e0C&pg=PA3&dq=residuos+ganaderos&hl=es->

[419&sa=X&ei=6oMqVd7tFNfZsATP0IHABA&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=residuos%20ganaderos&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=-1NxMzYv9-UC&printsec=frontcover&dq=tratamiento+de+aguas+residuales&hl=es&sa=X&ei=1CstVdbdEMGYNuTigaAI&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q=tratamiento%20de%20aguas%20residuales&f=false)

2015-04-17

MARTÍNEZ, Sergio., & RODRÍGUEZ, Miriam. Tratamiento de aguas residuales con MATLAB. 4ªed., Barcelona-España. Reverté. 2005, pp. 16,18.

[https://books.google.com.ec/books?id=-1NxMzYv9-](https://books.google.com.ec/books?id=-1NxMzYv9-UC&printsec=frontcover&dq=tratamiento+de+aguas+residuales&hl=es&sa=X&ei=1CstVdbdEMGYNuTigaAI&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q=tratamiento%20de%20aguas%20residuales&f=false)

[UC&printsec=frontcover&dq=tratamiento+de+aguas+residuales&hl=es&sa=X&ei=1CstVdbdEMGYNuTigaAI&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q=tratamiento%20de%20aguas%20residuales&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=-1NxMzYv9-UC&printsec=frontcover&dq=tratamiento+de+aguas+residuales&hl=es&sa=X&ei=1CstVdbdEMGYNuTigaAI&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q=tratamiento%20de%20aguas%20residuales&f=false)

2015-04-20

METCALF., & EDDY. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. 4ªed., New York-USA. McGraw-Hill. 2003, pp. 554-582.

MERLI, Fernando., et al. Microbiología de las aguas residuales. 2ªed., Buenos Aires-Argentina. Edutecne. 2009, pp. 5-9.

http://www.edutecne.utn.edu.ar/sem_fi_qui_micrb_09/biosolidos_en_suelo.pdf

2015-04-17

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA). 2014

<http://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

2015-04-21

OROZCO, Álvaro. Bioingeniería de aguas residuales: Teoría y Diseño 2ªed., Bogotá-Colombia. ACODAL. 2005, pp. 12-15; 17-19.

OROZCO, Carmen., et al. Contaminación ambiental. 2ªed., Madrid-España. Paraninfo. 2011, pp. 598,599.

[https://books.google.com.ec/books?id=nUoOx-](https://books.google.com.ec/books?id=nUoOx-8knyUC&pg=PA598&dq=contaminacion+por+residuos+ganaderos&hl=es-419&sa=X&ei=yYsqVZKWOeTLsATChIDIAw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=contaminacion%20por%20residuos%20ganaderos&f=false)

[8knyUC&pg=PA598&dq=contaminacion+por+residuos+ganaderos&hl=es-](https://books.google.com.ec/books?id=nUoOx-8knyUC&pg=PA598&dq=contaminacion+por+residuos+ganaderos&hl=es-419&sa=X&ei=yYsqVZKWOeTLsATChIDIAw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=contaminacion%20por%20residuos%20ganaderos&f=false)

[419&sa=X&ei=yYsqVZKWOeTLsATChIDIAw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=contaminacion%20por%20residuos%20ganaderos&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=nUoOx-8knyUC&pg=PA598&dq=contaminacion+por+residuos+ganaderos&hl=es-419&sa=X&ei=yYsqVZKWOeTLsATChIDIAw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=contaminacion%20por%20residuos%20ganaderos&f=false)

2015-04-16

OSORIO, Francisco., et al. Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. 2ªed., Madrid-España. Días de Santos. 2010, pp. 16, 17.

<https://books.google.com.ec/books?id=ukWBj8V1yEC&printsec=frontcover&dq=desinfeccion+del+agua&hl=es-419&sa=X&ei=OKYvVZqDD4yqgwTH5oDwCg&ved=0CCsQ6AEwAw#v=onepage&q=desinfeccion%20del%20agua&f=false>
2015-04-21

RAMALHO, Rubens. Tratamiento de aguas residuales. 2ªed., Quevec-Canadá. Reverté. 2003, pp. 53-63; 80-120; 250-405.

<https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&pg=PA636&dq=tratamiento+del+agua&hl=es-419&sa=X&ei=IWcqVcP9IOXnsATcsICICw&ved=0CDgQ6AEwAw#v=onepage&q=tratamiento%20del%20agua&f=false>
2015-04-16

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS – 2000. Dirección De Agua Potable Y Saneamiento Básico. 2000

<http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4. Sistemas de acueducto.pdf>
2015-04-20

ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. 3ªed., Bogotá-Colombia. Escuela Colombiana De Ingeniería. 2004, pp. 230-300; 62-76.

VALENCIA, Jeaneth. Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Área de Bovinos en el Camal Frigorífico Municipal Riobamba. (Tesis). (Ing.Quim). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2012, pp. 18-82.

<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1983/1/96T00162.pdf>
2015-04-22

VEALL, Frederick. Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. 3ªed., Roma-Italia. Advisory Board. 1993, pp. 50-56.

https://books.google.com.ec/books?id=BRX_LNjXre8C&pg=PA55&dq=camales&hl=es-419&sa=X&ei=iIEqVZbyCvC0sASSk4DwAw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=camales&f=false

2015-04-16

VIDALES, Olivio., et al. Extracción de grasas y aceites de efluentes de la industria automotriz. 2ªed., Aguascaliente-México. Redalyc. 2010, pp. 29-34.

<http://www.redalyc.org/pdf/944/94415759007.pdf>

2015-04-19

VILLASEÑOR, José. Eliminación biológica de fosforo en aguas residuales urbanas. 2ªed., Castilla-España. Universidad de Castilla. 2001 pp. 14,15.

[https://books.google.com.ec/books?id=8Vlu05kqFEgC&pg=PA13&dq=nitrogeno+en+el+agua+residual&hl=es-419&sa=X&ei=dxAsVdmTN4XYggTh-](https://books.google.com.ec/books?id=8Vlu05kqFEgC&pg=PA13&dq=nitrogeno+en+el+agua+residual&hl=es-419&sa=X&ei=dxAsVdmTN4XYggTh-YD4Bw&ved=0CB8Q6AEwAQ#v=onepage&q=nitrogeno%20en%20el%20agua%20residual&f=false)

[YD4Bw&ved=0CB8Q6AEwAQ#v=onepage&q=nitrogeno%20en%20el%20agua%20residual&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8Vlu05kqFEgC&pg=PA13&dq=nitrogeno+en+el+agua+residual&hl=es-419&sa=X&ei=dxAsVdmTN4XYggTh-YD4Bw&ved=0CB8Q6AEwAQ#v=onepage&q=nitrogeno%20en%20el%20agua%20residual&f=false)

2015-04-19

ANEXOS

ANEXO A. Resultado de la medición de los caudales del agua residual de los días de monitoreo.

Tabla 1: Resultados de la medición del caudal día Lunes

Hora (h)	Tiempo (min)	Caudal (L/min)
4:30	1:00	112
4:35	1:00	120
4:40	1:00	110
4:45	1:00	105
4:50	1:00	110
4:55	1:00	124
5:00	1:00	110
5:05	1:00	114
5:10	1:00	112
5:15	1:00	108
5:20	1:00	111
5:25	1:00	123
5:30	1:00	113
5:35	1:00	109
5:40	1:00	111
5:45	1:00	117
5:50	1:00	125
5:55	1:00	110
6:00	1:00	115
6:05	1:00	108
6:10	1:00	122
6:15	1:00	109
6:20	1:00	105
6:25	1:00	100
6:30	1:00	98
TOTAL		2801
PROMEDIO		112,04

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

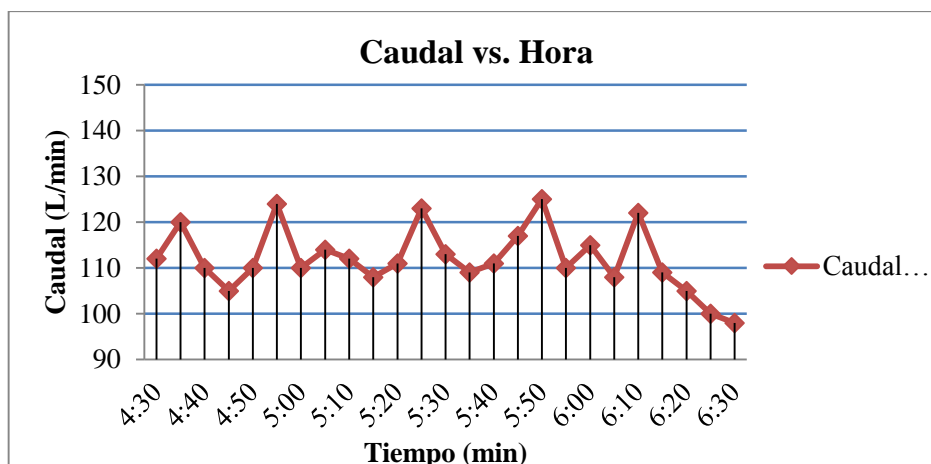


Grafico 1: Variación del caudal día Lunes

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Tabla 2: Resultados de la medición del caudal día Martes

Hora (h)	Tiempo (min)	Caudal (L/min)
4:30	1:00	114
4:35	1:00	118
4:40	1:00	110
4:45	1:00	106
4:50	1:00	105
4:55	1:00	132
5:00	1:00	110
5:05	1:00	118
5:10	1:00	112
5:15	1:00	109
5:20	1:00	113
5:25	1:00	123
5:30	1:00	113
5:35	1:00	119
5:40	1:00	111
5:45	1:00	117
5:50	1:00	130
5:55	1:00	110
6:00	1:00	115
6:05	1:00	106
6:10	1:00	122
6:15	1:00	109
6:20	1:00	108
6:25	1:00	102
6:30	1:00	95
TOTAL		2827
PROMEDIO		113,08

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

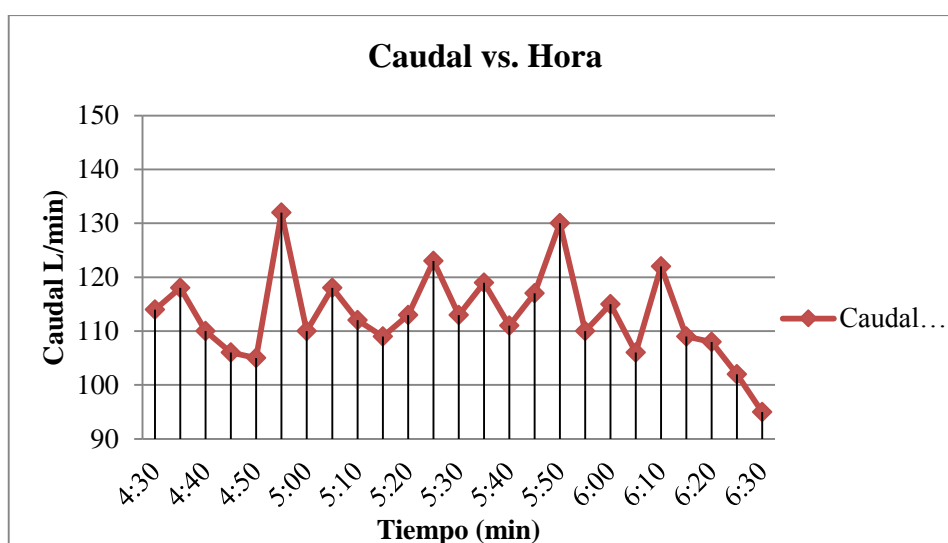


Grafico 2: Variación del caudal día Martes

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Tabla 3: Resultados de la medición del caudal día Miércoles

