



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA
SIBAMBE”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA QUÍMICA

DEYSI MARIELA BERRONES ZÚÑIGA

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi eterno agradecimiento a Dios por regalarme día a día el don de vivir y ser el mentor y guía espiritual en el desarrollo de toda mi vida.

A mis padres y hermanas, quienes con su inmenso amor han sabido inculcarme en el diario vivir para sobrellevar las adversidades que en el día a día se presentan y así fortalecerme para ser una mujer de bien.

A la Escuela de Ingeniería Química, de manera especial mi reconocimiento al Ing. Mario Villacrés y al Ing. Marco Chuiza por haberme brindado su colaboración en cuanto a conocimiento y criterio profesional, para mejorar el desarrollo de mi proyecto investigativo.

Un agradecimiento especial a todas las personas que trabajan en la Municipalidad del Cantón Alausí y la Junta Parroquial de Sibambe, de manera muy especial a los Ingenieros Clemente Taday y Fausto Barragán, Alcalde y Jefe del Departamento de Obras Públicas del Cantón Alausí respectivamente, y al Sr. Miguel Torres y su querida esposa, Vicepresidente de la Junta Parroquial de Sibambe, por su apoyo y comprensión durante todo el tiempo en el desarrollo del presente proyecto.

DEDICATORIA

Con infinito amor y gratitud dedico este trabajo de investigación a toda mi familia en especial a mis Padres; Pedro por ser pilar y ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida, Cruz por su incondicional apoyo y ser mi fuerza en todo momento, a mis Hermanas, Grace y Jhoana “mis flacas” por estar siempre a mi lado a pesar de todo, y doy gracias a Dios por haberme dado esta linda familia porque son la motivación para superarme todos los días.

DEYSI

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. Thomas Chalmers

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIBAMBE**” de responsabilidad de la señorita Deysi Mariela Berrones Zúñiga ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez Luna		
DECANO FAC. CIENCIAS
Ing. Mario Villacrés		
DIRECTOR DE ESCUELA
Ing. Mario Villacrés		
DIRECTOR DE TESIS
Ing. Marco Chuiza		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Sr. Carlos Rodríguez		
DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

Yo, DEYSI MARIELA BERRONES ZÚÑIGA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

DEYSI MARIELA BERRONES ZÚÑIGA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ARU	Agua Residual Urbana
A	Área
δ	Ángulo de inclinación de las barras
h_r	Altura de reparto
APHA	American Public Health Association
w	Ancho asumido
h	Altura del agua en el canal
b	Base del canal
C_s	Carga Superficial
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
Q	Caudal
Q_e	Caudal del efluente
Q_w	Caudal de fango purgado
k	Coeficiente de Manning
S_o	Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el afluente
S	Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el efluente
k_d	Coeficiente de degradación endógena
X	Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles
X_w	Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles en el tanque de aireación
C_{vertedero}	Carga sobre el vertedero
COV	Carga volumétrica del digestor
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
D	Diámetro
Ec.	Ecuación

E	Eficiencia
β	Factor dependiente de la forma de las barras
F	Factor de mayorización
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg/m³	Kilogramos por metro cúbico
L/s*Ha	Litros por segundo por Hectárea
m	Metros
m/s	Metros por segundo
mg/L	Miligramos por Litro
mgSSV/mgDBO₅	Miligramos de Sólidos Suspendidos Volátiles por Miligramos de Demanda Bioquímica de Oxígeno
m³/s	Metros cúbicos por segundo
NMP	Número más probable
OD	Oxígeno Disuelto
P_x	Producción diaria neta del fango activado
Y_{obs}	Producción observada del fango
P_w	Potencia necesaria para cada soplante
R_H	Radio Hidráulico
F/M	Relación Alimento por Microorganismo
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SS	Sólidos en Suspensión
T_{rh}	Tiempo de retención hidráulica
θ_c	Tiempo medio de retención celular
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
UFC/100ml	Unidades Formadoras de Colonias/cien mililitros
v	Velocidad de flujo
V_c	Velocidad terminal
V_i	Volumen de cada muestra individual de la muestra compuesta

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE FOTOS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
INTRODUCCIÓN	iii
ANTECEDENTES	v
JUSTIFICACIÓN	vi
OBJETIVOS	vii
GENERAL	vii
ESPECIFICOS.....	vii

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO	1
1.1 AGUAS RESIDUALES URBANAS (ARU)	1
1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	1
1.1.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	1
1.1.1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	2
1.1.1.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.....	4
1.2 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	6
1.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PARROQUIA SIBAMBE.....	11
1.3.1 POBLACIÓN DE DISEÑO	12

1.3.2	CONSUMO DE AGUA O CAUDAL DE DISEÑO	12
1.3.3	REJILLAS	15
1.3.4	SEDIMENTACIÓN	23
1.3.5	LODOS ACTIVADOS	32
1.3.6	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	42
1.3.6	DESINFECCIÓN	46
1.4	NORMATIVA AMBIENTAL	50

CAPÍTULO II

2	PARTE EXPERIMENTAL	53
2.1	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO	53
2.2	MUESTREO	54
2.3	PLAN DE MUESTREO	54
2.4	SISTEMA DE TOMA DE MUESTRAS.	55
2.5	METODOLOGÍA	56
2.6	DATOS EXPERIMENTALES	61
2.6.1	DIAGNÓSTICO	61
2.6.2	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	62
2.6.3	DATOS DEL MONITOREO DEL CAUDAL	63

CAPÍTULO III

3	DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA PARROQUIA SIBAMBE	71
3.1	CÁLCULOS	71
3.1.1	POBLACIÓN DE DISEÑO	71
3.1.2	CAUDAL DE DISEÑO	71
3.1.3	CÁLCULOS PARA EL CANAL	73
3.1.4	CÁLCULOS PARA LAS REJILLAS	74
3.1.5	CÁLCULOS PARA EL SEDIMENTADOR PRIMARIO	76
3.1.6	CÁLCULOS PARA EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS	79
3.1.7	CÁLCULOS PARA EL SEDIMENTADOR SECUNDARIO	82
3.1.8	CÁLCULOS PARA EL TANQUE DE DESINFECCIÓN	85
3.2	RESULTADOS	86

3.2.1	MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	86
3.2.2	TRATAMIENTO CON LODOS ACTIVADOS.....	88
3.2.3	POBLACIÓN DE DISEÑO	90
3.2.4	CAUDAL DE DISEÑO	90
3.2.5	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	91
3.2.5.1	CANAL DE AGUAS RESIDUALES.....	91
3.2.5.2	REJILLAS PARA EL CANAL	91
3.2.5.3	SEDIMENTADOR CIRCULAR PRIMARIO PARA AGUAS RESIDUALES	92
3.2.5.4	SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.....	92
3.2.5.5	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	94
3.2.5.6	TANQUE DE DESINFECCIÓN	94
3.3	PROPUESTA.....	95
3.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	97
3.5	REQUERIMIENTO PRESUPUESTARIO.....	101

CAPÍTULO IV

4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
4.1	CONCLUSIONES.....	104
4.2	RECOMENDACIONES	106

CAPÍTULO V

	BIBLIOGRAFÍA.....	107
	ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. COMPONENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES	7
FIGURA 2. PRETRATAMIENTO CON REJILLAS	15
FIGURA 3. REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL TÍPICA	17
FIGURA 4. ÁBACO DE LA FÓRMULA DE MANNING.....	20
FIGURA 5. FACTORES DE FORMA B PARA SECCIONES USUALES DE BARRAS DE REJILLAS	23
FIGURA 6. TANQUE RECTANGULAR DE DECANTACIÓN PRIMARIA	25
FIGURA 7. TANQUE CIRCULAR DE DECANTACIÓN	26
FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS	33
FIGURA 9. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARROQUIA SIBAMBE..	54

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CONTAMINANTES DE IMPORTANCIA EN AGUAS RESIDUALES.	5
TABLA 2. VALORES TÍPICOS DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA RESIDUAL URBANA (DOMÉSTICA BRUTA)	6
TABLA 3. OPERACIONES O PROCESOS UNITARIOS SEGÚN EL NIVEL DE TRATAMIENTO DE AGUAS.....	9
TABLA 4. OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO UTILIZADOS PARA ELIMINAR LA MAYORÍA DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL	9
TABLA 5. INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL PROYECTO DE REJAS DE BARRAS DE LIMPIEZA MANUAL Y MECÁNICA.	16
TABLA 6. VALORES TÍPICOS DE COEFICIENTES DE RUGOSIDAD	19
TABLA 7. INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL DISEÑO DE TANQUES DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA.....	27
TABLA 8. INFORMACIÓN USUAL PARA DISEÑO DE SEDIMENTADORES RECTANGULARES Y CIRCULARES EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO.....	27

TABLA 9. VELOCIDADES TERMINALES A CAUDAL MEDIO.....	28
TABLA 10. VELOCIDADES TERMINALES A CAUDAL MÁXIMO.	28
TABLA 11. TIEMPO DE RETENCIÓN	30
TABLA 12. VALORES DE LAS CONSTANTES EMPÍRICAS, A Y B A 20 ° C. 32	
TABLA 13. COMPONENTE BIOLÓGICO PRINCIPAL DE LOS LODOS ACTIVADOS	34
TABLA 14. PROBLEMAS BIOLÓGICOS PRODUCIDOS POR MICROORGANISMOS FILAMENTOSOS	35
TABLA 15. DATOS DE SEDIMENTACIÓN DE SSLM.....	37
TABLA 16. VALORES DE COEFICIENTES CINÉTICOS PARA EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.....	40
TABLA 17. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA PROCESOS DE LODOS ACTIVADOS	40
TABLA 18. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA SEDIMENTADORES SECUNDARIOS	44
TABLA 19. CRITERIOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS DESINFECTANTES.	48
TABLA 20. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.....	50
TABLA 21. EXAMEN FÍSICO.....	62
TABLA 22. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL DE LA PARROQUIA SIBAMBE.....	62
TABLA 23. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DE LOS PARÁMETROS MÁS IMPORTANTES A CONSIDERAR	63
TABLA 24. CAUDAL DEL DÍA LUNES.....	63
TABLA 25. CAUDAL DEL DÍA MARTES	64
TABLA 26. CAUDAL DEL DÍA MIÉRCOLES.....	65
TABLA 27. CAUDAL DEL DÍA JUEVES.....	66
TABLA 28. CAUDAL DEL DÍA VIERNES.....	67
TABLA 29. CAUDAL DEL DÍA SÁBADO	68
TABLA 30. CAUDAL DEL DÍA DOMINGO.....	69
TABLA 31. CAUDAL SEMANAL.....	70

TABLA 32. VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE DBO ₅ CON EL TIEMPO DE AIREACIÓN EN EL REACTOR DE LODOS ACTIVADOS	70
TABLA 33. VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE DQO CON EL TIEMPO DE AIREACIÓN EN EL REACTOR DE LODOS ACTIVADOS	70
TABLA 34. RESULTADO DE LA MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	86
TABLA 35. VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE DBO ₅ CON EL TIEMPO DE AIREACIÓN EN EL REACTOR DE LODOS ACTIVADOS	88
TABLA 36. VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE DQO CON EL TIEMPO DE AIREACIÓN EN EL REACTOR DE LODOS ACTIVADOS	89
TABLA 37. RESULTADO DEL CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO .	90
TABLA 38. RESULTADO DEL CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO	90
TABLA 39. RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO DE LAS REJILLAS.....	91
TABLA 40. RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO.....	92
TABLA 41. RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS	93
TABLA 42. RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO.....	94
TABLA 43. RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE DESINFECCIÓN	95
TABLA 44. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL – PARROQUIA SIBAMBE.....	98

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1. MUESTREO DE LAS AGUAS RESIDUALES	55
FOTO 2. MUESTREO Y RECOLECCIÓN DEL AGUA RESIDUAL	56
FOTO 3. MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	57
FOTO 4. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1. CAUDAL SEMANAL DE LA PARROQUIA SIBAMBE.....	87
GRÁFICO N° 2. CONCENTRACIÓN DE LA DBO ₅ vs TIEMPO DE AIREACIÓN	88
GRÁFICO N° 3. CONCENTRACIÓN DQO (mg/L) vs TIEMPO DE AIREACIÓN	89
GRÁFICO N° 4. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SIBAMBE ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO.....	99

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SIBAMBE.....	111
ANEXO 2. CANAL Y REJILLAS.....	112
ANEXO 3. TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO	113
ANEXO 4. TANQUE DE LODOS ACTIVADOS.....	114
ANEXO 5. TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO.....	114
ANEXO 6. TANQUE DE DESINFECCIÓN.....	115
ANEXO 7. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SIBAMBE ANTES DEL TRATAMIENTO.....	117
ANEXO 8. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SIBAMBE ANTES DEL TRATAMIENTO.....	118
ANEXO 9. MEDICIÓN DE CAUDALES	119
ANEXO 10. MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA IN SITU Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	120
ANEXO 11. TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS.....	121

ANEXO 12. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SIBAMBE DESPUÉS DEL TRATAMIENTO.....	121
ANEXO 13. TULAS LIBRO VI, ANEXO I, TABLA 12 LIMITES DE DESCARGA DE AGUAS A UN CUERPO DE AGUA DULCE	121
ANEXO 14. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2176:1998 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO	121

RESUMEN

En la presente investigación se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Parroquia Sibambe del Cantón Alausí.

Mediante el método deductivo, el estudio empezó por el reconocimiento del lugar de recolección y descarga del agua residual, luego se realizó la determinación del caudal del efluente mediante recipientes, termómetro y cronometro, donde se tomó muestras y datos, teniendo un caudal de diseño de 13.168 L/s, dato indispensable para la realización del diseño de la planta.

Posteriormente aplicando el método experimental se obtuvo los resultados de análisis físico – químicos del efluente residual siendo, 577.50 mg/L de Demanda Química de Oxígeno, 372.7 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxígeno, 20 ml/L Sólidos Sedimentales, 10 mg/L de Sólidos Suspensión, 170 Unidad Nefelométrica De Turbidez, 34.011×10^6 Unidades Formadoras de Colonias De Coliformes Fecales, 4 mg/L Tensoactivos. Los parámetros mencionados se encuentran fuera de los límites permisibles de las normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental.

Se concluye que los parámetros analizados permitieron determinar los componentes del sistema de tratamiento, el mismo que constará de: rejillas, sedimentador circular primario, tanque de Lodos Activados, decantador circular secundario, y tanque de desinfección para tener un efluente que cumpla con los parámetros de acuerdo a los límites establecidos, por las normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental.

Recomiendo a la Junta Parroquial de Sibambe, implementar la planta de tratamiento, para manejo y control de la contaminación de los efluentes líquidos descargados al río Mallaguan.

SUMMARY

A wastewater treatment system for Parroquia Sibambe, Alausí Canton was designed for this research.

By using the deductive method, the study began with the site recognition of collection and wastewater disposal, then the effluent flow determination through containers, thermometer and timer was performed, then the samples and data were taken, the result was a desing flow of 13.168 L/s essential data for the desing execution.

Later, by applying the experimental method, the effluent residual physical and chemical analysis result was obtained, it was 577.50 mg/L Chemical Oxygen Demand, 372.7 mg/L Biochemical Oxygen Demand, 20 ml/L Sedimentary Solids, 10 mg/L Suspension Solids, 170 Nephelometric Turbidity Unit, 34.011×10^6 Colonies Forming Units of Fecal Coliforms, 4 mg/L Surfactants. The above parameters are outside the permissible limits of the Environmental Legislation Unified Text standards.

It is concluded that the analyzed parameters allowed to determine the components of the treatment system, wich will consist of: grills, primary sound settler, and disinfection tank to have an effluent that meets the parameters according to the limits established by the Environmental Legislation Unified Text standards.