Hora (h)	Tiempo (min)	Caudal (L/min)
4:30	1:00	132
4:35	1:00	129
4:40	1:00	139
4:45	1:00	120
4:50	1:00	119
4:55	1:00	138
5:00	1:00	129
5:05	1:00	116
5:10	1:00	117
5:15	1:00	140
5:20	1:00	121
5:25	1:00	124
5:30	1:00	118
5:35	1:00	123
5:40	1:00	122
5:45	1:00	117
5:50	1:00	137
5:55	1:00	130
6:00	1:00	120
6:05	1:00	135
6:10	1:00	129
6:15	1:00	128
6:20	1:00	129
6:25	1:00	110
6:30	1:00	105
TOTAL		3127
PROMEDIO		125,08

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

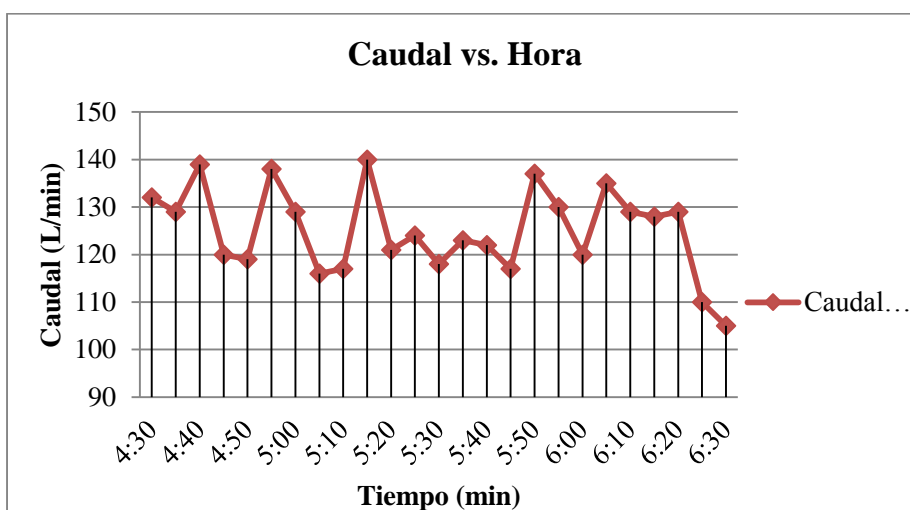


Grafico 3: Variación del caudal día Miércoles

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Tabla 4: Resultados de la medición del caudal día Jueves

Hora (h)	Tiempo (min)	Caudal (L/min)
4:30	1:00	112
4:35	1:00	120
4:40	1:00	118
4:45	1:00	107
4:50	1:00	110
4:55	1:00	124
5:00	1:00	116
5:05	1:00	114
5:10	1:00	112
5:15	1:00	122
5:20	1:00	118
5:25	1:00	123
5:30	1:00	113
5:35	1:00	110
5:40	1:00	111
5:45	1:00	117
5:50	1:00	125
5:55	1:00	113
6:00	1:00	115
6:05	1:00	114
6:10	1:00	122
6:15	1:00	109
6:20	1:00	105
6:25	1:00	103
6:30	1:00	94
TOTAL		2847
PROMEDIO		113,88

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

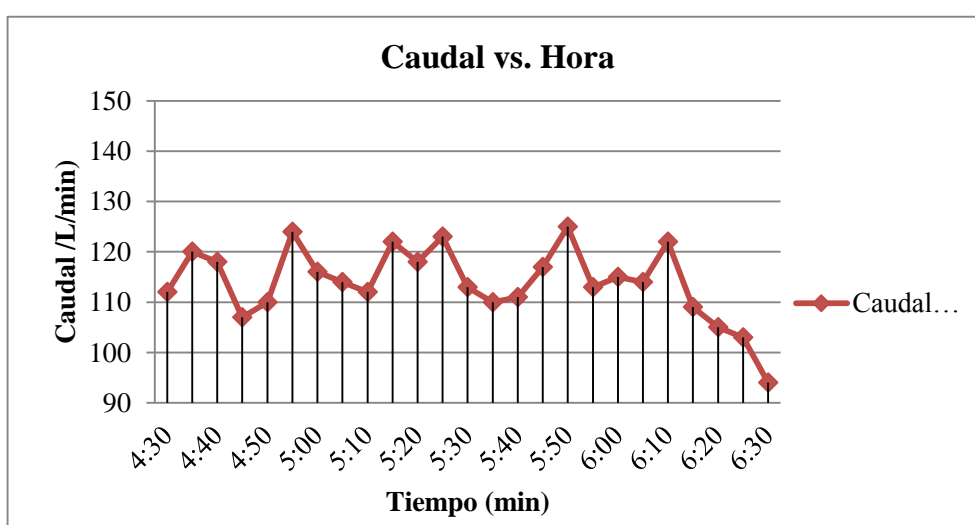


Gráfico 4: Variación del caudal día Jueves

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Tabla 5: Resultados de la medición del caudal día Viernes

Hora (h)	Tiempo (min)	Caudal (L/min)
4:30	1:00	117
4:35	1:00	124
4:40	1:00	114
4:45	1:00	109
4:50	1:00	113
4:55	1:00	124
5:00	1:00	119
5:05	1:00	114
5:10	1:00	112
5:15	1:00	130
5:20	1:00	113
5:25	1:00	123
5:30	1:00	113
5:35	1:00	136
5:40	1:00	133
5:45	1:00	117
5:50	1:00	135
5:55	1:00	118
6:00	1:00	115
6:05	1:00	127
6:10	1:00	128
6:15	1:00	119
6:20	1:00	122
6:25	1:00	118
6:30	1:00	111
TOTAL		3004
PROMEDIO		120,16

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

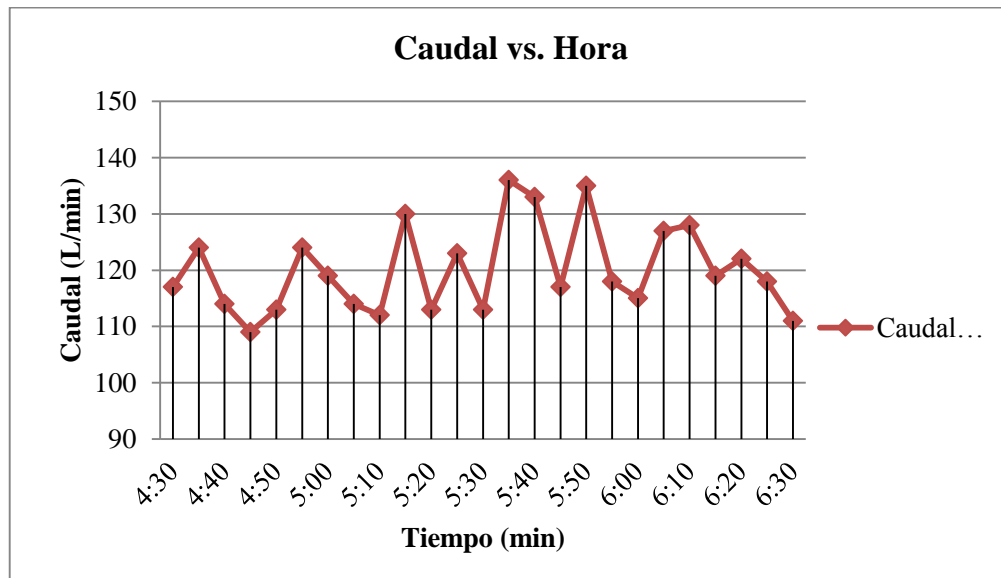


Grafico 5: Variación del caudal día Viernes

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

Tabla 6: Resultados de la medición del caudal día Sábado

Hora (h)	Tiempo (min)	Caudal (L/min)
4:30	1:00	132
4:35	1:00	129
4:40	1:00	137
4:45	1:00	128
4:50	1:00	122
4:55	1:00	140
5:00	1:00	129
5:05	1:00	125
5:10	1:00	131
5:15	1:00	141
5:20	1:00	121
5:25	1:00	124
5:30	1:00	120
5:35	1:00	138
5:40	1:00	122
5:45	1:00	127
5:50	1:00	139
5:55	1:00	130
6:00	1:00	121
6:05	1:00	135
6:10	1:00	129
6:15	1:00	128
6:20	1:00	129
6:25	1:00	115
6:30	1:00	110
TOTAL		3202
PROMEDIO		128,08

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

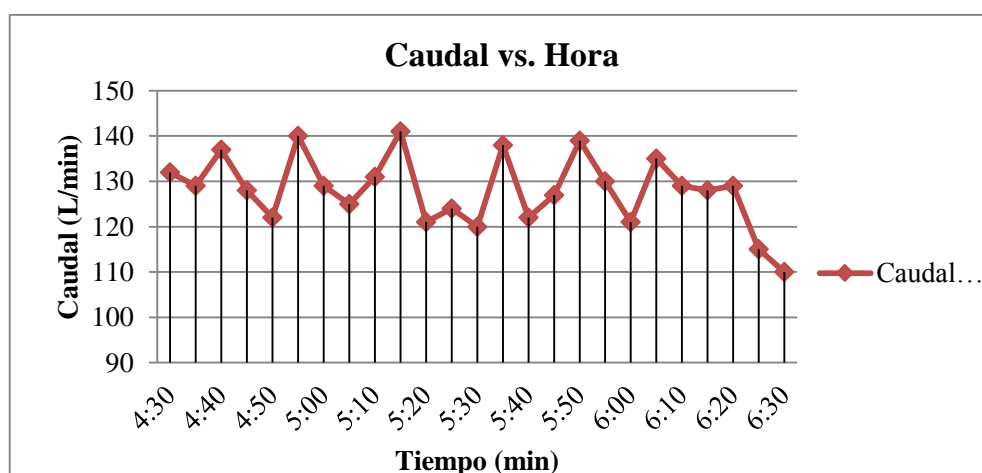


Grafico 6: Variación del caudal día Sábado

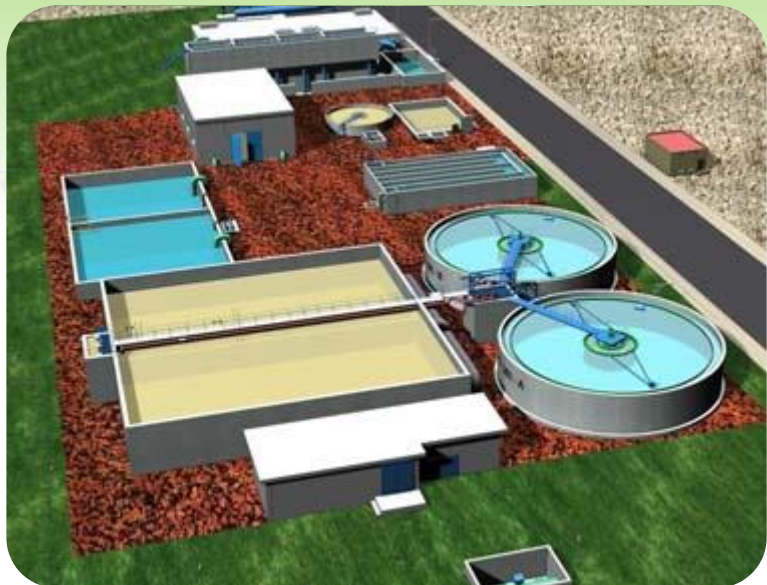
Realizado por: TENEMAZA, Luis.