It is recommended to the Junta Parroquial of Sibambe to implement the treatment plant, for the liquid effluents pollution control and handing which are discharged in the Mallaguan River.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos que constituye la base para el desarrollo de la vida y el adelanto de los pueblos.

Sin embargo la descarga de aguas residuales domésticas en las corrientes y cuerpos superficiales de agua, sin previo tratamiento, conducen al deterioro de la calidad de dichas aguas, hasta un grado tal que las puede inutilizar como fuente de abastecimiento para la comunidad, además de alterar y perturbar el equilibrio ecológico del ecosistema, y del medio en general.

Este hecho es perjudicial para el ser humano afectando a su salud, ya que la falta del agua de riego y de tratamiento a las aguas residuales obliga a los agricultores a regar sus cultivos con dichas aguas que contienen una serie de compuestos orgánicos e inorgánicos que alteran significativamente las aguas superficiales, las mismas que alteran la composición de los alimentos que son comercializados en el mercado y consumidos por la comunidad.

Una solución básica para este problema es la adecuada gestión de los efluentes, mediante el tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento del agua residual implica la caracterización físico – química y microbiológica de la misma, la medición del caudal que genera una población de una determinada comunidad, así como la revisión y el análisis bibliográfico de información necesaria para el diseño de una planta de tratamiento para su posterior implementación.

La Parroquia Sibamabe, del Cantón Alausí no cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, por lo que muchas de las descargas del agua residual se las hace a través de un canal que se dirige al Río Mallaguán, provocando estas descargas un gran impacto ambiental.

Por lo que el Gobierno Municipal del Cantón Alausí, a través del Departamento de Obras Públicas, consientes del gran impacto negativo que provoca a la

ciudadanía, buscan solucionar este problema ambiental mediante la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Es así que, la implementación de una planta de tratamiento puede disminuir la contaminación de las aguas residuales, se reduce la contaminación de los productos alimenticios que consume la población, mejorando así el estado de salud de la población así como de sus actividades agropecuarias y por tal razón se alcanzaría un mejor desarrollo social, físico y económico de la población.

ANTECEDENTES

La Parroquia Sibambe se encuentra ubicada a 10 km del Cantón Alausí, tiene una población de 3689 habitantes, en esta área rural se estima 1625 viviendas según el PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial).

La problemática de la Parroquia Sibambe con respecto a las aguas residuales que se generan en este lugar, es que no posee un sistema de tratamiento de aguas residuales pues toda el agua que se utiliza en la Parroquia Sibambe se lleva por el alcantarillado hasta el Barrio San Andrés de aquí en adelante estas aguas son dirigidas a través de un canal abierto y es descargado directamente al río Mallaguán.

Afectando por ende al Río Mallaguán donde se desemboca este tipo de aguas residuales, también a los cultivos del sector, pues la Parroquia Sibambe utiliza el agua del río y hasta incluso la propia agua residual para regar sus tierras fértiles, que se están viendo afectadas ya que la producción agrícola no es la misma y además produciendo enfermedades a los habitantes de dicha parroquia.

Por lo que se realiza un diagnóstico de los parámetros de contaminación que tiene el agua residual generada en la Parroquia Sibambe y se compara con los parámetros establecidos en la Normativa Ambiental Ecuatoriana para así tener una visión de cuan contaminada está el agua.

Para este análisis serán necesarios aplicar muestreos compuestos de los efluentes del agua residual para finalmente dar soluciones y mejorar la calidad de vida de todos los habitantes de la Parroquia Sibambe.

JUSTIFICACIÓN

La Parroquia Sibambe no posee un sistema de tratamiento de agua residual, lo cual afecta a todos sus habitantes ya que está alterando la calidad de vida que tiene cada uno de ellos, también en las zonas productivas del sector se ven afectadas porque en gran medida ha disminuido la riqueza, fertilidad agrícola y la ganadera ya que los habitantes de la parroquia usan el agua para regar sus tierras y ello está aquejando al sector.

La Parroquia Sibambe necesita de este sistema de tratamiento de aguas residuales no solo para mejorar los índices de contaminación del agua sino para reutilizar la misma, como agua de riego ya que esta zona es muy agrícola, en especial en épocas de sequía pues los pobladores de la parroquia se ven en serios problemas por la falta de agua para sus cultivos y ganados, circunstancias que hoy en día son más severas, por la disminución y contaminación del agua, por tal razón se necesita aprovechar el agua tratada y no el agua que está en las reservas hídricas.

El Gobierno Municipal del Cantón Alausí se ha interesado en construir Plantas de Tratamiento del Agua residual, con el fin de mejorar el nivel de vida de sus pobladores y de minimizar los impactos ambientales en cada una de sus Parroquias y Comunidades, por tal razón para la Parroquia Sibambe está empeñado en desarrollar proyectos que contribuyan a este fin, como es el **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIBAMBE”**.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Parroquia Sibambe

ESPECIFICOS

- Caracterizar físico-química y microbiológicamente el agua residual de la Parroquia Sibambe.
- Identificar las variables del proceso de acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización.
- Realizar el diseño del tratamiento de aguas residuales para la parroquia Sibambe.
- Caracterizar físico – química y microbiológicamente el agua después de su tratamiento, a través del diseño realizado.

CAPÍTULO

I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 AGUAS RESIDUALES URBANAS (ARU)

Se entiende por aguas residuales urbanas aquellas aguas residuales domesticas a la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial.

“La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuerza receptora.”¹

1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las ARU se caracterizan por su composición física, química y biológica, apareciendo una interrelación entre muchos de los parámetros que integran dicha composición. A la hora de realizar una adecuada gestión de dichas aguas, se hace impredecible el disponer de una información lo más detallada posible sobre su naturaleza y características.

1.1.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las características físicas más importantes del agua residual urbana son:

- **Sólidos:** Los sólidos de las aguas residuales constituyen normalmente, menos de dos centésimas por cien del agua residual en peso. Al conjunto de todos los sólidos se les denomina sólidos totales y pueden clasificarse en solidos suspendidos (flotan en el agua y la mayoría de estos solidos son orgánicos y son los que dan lugar un aumento en la turbidez del agua; a su vez se dividen en sedimentables y no sedimentables) y sólidos filtrables (corresponde a los sólidos disueltos (compuestos por moléculas orgánicas e inorgánicas junto con iones en disolución en el agua) y a los sólidos coloidales (partículas extremadamente

¹ ROMERO , J., Tratamiento de aguas residuales., 2002., Pp. 17

pequeñas que no sedimentan por métodos convencionales, para sedimentar tienen que ser agrupados en partículas mayores)).

- **Olor:** Se debe principalmente a la presencia de determinadas sustancias producidas por la descomposición anaerobia de la materia orgánica: ácido sulfúrico, indol, escatoles, mercaptanos y otras sustancias volátiles. Si las aguas residuales son recientes, no presentan olores desagradables ni intensos. A medida que pasa el tiempo, aumenta el olor por desprendimiento de gases como el sulfhídrico o compuestos amoniacales por descomposición anaerobia.
- **Temperatura:** En los efluentes urbanos oscilan entre 15° y 20°C, lo que facilita el desarrollo de los microorganismos existentes.
- **Color:** La coloración de las aguas residuales urbanas determina cualitativamente el tiempo de las mismas. Generalmente varía del beige claro al negro. Si el agua es reciente, suele presentar coloración beige clara; oscureciéndose a medida que pasa el tiempo, pasando a ser de color gris o negro, debido a la implantación de condiciones de anaerobiosis, por descomposición bacteriana de la materia orgánica.

1.1.1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Las características químicas de las ARU vienen definidas por sus componentes orgánicos, inorgánicos y gaseosos.

a) **COMPONENTES ORGÁNICOS:** Pueden ser de origen vegetal o animal, aunque cada vez y con mayor frecuencia, las ARU también contienen compuestos orgánicos sintéticos. Las proteínas, hidratos de carbono, y lípidos así como sus derivados son los compuestos orgánicos que principalmente aparecen en este tipo de aguas. Son biodegradables y su eliminación por oxidación es relativamente sencilla.

- **Proteínas:** (40 a 60%) de la materia orgánica de un agua residual, y junto con la úrea, son los principales responsables de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales.

- **Carbohidratos:** (25 a 50%) de la materia orgánica. Desde el punto de vista del volumen y la resistencia a la descomposición, la celulosa es el hidrato de carbono cuya presencia en el agua residual es la más importante.

- **Aceites y Grasas:** (10%) lo que no evita provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido en grasa antes del vertido del agua residual, puede interferir con los organismos existentes en las aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables, impidiendo en determinadas ocasiones la relación de actividades como la fotosíntesis, respiración y transpiración.

- Junto con las proteínas, los hidratos de carbono, las grasas y los aceites, en el ARU aparecen pequeñas cantidades de moléculas orgánicas sintéticas, cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja. Entre estas moléculas orgánicas sintéticas, destacan los agentes tensoactivos.

Los agentes están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua. Son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos receptores de agua de los vertidos. La formación de estas espumas produce un incremento de contaminación por materia orgánica disuelta al emulsionar y/o solubilizar las grasas y los aceites presentes en el agua. Por otro lado, en las plantas de tratamiento causa graves problemas al interferir en los procesos biológicos y en los sistemas de coagulación – floculación y decantación.

b) COMPONENTES INORGÁNICOS: Se incluyen a todos los sólidos de origen generalmente mineral como las sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas y ciertos compuestos como sulfatos, carbonatos, etc., que pueden sufrir algunas transformaciones (fenómeno de óxido – reducción y otros). Los componentes inorgánicos de las aguas residuales son importantes para establecer y controlar la calidad del agua.

c) **COMPONENTE GASEOSA:** de las ARU contienen gases en diferentes concentraciones, entre los que destacan:

- **Oxígeno Disuelto:** es fundamental para la respiración de los organismos anaerobios presentes en el agua residual. El control de este gas a lo largo del tiempo, suministra una serie de datos fundamentales para el conocimiento del estado del agua residual. La cantidad presente en el agua depende de muchos factores, principalmente relacionados con la temperatura y actividades químicas y biológicas, entre otros.
- **Ácido sulfhídrico:** es un gas que se forma en un medio anaerobio por la descomposición de ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre. Su presencia se manifiesta fundamentalmente por el olor repulsivo que produce.
- **Anhídrido Carbónico:** se produce en las fermentaciones de los compuestos orgánicos de las aguas residuales.
- **Metano:** se forma en la descomposición anaerobia de la materia orgánica, apareciendo sobre todo en cierto tipo de estaciones depuradoras, donde se llevan a cabo procesos de estabilización de fangos vía anaerobia, ofreciendo algunas posibilidades de aprovechamiento como combustible.
- **Otros gases:** Se trata principalmente de gases malolientes, como ácidos grasos volátiles, indol, escatol y otros derivados del nitrógeno.

1.1.1.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las características biológicas de las ARU vienen dadas por una gran variedad de organismos vivos de alta capacidad metabólica, y gran potencial de descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica.

El componente orgánico de las aguas residuales es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, el fósforo o el azufre.

Los organismos que principalmente se encuentran en las aguas residuales urbanas son: algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, rotíferos, nemátodos, anélidos, larvas, etc.

Tabla 1. Contaminantes de importancia en aguas residuales

CONTAMINANTE	PARÁMETRO TÍPICO DE MEDIDA	IMPACTO AMBIENTAL
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.
Materia suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
Patógenos	CF	Hace el agua insegura para consumo y recreación.
Amoniaco	NH ₄ ⁺ - N	Desoxigena el agua, es tóxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas.
Fósforo	Ortofosfatos	Puede estimular el crecimiento de algas.
Materiales tóxicos	Como cada material tóxico específico.	Peligroso para la vida vegetal y animal.
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.
Energía térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua acelera el crecimiento de organismos acuáticos.
Iones hidrógeno	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos.

Fuente: ROMERO. J., Tratamiento de aguas residuales., 2002

Tabla 2. Valores típicos de los principales contaminantes del agua residual urbana (doméstica bruta)

CONTAMINANTES	CONTAMINACIÓN FUERTE	CONTAMINACIÓN MEDIA	CONTAMINACIÓN LIGERA
Sólidos en Suspensión (mg/L)	350	220	100
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	400	220	110
DQO (mgO ₂ /L)	1000	500	250
Nitrógeno (mg N/L)	85	40	20
Fósforo (mg P/L)	15	8	4
Grasas y aceites (mg/L)	150	100	50
Coliformes fecales (UFC/100ml)	10 ⁶ – 10 ⁸	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁵ – 10 ⁷

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas residuales., 1995

1.2 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

“El tratamiento del agua residual anterior a su evacuación al medio ambiente, tiene como objetivo eliminar los contaminantes lo más económicamente posible.”²

1.2.1 CLASIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las ARU supone la aplicación de procesos físicos, biológicos y químicos, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados, cumplan con los límites legales existentes y puedan ser asimilados, de forma natural por los medios receptores.

² **MERCADO, I.**, La electrocoagulación, una nueva alternativa para el tratamiento de aguas residuales., 2005., Pp.72.

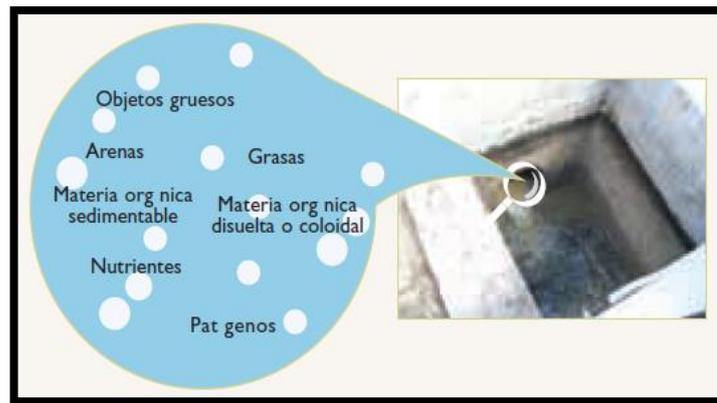


Figura 1. Componentes de las Aguas residuales

Fuente: ROMERO, J., Tratamiento de aguas residuales., 2002

Hay 3 tipos de procesos de tratamiento:

- **Procesos físicos:** Predominan la acción de fuerzas físicas y se llaman operaciones físicas unitarias, entre estas se encuentran el desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración.
- **Procesos químicos:** La eliminación de los contaminantes se obtiene con la adición de productos químicos, se conocen como procesos químicos unitarios tales como, la precipitación, adsorción y la desinfección son procesos convencionales en el tratamiento de aguas residuales.
- **Procesos biológicos:** Su tratamiento de eliminación de contaminantes se lleva a cabo con acción biológica.

Los procesos y operaciones unitarias se coordinan y complementan para dar lugar a cuatro niveles de tratamiento que son: pre tratamiento, tratamientos primarios, tratamientos secundarios y tratamientos terciarios.

1.2.1.1 PRETRATAMIENTO

Es un proceso de eliminación de los componentes de las aguas residuales esto quiere decir que se separa del agua residual por operaciones físicas o mecánicas, la mayor cantidad de materiales que por su naturaleza (grasas y

aceites) o su tamaño (ramas, palos), pueden provocar dificultades en los tratamientos consecutivos.

Su propósito es adecuar el agua residual para los tratamientos posteriores, remover materiales que puedan obstaculizar con los equipos y procesos de tratamiento de aguas y reducir la acumulación de materiales.

1.2.1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Aquí se elimina una fracción de los sólidos suspendidos, coloides y materia orgánica del agua residual, son precedentes de los tratamientos secundarios y estos no remueven microorganismos ni material soluble.