ANEXO B. Manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento propuesta en la investigación.



2015

**MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL CENTRO DE
FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL
CANTÓN "GUARANDA"**



LUIS ENRIQUE TENEMAZA GAIBOR
CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL
DE GUARANDA

CONTENIDO

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. RESPONSABILIDADES
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
 - 5.1. Canal De Llegada
 - 5.2. Rejillas
 - 5.3. Sedimentador De Flujo Horizontal De Tasa Alta
 - 5.4. Tanque De Mezcla Rápida De Turbina
 - 5.5. Filtro Lento o Biológico
 - 5.6. Tanque de desinfección
6. ACTIVIDADES DE LOS OPERADORES
7. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES FÍSICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
8. CHEQUEO GENERAL DE LA PLANTA
9. PROCESO DE REGISTRO DEL MANTENIMIENTO

1. OBJETIVO

El manual tiene como objetivo primordial dar a conocer el correcto funcionamiento y el adecuado mantenimiento de los sistemas de tratamiento con los que cuenta la planta de tratamiento de aguas residuales diseñada para el centro de faenamiento del cantón Guaranda. Proporcionando criterios para la operación de los sistemas operativos y las situaciones que se presenten.

Dicha planta de tratamiento tiene como función descontaminar el afluente generado en el centro de faenamiento, con el propósito de evitar una mayor contaminación en poblaciones cercanas y el cumplimiento de la normativa ambiental del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ambiente, Libro VI, Anexo 1 , Tabla 12 en la que se rigue esta investigación

2. ALCANCE

El cumplimiento del procedimiento está dirigido a los operadores de la planta de tratamiento, y a los directores del centro de faenamiento.

3. RESPONSABILIDADES

El técnico de la planta o el director del centro de faenamiento responsables, deben supervisar la correcta operación de cada uno de los métodos físicos de la planta de tratamiento de aguas residuales, además deberá responder a las inquietudes que se presenten por parte de los operadores o encargados de la planta en caso de un acontecimiento grave, para lo cual deben ser capacitados previamente.

El técnico responsable de la planta tiene el compromiso y el deber de controlar el funcionamiento adecuado de cada uno de los procesos del sistema de tratamiento con el objetivo de mantener los parámetros de acuerdo a la norma en los niveles óptimos, para posteriormente ser vertidos al río cercano. Por otra parte debe mantener un registro diario de los valores de los parámetros, en el caso de que se presente algún inconveniente.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

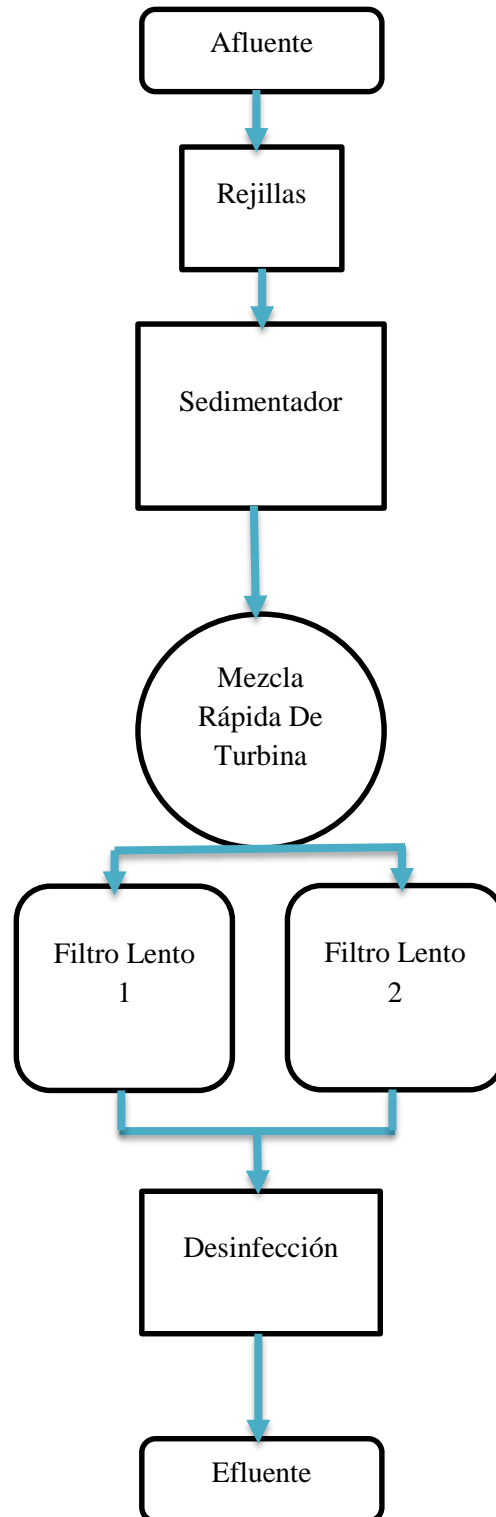
El sistema de purificación de efluentes contaminados posee un tratamiento previo, posterior un tratamiento primario y un tratamiento secundario obligatorios.

La planta de tratamiento presenta los siguientes procesos y unidades físicas:

- Canal de llegada
- **Pretratamiento:** rejillas, un sedimentador de flujo horizontal de tasa alta
- **Tratamiento primario:** tanque de mezcla rápida de turbina mecánica

- **Tratamiento secundario o biológico:** dos filtros lentos, y finalmente el agua resultante pasara a un tanque de desinfección para la eliminación de microorganismos patógenos.

Esquema De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Propuesta



5. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Cada unidad de proceso físico con el que cuenta la planta de tratamiento funcionara 12 horas diarias durante un tiempo de 20 años, ya que el centro de faenamiento funciona actualmente durante dos horas el agua residual puede ser tratada por etapas en beneficio de que el afluente no se produce todo el día. Manejara un caudal de diseño de 20.543 m³/día.

5.1. Canal De Llegada

Operación

Previo al canal de llegada existe una tubería que transporta el afluente desde el centro de faenamiento hasta el canal de llegada. Este sistema tiene la función conduce el agua residual generada posterior a ser descontaminada, funcionada 12 horas por día, el afluente llegara con una velocidad de 0.31 m/s la cual es considerada adecuada.

Mantenimiento

La limpieza del canal radica en la separación de fragmentos de grasa, hueso, y cobertura vegetal como algas que pueden interrumpir la circulación adecuada del afluente, debe ser realizado cuanto se considere necesario previo a una observación adecuada para que posteriormente sean retenidos por la rejillas.

➤ Mantenimiento diario

Eliminar los sólidos mediante remoción en el caso de ser observados mediante un añiláis de la situación previa.

➤ Mantenimiento anual

En el caso que la estructura presente un deterioro avanzado debe ser realizados si existiera la posibilidad, y de no existir pueden ser reconstruidos con el fin de evitar daños mayores en las estructuras próximas asegurando su durabilidad.

5.2. Rejillas

Operación

Tiene como función primordial la retención de sólidos de mayor tamaño como grasas, viseras, coágulos de sangre, aserrín de hueso, cuero, y excremento de los bovinos faenados, con provenientes del proceso de faenamiento, por lo cual las rejillas deben ser limpiadas diariamente, ya que obstaculizan el flujo del agua al saturarse en la barras.

Mantenimiento

El sistema de cribas debe ser limpiado diariamente con la finalidad de recoger todos los sólidos atrapados y posteriormente dar una disposición adecuada a los mismos, por lo cual se especifica a continuación como se debe realizar el mantenimiento.

➤ **Mantenimiento diario**

- Limpiar tres veces al día las rejillas, cada cuatro horas, es decir en la mañana y en la tarde, este proceso se realiza con la ayuda de un rastillo metálico, realizarlo comenzando en el fondo hacia la parte superior, inmediatamente colocar los desechos sólidos en un recipiente o superficie que ayude al escurrimiento.
- Al ser una superficie empleada para el escurrimiento, esta debe ser limpiada con la ayuda de una escoba y agua para evitar la proliferación de olores y mosquitos, por la descomposición de la materia orgánica.
- Los desechos sólidos extraídos posterior el proceso de escurrimiento deben ser colocados en un depósito adecuado, hasta la disposición final que será autorizada por la Municipalidad del cantón Guaranda.
- La limpieza de las rejillas, el canal de llegada, el rastillo y la zona de escurrimiento con abundante agua a presión, para evitar la aparición de animales indeseables y condiciones adversas que impidan el adecuado control por parte del operador de la planta.

➤ **Mantenimiento anual**

- Realizar una revisión anual del estado de las rejillas y del fondo del canal en busca de deterioro, corrosión, y obstrucciones. Se debe lijar las barras de las rejillas con lija de aguas y pintar las rejillas con un material anticorrosivo, para aplacar el deterioro de las mismas y optimizar su funcionamiento.

5.3. Sedimentador De Flujo Horizontal De Tasa Alta

Operación

El sedimentador de tasa alta tiene la función de decantar los sólidos de menor tamaño como partículas de coágulos de sangre, fragmentos de grasa y excremento que no pudieron ser eliminado por el sistema de cribado, este sedimentador contara con compuertas de entrada y salida para facilitar su limpieza. Su operación debe ser controlada constantemente para evitar elevados niveles de agua residual generando sobrebose y pérdida de líquido impidiendo su tratamiento.

Mantenimiento

Su limpieza debe realizarse cada semana para evitar la acumulación de sólidos en el fondo donde se recogen los lodos, y en las placas planas que se encuentran en la superficie en contacto con el afluyente. Los lodos recolectados deben ser colocados en una zona adecuada hasta su disposición por la municipalidad de Guaranda que está encargada de la dirección y funcionamiento de este centro de faenamiento.

El sedimentador debe ser limpiado cuando la zona de recolección de lodos 1/3 del volumen del anqué, ya que posee una alta cantidad de materia orgánica, y con el paso de los días esta tiene a descomponerse generando la proliferación de malos olores y el crecimiento de algas y contaminado más el agua.

Para su limpieza debe realizarse desde la parte más alta hasta la más baja con la ayuda de una escalera y escobas, y abundante agua a presión, ya que en el fondo existe una tubería para la extracción de lodos y del agua, de preferencia el proceso de limpieza debe realizarse en las mañanas.

➤ **Mantenimiento semanal**

- La limpieza del sedimentador abarca tanto las paredes laterales y pisos, para lo cual se debe contar con una escoba de una longitud adecuada, una manguera de agua a presión además de cepillos plásticos.
- Se debe mantener registros de análisis del material residual que es eliminado a través de cada limpieza.
- Las placas planas deben ser lijadas con lija para agua y pintar con una pintura adecuada.

➤ **Mantenimiento anual**

- Debe realizarse una limpieza de las compuertas de entrada y salida del afluyente, además debe pintarse con una pintura anticorrosión.
- Se debe realizar reparaciones de la estructura evitando la posibilidad de que existan filtraciones por agrietamiento.