Si las aguas residuales han sido previamente tratadas mediante tratamientos preliminares y primarios (físicos o físico-químicos) y no se ha logrado disminuir una proporción notable de contaminación orgánica, es necesario someter estas aguas a tratamientos donde la acción de los microorganismos transforman la materia orgánica en material estable e inofensivo a las fuentes que las receptan.

1.2.1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Está fundamentalmente orientado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables. Aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario. Se define el tratamiento secundario convencional como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación.

1.2.1.4 TRATAMIENTO TERCIARIO

Estos tratamientos se ocupan de obtener una calidad excelente en el efluente, es por ello se usan en casos especiales estas aguas pueden ser utilizadas en gran variedad de fines entre los que se encuentra la reutilización.

Es el nivel de tratamiento necesario para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen particular atención como nutriente, compuestos tóxicos, excesos de materia orgánica o de sólidos suspendidos, iones y sólidos disueltos.

Tabla 3. Operaciones o procesos unitarios según el nivel de tratamiento de aguas.

TIPO DE TRATAMIENTO	OPERACIONES O PROCESOS UNITARIOS
Preliminares	Dilaceración, desbaste, filtración, flotación, remoción por gravedad, tanque Imhoff, filtración por membrana, remoción de grasas y aceites, tamizado grueso y fino, y microtamizado.
Primarios	Tamizado, sedimentación primaria.
Secundarios	Lodos activados, reactores de lecho fijo, sistemas de lagunaje, sedimentación secundaria, desinfección.
Terciarios	Coagulación química, floculación, sedimentación seguida de filtración y carbón activado. Intercambio iónico, ósmosis inversa, electrocoagulación.

Fuente: CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001.

Tabla 4. Operaciones y procesos unitarios y sistemas de tratamiento utilizados para eliminar la mayoría de los contaminantes presentes en el agua residual.

CONTAMINANTE	SISTEMA DE TRATAMIENTO, OPERACIÓN O PROCESO UNITARIO
Sólidos en suspensión	Desbaste y dilaceración, desarenado, sedimentación, filtración, flotación, adición de polímeros, sistemas naturales (tratamiento de evacuación al terreno), coagulación/sedimentación.
Materia orgánica Biodegradable	Variantes de fangos activados, película fija: filtros percoladores y biodiscos, variantes de lagunaje, filtración intermitente en arena, sistemas físico – químicos, sistemas naturaleza.

Compuestos orgánicos volátiles	Arrastre por aire, tratamiento de gases, absorción en carbón.
Patógenos	Cloración, hipócloración, cloruro de bromo, radiación UV, sistemas naturales.
Nutrientes:	
Nitrógeno.	Variantes de sistemas de cultivo en suspensión con nitrificación y desnitrificación, variantes de sistemas de película fija con nitrificación y desnitrificación, arrastre de amoníaco, intercambio iónico, coloración al breakpoint, sistemas naturales.
Fósforo	Adición de sales metálicas, coagulación y sedimentación con cal, eliminación biológica del fósforo, eliminación biológica – química del fósforo, sistemas naturales.
Nitrógeno y fósforo	Eliminación biológica de nutrientes.
Materia orgánica refractaria	Adsorción en carbón, ozonación terciaria, sistemas naturales.
Metales pesados	Precipitación química, intercambio iónico, sistemas de tratamiento por evacuación al terreno.
Sólidos disueltos orgánicos	Intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis.

Fuente: METCALF& EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

1.2.1.5 TRATAMIENTO DE LODOS

El lodo que se extrae de los procesos de tratamiento de aguas residuales son líquidos o líquidos – semisólidos con contenido de sólido que aproximadamente representan el 0,25 y el 12% en peso, siendo el mayor volumen eliminado durante los tratamientos, está formado por sustancias que son desagradables de las aguas que no son tratadas.

“Uno de los principales problemas en el tratamiento de aguas residuales es el relacionado con el tratamiento y disposición de lodos. En los tanques de sedimentación se producen grandes volúmenes de lodos con grandes

contenidos de agua; su deshidratación y disposición final pueden representar un alto porcentaje del costo del tratamiento de agua.”³

Una reducción mayoritaria de lodos es necesaria antes que estos se espesen, la parte líquido de los lodos tiene que secarse consiguiendo un lodo seco y poroso. La deshidratación puede producirse de manera natural, durante un largo período de tiempo.

Para que se dé una deshidratación efectiva, es importante el tamaño y firmeza de las acumulaciones del lodo son importantes, y así el lodo permanece poroso durante la compresión, para ello se utilizan floculantes para alcanzar mayor cantidad de materia seca en las máquinas de deshidratación y deben ser coordinados con el lodo.

Para elegir el proceso más adecuado de deshidratación es importante considerar las condiciones limitantes tales como: cantidad, estructura del lodo, disposición, regulaciones, disponibilidad personal, etc.

1.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PARROQUIA SIBAMBE

Existen varias alternativas para minimizar los impactos producidos por las aguas residuales domésticas, es así que mediante el uso de los distintos tratamientos ya sean físicos, químicos y biológicos se logra una mejor depuración del efluente, todo dependiendo de la carga contaminante.

Uno de los métodos más efectivos al momento de tratar los efluentes es sin duda la aplicación de fangos activos disminuyendo considerablemente la carga contaminante del agua residual.

Cabe mencionar que es necesario reconstruir por completo el sistema de alcantarillado y el sistema de aguas de regadío para que así éstas aguas vayan

³ ROMERO, J., Tratamiento de aguas residuales., 2002., Pp. 757

a donde tengan que ir sin interrumpir los procesos, y así asegurarnos de que el diseño de la planta de tratamiento vaya a funcionar de la mejor manera.

1.3.1 POBLACIÓN DE DISEÑO

El primer paso a realizar es determinar la población para la que servirá el sistema en el período de diseño que es de 25 años.

El cálculo de la población futura para este sistema de tratamiento se lo ha realizado tomando en cuenta, que en los últimos años la población de Sibambe tiene tasas de crecimiento anual negativas esto es de 1990 (4884 hab.) – 2001(4341 hab.) con un valor de -1.07% y del 2001 – 2010(3869 hab.) (Último censo) tiene un valor de -1.28%, por lo que la población de la parroquia en vez de aumentar ha ido disminuyendo, por tal razón el valor asumido para el cálculo de la planta de tratamiento es de 1600 habitantes, este valor corresponde al 39% de pobladores de la cabecera parroquial del total de la población de la parroquia.

$$P_d = 1600 \text{ hab.}$$

Ec. 1

Dónde:

P_d = Población de diseño

1.3.2 CONSUMO DE AGUA O CAUDAL DE DISEÑO

Para obtener el caudal de diseño se aplica la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{diseño}} = (Q_M \times F) + Q_{\text{INF}} + Q_{\text{CE}}$$

Ec. 2

Dónde:

$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño, L/s

Q_M = Caudal medio de aguas residuales, L/s

F = Factor de mayorización, L/s

Q_{INF} = Caudal de infiltración, L/s

Q_{CE} = Caudal de conexiones erradas, L/s

a) CAUDAL MEDIO DE AGUAS RESIDUALES

$$Q_M = \frac{P_d \times D \times C}{86400}$$

Ec. 3

Dónde:

P_d = Población de diseño o futura, hab

D = Dotación del agua, L/hab*día

C = Coeficiente de retorno (entre el 60% y 80% pero se toma como base al 70%)

b) FACTOR DE MAYORIZACIÓN

El factor de mayorización tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población, disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta. La variación del factor de mayorización debe ser estimada a partir de mediciones de campo. Sin embargo esto no es factible en muchos casos, por lo cual es necesario estimarlo con base en relaciones aproximadas como la de Harmon válida para poblaciones de 1000 a 1000000 habitantes, rango dentro del cual se encuentra la población del área en estudio por lo que se aplica la siguiente ecuación:

$$F = 1 + \frac{14}{4 \sqrt{P_d/1000}}$$

Ec. 4

Dónde:

F = Factor de mayorización, L/s

P_d = Población de diseño, hab

c) CAUDAL DE INFILTRACIÓN

El caudal de infiltración se define como toda agua que entra a la red de alcantarillado proveniente del suelo a través de conexiones de construcción,

tuberías defectuosas, uniones de tubería, conexiones no controladas o por las paredes de los pozos de inspección.

Para obtener el caudal de infiltración se utiliza los datos de Aportes en redes de sistema de recolección y evacuación de aguas residuales establecidos en la RAS 2000 Título D, que son: 0.15 – 0.4 L/s Ha, de lo cual tenemos:

$$Q_{INF} = 0.15 \frac{L}{s \cdot Ha} \times Ha$$

Ec. 5

Dónde:

Q_{INF} = Caudal de infiltración, L/s

Ha = Hectáreas

d) CAUDAL DE CONEXIONES ERRADAS

Deben considerarse los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de techos y patios, QCE. Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias.

El QCE se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{CE} = 10\% (Q_M \times F + Q_{INF})$$

Ec. 6

Dónde:

Q_{CE} = Caudal de conexiones erradas, L/s

Q_M = Caudal medio de aguas residuales, L/s

F = Factor de mayorización, L/s

Q_{INF} = Caudal de infiltración, L/s

e) CAUDAL MEDIO DIARIO

Es la sumatoria del caudal medio, el caudal de infiltración y el de conexiones erradas.

$$Q_{MD} = Q_M + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Ec. 7

Dónde:

Q_{MD} = Caudal medio diario, L/s

Q_{CE} = Caudal de conexiones erradas, L/s

Q_M = Caudal medio de aguas residuales, L/s

Q_{INF} = Caudal de infiltración, L/s

1.3.3 REJILLAS



Figura 2. Pretratamiento con rejillas

Fuente: ROMERO, J., Tratamiento de aguas residuales., 2002

“El primer paso en el tratamiento del agua residual consiste en la separación de sólidos gruesos. El procedimiento más habitual se basa en hacer pasar el agua residual a través de rejas, suelen tener aberturas libres entre barras de 15mm o mayores”⁴, “se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros elementos, contra posibles daños ocasionados por objetos de gran tamaño como trapos, palos.”⁵

⁴ METCALF& EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 509

⁵ CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001., Pp. 246.

De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas se clasifican como de limpieza manual o de limpieza mecánica pueden estar en función a la separación entre barras finas o gruesas, también de acuerdo a la inclinación de la reja: horizontales, verticales, inclinadas y curvas. Las características de ambos tipos se comparan en la Tabla 5.

Tabla 5. Información típica para el proyecto de rejas de barras de limpieza manual y mecánica.

CARÁCTERÍSTICAS	Unidad	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECÁNICA
Tamaño de la barra:			
Anchura	mm	5-15	5-15
Profundidad	mm	25-37.5	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	0,3 – 0,6	0,3 – 0,9
Pérdida de carga admisible	mm	150	150

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995.

1.3.3.1 REJILLAS DE LIMPIEZA MANUAL

Las rejillas según la distancia entre barrotes, se pueden clasificar en rejas gruesas (50-100 mm entre barrotes) y rejas finas (3-10 mm entre barrotes). Normalmente las rejas finas, van siempre precedida por una reja gruesa.

Es necesario retirar cada cierto tiempo el material sólido acumulado, ya que la pérdida de carga aumenta a medida que se presenta una mayor obturación; para la disposición de los sólidos extraídos se debe contar con una bandeja de drenaje en la parte superior de la rejilla.

“Las barras que conforman la rejilla llegan a tener máximo 10 mm de anchura por 50 mm de profundidad, se considera propicio un canal recto y perpendicular

a la reja, de manera que se consiga una distribución uniforme de los sólidos en el flujo y en la reja.”⁶

La velocidad de aproximación debe ser de 0,45 m/s para que haya una mayor superficie de contacto del agua con la rejilla.

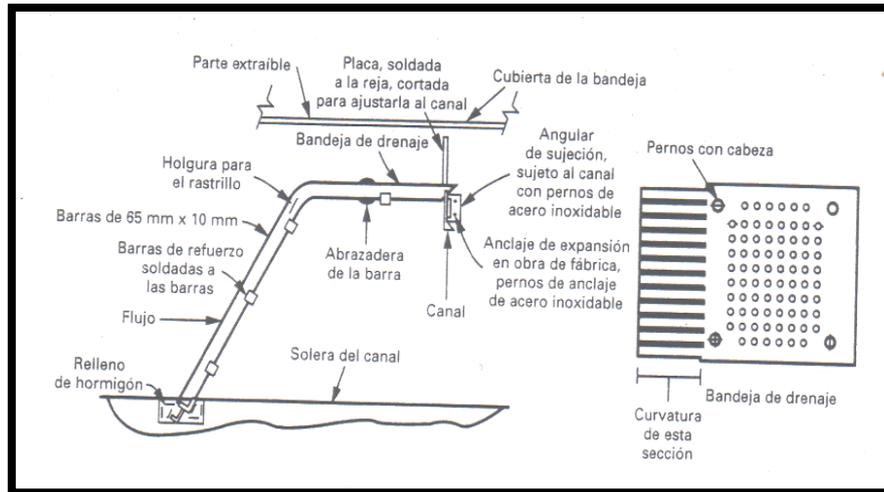


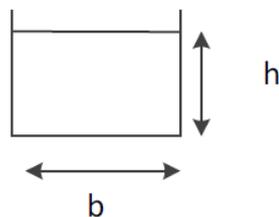
Figura 3. Rejillas de Limpieza Manual típica

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

1.3.3.2 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO DEL CANAL

Previo al dimensionamiento de la rejilla se requiere diseñar el canal por el cual será conducido el agua residual hacia el proceso de tratamiento y donde van a ser dispuestas.

a) SECCIÓN DEL CANAL



⁶ METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 510

b) ÁREA DEL CANAL

$$A = b \times h$$

Ec. 8

Dónde:

A= Área del canal (m²)

b= Base del canal (m)

h = Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

c) RADIO HIDRÁULICO

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

Ec. 9

Es necesario calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso de tratamiento, mediante la ecuación de Manning:

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

Ec. 10

Dónde:

v = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de Manning (0,013 para canales de hormigón o concreto simple)

R = Radio hidráulico (m)

S = Gradiente hidráulico (0.0005 m/m)

Tabla 6. Valores típicos de coeficientes de Rugosidad

Material	Coeficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C _H	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130 0	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods

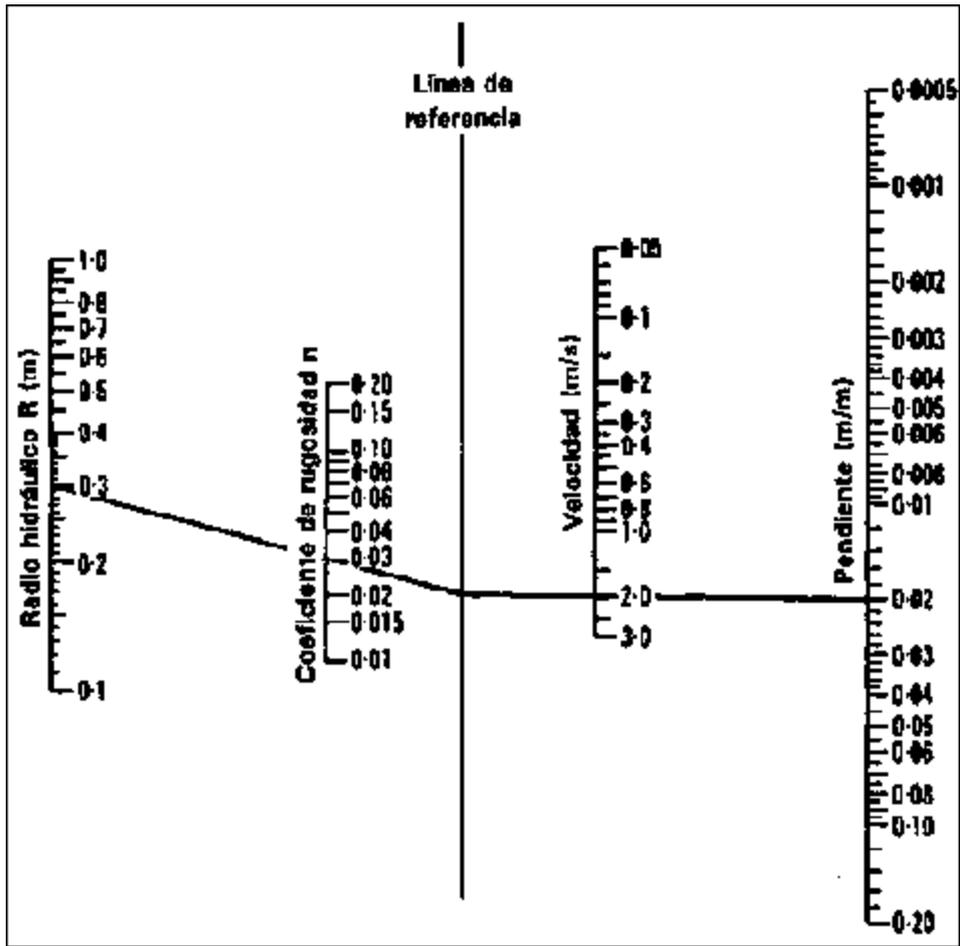


Figura 4. Ábaco de la Fórmula de Manning

Fuente: Juan, M., Ingeniería de Ríos Pp. 85

1.3.3.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA REJILLAS

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

a) ÁREA ENTRE BARRAS

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Ec. 11

Dónde:

A_b = Área entre barras, m^2

v = Velocidad de aproximación, m/s

Q = Caudal, m³/s

b) ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL FLUJO

$$A_t = \frac{A_b (W + e)}{W}$$

Ec. 12

Dónde:

A_b = Área entre barras, m²

W = Separación entre barras, m

e = Espesor máximo de las barras, m

c) ALTURA DEL CANAL

$$H = h + h_s$$

Ec. 13

Dónde:

H = Altura total, m

h_s = Altura de seguridad, m

d) NÚMERO DE BARRAS

$$N^\circ = \frac{b - W}{e + W}$$

Ec 14

Dónde:

b = Ancho del canal, m

W = Separación entre barras, m

e = Espesor máximo de las barras, m

e) LONGITUD DE LAS BARRAS

$$L_g = \frac{H}{\sin \delta}$$

Ec. 15

Dónde:

H = Altura total, m

δ = Grado de inclinación de las barras

f) LONGITUD SUMERGIDA DE LA BARRA

Se requiere conocer el nivel máximo de agua, usando la siguiente ecuación:

$$d_{\max} = \frac{Q}{v \times b}$$

Ec. 16

Para la longitud tenemos:

$$L_g = \frac{d_{\max}}{\sin \delta}$$

Ec. 17

Dónde:

d_{\max} = Nivel máximo de agua, m

v = Velocidad de aproximación, m/s

b = Ancho del canal, m

δ = Grado de inclinación de las barras

g) PÉRDIDA DE CARGA

Las pérdidas de carga a través de una rejilla se pueden determinar a través de la siguiente ecuación propuesta por Kirschmer (1926):

$$h_c = \beta \left(\frac{e}{W} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \sin \delta$$

Ec. 18

Dónde:

h_c = Pérdida de carga, m

W = Separación entre barras, m

e = Espesor máximo de las barras, m

$\frac{v^2}{2g}$ = Carga de velocidad antes de la reja, m

δ = Ángulo de inclinación de las barras.

β = Factor dependiente de la forma de las barras.

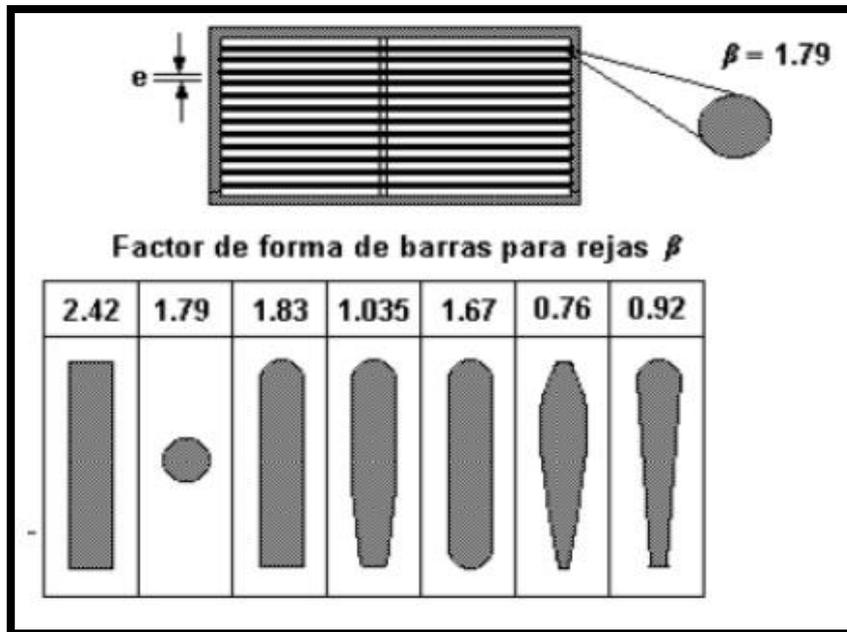


Figura 5. Factores de forma β para secciones usuales de barras de rejillas

Fuente: VALDEZ, E., Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales.

1.3.4 SEDIMENTACIÓN

“Se usa para la remoción de arenas en unidades de pre tratamiento, de sólidos suspendidos totales en sedimentadores primarios, de flóculos biológicos en sedimentadores de lodo activado y de flóculos químicos formados en el proceso de coagulación con agentes químicos.”⁷ El objetivo es remover rápidamente los residuos sólidos sedimentables y material flotante para así disminuir la concentración de sólidos suspendidos.

El proceso consiste en reducir la velocidad de flujo del agua, cuando pasa por un estanque, de esta manera, los sólidos en suspensión sedimenten de acuerdo a las diferentes densidades.

⁷ CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001. Pp. 269

1.3.4.1 TANQUES DE SEDIMENTACIÓN

La sedimentación primaria puede llevarse a cabo en tanques rectangulares alargados o en tanques circulares, los sedimentadores primarios, diseñados y operados pacientemente, remueven entre 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre 25% y 40% de DBO₅.

a) TANQUES RECTANGULARES

En los sedimentadores horizontales prevalece el flujo horizontal, cuentan con sistemas para recolección de lodo sedimentado, los mismos que pueden ser, barredores con cadenas o de puente móvil.

Estos tanques deben incorporar sistemas de rascado de fangos con rascadores accionados por cadenas o con puentes de traslación, y suelen consistir en una doble cadena cerrada que puede ser de aleación de acero, metálica o termoplástica. Sujetos a las cadenas, a intervalos regulares de aproximadamente 3m, se colocan tablonces de madera o de fibra de vidrio, que se extiende por toda la anchura del tanque.

En el caso de plantas pequeñas, los sólidos se sedimentan en el tanque se arrastran a unos cuencos de recogida del fango, mientras que en las plantas grandes, se arrastran a unos canales de fondo transversales.

Las espumas se suelen recoger en el extremo de salida de los tanques rectangulares por medio de los rascadores que hacen su camino de retorno por la superficie del líquido. La espuma se arrastra mediante los rascadores hasta un punto en el que se retiene por medio de unos deflectores para su extracción.

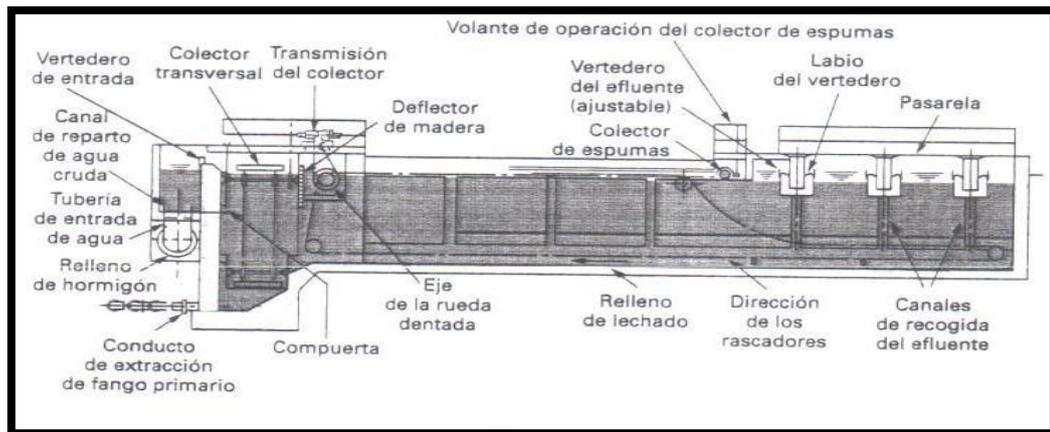


Figura 6. Tanque Rectangular de decantación primaria

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

b) TANQUES CIRCULARES

Son las más usadas en las plantas de tratamiento, ya que se puede lograr una buena remoción de lodos, que es mediante rastras para tanques con diámetros menores a 15m mientras que para grandes cantidades de lodo se usa succionadores. “El sistema de flujo es radial para conseguir este sistema el agua residual a decantar se introduce por el centro o por la periferie del tanque, siendo el más usado donde el agua se transporta hacia el centro, el agua pasa por una campana circular diseñada para distribuir el flujo de manera uniforme en todas las direcciones, la campana tiene un diámetro de entre el 15 y 20 por 100 del diámetro total del tanque, con una profundidad que varía entre 1 y 2,5 m.”⁸

⁸ METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 550-551

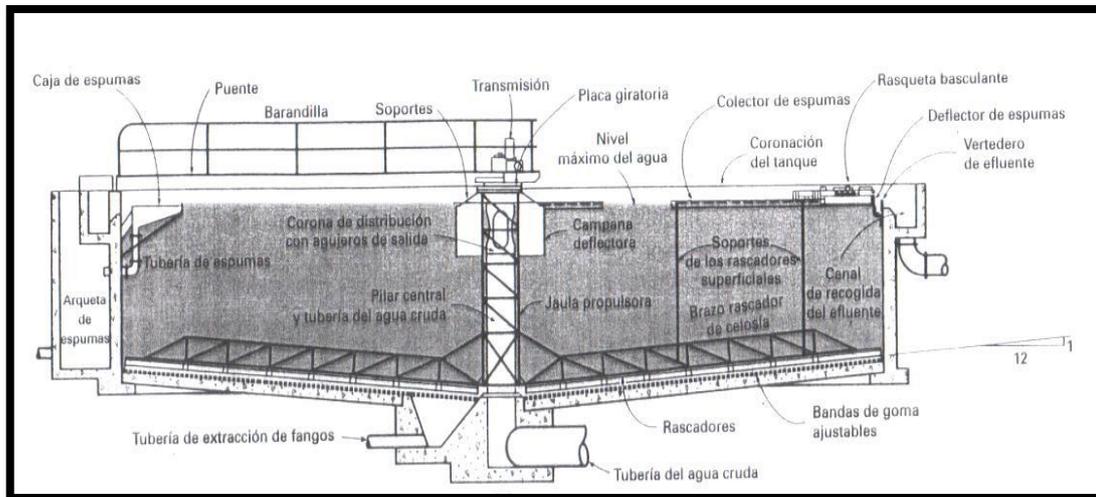


Figura 7. Tanque circular de decantación

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

1.3.4.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

a) CARGA DE SUPERFICIE

Está en función del tipo de sedimentación que se requiere decantar, y deben ser reducidas para asegurar el rendimiento de las instalaciones.

Se puede determinar el área del sedimentador, en base a la carga superficial, mediante la siguiente ecuación:

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

Ec. 19

Dónde:

A = Área superficial del tanque sedimentador, m²

Q = Caudal a tratar, m³/h

C_s = Carga superficial (m³/ m²*d)

Tabla 7. Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.

CARACTERÍSTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Sedimentación primaria seguida del tratamiento secundario:		
Tiempo de retención, h	1.5-2.5	2
Carga de superficie, m ³ /m ² *día		
A caudal medio	30-50	40
A caudal punta	80-120	100
Carga sobre vertedero, m ³ /m*día	125-500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso:		
Tiempo de retención, h	1.5-2.5	2
Carga de superficie, m ³ /m ² *día		
A caudal medio	24-32	28
A caudal punta	48-70	60
Carga sobre vertedero, m ³ /m ² *día	125-500	250

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995.

Tabla 8. Información usual para diseño de sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario.

PARÁMETRO	UNIDAD	INTERVALO	VALOR USUAL
Rectangular			
Profundidad	m	3 – 4,5	3,6
Longitud	m	15 - 90	25 - 40
Ancho*	m	3 -25	5 – 10
Velocidad del barredor	m/s	0,6 – 1,2	0,9
Circular			
Profundidad	m	3 – 4,5	3,6
Longitud	m	3 - 60	12 - 45
Pendiente de la solera	mm/m	6,25 -16	8
Velocidad de los rascadores	(r/min)	0,02 – 0,05	0,03

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995.

b) ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR

El área superficial del sedimentador se obtiene:

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

Ec. 20

Dónde:

A = Área superficial del tanque sedimentador, m²

Q = Caudal a tratar, m³/h

V_c = Velocidad terminal, m/h

Tabla 9. Velocidades terminales a caudal medio

VELOCIDAD A CAUDAL MEDIO			
DECANTACIÓN PRIMARIA	Valor mínimo (m/h)	Valor medio (m/h)	Valor máximo (m/h)
Decantadores circulares	1.0	1.5	2.0
Decantadores rectangulares	0.8	1.3	1.8

Fuente: AURELIO HERNANDEZ, Manual de depuración Urbana., p. 96

Tabla 10. Velocidades terminales a caudal máximo.

VELOCIDAD A CAUDAL MÁXIMO			
DECANTACIÓN PRIMARIA	Valor mínimo (m/h)	Valor medio (m/h)	Valor máximo (m/h)
Decantadores circulares	2.0	2.5	3.0
Decantadores rectangulares	1.8	2.2	2.6

Fuente: AURELIO HERNANDEZ, Manual de depuración Urbana., p. 96

c) VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

Se usa una relación 1/2 de ancho/largo (NORMA RAS 2000) para el cálculo de las medidas interiores del sedimentador, mediante la siguiente ecuación:

$$A = L_g \times A_n$$

Ec. 21

Dónde:

Lg = Largo del sedimentador, m

An = Ancho del sedimentador, m

Aplicando la relación se obtiene:

$$A = 2 An \times An$$

Ec. 22

$$A = 2 An^2$$

Ec. 23

$$An = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ec. 24

Posteriormente se calcula el volumen del tanque mediante la siguiente ecuación:

$$V = Lg \times An \times h$$

Ec. 25

Dónde:

V = Volumen del tanque de sedimentador, m³

An = Ancho del sedimentador, m

Lg = Largo del sedimentador, m

h = Altura del sedimentador, m

d) DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

El diámetro del sedimentador se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$\emptyset = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$$

Ec. 26

Dónde:

\emptyset = Diámetro del sedimentador

A = Área del sedimentador

π = Número irracional (3,14159)

e) TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO

El tiempo que demoraría una partícula en recorrer la longitud del sedimentador en sentido horizontal desde el momento de su entrada al sistema.

Si se usa como tratamiento único el tiempo de retención es de 1,5 y 2,5 horas para el caudal medio del agua residual, en cambio si el proceso de decantación primario está previo a un proceso biológico se requiere de un tiempo de detención entre 0,5 a 1 hora..