➤ **Disposición de desechos**

- El material removido debe ser colocado en una zona conveniente evitando proliferación de olores, e impidiendo el fácil acceso de animales de la calle, hasta que llegue la disposición por parte de la municipalidad del cantón.

5.4. Tanque De Mezcla Rápida De Turbina

Operación

La función primordial de este tanque es la eliminación de las partículas de sólidos suspendidos, eliminación de color, estabilización de pH entre los más importantes, para lo cual cuenta con una turbina que gira con una determinada potencia y a 125 revoluciones por minuto ya que es la más óptima para que se genera una mezcla y reacciones químicas coagulantes-floculantes. Por lo cual existe la generación de gran cantidad de sólidos en forma de flocs los cuales pueden decantarse en el fondo o dependiendo de su densidad elevarse hasta la superficie, y estos deben ser removidos.

Mantenimiento

Consiste en la remoción de los flocs, en el caso de que se eleven a la superficie estos deben ser removidos con el ayuda de removedor de larga una extensión adecuada similar al removedor de basuras de las piscinas que se asemeja a un cernidero. En el caso de que los sólidos se decanten en el fondo deben ser removidos a través de la tubería de extracción de lodos que se encuentra en el fondo, generalmente la limpieza se deber realizar diariamente, y el mantenimiento del tanque mensualmente.

➤ Mantenimiento diario

- Remover los sólidos diariamente ya sea del fondo como de la superficie con los instrumentos adecuados ya mencionados.
- Limpiar el tanque se lleva a cabo con una escoba, con agua a presión y cloro para desinfectar el mismo y evitar la formación de algas o moho que puede oxidar el tanque.

➤ Mantenimiento mensual

- Se deber realizar un examen visual de las condiciones del tanque, además de la limpieza diaria.
- Los sólidos removidos deben ser dispuestos en un recipiente apropiado, para su disposición final que será establecida por la municipalidad del cantón.

5.5. Filtro Lento o Biológico

Operación

El filtro lento cumple la función de desinfección, clarificación, y eliminación de olores, convirtiéndose en una de los procesos más significativos de la planta de tratamiento del agua residual, por lo que se debe operar diariamente las 24 horas del día ya que el afluente debe permanecer un tiempo considerable para su correcto funcionamiento.

El líquido sobrenadante no debe superar los 30 cm sobre la capa de carbón activado. Se dimensionaron dos filtros biológicos ya que en el caso de saturarse en uno el segundo debe entrar en funcionamiento para no perder el flujo del tratamiento. Además las capas de arena, grava, y carbón activados una vez saturados deben ser removidos.

Mantenimiento

El mantenimiento del filtro debe realizarse una vez que el líquido saliente del tratamiento ya no sea tratado adecuadamente, esto se presenta cuando sale con las condiciones iniciales con las que ingreso.

➤ **Mantenimiento General**

- Debe realizarse análisis de la calidad del agua tales como: turbiedad, análisis microbiológicos, y de percepción de olores. Se recomienda que los análisis sean realizados mensualmente.
- Una vez que se sature la capa biológica de arena, y la de grava, deben ser cambiadas totalmente, y lo más pronto posible.
- En el caso del carbón activado, en vista de que el precio es un poco elevado, aproximadamente 6 \$ el kilogramo, existe la probabilidad de que sea reactivado a 800°C si no se desea adquirirlo directamente de un proveedor.

➤ **Lavado del filtro**

- La limpieza del filtro biológico como tal debe realizarse semanalmente enviando agua pura o potable aproximadamente 12 m³ que es lo recomendado. Al ser la velocidad de filtración de lavado muy lenta debe ser realizado los días domingos ya que es el único día en el que el centro de faenamiento no labora.

5.6. Tanque de desinfección

Operación

El periodo de funcionamiento es de 12 horas diarias, cumpliendo la función de desinfectar en su totalidad el afluente dispuesto. Se empleara hipoclorito de calcio el cual debe ser colocado en un tanque de hipocloración con las dimensiones ya especificadas en los cálculos previos para que mediante goteo se genere la desinfección en un periodo de 20 a 30 minutos aproximadamente.

Mantenimiento

Los cuidados para el tanque de desinfección no son muchos, ni son los más complicados. Por otro lado en control del efluente mediante análisis de cloro y microbiológicos deben ser diarios.

➤ **Mantenimiento diario**

- El control de la cantidad de cloro debe realizarse por lo menos 2 veces al día, mientras que los análisis bacteriológicos semanalmente, para mantener la calidad del efluente en las mejores condiciones.

➤ **Mantenimiento mensual**

- El tanque debe ser limpiado empleando una escoba con agua a presión para la eliminación de costras formadas por el cloro.

6. ACTIVIDADES DE LOS OPERADORES

Las acciones operacionales que se deben llevar a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales, tienen como función primordial controlar y monitorear el adecuado funcionamiento de las unidades físicas dimensionadas tanto manuales como de los procesos biológicos.

Además tanto los operadores como los jefes del centro de faenamiento deben cumplir sus actividades a cabalidad, con compromiso, y diligencia profesional puesto que de ellos depende la calidad del funcionamiento de la planta. Además se les capacitara en el caso de ser necesario sobre el funcionamiento y las inquietudes que presenten.

Los operadores además deben estar familiarizados con la operación de las unidades físicas y tener una experiencia apreciable para llegar a cumplir su trabajo de la forma más adecuada.

Las actividades que deben cumplir diariamente los operadores son las siguientes:

7. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES FÍSICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para cumplir con las actividades de limpieza el operador encargado debe contar con la instrumentación y el equipo de protección adecuados que son los siguientes:

- Mandil o ropa impermeable
- Botas de caucho
- Guantes
- Mascarillas
- Gafas protectoras
- Casco de protección
- Fichas de registro
- Sistema de intercomunicación (radio Motorola)
- Rastrillos

- Escobas
- Recolector tipo cernidero
- Manguera
- Escalera

8. CHEQUEO GENERAL DE LA PLANTA

Se considera la percepción visual así como la capacidad de los empleados para identificarla, es imprescindible que los empleados chequeen diariamente las estructuras y que tengan la capacidad para identificar fallas y carencia en el tratamiento del agua residual en un periodo de tiempo oportuno. La revisión debe ser realizada diariamente durante varias veces al día según se considere oportuno.

9. PROCESO DE REGISTRO DEL MANTENIMIENTO

El proceso de registro de las actividades de mantenimiento es el chequeo y reporte que son generados diariamente a partir de los datos generados con cada muestreo. Se reportan datos como periodo, actividad, afectaciones o alteraciones, remplazo de piezas, reparaciones de daños en las estructuras.

Es por lo mencionado que se han elaborado fichas técnicas para el reporte de funcionamiento de cada unidad física dimensionada de la planta de tratamiento, las mismas que deben ser registradas por el operador o jefe de mantenimiento.

Tabla 1: Ficha técnica de reporte de funcionamiento de unidades de la PTAR

Ficha del proceso de _____ N° _____					
Razón Social:		Fecha:			
Contacto Responsable:		Dirección:			
Código	Hora	Caudal	Turbiedad	N° Foto	N° De Unidad
Observaciones					

Responsable
Nombre:
Firma:

Realizado por: TENEMAZA, Luis.

ANEXO C. Métodos de Parámetros Analizados

Determinación Del Potencial De Hidrógeno (pH)

STANDARD METHODS *4500 HB

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El pH es el “potencial de hidrogeno” y es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución.</p> <p>Se basa en el equilibrio iónico (acido-base) de las sustancias en solución acuosa y en la auto-ionización del agua.</p>	<p>Potenciómetro</p> <p>2 vasos de vidrio</p> <p>Limpiadores</p>	<p>Soluciones buffer:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ pH 4 ➤ pH 7 ➤ pH 10 ➤ Agua destilada. ➤ Muestra de agua 	<p>Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 mL de muestra en un vaso de 250 mL. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ. Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla y registre el valor y limpie el electrodo con agua destilada, seque. Ponga el electrodo en la porta electrodo hasta volver a utilizar.</p>	<p>$pH = -\log (H^+)$</p> <p>Dónde:</p> <p>pH = potencial de hidrógeno</p> <p>$(H^+) =$ concentración molar de iones hidrógeno.</p>

Fuente: STÁNDAR METHODS *4500 HB, Edición 17

Determinación de la DBO

Método 5210- B

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Esta prueba mide el oxígeno utilizado, durante un periodo de incubación específica. Puede medir el oxígeno utilizado para oxidar los compuestos reducidos del nitrógeno.</p>	<p>Equipo de DBO Botella de incubación Grasa Tampones de copa Cápsula magnética Termómetro Embudo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Soluciones Tampón Fosfato ➤ Solución de sulfato magnesio ➤ Solución de cloruro férrico 	<p>Preparar las diluciones en un frasco ámbar, así como un blanco con dilución</p> <p>Determinar mediante electrodo selectivo el oxígeno disuelto</p> <p>Incubar durante 5 días en oscuridad a 20°C±1</p> <p>Medir el resultado</p>	<p>$DBO_5 = (T_o - T_5) - (D_o - D_5) (F-1)$</p> <p>Dónde:</p> <p>$T_o$ = oxígeno disuelto inicial en la muestra.</p> <p>T_5 = oxígeno disuelto inicial a los 5 días en la muestra</p> <p>D_o = oxígeno disuelto inicial en el blanco</p> <p>D_5 = oxígeno disuelto a los 5 días en el blanco</p> <p>F = factor de dilución</p>

Fuente: Método 5220 – C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

Determinación de la DQO

Método 5220- C

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Esta prueba mide expresamente en oxígeno. La porción de materia orgánica M.O biodegradable o no, de una muestra que es susceptible de oxidación por un fuerte oxidante químico (dicromato de potasio)	Reactor DQO Probeta graduada Vaso de precipitación Tubos de reactivos de digestión con tapa Toallas de papel Pipetas volumétricas.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Solución de dicromato potásico a 0.1N ➤ Reactivo ácido sulfúrico ➤ Solución indicadora de ferroina ➤ Solución de sulfato ferroso 	<p>Recoge las muestras en un frasco de cristal. Si hay retraso consérvase la muestra a un pH de 2 usando ácido sulfúrico.</p> <p>Coloque las muestras en los tubos y el reactivo dicromato, después vierta con cuidado el ácido sulfúrico, tápelos e inviértalos cuidadosamente. Enfríese a la temperatura ambiente, añada 2 gotas de ferroina y titule con la solución valorante.</p>	<p>Cuando el agua no está sembrada:</p> $ROB5 = \frac{(D1 - D2)}{P}$ <p>Cuando el agua de disolución está sembrada:</p> $ROB5 = \frac{(D1 - D2) - (B1 - B2)f}{P}$ <p>D1= OD de la muestra diluida después de su preparación mg/L. D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 °C P y f = fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada B1= OD del control antes de la incubación mg/L. D2= OD del control después de la incubación.</p>

Fuente: Método 5220 – C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables

Determinación De La Conductividad

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Es la capacidad de un cuerpo, de medir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. Tiene la capacidad de que los electrones pasen por él. Varía con la temperatura.</p>	<p>Vasos de precipitación Agua destilada Muestra de agua Limpiadores</p>		<p>En un vaso de precipitación colocamos 100 mL de muestra de agua. Lavar varias veces el electrodo (celda conductometrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar.</p> <p>Determinamos el parámetro de medida (Cond) en el equipo y presionamos READ. Además se medirá la temperatura y registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque y guarde el electrodo.</p>	<p>Lectura Directa</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Solidos Totales Disueltos

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Los sólidos disueltos totales es la medida de la cantidad total de materias disueltas en el agua, por ejemplo: calcio, cloro, magnesio, sulfatos, etc. Básicamente, el TDS es cualquier cosa disuelta en el agua.</p> <p>Un problema como el agua turbia suele atribuirse a un alto nivel de TDS, causando corrosión al equipo y los accesorios, así como una acumulación de incrustaciones.</p>	<p>Vasos de precipitación Agua destilada Muestra de agua Limpiadores</p>		<p>Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar.</p> <p>Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (STD) y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos totales disueltos. Además se medirá la temperatura. Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque y guarde el electrodo.</p>	<p>Lectura Directa</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Dureza

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua. Los detergentes contienen ciertos que inactivan las sustancias causantes de la dureza del agua.</p>	<p>Erlenmeyer de 50 mL Bureta de 50 mL Pipeta de 10 mL Vaso de precipitación de 50 mL</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Solución Tampón para dureza. ➤ Negro de Eriocromo T ➤ Solución EDTA 0,02 N 	<p>Tomar 50 mL de muestra residual en el Erlenmeyer.</p> <p>Agregar 2 mL de la solución tampón</p> <p>Seguidamente colocar una pizca del indicador de negro de Eriocromo T. Luego agregar lentamente la solución EDTA hasta que nos dé una coloración poco azulada.</p> <p>Se lee observando la cantidad de EDTA</p>	$\text{CaCO}_3 = \frac{V_1 \times N \times 10^5}{V_2}$ <p>Dónde:</p> <p>CaCO₃ = concentración de Carbonato de Calcio en ppm (mg/L)</p> <p>V1 = volumen consumido de EDTA (mL)</p> <p>N = concentración de EDTA</p> <p>V2 = volumen de la muestra (mL)</p>

Fuente: STANDARD MÉTODOS * 2340 B y C, edición 17

Determinación De Aluminio

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Se encuentra en todas las fuentes de abastecimiento de agua natural, en pequeñas cantidades de aluminio. El contenido de aluminio, se expresa como Al_2O_3 y varía desde 0.1 ppm hasta poco más de 8 ppm. La filtración reduce el aluminio de 0.6 a 1.5 ppm</p> <p>La existencia de aluminio en aguas tratadas proviene del uso común de sales de aluminio en coagulación de aguas destinadas a consumo doméstico.</p>	<p>Cubetas cuadrada, de 10 mL</p> <p>Pipeta de 10 mL</p> <p>Limpiadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aluminio Aluver3 ➤ Ácido Ascórbico ➤ Bleaching3 	<p>Llenar en un Erlenmeyer 50 mL de muestra residual. Añadir un sobre de ácido ascórbico en polvo. Tapar e invertir para disolver el polvo. Añadir un sobre de AluVer3 en polvo e invertir el tubo durante un minuto.</p> <p>Preparación del blanco: llenar una cubeta de 10 mL con mezcla del tubo mezclador. Añadir un sobre de reactivo Bleaching3, agitar con rotación durante 30 segundos y comienza un periodo de reacción de 15 minutos. Finalmente leer la medición como Al^{3+}</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Amonio Salicilato

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Si las aguas residuales son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana. El nitrógeno total es la suma del nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. El agua residual doméstica suele contener 20-50 mg/L de nitrógeno total y 12-40 mg/L de amonio.</p>	<p>Cubetas cuadrada, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Salicilato de amoniaco en polvo. ➤ Cianurato de Amoniac en polvo. 	<p>Para preparar el blanco, llenar una cubeta con 10 mL de agua desionizada y otra cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir a las dos cubetas un sobre de reactivo salicilato de amoniaco en polvo. Tapar y agitar. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos. Después añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de cianuro de amoniaco en polvo. Tapar las cubetas y agitar. Comienza un periodo de 15 minutos. Finalmente leer la medición en NH₃-N.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Bario

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El bario es un metal blanco-plateado que existe en el ambiente solamente en minerales. Las sales solubles de bario son agudamente tóxicas cuando se encuentra como un producto químico en las aguas residuales. Pueden ocasionar intoxicación aguda.</p> <p>Los compuestos del Bario que son persistentes usualmente permanecen en la superficie del suelo, o en el sedimento de las aguas.</p>	<p>Cubetas cuadrada, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores</p>	<p>➤ Un sobre de reactivo Bariver4</p>	<p>En una cubeta, llenar 10 mL de muestra residual. Añadir un sobre de reactivo Bariver4 en polvo. Tapar y agitar. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta 10 mL de muestra residual.</p> <p>Finalmente leer la medición en Ba²⁺.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Bromo

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Cuando el bromo orgánico entra en las aguas superficiales, tiene efectos negativos en la salud de las aguas, peces, marisco y algas. El bromo se utiliza como desinfectante, porque daña a los microorganismos, las bromaminas y ácido hipobromoso reacciona con la materia orgánica en el agua para formar subproductos desinfección con bromo.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL. Pipetas de 10 mL.</p>	<p>➤ Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo.</p>	<p>Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de DPD en polvo. Agitar la cubeta con rotación, durante 20 segundos. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de 10 mL de muestra residual. Seleccionar en la pantalla: Medición Br⁻.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Hierro

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Este metal es un buen agente reductor y, dependiendo de las condiciones, puede oxidarse hasta el estado 2^+ 3^+ o 6^+.</p> <p>En solución contribuye con el desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL.</p> <p>Pipetas de 10 mL.</p>	<p>➤ Sobres de reactivo de FerroVer en polvo.</p>	<p>Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de FerroVer en polvo. Agitar la cubeta con rotación. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de 10 mL de muestra residual. Seleccionar en la pantalla: Medición. Fe^+.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Cobre

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El cobre es el producto químico más común en las aguas residuales. Aunque el cobre es considerado como no tóxico, las concentraciones altas pueden tener efectos tanto agudos como crónicos. El cobre en el agua residual puede hacer que sea ácido y corrosivo.</p> <p>En el agua superficial el cobre puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL.</p> <p>Pipetas de 10 mL.</p>	<p>➤ Sobres de reactivo Cobre Cuver1 en polvo.</p>	<p>Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de Cobre Cuver1 en polvo. Agitar la cubeta con rotación. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de 10 mL de muestra residual. Seleccionar en la pantalla: Medición. Cu²⁺.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Cromo Hexavalente

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El cromo hexavalente es encontrado en forma de cromatos. Este cromo puede ingresar mediante los inhibidores de la corrosión utilizados en tuberías.</p> <p>Altas concentraciones de Cromo, debido a la disponibilidad de metales en las aguas superficiales, pueden dañar las agallas de los peces que nadan cerca del punto de vertido.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL.</p> <p>Pipetas de 10 mL.</p>	<p>➤ Sobres de reactivo ChromaVer3 en polvo.</p>	<p>Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de ChromaVer3 en polvo. Agitar la cubeta con rotación. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de 10 mL de muestra residual. Seleccionar en la pantalla: Medición. Cr⁶⁺.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Cromo Total

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El cromo es un metal pesado altamente peligroso para los seres humanos. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua, pues si está presente en grandes cantidades, el cromo (VI) se reducirá a cromo (III), que se podrá absorber en las partículas o formar complejos insolubles.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL. Pipetas de 10 mL. Baño maría. Baño de agua fría. Termómetro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reactivo ácido en polvo. ➤ Reactivo Chromaver3 en polvo. ➤ Reactivo Cromo1 en polvo. ➤ Reactivo Cromo2 en polvo. 	<p>En un erlenmeyer de 25 mL de muestra residual, añadir un sobre de Cromo1, disolver. Colocar la muestra preparada en el baño maría y esperar por 5 minutos, después retirar y enfriar hasta 25°C. Luego añadir el sobre de Cromo2 e invertir.</p> <p>Añadir el sobre de Reactivo ácido y disolver rotacionalmente.</p> <p>Añadir el sobre de ChromaVer3, disolver y esperar 5 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, Llenar otra cubeta de agua residual. Medir. Cr Total</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Cloruros

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El ión cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. La concentración en aguas residuales va desde la más alta 100 mg/L y débil de 30 mg/L. Si se riega en los campos altas concentraciones de cloruro presente en las aguas residuales, se deterioraría, la calidad del suelo.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL. Pipetas de 10 mL.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 mL Solución férrica. ➤ 2 mL Solución de tiocianato mercúrico. 	<p>Llenar una cubeta con la muestra residual, y la otra con agua desionizada. Pipetear 0,8 mL de solución de tiocianato mercúrico en las dos cubetas y mezclar. Pipetear 0,4 mL de solución de férrica en las dos cubetas y mezclar. Tiempo de reacción 2 minutos. Finalmente mediremos en forma de Cl⁻.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Sulfatos

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Bajo condiciones reductoras, las corrientes ricas en sulfatos pueden derivar en sulfuros, que son compuestos tóxicos, corrosivos y que generan mal olor. En el Bio-tratamiento de las aguas residuales es conveniente eliminar también las especies azufradas disueltas en ella.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL. Pipetas de 10 mL. Limpiadores</p>	<p>➤ Sobres de reactivo SulfaVer en polvo.</p>	<p>Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de SulfaVer en polvo. Agitar la cubeta con rotación. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de 10 ml de muestra residual. Seleccionar en la pantalla: Medición. SO₄²⁻.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Níquel/Cobalto

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El níquel termina en la superficie de las aguas residuales. El níquel puede existir ya sea disuelto en el agua o se adjunta al material en suspensión, tienen un color verde, no tienen olor ni sabor característicos. La concentración en los ríos y lagos es muy baja.</p> <p>El cobalto entra en el agua específicamente en la superficie del agua a través de la escorrentía cuando el agua de lluvia corre a través del suelo y rocas que poseen Cobalto.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL.</p> <p>Pipetas de 10 mL.</p> <p>Limpiadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 0,5 mL de Solución indicadora PAN 0,3% ➤ Sobres de reactivo de EDTA en polvo ➤ Sobres de reactivo de phthalate-fosfato en polvo 	<p>Llenar una cubeta con la muestra residual, y la otra con agua desionizada. Añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de phthalate-fosfato en polvo, disolver. Pipetear 0,5 mL de solución indicadora PAN 0,3% en las dos cubetas y mezclar. Tiempo de reacción 15 minutos. Luego añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de EDTA en polvo, agitar vigorosamente y medir en forma de Co/Ni.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Fosfatos

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Los abonos inorgánicos están constituidos por diversas clases de fosfatos solubles como: aniones meta (PO_3^-), piro ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) y ortofosfatos ($\text{PO}_4^{3-}$). Debido a su elevada solubilidad estos aniones son arrastrados fácilmente por las aguas superficiales hacia ríos. Por otro lado, los detergentes utilizan fosfatos como agentes alcalinizadores, estos aceleran el proceso de eutrofización de las aguas de lagos y ríos. La utilización de fosfatos y nitratos provocan la eutrofización.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL. Pipetas de 10 mL. Limpiadores</p>	<p>➤ Sobres de reactivo fosfato PhosVer3 en polvo</p>	<p>Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir el contenido de un sobre de reactivo fosfato PhosVer3 en polvo. Agitar la cubeta con rotación. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de 10 ml de muestra residual. Seleccionar en la pantalla: Medición. (PO_4^{3-}).</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Molibdeno