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

Ec. 27

Dónde:

T_{rh} = Tiempo de retención hidráulico, h

V = Volumen, m³

Q = Caudal a tratar, m³/h

En caso de no poder obtener el tiempo de retención mediante el cálculo se pueden utilizar los siguientes tiempos de retención:

Tabla 11. Tiempo de retención

DECANTACIÓN PRIMARIA	Velocidad a caudal máximo		
	Valor mínimo (h)	Valor medio (h)	Valor máximo (h)
Tiempo de retención para caudal medio	1,5	2,0	3,0
Tiempo de retención para caudal máximo	1,0	1,5	2,0

Fuente: AURELIO HERNÁNDEZ., Manual de Depuración Uralita.

f) ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Para su determinación se usa el volumen y el largo del sedimentador:

$$A_t = \frac{V}{Lg}$$

Ec. 28

Donde:

A_t = Área de la sección transversal, m

V = Volumen del tanque de sedimentador, m³

L_g = Largo del sedimentador, m

g) CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE ARRASTRE

La velocidad de arrastre es importante en las operaciones de sedimentación. Las fuerzas actúan sobre las partículas de sedimentación son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales deben mantener a niveles bajos de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque. La velocidad crítica viene dada por la ecuación desarrollada por Camp a partir de estudios realizados por Shiedls.

$$V_H = \left(\frac{8k (s - 1) g d}{f} \right)^{1/2}$$

Ec. 29

V_H = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas.
(m/s)

k = Constante que depende del tipo de material arrastrado (0,05)

s = Peso específico de las partículas (1,25)

g = Aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)

d = Diámetro de las partículas 100µm

f = Factor de fricción de Darcy-Weisbach (0,025)

La velocidad de arrastre se compara con la velocidad horizontal, la cual se calcula a partir de la ecuación:

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

Ec. 30

Dónde:

V_h = velocidad horizontal (m/s)

Q = caudal (m^3/s)

A = área del sedimentador rectangular (m^3)

h) REMOCIÓN DE DBO_5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS

La eficiencia de remoción de DBO_5 y sólidos suspendidos, está en función de la concentración del afluente y del tiempo de retención.

$$R = \frac{T_{rh}}{a + bT_{rh}}$$

Ec. 31

Dónde:

R = Porcentaje de remoción esperado, %

T_{rh} = Tiempo nominal de retención, h

a y b = Constantes empíricas

Tabla 12. Valores de las constantes empíricas, a y b a $20^\circ C$

Variable	a , h	b
DBO	0.018	0.02
SST	0.0075	0.014

Fuente: CRITES, R., Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.

1.3.5 LODOS ACTIVADOS

Sistema biológico para tratamiento secundario de aguas residuales, desarrollado por Andern y Lockett (1914), fue denominado así debido a la producción de una masa activa de microorganismos los cuales utilizan residuos orgánicos como sustrato, eliminando de ésta forma la materia orgánica del agua residual.

Las operaciones, de lodos activados son: una etapa de oxidación biológica, otra de separación, y un sistema de recirculación de lodos.

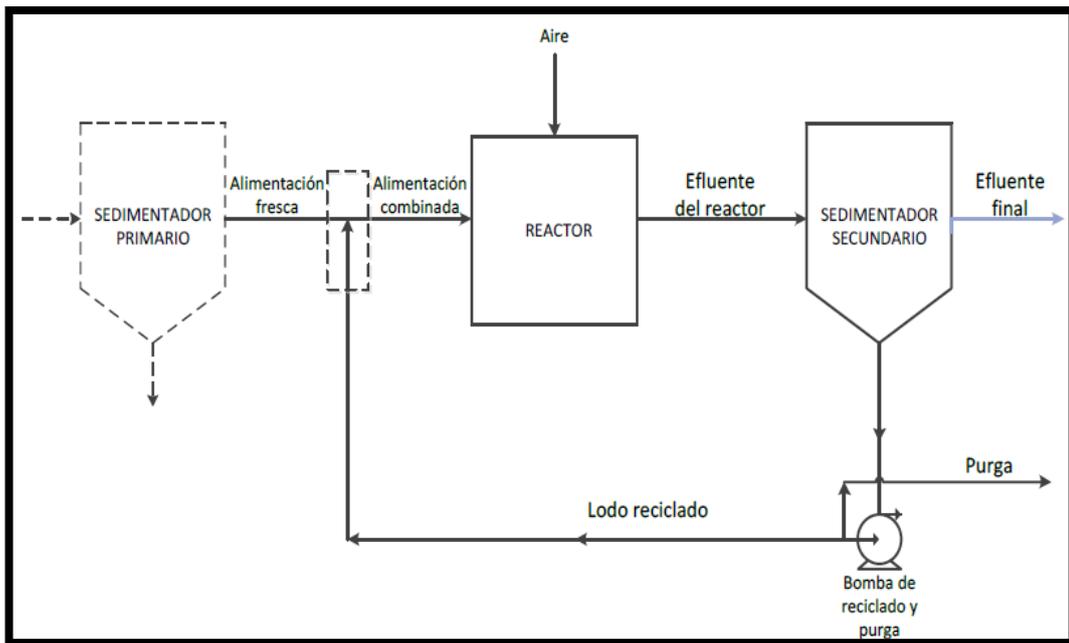


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de lodos activados

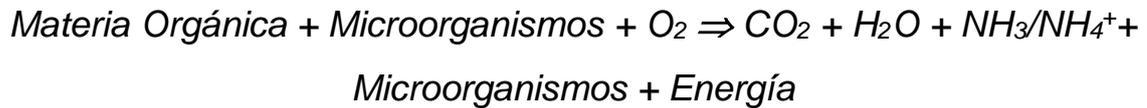
Fuente: RAMALHO, R., Tratamiento de Aguas Residuales., 1983

En la figura 8 se muestra un esquema común de lodos activados, el agua residual pasa del sedimentador primario al reactor en donde la materia orgánica contenida en el agua residual se pone en contacto con los microorganismos, en forma de suspensión floculenta, en un sistema aerado y agitado, en período que oscila entre 4 a 8 horas.

Posteriormente al alcanzar el grado de tratamiento que se desea se obtiene una masa microbiana floculenta (lodo), y se denomina efluente del reactor que pasa al sedimentador secundario, para separar el efluente final que debe estar libre de lodos; la mayor parte del lodo asentado regresa al reactor de manera que se mantenga la concentración de lodos en el tanque de aireación para un tratamiento efectivo y actúe como inóculo microbiano; la recirculación es necesaria para mantener la carga bacteriana constante, y finalmente el excedente del lodo llamado purga es extraído, el cual constituye el concentrado de contaminación.

1.3.5.1 PRINCIPALES MICROORGANISMOS DEL FANGO ACTIVO

El mecanismo general del sistema de fangos activos viene representado por la siguiente reacción biológica:



La biodegradación (oxidación de la materia orgánica disuelta en el agua) la llevan a cabo los microorganismos presentes en la cuba de activación que forman el **flóculo**.

El flóculo individual es la unidad ecológica y estructural del fango activo, y constituye el núcleo alrededor del cual se desarrolla el proceso de depuración biológica. El tamaño medio del flóculo oscila entre las 100 y 500 micras. A medida que aumenta el tamaño del flóculo, el oxígeno en su interior disminuye, y se pueden formar zonas de anoxia donde pueden crecer bacterias anaerobias metanogénicas y que pueden arrancar el proceso de digestión anaerobia de fangos.

En el flóculo de fangos activos existen 2 componentes denominados **biológico** y **no biológico**. El componente biológico principal está constituido por una amplia variedad de microorganismos como:

Tabla 13. Componente biológico principal de los lodos activados

BACTERIAS		
Es el componente principal y fundamental del flóculo. Básicamente son heterótrofas:		
Bacilos Gram negativos del grupo de las Pseudómonas como:		
Zoogloea (principalmente la especie ramigera)	Pseudómonas o Comamona s; bacterias filamentosas sin septos como Flavobacterium-Cytophaga	Proteobacterias oxidantes del hidrógeno como Alcaligenes (con capacidad desnitrificante)

Entre las bacterias Gram positivas se pueden encontrar:

Arthrobacter (corineform **Bacillus** (Bacilo esporógeno aerobio).
es con morfogénesis coco-
bacilo, muy abundantes en
el suelo)

Por otra parte, un flóculo “ideal” contiene una serie de **bacterias filamentosas** desarrollándose en equilibrio con el resto de las bacterias.

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

Tabla 14. Problemas biológicos producidos por Microorganismos filamentosos

PROBLEMAS BIOLÓGICOS	
Esponjamiento filamentososo o “bulking”	El fango activo sólo sedimenta lentamente y no se compacta, o lo hace pobremente, debido a que en él se ha producido un hinchamiento o esponjamiento provocado por una excesiva proliferación de bacterias filamentosas. Es un fallo de la macroestructura flocular.
Espumamiento biológico o “foaming”.	Los microorganismos filamentosos producen una espesa espuma coloreada (en colores del blanco al marrón) y en muchos casos abundantes flotantes en decantación secundaria.

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

1.3.5.2 TÉCNICAS DE AIREACIÓN

Los equipos de aireación pretenden suministrar el oxígeno requerido para estabilización en sistemas aeróbicos. La transferencia de oxígeno puede ser afectada por la presión parcial del gas.

“Los primeros equipos de aireación emplearon difusores de burbujas finas hechos de materiales cerámicos porosos, los cuales suministran buena

eficiencia de transferencia; pero tienden a taponarse debido al crecimiento biológico y contaminante.”⁹

Otros dispositivos que evitan el problema de taponamiento, son los distribuidores de tubería perforada, usan grandes agujeros que producen burbujas gruesas; recientemente se han desarrollado equipos más eficientes como difusores que emplean materiales poliméricos con aberturas muy pequeñas.

Los difusores de burbuja fina pueden tener una eficiencia de transferencia hasta el 10%, a éste nivel se consigue suministrar la mezcla completa contenido del tanque. Actualmente hay un sistema que usa membranas de polímero sintético delgado, también se puede usar compresores, aireadores superficiales, entre otros.

1.3.5.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

“El diseño de las plantas de lodos activos, se basa en el consumo de DBO_5 soluble, éste consumo se debe al proceso de oxidación biológica que tiene lugar en el reactor; mientras que DBO_5 insoluble se separa por sedimentación en los clarificadores primario y secundario.”¹⁰

En el proceso convencional de lodos activos se logra una reducción de DBO_5 la del 5 al 15% de su valor en la alimentación inicial.

“En el diseño del proceso de lodos activados, se debe considerar: la elección del tipo de reactor, los criterios de carga, la producción de lodo, las necesidades y transferencia de oxígeno, las necesidades de nutrientes y las características del efluente.”¹¹

a) ELECCIÓN DEL TIPO DE REACTOR

⁹ **TERENCE J.**, Ingeniería Ambiental., 1999., Pp. 463

¹⁰ **RAMALHO, R.**, Tratamiento de Aguas Residuales., 1983., Pp. 255

¹¹ **METCALF & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 605

Para la elección del tipo de reactor se debe tener en cuenta, la influencia de la cinética de las reacciones, dentro de las opciones más comunes se encuentra el reactor de mezcla completa y reactor de flujo en pistón. También se debe considerar las necesidades de transferencia de oxígeno, se recomienda el reactor de mezcla completa para suministrar la cantidad de oxígeno adecuada.

Si se desea tratar aguas residuales con elevado grado de contaminación se recomienda usar el reactor de mezcla completa, ya que hay un tratamiento más uniforme; a su vez es necesario el control de temperatura y pH.

Para el cálculo del volumen del reactor se puede usar la siguiente ecuación:

$$V_r = \frac{\theta_c Q Y(S_o - S)}{X(1 + K_d \theta_c)}$$

Ec. 32

Dónde:

V_r = Volumen del reactor, m^3

θ_c = Tiempo medio de retención celular basado en el volumen del tanque de aireación, d

S_o = Concentración de DBO o DQO en el afluente, Kg/m^3

S = Concentración de DBO en el efluente, Kg/m^3

Q = Caudal del agua residual a tratar, m^3/d

X = concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, Kg/m^3

K_d = Coeficiente de degradación endógena, d^{-1}

Tabla 15. Datos de sedimentación de SSLM

SSLM	1600	2500	2600	4000	5000	8000
Velocidad de sedimentación inicial	3.3	2.4	1.5	0.6	0.3	0.09

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

b) EFICIENCIA

Se basa en la DBO₅ soluble, y permite conocer si los valores de la concentración del afluente y efluentes de la DBO₅ son correctos. Para su determinación se usa la siguiente ecuación:

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100$$

Ec. 33

c) CRITERIOS DE CARGA

Los parámetros más importantes son: la relación de alimento y microorganismos, y el tiempo de retención celular.

La relación de alimento/microorganismo (F/M) se define como:

$$\frac{F}{M} = \frac{S_o}{Trh \cdot X}$$

Ec. 34

Dónde:

F/M = Relación alimento/microorganismos, d⁻¹

S_o = Concentración de DBO o DQO en el afluente, Kg/m³

X = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, Kg/m³

Trh = Tiempo de retención hidráulica del tanque de aireación, d

El tiempo de retención hidráulica se puede obtener a través de la siguiente ecuación:

$$Trh = \frac{V_r}{Q}$$

Ec. 35

Dónde:

V_r = Volumen del tanque de aireación, m³

Q = Caudal de entrada, m³/d

“Si el valor calculado para la relación F/M es menor que 0,05 los lodos deben ser purgados debido a su exceso, mientras que al ser mayor que 0,15 se debe aumentar la concentración de SST en el estanque aireado; mediante la recirculación del lodo deteniendo la purga de los mismos.”¹²

d) PRODUCCIÓN DE LODO

La producción diaria de lodo que hay que purgar se puede determinar a partir de la siguiente ecuación:

$$P_x = Y_{obs} Q (S_o - S) \times \left(10^3 \frac{g}{kg}\right)^{-1}$$

Ec. 36

Dónde:

P_x = Producción diaria neta de fango activado, medida en términos de SS volátiles, Kg/d

Y_{obs} = Producción observada, Kg/Kg

Q, S_o, S = Según definición anterior

La producción observada se puede calcular por medio:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d(\theta_c \text{ o } \theta_{ct})}$$

Ec. 37

Dónde:

Y = Coeficiente de producción celular (kg de células producidas/kg de materia orgánica eliminada.)

K_d = Coeficiente de degradación endógena, d^{-1}

¹² Programa de control de parámetros críticos.

Tabla 16. Valores de coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados

COEFICIENTES	UNIDADES PARA SSV	RANGOS	TÍPICOS
Y	mg SSV/mg DBO ₅	0,4	0,6
K _d	d ⁻¹	0,0025 – 0,0075	0,06
k	mg /L DBO ₅	25 - 100	60

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

e) NECESIDAD Y TRANSFERENCIA DE OXÍGENO

Se determina a partir de la DBO₅ del agua residual y de la cantidad de microorganismos purgados diariamente en el sistema, de manera que se puedan estimar las cantidades reales del sistema.

Se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$\text{kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}} = \frac{Q(S_0 - S) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}}{f} - 1.42 (P_x)$$

Ec. 38

Dónde:

f = Factor de conversión de DBO₅ en DQOL (0.45 – 0.68)

“El suministro de aire debe proporcionar un mezclado adecuado y mantener una concentración mínima de oxígeno disuelto en todo el tanque de aireación comprendido entre 1 y 2 mg/L.”¹³

Tabla 17. Parámetros de diseño para procesos de lodos activados

Modificación del proceso	θ _c , d	F/M KgDBO ₅ aplicada/ KgSSVLMd	Carga volumétrica KgDBO ₅ aplicada/ m ³ d	SSLM mg/L	V/Q, h	Q _r /Q
Convencional	5-15	0.2-0.4	0.32-0.64	1500-3000	4-8	0.25-0.75
Mezcla Completa	5-15	0.2-0.4	0.80-1.92	2500-4000	3-5	0.25-1.0
Aireación prolongada	20-30	0.005-0.15	0.16-0.40	3000-6000	18-36	0.5-1.50

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995.