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El molibdeno es un elemento esencial para los animales y para las plantas, es utilizado en abonos para las plantas. Una vez que el molibdeno entre en una masa de agua se puede añadir al sedimento y luego es consumido por el pez.</p> <p>El rol del molibdeno en las plantas es estimular la fijación de nitrógeno y la reducción de nitrato. Esto es llevado a cabo en el agua por ciertas algas que convierten el nitrógeno molecular en amoniaco.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL.</p> <p>Pipetas de 10 mL.</p> <p>Limpiadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sobres de reactivo Molibdeno1 en polvo ➤ Sobres de reactivo Molibdeno2 en polvo ➤ Sobres de reactivo Molibdeno3 en polvo 	<p>Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir un sobre de reactivo Molibdeno1. Agitar en rotación. Luego añadimos el sobre Molibdeno2. Agitamos y finalmente añadimos el sobre Molibdeno3 en polvo, que agitaremos en rotación. Su periodo de reacción es de 5 minutos.</p> <p>Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de 10 mL de muestra residual. Seleccionar en la pantalla: Medición. Mo.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Flúor

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Flúor es uno de los productos químicos más peligrosos en las aguas residuales. La ingestión aguda de exceso de fluoruros resultados en intoxicación crónica.	Cubetas de análisis de 10 mL. Pipetas de 10 mL. Limpiadores	➤ 2 mL de Solución SPADNS Reagent	Llenar una cubeta con la muestra residual, y la otra con agua desionizada. Añadir a cada cubeta 2 mL de Solución SPADNS Reagent y mezclar. Tiempo de reacción 1 minuto. Finalmente seleccionar en la pantalla: Medición. F.	Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Manganeso

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Existe la evidencia de que el Mn se encuentra en las aguas superficiales como pequeñas partículas en el agua, tanto en suspensión en su forma tetravalente, como en la forma trivalente en un complejo soluble relativamente estable. Aunque raramente sobrepasa 1 mg/l, el agua que contiene cantidades excesivas de hierro y manganeso dejar un sabor oxidado y un aspecto amarillento en el agua.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL. Pipetas de 10 mL. Limpiadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Solución de reactivo de cianuro alcalino ➤ Solución indicadora PAN 0,1% ➤ Sobres de ácido ascórbico en polvo 	<p>Llenar una cubeta con la muestra residual, y la otra con agua desionizada. Añadir a cada cubeta el contenido de un sobre de ácido ascórbico. Tapar e invertir con cuidado para disolver el polvo. Añadir 12 gotas de solución de reactivo de cianuro alcalino a cada cubeta. Agitar. Luego añadir a cada cubeta 12 gotas de solución indicadora Pan 0,1%, y agitar. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos. Finalmente seleccionar en la pantalla: Medición. Mn.</p>	<p>Lectura Directa Con El Espectrofotómetro En (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

Determinación De Coliformes Fecales

Método HACH DR 2800

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>La bacteria Escherichia Coli se encuentra frecuentemente en el intestino humano. Cuando el agua las contiene, quiere decir que ha sido contaminada con las heces fecales de recién expulsión, puesto que estas bacterias en el medio exterior mueren rápidamente. El índice coliforme mide el grado de concentración de estas bacterias, aceptándose que si bien para bañar o nadar, su grado de concentración pueda ser de hasta 240 E. Coli por mL, para beberla no debería contener ninguna.</p>	<p>Cámara Incubadora Equipo de Filtración Cajas Petri Pinza Termómetro Cronómetro Pads adsorbentes Reverbero Lente de aumento Pipetas plásticas Pasteur. Membranas de filtro de 0.47</p>	<p>➤ Medio de cultivo ampollas m-Coliblu 24® Broth ➤ Alcohol antiséptico 700Gl</p>	<p>Desinfectar el sitio de análisis y esterilizar: Interior del tubo de filtración, Interior de las cajas Petri. Colocar un pad absorbente en la caja petri y armar el equipo de la bomba de vacío. Coloque la membrana con la cuadrícula hacia arriba en el soporte, utilizando una pinza estéril. Si la membrana está rasgada o contaminada, deseche y use una nueva. Ajustar la membrana y aplaste el embudo firmemente hacia abajo. Poner la muestra del agua residual en el embudo de 100 mL y filtrar. Apagar la</p>	<p>La temperatura de la incubadora, debe ser de 45° C. Después se removerá las cajas Petri de la incubadora y se colocaran en una superficie plana. Remover las tapas y utilizando el lente de aumento se contará todas las colonias de color azul, y de color rojo sin considerar el tamaño. Las colonias deberán contarse rápidamente. Determinada las colonias se asumirá que se ha filtrado en 100 mL de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 mL.</p>

			<p>bomba de vacío y con la pinza estéril tome la membrana de la unidad de filtración, colóquela sobre el pad que se encuentra saturado de la ampolla m-Coli blue posteriormente retirado el exceso de dicho medio. Tapar la caja Petri y codificarlo con el número de muestra, y lugar. Dejar un periodo de resucitación de 1 a 4 horas, lo cual permitirá que los coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo.</p>	<p>Registrar los resultados.</p>
--	--	--	---	----------------------------------

Fuente: Manual De Métodos Analíticos Para El Control Del Tratamiento De Aguas

ANEXO D. Registro fotográfico

Medición De Caudal



F1: Recolección del agua residual



F2: Medición del volumen de agua residual

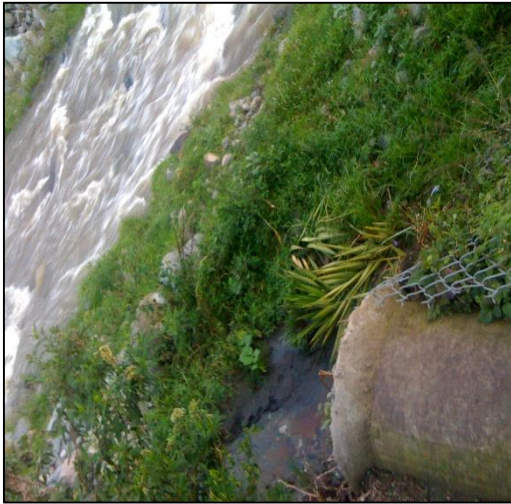
Toma De Muestras



F3: Recolección de la muestra de agua residual



Descarga De Aguas Residuales



F4: Punto de descarga N°1



F5: Punto de descarga N°2

Caracterización Del Agua Residual



F6: Caracterización físico-química del agua residual

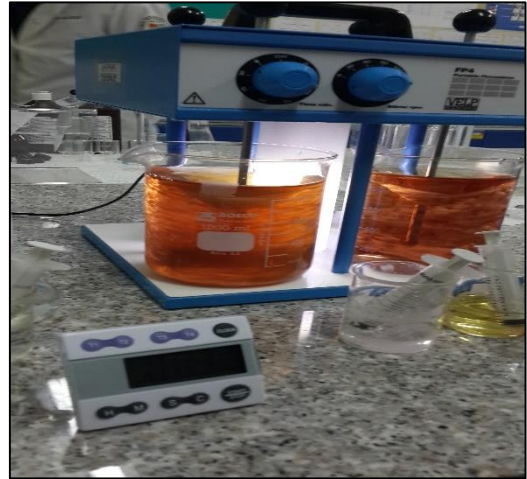


F7: Preparación de reactivos



F8: Caracterización microbiológica

Test De Jarras



F9: Realización del test de jarras



F10: Formación de flocs



F11: Decantación de flocs

Pruebas De Tratabilidad



F12: Tratamiento del agua residual en el Filtro lento y su resultado final



Resultados Del Tratamiento



F13: Resultado microbiológico del agua sin tratar



F14: Resultado microbiológico del agua tratada




F15: Diferencias del agua tratada y no tratada



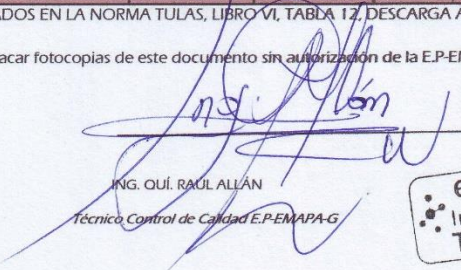
F16: Resultado final del tratamiento propuesto

ANEXO E. Resultados de la caracterización del agua residual

 RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO CENTRO DE FAENAMIENTO DESCARGA DEL CANTÓN GUARANDA								
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULAS	SEMANA MONITOREADA					PROMEDIO
		Lim.Max.Per	16-mar	18-mar	20-mar	24-mar	30-mar	
COLOR	UTC	lna. en dis	850	1100	900	845	932	925
TURBIEDAD	NTU	.....	556	522	665	306	466	503
pH	.....	5,0 - 9,0	8,09	6,50	6,55	6,32	7,09	6,91
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	843	988	912	682	720	829
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	360	247	318	291	352	314
TEMPERATURA	° C	< 35	17,4	15,4	16,0	14,9	15,1	15,8
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	10,0	42,06	38,95	40,65	37,60	41,84	40,2
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	5,64	4,97	5,23	4,87	5,22	5,19
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	22,61	28,41	36,49	23,47	29,63	28,12
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	16,00	14,00	17,00	12,00	15,00	14,80
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	0,15	1,23	0,16	0,93	0,72	0,64
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	0,06	1,20	0,98	1,12	0,076	0,69
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	1,340	0,398	0,451	0,31	0,15	0,53
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,23	0,09	0,34	0,28	0,06	0,20
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,014	0,065	0,042	0,085	0,015	0,04
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	80,0	85,0	73,0	91,0	82,0	82,2
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	3,8	4,7	5,1	3,4	4,7	4,3
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	756,34	758,39	697,64	532,32	645,52	678,04
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,34	0,27	0,30	0,29	0,31	0,30
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	1,98	1,48	1,73	1,60	1,55	1,67
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,007	0,007	0,008	0,006	0,008	0,007
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,74	0,80	0,76	0,56	0,61	0,69
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,005	0,005	0,007	0,006	0,008	0,006
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,32	0,25	0,24	0,12	0,15	0,22
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	3,65	3,97	4,11	4,06	3,72	3,90
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,008	0,008	0,007	0,006	0,007	0,007
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,007	0,007	0,009	0,005	0,006	0,007
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,09	0,06	0,11	0,07	0,1	0,09
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,77	1,23	1,70	1,53	1,68	1,58
DBO5	mg/L	100	4243	5136	4989	4497	4115	4596
DQO	mg/L	250	9290	10290	9355	8683	9375	9395
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	292	254	282	290	275	279
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	40	53	48	62	59	52

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULAS, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G


 ING. QUI. RAUL ALLAN
 Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G



PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULAS	SEMANA MONITOREADA					PROMEDIO
		Lim.Max.Per	16-mar	18-mar	20-mar	24-mar	30-mar	
COLOR	UTC	Ina. en dis	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	.....	0,54	0,39	0,63	0,36	2,00	0,78
pH	.....	5,0 - 9,0	7,05	7,13	7,08	7,1	7,14	7,10
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	98,65	110,67	87,64	92,03	102,64	98,33
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	38,64	41,63	38,57	39,12	45,06	40,60
TEMPERATURA	°C	< 35	16,05	15,95	14,98	15,65	15,75	15,68
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	10,00	1,15	2,87	3,65	2,07	1,98	2,34
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	1,23	1,07	1,65	0,96	1,31	1,24
NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	0,42	0,61	0,54	0,75	0,54	0,57
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	5,01	6,34	4,97	5,65	5,92	5,58
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	0,63	0,46	0,48	0,32	0,40	0,46
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	0,36	0,59	0,37	0,38	0,06	0,35
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,14	0,22	0,18	0,11	0,17	0,16
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,011	0,170	0,024	0,125	0,015	0,069
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,009	0,008	0,005	0,007	0,004	0,007
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	14,0	25,0	16,0	19,0	22,0	19,2
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,128	0,239	0,143	0,232	0,162	0,181
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	33,1	45,1	53,6	46,1	37,5	43,1
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,023	0,099	0,045	0,083	0,028	0,056
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,179	0,097	0,123	0,099	0,011	0,102
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,008	0,009	0,007	0,006	0,005	0,007
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,13	0,26	0,15	0,17	0,21	0,18
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,044	0,048	0,034	0,049	0,051	0,05
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,03	0,04	0,03	0,06	0,03	0,04
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	0,02	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,25	0,69	0,39	0,64	0,18	0,43
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,08	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,07	0,06	0,08	0,09	0,07	0,07
OXIGENO DISUELTTO (O ₂)	mg/L	.....	0,56	0,34	0,38	0,52	0,49	0,46
DBO5	mg/L	100	67	87	81	69	75	76
DQO	mg/L	250	117	141	136	118	122	127
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem: al 99%	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**	< 1**

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULAS, LIBRO VI, TABLA 12/ DESCARGA A UN CUERPO DULCE

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G

ING. QUI. RAUL ALLAN

Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



LABORATORIO DE
ENSAYOS
N° OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No: 440
ST: 137 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: EP-EMAPAG
Atn. EP-EMAPAG
Dirección: García Moreno y 7 de Mayo
Guaranda - Bolívar
17 de Marzo del 2015

FECHA: 1
NUMERO DE MUESTRAS: 2015/03/04 - 09:29
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/03/04 - 06:20
FECHA DE MUESTREO: 2015/03/04 - 2015/03/17
FECHA DE ANÁLISIS: 1
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 262-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: E.P-LAB-D1-001
PUNTO DE MUESTREO: Descarga camal municipal
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Raúl Allan
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C


RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	>1500	±5%	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	>5000	±15%	-
*Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 Standard Methods No. 4500 - O G	mg/L	1,77	-	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con * no están dentro del alcance de acreditación del SAE.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
RIOBAMBA



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN
(LABCESTTA)**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183

INFORME DE ENSAYO No: 440
ST: 137 - 15 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: EP-EMAPAG
Atn. EP-EMAPAG
Dirección: García Moreno y 7 de Mayo
Guaranda - Bolívar
17 de Marzo del 2015

FECHA: 1
NUMERO DE MUESTRAS: 2015/03/04 - 09:29
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/03/04 - 06:20
FECHA DE MUESTREO: 2015/03/04 - 2015/03/17
FECHA DE ANÁLISIS: Agua residual
TIPO DE MUESTRA: LAB-A 262-15
CÓDIGO LABCESTTA: E.P-LAB-D1-001
CÓDIGO DE LA EMPRESA: Descarga camal municipal
PUNTO DE MUESTREO: Físico-Químico
ANÁLISIS SOLICITADO: Raúl Allan
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	10290	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	5136	-
Oxígeno disuelto	PEE/LABCESTTA/45 Standard Methods No. 4500 - O G	mg/L	1,77	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-16

Página 1 de 1
Edición 3

CÓDIGO: 276-14

Análisis solicitado por: Sr. Luis Tenemaza
Fecha de Análisis: 20 de mayo de 2015
Fecha de Entrega de Resultados: 26 de mayo de 2015
Tipo de muestras: Agua tratada del canal de Guaranda
Localidad: Guaranda

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	< 120	361
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	291

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



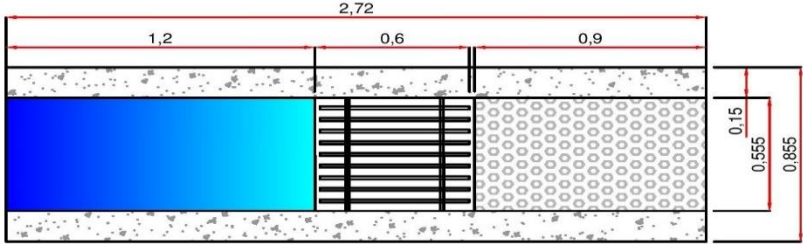
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LABORATORIO DE ANÁLISIS

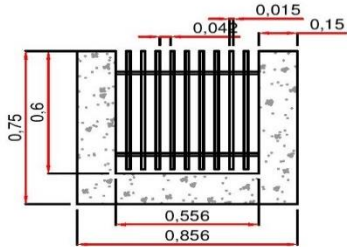
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

REJILLAS

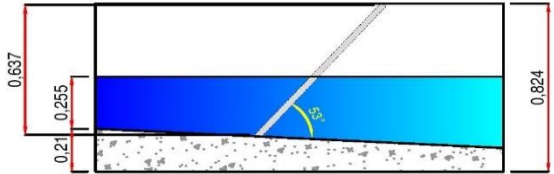
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



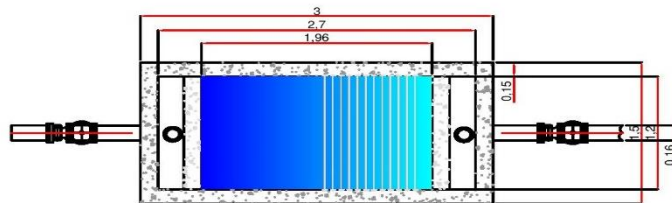
CORTE A-A'



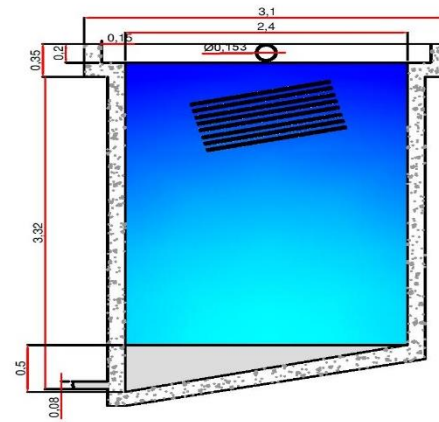
		DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA EN EL AÑO 2015	
CONTIENE: CANAL DE LLEGADA Y REJILLAS			
REALIZADO POR: TENEMAZA LUIS		REVISADO POR: PHD. ROBERT CAZAR DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:7000		FECHA: 12-05-2015	LAMINA: 01/08

SEDIMENTADOR DE TASA ALTA

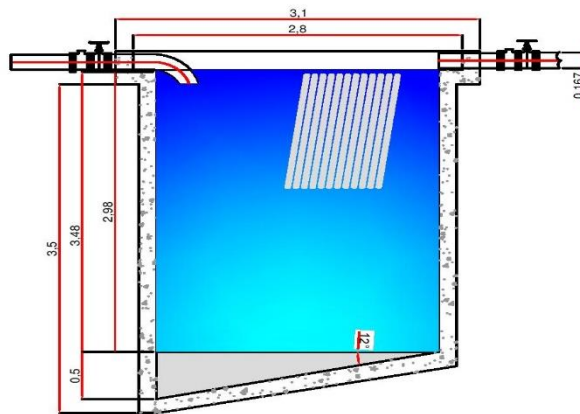
VISTA PLANTA



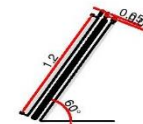
CORTE B-B'




CORTE A-A'

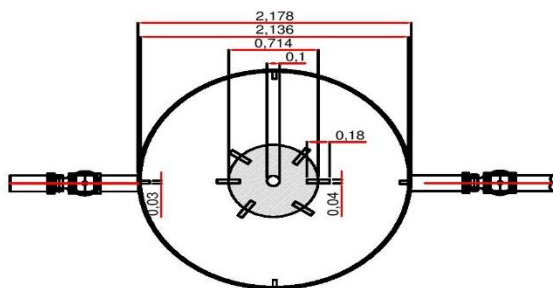


PLACAS



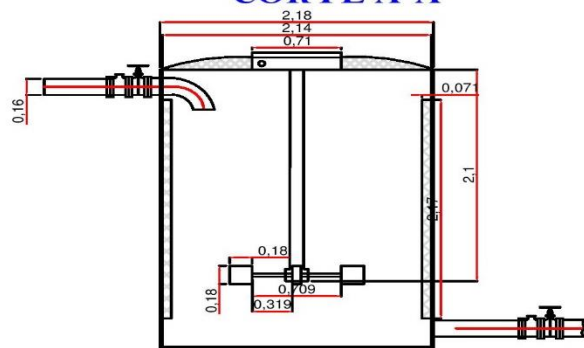
	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTON GUARANDA EN EL AÑO 2015	
CONTIENE: SEDIMENTADOR DE TASA ALTA		
REALIZADO POR: TENEMAZA LUIS	REVISADO POR: PHD. ROBERT CAZAR DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:7000	FECHA: 14-05-2015	LAMINA: 02/08

VISTA PLANTA

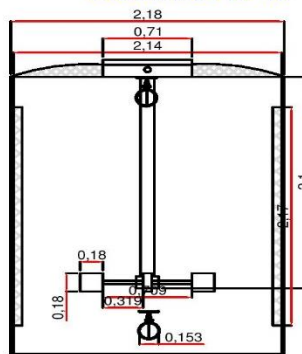



MEZCLA RÁPIDA

CORTE A-A'

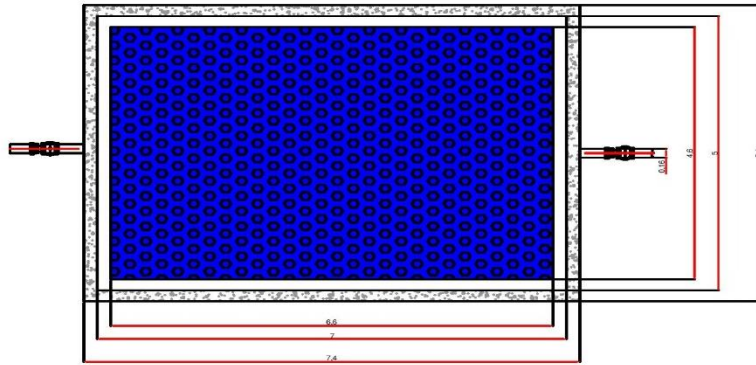


CORTE B-B'



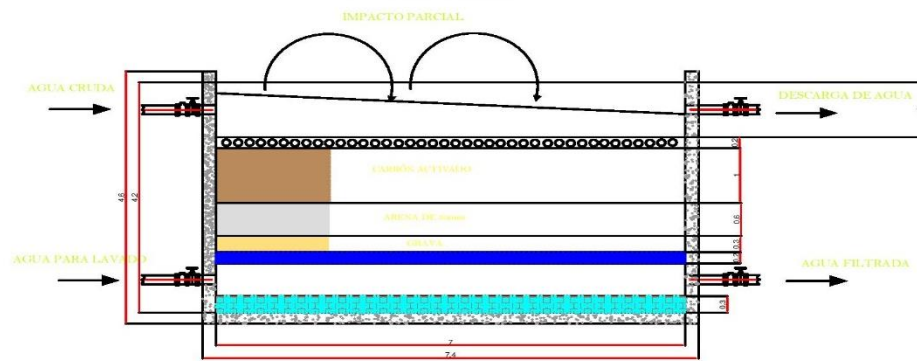
		DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTON GUARANDA EN EL AÑO 2015	
CONTIENE: TANQUE DE MEZCLA RÁPIDA DE TURBINA			
REALIZADO POR: TENEMAZA LUIS		REVISADO POR: PHD. ROBERT CAZAR DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:7000		FECHA: 12-05-2015	
		LAMINA: 08/08	