¹³ METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 611

f) NECESIDAD DE NUTRIENTES

Para una adecuada operación del sistema de lodos activos se debe contar con cantidades propicias de nutrientes, siendo los principales el nitrógeno y el fósforo. La cantidad de nutrientes varía con la edad de lodo.

g) AERACIÓN POR MEDIO DE DIFUSORES

En el reactor los microorganismos consumen oxígeno a medida que consumen la materia orgánica, por lo que es necesario emplear un sistema que proporcione la cantidad adecuada de oxígeno.

“Para relaciones de alimento/microorganismos superiores a 0,3 las necesidades de aire para el proceso convencional se sitúa entre 30 y 55 m³/ kg de DBO₅ eliminada en sistemas de difusores de burbuja gruesa (no porosos), y entre 24 y 36 m³/ kg de DBO₅ eliminada para sistemas de difusores de burbuja fina (porosos).”¹⁴

En cambio cuando los valores de relación alimento/microorganismos, son más bajos aumenta las necesidades de aire hasta entre 75 y 115 m³/ kg de DBO₅ eliminada.

Comúnmente se usan difusores porosos ya que la eficiencia de transferencia de oxígeno es alta, hay un sin número de formas de los difusores y pueden ser de placa, domo, disco y de tubo. Para que la aireación sea uniforme en todo el tanque, se recomienda instalar difusores de disco o de domo en forma de malla en el reactor de aireación.

La potencia necesaria para llevar a cabo el proceso de compresión adiabática se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$P_w = \frac{W_{\text{aire}} R T_1}{8.41 e} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

¹⁴ METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 611

Dónde:

P_w = Potencia necesaria para cada soplante, kW

W_{aire} = Caudal de aire en peso, kg/s

R = Constante universal de los gases = 8.314 kJ/kmol.°K

T_1 = Temperatura absoluta a la entrada, °K

p_2 = Presión absoluta a la salida, atm

p_1 = Presión absoluta a la entrada, atm

$n = (k-1)/k = 0.283$ (para el aire)

e = Eficiencia (normalmente en compresores entre 0.70 y 0.90)

1.3.6 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

El sedimentador secundario es parte fundamental del proceso de lodos activos, cumple la función de clarificar el efluente mezclado para la descarga del efluente final y concentra el lodo activado para su retorno al proceso.

Los tanques de sedimentación para el proceso de lodos activados pueden ser rectangulares o circulares, y en pocas ocasiones se emplean tanques cuadrados los cuales tienen poca retención de sólidos.

En cualquier tipo de tanques de sedimentación lo importante es la recogida de lodos, de manera que, “en la recirculación de lodos no haya una succión del líquido de la parte superior a través del lodo y debe ser capaz de transportar y extraer los lodos densos acumulados en el tanque de sedimentación en caso de alguna falla.”¹⁵

• TANQUES CIRCULARES

Los tanques circulares suelen ser de dos tipos: de alimentación central y de alimentación periférica, los dos tipos de tanques transportan y evacúan los lodos

¹⁵ METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 662

mediante mecanismos rotatorios, cuya velocidad no debe ser mayor a 2 revoluciones por hora.

“Los tanques circulares secundarios con una capacidad de 300 m³ no deberán ser diseñados con un sistema de barrido, deberán ser cónicos con una inclinación mínima de las paredes de la tolva de 60 grados, la remoción de lodos será por medio de tuberías.”¹⁶

Para los tanques que trabajen con mecanismos de barrido deberán disponer de una tolva central para la acumulación de lodos, al menos de 0,6 m de diámetro y 4 m de profundidad máxima. El fondo debe tener una inclinación de 1:12 (vertical: horizontal). Además el diámetro de la zona de entrada en el centro del tanque debe ser aproximadamente el 15-20% del diámetro de sedimentador. El retorno de lodos debe ser continuo y puede ser por medio de bombas centrífugas.

1.3.6.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

a) ÁREA DEL SEDIMENTADOR

El área del sedimentador secundario, se obtiene a partir de la relación propuesta por Metcalf y Eddy, utilizando el valor de la carga de superficie para sedimentación a continuación del proceso de lodos activados con oxígeno.

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

Ec. 40

Dónde:

A = Área, m²

Q = Caudal a tratar en el sedimentador secundario, m³/h

Cs = Carga superficial, m³/m² d

¹⁶ Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales (IEOS), 1992., Pp. 378

b) DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

El diámetro del sedimentador se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\varnothing = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$$

Ec. 41

Dónde:

\varnothing = Diámetro, m

A = Área, m²

Considerando que el 25% del diámetro es el reparto central, obtenemos la siguiente expresión:

$$R_{\text{central}} = \varnothing \times 0.25$$

Ec. 42

Para la determinación de la profundidad del sedimentador secundario se toma como referencia valores establecidos en la tabla 18.

La altura de reparto se toma $\frac{1}{4}$ de la profundidad:

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} \times \text{profundidad}$$

Ec. 43

Tabla 18. Parámetros de diseño para sedimentadores secundarios

Tipo de tratamiento		Carga de superficie m ³ /m ² d		Carga de solidos kg/m ² h		Profundidad m
		Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación	a	16 - 32	41 - 49	3,90 -5,85	9,76	3,6-6,0
continuación del proceso de fangos activados (excepto en la aireación prolongada)						
Sedimentación	a	16 - 32	41 - 49	4,88-6,83	9,76	3,5-6,0
continuación del proceso de fangos activados con oxígeno						
Sedimentación	a	8 - 16	24,42-32	0,97-4,88	6,83	3,6-6,0
continuación del proceso de aireación prolongada						

Sedimentación a continuación de filtros percoladores	a	16 - 24	41 - 49	2,93-4,88	7,81	3,0-4,5
Sedimentación a continuación de biodiscos:						
Efluente secundario						
Efluente nitrificado		16 - 32	41 - 49	3,90-5,85	9,76	3,0-4,5
		16 - 24	32 - 41	2,93-4,88	7,81	3,0-4,5

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

c) CARGA SOBRE EL VERTEDERO DE SALIDA

Se debe determinar la carga de vertedero de salida, a través de la siguiente ecuación:

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{Q}{\pi \times \phi}$$

Ec. 44

Dónde:

$C_{\text{vertedero}}$ = Carga sobre el vertedero, $\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$

Q = Caudal, m^3/s

d) ANCHO DEL SEDIMENTADOR

Se requiere calcular el ancho del sedimentador una vez obtenida el área, por medio de la siguiente ecuación:

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ec. 45

$$L_g = \frac{A}{A_n}$$

Ec. 46

Con los dos valores anteriores se calcula el volumen de sedimentador:

$$V = L_g \times A_n \times h$$

Ec. 47

Dónde:

V = Volumen del tanque de sedimentador, m^3

A_n = Ancho del sedimentador, m

Lg = Largo del sedimentador, m

h = Altura del sedimentador, m

e) TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO

Es necesario determinar el tiempo de retención hidráulica, valor que depende del volumen del sedimentador.

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

Ec. 48

Dónde:

T_{rh} = Tiempo de retención hidráulico, h

V = Volumen del sedimentador, m³

Q = Caudal a tratar, m³/h

1.3.6 DESINFECCIÓN

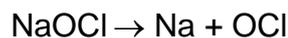
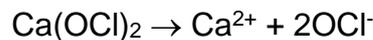
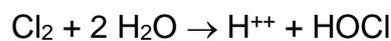
Las aguas residuales contienen organismos patógenos, razón por la cual se emplean distintos métodos de desinfección, entre el que se destaca la desinfección por contacto con cloro, ya que es el método más utilizado, efectivo y de menor costo, garantizando una mejor depuración del efluente.

El propósito de la desinfección del efluente es destruir cualquier organismo patógeno que pudiera haber sobrevivido al proceso de tratamiento, protegiendo así la salud pública. La remoción de DBO y SST tiene el objetivo de proteger principalmente al ecosistema acuático. La desinfección del agua residual es particularmente importante cuando el efluente secundario es descargado en un cuerpo receptor usado para nadar o para el consumo humano por una comunidad localizada aguas abajo. En general, el agua residual se desinfecta con cloro. La demanda de cloro del agua residual es mayor que la del agua potable. Se requiere una dosis de aproximadamente 10 mg/l para dejar 0.5 mg/l de cloro combinado residual en el efluente secundario.

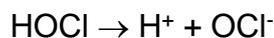
Un buen desinfectante debe ser tóxico para los microorganismos a concentraciones mucho menores que sus límites de toxicidad para los humanos y animales superiores. Además, debe tener una tasa rápida de eliminación y persistir lo suficiente para evitar que se reproduzcan nuevamente los microorganismos.

1.3.6.1 QUÍMICA DE LA CLORACIÓN

El cloro puede aplicarse al agua en forma gaseosa (Cl_2) o como un producto ionizado de sólidos: hipoclorito de calcio [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$] e hipoclorito de sodio [NaOCl]. Las reacciones en agua son las siguientes:



En las ecuaciones anteriores, el ácido hipocloroso (HOCl) y el ión hipoclorito se relacionan por:



La suma de HOCl y OCl^- se llama cloro libre residual y es el desinfectante primario empleado. El HOCl es el desinfectante más efectivo; produce en una relación uno a uno con la adición de Cl_2 gas junto con una reducción de pH que limita la conversión a OCl^- . El cloro gas puede licuarse por compresión y transportarse al sitio en tanques.

Debido a que se regasifica fácilmente y tiene una solubilidad de aproximadamente 700 mg/l en el agua al pH y temperatura presentes en el agua tratada, generalmente esta forma de cloro es la especie preferida. La aplicación de hipocloritos tiende a aumentar el pH, llevando la reacción al OCl^- , menos efectivo.

El hipoclorito de calcio comercial contiene aproximadamente 70 a 80 % de cloro disponible, mientras que el NaOCl contiene sólo 3 a 15 % de cloro disponible.

Se experimentan algunas dificultades para disolver $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, y en condiciones equivalentes ambos hipocloritos son más costosos que el Cl_2 licuado.

No obstante, algunas veces las circunstancias determinan el uso de hipocloritos, especialmente las condiciones de riesgo.

El gas cloro es un oxidante muy fuerte, tóxico a los humanos y más pesado que el aire, por lo que se expande lentamente a nivel del piso. Por este motivo debe tenerse extremada precaución en su manufactura, transporte y uso.

1.3.6.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Al momento de aplicar este tratamiento se debe considerar la dosis necesaria, tomando en cuenta el siguiente criterio:

Tabla 19. Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes.

Producto	Tiempo de almacenamiento, (meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión	3-6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio	3-6	1.4	4.3	10000-50000
Hipoclorito de sodio	< 1 mes	1.7	23.1	10000-50000

Fuente: Rodríguez Ayara, 2000

a) PESO REQUERIDO DE DESINFECTANTE

El peso requerido de desinfectante se considera en la siguiente ecuación:

$$P = Q \times D$$

Ec. 49

Dónde:

P = Peso requerido de desinfectante, mg/s o Kg/d

Q = Caudal, L/s

D = Dosis promedio del desinfectante, mg/L

b) DOSIS PROMEDIO DEL DESINFECTANTE

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

Ec. 50

Dónde:

D = Dosis promedio del desinfectante, mg/L

D_M = Dosis máxima, mg/L

D_m = Dosis mínima, mg/L

c) VOLUMEN DEL TANQUE DONDE SE MEZCLA EL CLORO

$$V = Q \times Tr$$

Ec. 51

Dónde:

V = Volumen del tanque, m³

Q = Caudal, m³/s

Tr = Tiempo de retención, s (1.5 minutos)

d) ALTURA DEL TANQUE

$$A_t = \frac{V}{L \times A}$$

Ec. 52

Dónde:

A_t = Altura del tanque, m

V = Volumen del tanque, m³

A = Ancho del tanque, m

L = Largo del tanque, m

1.4 NORMATIVA AMBIENTAL

1.4.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

En el Art. 264 y 415 se menciona acerca del tratamiento de aguas residuales, obligando a un adecuado manejo de desechos líquidos de manera que no sea perjudicial para otras redes de agua, logrando mantener un ambiente sano conservando la calidad del agua Art. 276.

1.4.2 TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULAS)

El libro VI Anexo 1 trata sobre la calidad ambiental y descarga de efluentes, tiene como objeto la “prevención y control de la contaminación ambiental en lo que se refiere al agua”¹⁷

En la tabla 20 se encuentran los límites de descarga de efluentes al alcantarillado público, los cuales son la base para la caracterización físico-química de la muestra compuesta.

Tabla 20. 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
Coliformes Fecales	Nmp/100ml		⁸ Remoción > al 99.9%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D. B. O ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D. Q. O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10

¹⁷ TULAS Libro VI., Anexo 1., Pp. 330 - 333

Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10.0
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	5-9
Sólidos Sedimentables		mg/l	1.0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos Totales		mg/l	1600
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5

Fuente: TULAS., LIBRO VI., Pp. 330-333

1.4.3 LEY ORGÁNICA DE LA SALUD

Es de vital importancia conservar la calidad del agua Art. 6, aplicar un tratamiento de aguas residuales apropiado pues se prohíbe la descarga de efluentes contaminados sin previo tratamiento Art. 103.

1.4.4 NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES (IEOS)

Normas ecuatorianas en donde establecen criterios básicos de diseño para el tratamiento de aguas residuales y sistemas de abastecimiento de agua potable, tomando como referencia sistemas y procesos con tecnología adecuada.

En las normas IEOS constan de varias partes en donde se trata desde definición de términos, etapas a considerarse en el proyecto, normas de la calidad de agua con la concentración aceptable de las sustancias contaminantes, disposiciones específicas acerca de los requisitos para el diseño de los equipos a emplearse en el sistema; entre otros puntos los cuales se detallan en la mencionada norma.

Se acentúa que en 1992 el sector se descentralizó con la Ley de Descentralización y se asignó la rectoría del sector al MIDUVI, por lo que el IEOS se fusionó con el MIDUVI¹⁸. De manera que actualmente usa los datos establecidos inicialmente en las normas IEOS.

1.4.5 INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)

Se toma como referencia la norma técnica 2198:98 acerca de la calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras; hace mención acerca de lineamientos específicos al momento de la toma de muestra de manera que sea significativa y los resultados no se distorsionen.

Es de gran importancia el conocimiento de manejo y conservación de las muestras para los diferentes parámetros, ya que, de los resultados de los análisis de las pruebas físicas-químicas dependerá el sistema de tratamiento para el agua residual.

1.4.6 OTRAS NORMAS

- Norma Técnica OS.090 "Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales" del Reglamento Nacional de Edificaciones según Decreto Supremo N° 022-2009-VIVIENDA, publicado en el Peruano el 27 de Noviembre 2009.
- Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural, publicada en 1995, Décima Parte (X) Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Proyecto de Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias Co 10.07 – 601 Abastecimiento de Agua Potable y Eliminación de Aguas Residuales en el Área Rural (SSA).

¹⁸ Decreto Ejecutivo N° 1820., Registro Oficial No. 461 de 14 de junio de 1994

CAPÍTULO

II

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación se llevó a cabo en el Barrio San Andrés de la Parroquia Sibambe, del Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo, que se encuentra a una altitud de 1500 m. s. n. m.

Las Coordenadas de la cabecera parroquial son: 78°53'24" longitud occidental; y 2°13'34" latitud Sur.

País: Ecuador

Región: Sierra

Provincia: Chimborazo

Cantón: Alausí

Parroquia: Sibambe

Sector: Barrio San Andrés

Se estudió esta agua durante los meses de Mayo, Julio y Agosto del 2013, ya que se considera que son los meses que mayor descarga de efluentes genera y además de que son en los meses de verano e invierno respectivamente, a la muestra se le realizó el análisis de cada uno de los parámetros característicos de aguas residuales. Así como también un caudal máximo por descarga diaria.

Posteriormente se trabajó en el proceso de resultados y diseño de los sistemas mediante los cálculos de ingeniería para la realización el respectivo tratamiento.

2.4 SISTEMA DE TOMA DE MUESTRAS.

Etiquetado: Se realizó el etiquetado a cada una de las muestras en el que se registró: número de muestra, nombre del responsable, la fecha, hora y lugar del proceso donde se tomó la muestra. Así como el pH y la temperatura del agua.

Tipos de envase para análisis físico – químico: Se usó envases de plástico (polietileno, propileno) con capacidad para 6 litros, los envases estaban perfectamente limpios y enjuagados varias veces con la muestra que se toma, para la limpieza del recipiente no se usó productos detergentes, pues pueden permanecer restos que falseen los resultados de los análisis. El transporte de las muestras se realizó en un cooler portátil con hielo, para su conservación y se llevó al laboratorio para su respectivo análisis de los parámetros destinados para aguas residuales urbanas.



Foto 1. Muestreo de las aguas residuales

Fuente: Deysi Berrones



Foto 2. Muestreo y recolección del agua residual

Fuente: Deysi Berrones

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 RECONOCIMIENTO DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN

Para inicio del presente estudio se hizo el reconocimiento de la Parroquia Sibambe, mediante un recorrido y explicación por el Vicepresidente de la Junta Parroquial de Sibambe en la línea del alcantarillado siguiendo hasta la descarga final que lo palpe ya que la descarga se hace a la altura del Barrio San Andrés de la parroquia de un tubo de cemento y va hasta el Rio Mallaguán a través de un canal abierto construido por los propios habitantes, complementando los con la investigación bibliográfica acerca de las descargas de aguas residuales.

2.5.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

Para la determinación del caudal se realizó mediante volumen con tiempo con un balde graduado de 20 L durante los 7 días de la semana de 06:30 am hasta las 17:00 pm el punto de unión de todas las aguas, con lo realizado se determinó el día en el cual había mayor afluencia de caudal y ese día el que le seguía fueron tomados como referencia para tomar las muestras compuestas para tener

así una muestra madre para los diferentes análisis realizados en el laboratorio a más de que las mismas servían para el tratamiento.



Foto 3. Medición del caudal

Fuente: Deysi Berrones



Foto 4. Determinación del Caudal

Fuente: Deysi Berrones

2.5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Previo al diseño se hizo un modelo del sistema de tratamiento en donde constan sus componentes, mismo que se puede visualizar en el Anexo 1, siendo el prototipo para el diseño definitivo en base al caudal a tratar, análisis físico químico y normas ecuatorianas para estudio, diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales.

2.5.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.5.4.1 MÉTODOS

a) MÉTODO INDUCTIVO

Se analizarán los problemas ocasionados por los efluentes de la descarga de las aguas residuales de la parroquia y se buscarán las soluciones y las alternativas que se ajusten a lo que los investigadores y autores de literatura han propuesto. Para realizar este trabajo de investigación se tomaron las muestras en el punto de unión de las aguas residuales durante 7 días, con el objeto de conocer el grado de contaminación del agua residual a tratar, que es el punto de partida para la elección correcta del tratamiento de la misma.

b) MÉTODO DEDUCTIVO

Se partirá de conocimientos generales y actualizados para encontrar soluciones al problema de aguas residuales de la Parroquia Sibambe. Los análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de estos afluentes fueron tabulados, analizados y posteriormente realizar los debidos cálculos de Ingeniería, los mismos que ayudaron al dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, y así asegurar que las propiedades del efluente tratado estén dentro de los parámetros establecidos en el TULAS para que después este efluente sea aprovechado en diferentes fines.

c) MÉTODO EXPERIMENTAL

Se empleará este método para realizar toma de muestras y análisis físico químicos del agua residual, para luego diseñar un sistema de tratamiento óptimo a partir de datos recolectados en la investigación.

Se utilizará un tanque con aereación simulando el reactor biológico para el proceso de lodos activados y así determinar cuan eficaz resulta este proceso en la disminución de la DBO₅, DQO y sólidos.

2.5.4.2 TÉCNICAS

a) PARÁMETRO DE ACEITES Y GRASAS

Los aceites y grasas disueltas se extraen de las aguas por contacto íntimo con diversos disolventes orgánicos

Se determina mediante la Norma 42 APHA 5520B.

b) PARÁMETRO DEL POTENCIAL DE HIDROGENO pH

El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrógeno por mediciones potencio métricas utilizando un electrodo patrón de hidrógeno y otro de referencia.

Se determina mediante la Norma 05 APHA 4500H⁺.

c) PARÁMETRO DE CONDUCTIVIDAD

Es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas así como de la temperatura.

Se determina mediante la Norma 06 APHA 2510B

d) PARÁMETRO DE TURBIDEZ

La turbidez mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación de agua cruda y luego de la filtración (agua tratada).

Se determina mediante la Norma 43 APHA180.1

e) PARÁMETRO DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

Conocer la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable, en cinco días.

Se determina mediante la Norma 46 APHA5210B.

f) PARÁMETRO DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Indica la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse a partir de un volumen dado de muestra en un tiempo determinado.

Se determina mediante la Norma APHA 2540–F.

g) PARÁMETRO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Los sólidos en suspensión se determinan por diferencia de peso de un filtrado por el cual se hace pasar la muestra.

Se determina mediante la Norma 13APHA 2540D.

h) PARÁMETRO DE COLIFORMES FECALES

Los estreptococos fecales son: Bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre.

Ordinariamente esta determinación se efectúa sembrando en medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua.

Se determina mediante la Norma 48 APHA9222B y 9221

i) PARÁMETRO DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Determinar la cantidad de compuestos oxidables presentes en el agua.

Se determina mediante la Norma 09 APHA5220B.

j) PARÁMETRO DE TENSOACTIVOS

El método está basado en la destilación de los fenoles y la subsecuente reacción de estos con 4- amino antipirina a un pH de 10 en presencia de ferricianuro de potasio formando compuestos de color amarillo intenso a rojo los cuales son extraídos de la disolución acuosa con cloroformo midiendo su absorbancia.

Se determina mediante la Norma APHA5540C.

k) PARÁMETRO DE NITRATOS Y NITRITOS

Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas. Se determina mediante la Norma APHA 4500-NO3-C.

2.6 DATOS EXPERIMENTALES

2.6.1 DIAGNÓSTICO

La Parroquia Sibambe, del Cantón Alausí de la Provincia de Chimborazo, es una zona netamente agrícola y ganadera, la cual cuenta en su gran mayoría con los servicios básicos, hay que indicar que la parroquia cuenta con 46.78 l/s de agua para uso doméstico y de 395.47 l/s para riego, dichas aguas de riego son repartidas en horarios para los diferentes barrios de la parroquia, provocando así que muchos de sus pobladores utilice el agua residual para regar sus sembríos por la escasez de dicha agua.

Los afluentes líquidos desechados por los pobladores es transportado mediante tuberías hasta el punto de unión de todos ellos llegando así hasta la altura del Barrio San Andrés, si bien este barrio está alejado de la cabecera parroquial, todavía se ven asentamientos humanos, en dicho barrio en donde la descarga de aguas residuales es eminente por lo que la contaminación está permanentemente porque de la descarga hasta llegar al río Mallaguán río de importante contaminación, el canal es abierto siendo así la contaminación más evidente ya que da malos olores y afecta el aspecto visual y por ende a los recursos de su alrededor.

Por lo tanto en la Parroquia Sibambe es de suma importancia implementar un sistema de tratamiento de agua residual, lo cual ayudará a todos sus habitantes ya que dejaría de alterar la calidad de vida que tiene cada uno de ellos, también en las zonas productivas del sector no se verán afectadas la fertilidad agrícola y la ganadera ya que los habitantes de la parroquia usarán el agua para regar sus tierras, circunstancias que hoy en día son más severas, por la disminución y contaminación del agua, por tal razón se necesita aprovechar el agua tratada y no el agua que está en las reservas hídricas.

2.6.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La caracterización del agua residual de la Parroquia Sibambe se basa en los métodos empleados en el laboratorio donde se dejaron las muestras, de las cuales se detallan a continuación:

Tabla 21. Examen físico

DETERMINACIÓN	ASPECTO
Color	Gris
Olor	Huevos podridos

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 22. Análisis físico – químico y microbiológico del agua residual de la Parroquia Sibambe

DETERMINACIONES	UNIDADES	**LIMITES	RESULTADOS
pH	Und.	5-9	7.43
Conductividad	μSiems/cm		645
Turbiedad	UNT		170
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	250	577.50
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100	372.7
Sólidos totales	mg/L	1600	827
Sólidos Sedimentables	mL/L	1.0	20
Sólidos Suspendidos	mg/L	100	10
Nitratos	mg/L	15	27.36
Fosfatos	mg/L	10	8.29
Aceites y Grasas	mg/L	0.3	48.00
Tensoactivos	mg/L		4.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	Remoción > al 99%	34.011*10 ⁶

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2013

Tabla 23. Análisis físico – químicos de los parámetros más importantes a considerar

DETERMINACIONES	UNIDADES	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
TURBIEDAD	NTU	71.8	522	170	254.6
DBO ₅	mg/L	190	648	280	372.7
DQO	mg/L	270	920	611	577.50
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	4	10	10	8
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	1*10 ⁸	5*10 ⁷	1*10 ⁷	53.3x10 ⁶

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2013

2.6.3 DATOS DEL MONITOREO DEL CAUDAL

El monitoreo de caudal se realizó durante 7 días, a continuación se muestra:

Tabla 24. Caudal del día Lunes

Hora	Volumen (Lt)	Tiempo (s)	Caudal Q (Lt/s)	Caudal Q (m ³ /h)
6:30	20	11,26	1,786	6,428
7:00	17	11,25	1,511	5,44
7:30	18,19	11,26	1,421	5,115
8:00	15,65	11,25	1,391	5,008
8:30	16,28	11,26	1,439	5,179
9:00	16,75	11,26	1,488	5,355
9:30	16,725	11,26	1,485	5,347
10:00	16,551	11,26	1,470	5,291
10:30	18,3	11,2	1,634	5,882
11:00	16,551	11,25	1,471	5,296
11:30	15,7	11,26	1,306	4,699
12:00	20	10,11	1,978	7,121
12:30	14,75	10,1	1,980	7,128
13:00	17,24	11,26	1,599	5,754
13:30	12,195	11,25	1,610	5,795

14:00	13,30	11,26	1,181	4,252
14:30	9,66	11,25	0,859	3,091
15:00	15,55	11,25	1,382	4,976
15:30	16,34	11,25	1,452	5,228
16:00	15,8	11,26	1,403	5,051
16:30	12,539	11,26	1,114	4,008
17:00	17,3	11,25	1,538	5,536
17:30	13,59	11,26	1,207	4,344
18:00	16,49	11,25	1,466	5,276
	SUMA		1,465	5,275
	PROMEDIO		1,980	7,129
	MAX		0,859	3,091
	MIN			

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 25. Caudal del día Martes

Hora	Volumen (Lt)	Tiempo (s)	Caudal Q (Lt/s)	Caudal Q (m³/h)
6:30	20	11,26	1,776	6,394
7:00	17	11,25	1,511	5,440
7:30	18,19	11,26	1,615	5,816
8:00	15,65	11,25	1,391	5,008
8:30	16,28	11,26	1,446	5,205
9:00	16,75	11,26	1,488	5,355
9:30	16,725	11,26	1,485	5,347
10:00	16,551	11,26	1,470	5,292
10:30	18,3	11,2	1,634	5,882
11:00	16,551	11,25	1,471	5,296
11:30	15,7	11,26	1,394	5,020
12:00	20	10,11	1,978	7,122
12:30	14,75	10,1	1,460	5,257
13:00	17,24	11,26	1,531	5,512
13:30	12,195	11,25	1,084	3,902
14:00	13,30	11,26	1,181	4,252
14:30	9,66	11,25	0,859	3,091
15:00	15,55	11,25	1,382	4,976
15:30	16,34	11,25	1,452	5,229
16:00	15,8	11,26	1,403	5,052

16:30	12,539	11,26	1,114	4,009
17:00	17,3	11,25	1,538	5,536
17:30	13,59	11,26	1,207	4,345
18:00	16,49	11,25	1,466	5,277
	SUMA		34,337	123,615
	PROMEDIO		1,431	5,151
	MAX		1,978	7,122
	MIN		0,859	3,091

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 26. Caudal del día Miércoles

Hora	Volumen (Lt)	Tiempo (s)	Caudal Q (Lt/s)	Caudal Q (m³/h)
6:30	20	20,06	0,997	3,589
7:00	20	12,06	1,658	5,970
7:30	15,37	12,17	1,263	4,547
8:00	18,54	12	1,545	5,562
8:30	20	10	2,000	7,200
9:00	14,34	11,20	1,280	4,609
9:30	17,15	11,08	1,548	5,572
10:00	10,575	11,26	0,939	3,381
10:30	14,58	11	1,325	4,772
11:00	20	10	2,000	7,200
11:30	14,7	11	1,336	4,811
12:00	16,66	11	1,515	5,452
12:30	13,845	11	1,259	4,531
13:00	14,54	11	1,322	4,759
13:30	20	10	2,000	7,200
14:00	18,00	11	1,636	5,891
14:30	16,4	11	1,491	5,367
15:00	20	9,63	2,077	7,477
15:30	16,563	11	1,506	5,421
16:00	13,25	11	1,205	4,336
16:30	12,475	11	1,134	4,083
17:00	14	11	1,273	4,582
17:30	14,125	11	1,284	4,623
18:00	13,65	11	1,241	4,467
	SUMA		34,834	125,401

PROMEDIO	1,451	5,225
MAX	2,077	7,477
MIN	0,939	3,381

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 27. Caudal del día Jueves

Hora	Volumen (Lt)	Tiempo (s)	Caudal Q (Lt/s)	Caudal Q (m ³ /h)
6:30	20	0:28	1,248	4,494
7:00	16,58	16,1	1,030	3,707
7:30	16	16	1,000	3,600
8:00	20	12	1,667	6,000
8:30	15,375	12,06	1,275	4,590
9:00	16,1	12,03	1,338	4,818
9:30	12,30	12	1,025	3,690
10:00	16,990	12,66	1,342	4,831
10:30	12,225	12,03	1,016	3,658
11:00	15,1	12	1,258	4,530
11:30	15,475	12,07	1,282	4,616
12:00	14,6	12	1,217	4,380
12:30	14,25	12,05	1,183	4,257
13:00	15,50	12,07	1,284	4,623
13:30	16,6	12,03	1,380	4,968
14:00	14,40	12	1,200	4,320
14:30	16	12,03	1,330	4,788
15:00	20	4,1	4,878	17,561
15:30	20	4	5,000	18,000
16:00	18,00	4,06	4,433	15,961
16:30	9	4	2,250	8,100
17:00	20	12	1,667	6,000
17:30	16,325	12,06	1,354	4,873
18:00	12,7	12	1,058	3,810
	SUMA		41,715	150,175
	PROMEDIO		1,738	6,257
	MAX		5,000	18,000
	MIN		1,000	3,600