VISTA PLANTA

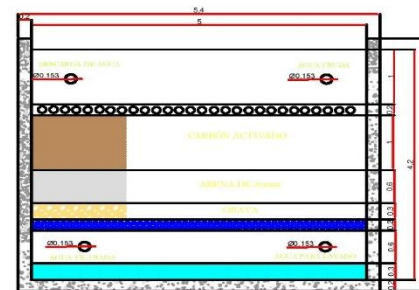



FILTRO LENTO O BIOLÓGICO

CORTE A-A'

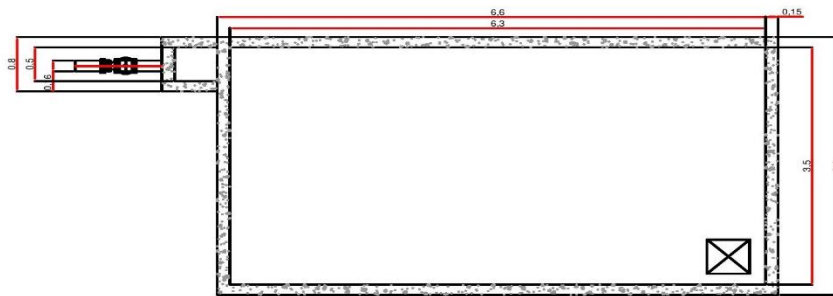


CORTE B-B'



		DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE PALENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA EN EL AÑO 2015	
CONTIENE: FILTRO LENTO O BIOLÓGICO			
REALIZADO POR:		REVISADO POR:	
TENEMAZA LUIS		PHD. ROBERT CAZAR DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:7000	FECHA: 12-05-2015	LÁMINA: 04/08	

VISTA PLANTA

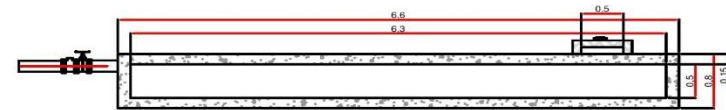



DESINFECCIÓN

CORTE B-B'

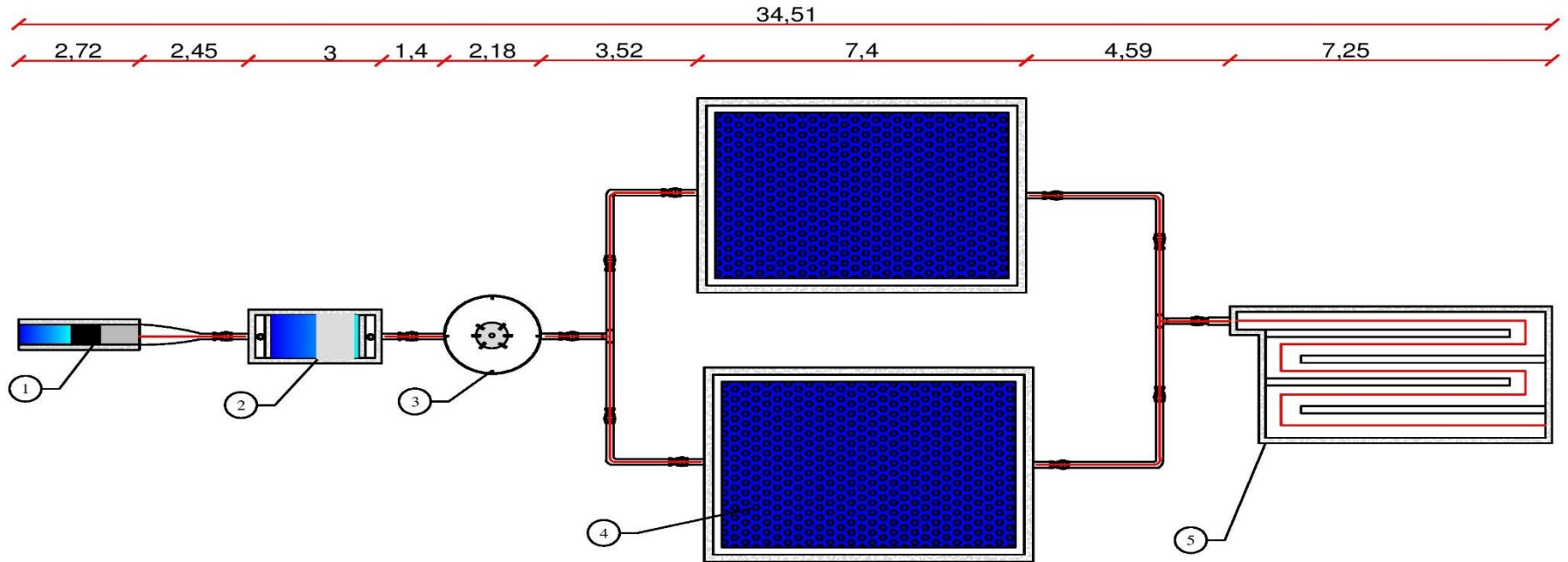


CORTE A-A'




	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA EN EL AÑO 2015	
CONTIENE: TANQUE DE DESINFECCIÓN		
REALIZADO POR: TENEMAZA LUIS	REVISADO POR: PHD. ROBERT CAZAR DR. GERARDO LEÓN	
ESCALA: 1:7000	FECHA: 10-05-2015	LAMINA: 05/08

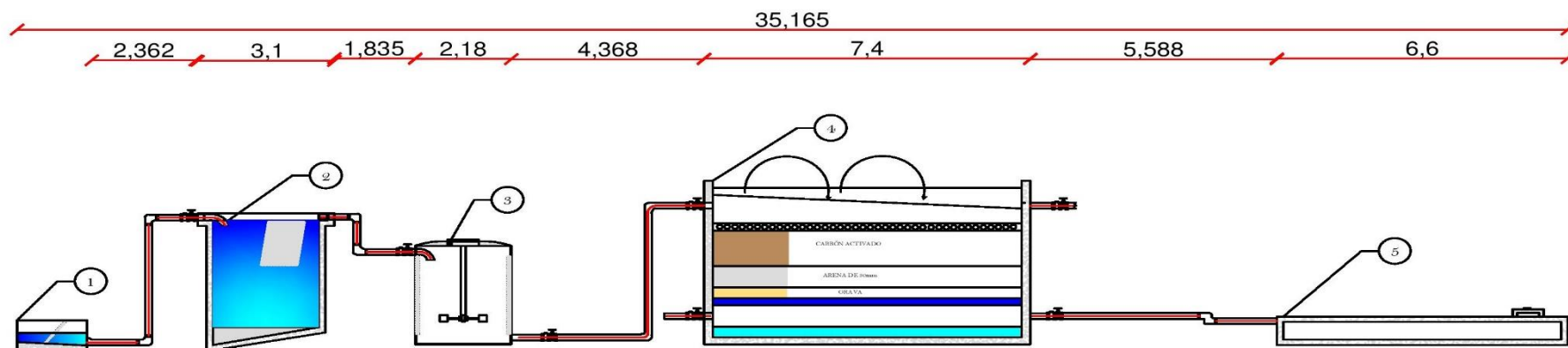
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Nº ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	CANAL DE ENTRADA Y REJILLAS
2	1	SEDIMENTADOR DE TASA ALTA
3	1	MEZCLADOR RÁPIDO DE TURBINA
4	2	FILTRO LENTO O BIOLÓGICO
5	1	TANQUE DE DESINFECCIÓN

	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA EN EL AÑO 2015
CONTIENE: VISTA PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
REALIZADO POR: TENEMAZA LUIS	REVISADO POR: PHD. ROBERT CAZAR DR. GERARDO LEÓN
ESCALA: 1:7000	FECHA: 12-05-2015
LAMINA: 06/08	

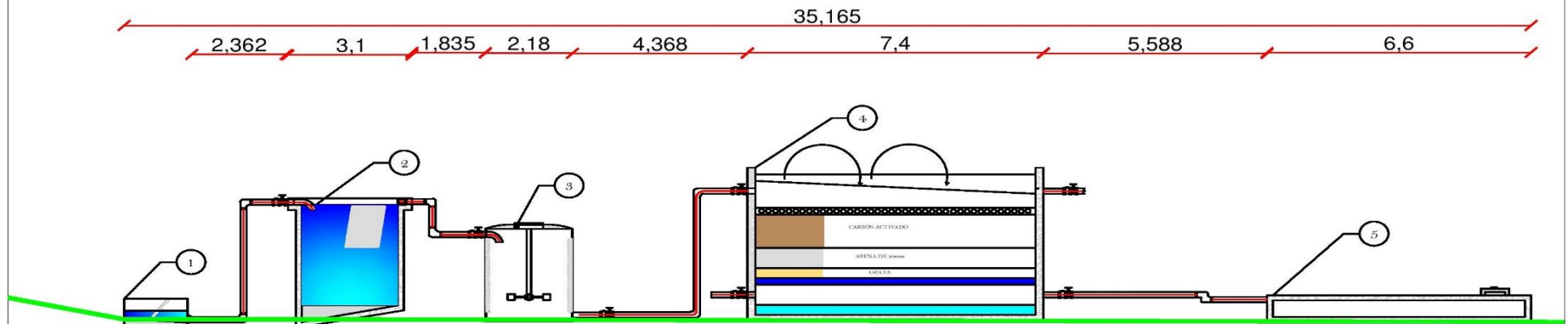
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Nº ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	CANAL DE ENTRADA Y REJILLAS
2	1	SEDIMENTADOR DE TASA ALTA
3	1	MEZCLADOR RÁPIDO DE TURBINA
4	2	FILTRO LENTO O BIOLÓGICO
5	1	TANQUE DE DESINFECCIÓN

	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA EN EL AÑO 2013
CONTIENE CORTE LONGITUDINAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
REALIZADO POR: TENEMAZA LUIS	REVISADO POR: PHD. ROBERT CAZAR DR. GERARDO LEÓN
ESCALA: 1:2000	FECHA: 12-05-2013
LAMINA: 07/08	

PERFIL DEL SUELO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Nº ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	CANAL DE ENTRADA Y REJILLAS
2	1	SEDIMENTADOR DE TASA ALTA
3	1	MEZCLADOR RÁPIDO DE TURBINA
4	2	FILTRO LENTO O BIOLÓGICO
5	1	TANQUE DE DESINFECCIÓN

	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUARANDA EN EL AÑO 2015
CONTIENE: PERFIL DEL SUELO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
REALIZADO POR: TENEMAZA LUIS	REVISADO POR: PHD. ROBERT CAZAR DR. GERARDO LEÓN
ESCALA: 1:7000	FECHA: 05-06-2015
LAMINA: 08/08	