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 28. Caudal del día Viernes

Hora	Volumen (Lt)	Tiempo (s)	Caudal Q (Lt/s)	Caudal Q (m³/h)
6:30	20	1:26	0,907	3,264
7:00	20	15	1,333	4,800
7:30	16,1	15,07	1,068	3,846
8:00	20	10,17	1,967	7,080
8:30	17,4	10,18	1,709	6,153
9:00	12,1	10,27	1,178	4,241
9:30	11,125	10,16	1,095	3,942
10:00	20	8,27	2,418	8,706
10:30	11,290	8,26	1,367	4,921
11:00	13,7	8,17	1,677	6,037
11:30	20	10,27	1,947	7,011
12:00	9	10,2	0,882	3,176
12:30	17,565	10	1,757	6,323
13:00	16,61	10,1	1,645	5,920
13:30	15,56	10,08	1,544	5,557
14:00	13,175	10,11	1,303	4,691
14:30	12,55	10,18	1,233	4,438
15:00	16,7	10	1,670	6,012
15:30	11,6	10,26	1,131	4,070
16:00	12,225	10,2	1,199	4,315
16:30	12,55	10,26	1,223	4,404
17:00	13,475	10,26	1,313	4,728
17:30	11,325	10,26	1,104	3,974
18:00	20	12,36	1,618	5,825
		SUMA	34,287	123,435
		PROMEDIO	1,429	5,143
		MAX	2,418	8,706
		MIN	0,882	3,176

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 29. Caudal del día Sábado

Hora	Volumen (Lt)	Tiempo (s)	Caudal Q (Lt/s)	Caudal Q (m³/h)
6:30	20	1:26	1,172	4,220
7:00	20	14	1,429	5,143
7:30	14,8	14,01	1,056	3,803
8:00	17,125	14,06	1,218	4,385
8:30	20	12,16	1,645	5,921
9:00	13,56	12,16	1,115	4,014
9:30	14,630	12,1	1,209	4,353
10:00	20	11	1,818	6,545
10:30	17,800	11	1,618	5,825
11:00	17,215	11,06	1,557	5,603
11:30	18	11,05	1,629	5,864
12:00	17,62	11,05	1,595	5,740
12:30	18,55	11	1,686	6,071
13:00	20,00	10,06	1,988	7,157
13:30	18,225	10	1,823	6,561
14:00	18,600	10,1	1,842	6,630
14:30	12,64	10,02	1,261	4,541
15:00	17,285	10,05	1,720	6,192
15:30	17,725	10,06	1,762	6,343
16:00	16,350	10,06	1,625	5,851
16:30	15,65	10	1,565	5,634
17:00	16,15	10,04	1,609	5,791
17:30	13,5	10,03	1,346	4,845
18:00	16,225	10	1,623	5,841
		SUMA	36,910	132,875
		PROMEDIO	1,538	5,536
		MAX	1,988	7,157
		MIN	1,056	3,803

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 30. Caudal del día Domingo

Hora	Volumen (Lt)	Tiempo (s)	Caudal Q (Lt/s)	Caudal Q (m³/h)
6:30	20	1:26	1,172	4,220
7:00	20	14	1,429	5,143
7:30	14,8	14,01	1,056	3,803
8:00	17,125	14,06	1,218	4,385
8:30	20	12,16	1,645	5,921
9:00	13,56	12,16	1,115	4,014
9:30	14,630	12,1	1,209	4,353
10:00	20	11	1,818	6,545
10:30	17,800	11	1,618	5,825
11:00	17,215	11,06	1,557	5,603
11:30	18	11,05	1,629	5,864
12:00	17,62	11,05	1,595	5,740
12:30	18,55	11	1,686	6,071
13:00	20,00	10,06	1,988	7,157
13:30	18,225	10	1,823	6,561
14:00	18,600	10,1	1,842	6,630
14:30	12,64	10,02	1,261	4,541
15:00	17,285	10,05	1,720	6,192
15:30	17,725	10,06	1,762	6,343
16:00	16,350	10,06	1,625	5,851
16:30	15,65	10	1,565	5,634
17:00	16,15	10,04	1,609	5,791
17:30	13,5	10,03	1,346	4,845
18:00	16,225	10	1,623	5,841
		SUMA	36,910	132,875
		PROMEDIO	1,538	5,536
		MAX	1,988	7,157
		MIN	1,056	3,803

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 31. Caudal Semanal

DÍA	CAUDAL Q (m ³ /h)	CAUDAL Q (Lt/s)
Lunes	5,275	1,465
Martes	5,151	1,431
Miércoles	5,225	1,451
Jueves	6,257	1,738
Viernes	5,143	1,429
Sábado	5,536	1,538
Domingo	5,52	1,538

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 32. Variación de la concentración de DBO₅ con el tiempo de aireación en el reactor de lodos activados

Tiempo de Aireación (Días)	Concentración DBO ₅ (mg/L)
1	280
3	108
6	32.4

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 33. Variación de la concentración de DQO con el tiempo de aireación en el reactor de lodos activados

Tiempo de Aireación (Días)	Concentración DQO (mg/L)
1	611
3	188
6	36

Fuente: Berrones Deysi, 2013

CAPÍTULO

III

3 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA PARROQUIA SIBAMBE

Con lo establecido anteriormente para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales se usa los valores del caudal a tratar y los resultados de los análisis físico-químicos, entonces los componentes del sistema de tratamiento del agua residual se exponen en el Anexo 1.

3.1 CÁLCULOS

3.1.1 POBLACIÓN DE DISEÑO

El primer paso a realizar es determinar la población para la que servirá el sistema en el período de diseño que es de 25 años.

El cálculo de la población futura para este sistema de tratamiento se lo ha realizado tomando en cuenta, que en los últimos años la población de Sibambe tiene tasas de crecimiento anual negativas esto es de 1990 (4884 hab.) – 2001(4341 hab.) con un valor de -1.07% y del 2001 – 2010(3869 hab.) (Último censo) tiene un valor de -1.28%, por lo que la población de la parroquia en vez de aumentar ha ido disminuyendo, por tal razón el valor asumido para el cálculo de la planta de tratamiento es de 1600 habitantes, este valor corresponde al 39% de pobladores de la cabecera parroquial del total de la población de la parroquia.

$$P_d = 1600 \text{ hab.}$$

3.1.2 CAUDAL DE DISEÑO

Para el dimensionamiento de la planta de tratamientos se necesita conocer la cantidad de agua que desechan los pobladores de la Parroquia Sibambe.

Necesitamos calcular el caudal medio de las aguas residuales mediante la ecuación 3:

$$Q_M = \frac{P_d \times D \times C}{86400}$$

$$Q_M = \frac{1600 \text{ hab} \times 120 \text{ L/hab} \cdot \text{día} \times 0.7}{86400 \text{ s/día}}$$

$$Q_M = 1.56 \text{ L/s}$$

Para el factor de mayorización se calcula con la ecuación 4:

$$F = 1 + \frac{14}{4 \sqrt{P_d/1000}}$$

$$F = 1 + \frac{14}{4 \sqrt{1600/1000}}$$

$$F = 3.77$$

El caudal de infiltración con la ecuación 5:

$$Q_{INF} = 0.15 \frac{L}{s \cdot \text{Ha}} \times 41 \text{ Ha}$$

$$Q_{INF} = 6.15 \frac{L}{s}$$

El caudal de Conexiones erradas se obtiene mediante la ecuación 6:

$$Q_{CE} = 10\% (Q_M \times F + Q_{INF})$$

$$Q_{CE} = 0.10 ((1.55 \times 3.77) + 6.15) \text{ L/s}$$

$$Q_{CE} = 1.19 \text{ L/s}$$

Con los resultados obtenidos es posible calcular el caudal de diseño mediante la ecuación 2:

$$Q_{\text{diseño}} = (Q_M \times F) + Q_{INF} + Q_{CE}$$

$$Q_{\text{diseño}} = (1.55 \times 3.77) + (6.15 + 1.19) \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 13.168 \text{ L/s}$$

Y por último el caudal medio diario, mediante la ecuación 7:

$$Q_{MD} = Q_M + Q_{INF} + Q_{CE}$$

$$Q_{MD} = 1.55 + 6.15 + 1.19$$

$$Q_{MD} = 8.89 \text{ L/s}$$

3.1.3 CÁLCULOS PARA EL CANAL

Las dimensiones del canal son:

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$h = 0,6 \text{ m}$$

Material del canal = Hormigón

Coefficiente de rugosidad Manning $n = 0.013$

Pendiente del canal $S = 0.0005$

Longitud $L_g = 1 \text{ m}$

El área transversal del canal se calcula a partir de la ecuación 8:

$$A = b \times h$$

$$A = 0.5 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$$

$$A = 0.3 \text{ m}^2$$

Dejando una altura de tirante para el canal de 0,3 m.

Posteriormente se calcula el radio hidráulico usando la ecuación 9.

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

$$R_H = \frac{(0.5 \times 0.6) \text{ m}^2}{(0.5 + 2 \times 0.6) \text{ m}}$$

$$R_H = 0.176 \text{ m}$$

Además se calcula la velocidad a la que se transporta el fluido mediante la ecuación 10, usando una pendiente de 0,0005.

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$
$$v = \frac{1}{0.013} \times (0.176)^{2/3} \times (0.0005)^{1/2}$$
$$v = 0.54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.1.4 CÁLCULOS PARA LAS REJILLAS

A continuación se realizan los cálculos para las rejillas:

Datos, algunos de los siguientes valores se obtienen de la tabla 6.

$$Q_{\text{diseño}} = 0.013168 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

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

$$\text{Altura de seguridad} = 0.05\text{m}$$

$$\text{Separación entre barras} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Pendiente con relación a la vertical} = 45^\circ$$

$$\text{Velocidad de aproximación} = 0.45 \text{ m/s}$$

$$\text{Espesor de la barra} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tipo de barra} = 1.79 \text{ (valor } \beta \text{ para forma circular)}$$

En base a los datos anteriores se calcula el área entre barras usando la ecuación 11.

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

$$A_b = \frac{0.013168 \text{ m}^3/\text{s}}{0.45 \text{ m/s}}$$

$$A_b = 0.0293 \text{ m}^2$$

El área de la sección transversal del flujo, se calcula mediante la ecuación 12.

$$A_l = \frac{A_b (W + e)}{W}$$

$$A_l = \frac{0.0293 \text{ m}^2 (0.025 + 0.010) \text{ m}}{0.025 \text{ m}}$$

$$A_l = 0.0410 \text{ m}$$

La altura del canal se calcula a partir de la ecuación 13.

Asumiendo el ancho del canal se denomina la altura del mismo, mediante la siguiente ecuación:

$$h = \frac{A}{b}$$

$$h = \frac{0.0293 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}}$$

$$h = 0.0586 \text{ m}$$

La altura del canal es:

$$H = h + h_s$$

$$H = 0.0586 \text{ m} + 0.5 \text{ m}$$

$$H = 0.56 \text{ m}$$

Posteriormente se calcula el número de barras, mediante la ecuación 14:

$$N^\circ = \frac{b-W}{e+W}$$

$$N^\circ = \frac{(0.5-0.025)\text{m}}{(0.010+0.025)\text{m}}$$

$$N^\circ = 14 \text{ barras}$$

Luego se calcula la longitud de las barras mediante la ecuación 15.

$$L_g = \frac{H}{\sin \delta}$$

$$L_g = \frac{0.6 \text{ m}}{\sin 45}$$

$$L_g = 0.85 \text{ m}$$

Se requiere conocer el nivel máximo de agua, usando la ecuación 16.

$$d_{\max} = \frac{Q}{v \times b}$$

$$d_{\max} = \frac{0.013168 \text{ m}^3/\text{s}}{0.45 \text{ m/s} \times 0.5 \text{ m}}$$

$$d_{\max} = 0.059 \text{ m}$$

Para la longitud de la barrilla sumergida utilizamos la ecuación 17.

$$L_g = \frac{d_{\max}}{\sin \delta}$$

$$L_g = \frac{0.059 \text{ m}}{\sin 45}$$

$$L_g = 0.083 \text{ m}$$

Finalmente se calcula la pérdida de carga usando la ecuación 18.

$$h_c = \beta \left(\frac{e}{W} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \sin \delta$$

$$h_c = 1.79 \left(\frac{0.010}{0.025} \right)^{4/3} \frac{0.45^2}{2 \cdot 9.8} \sin 45$$

$$h_c = 0.00385 \text{ m}$$

3.1.5 CÁLCULOS PARA EL SEDIMENTADOR PRIMARIO

El área superficial del sedimentador primario se obtiene por medio de la ecuación 20.

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

$$A = \frac{47.404 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \text{ m/h}}$$

$$A = 23.702 \text{ m}^2$$

Luego se obtiene el ancho del sedimentador usando la ecuación 23:

$$An = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$An = \sqrt{\frac{23.702 \text{ m}^2}{2}}$$

$$An = 3.5 \text{ m}$$

El largo del sedimentador, se obtiene despejando la variable de la ecuación 21.

$$Lg = \frac{A}{An}$$

$$Lg = \frac{23.702 \text{ m}^2}{3.5 \text{ m}}$$

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

Con los valores del ancho, largo y altura se procede a calcular el volumen del sedimentador usando la ecuación 25.

$$V = Lg \times An \times h$$

$$V = 7 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times 3.6 \text{ m}$$

$$V = 88.2 \text{ m}^3$$

Mediante la ecuación 26 se determina el diámetro del sedimentador

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{23.702 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$\phi = 5.49 \text{ m}$$

El tiempo de retención hidráulico se calcula en base al caudal que se va a tratar en el sedimentador primario y el volumen del sedimentador, establecido en la ecuación 27.

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

$$T_{rh} = \frac{88.2 \text{ m}^3}{47.404 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$T_{rh} = 1.86 \text{ h}$$

El área de la sección transversal se determina a partir de la ecuación 28.

$$A_t = \frac{V}{Lg}$$

$$A_t = \frac{88.2 \text{ m}^3}{7 \text{ m}}$$

$$A_t = 12.6 \text{ m}$$

La velocidad de arrastre se calcula mediante la ecuación 29.

$$V_H = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2}$$

$$V_H = \left(\frac{8(0.05)(1.25-1)9.8(100 \times 10^{-6})}{0.025} \right)^{1/2}$$

$$V_H = 0.0626 \text{ m/s}$$

La velocidad de arrastre se compara con la velocidad horizontal, la cual se calcula a partir de la ecuación 30.

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

$$V_h = \frac{0.013168 \text{ m}^3/\text{s}}{23.702 \text{ m}^2}$$

$$V_h = 0.000556 \text{ m/s}$$

La velocidad horizontal es considerablemente menor que la velocidad de arrastre. Por lo tanto, el material sedimentado no será re-suspendido.

Finalmente se determina el porcentaje de remoción DBO₅ y sólidos suspendidos, obtenido en el sedimentador primario, usando la ecuación 31.

Para el porcentaje de remoción de DBO₅ se parte de la ecuación 31, usando valores de la tabla 13.

$$R = \frac{T_{rh}}{a + bT_{rh}}$$
$$R = \frac{1.86 \text{ h}}{(0.018 + 0.02*1.86)h}$$
$$R = 33.7\%$$

Para el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos tenemos:

$$R = \frac{T_{rh}}{a + bT_{rh}}$$
$$R = \frac{1.86 \text{ h}}{(0.0075 + 0.014*1.86)h}$$
$$R = 55.5 \%$$

3.1.6 CÁLCULOS PARA EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Los datos considerados en cuanto al diseño del sistema de lodos activados según bibliografía y tomando en referencia los datos de las tablas 15, 16, y 17 a continuación se presentan:

$$Q_{\text{diseño}} = 1137.72 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Sólidos Sedimentables en el Licor de Mezcla SSVLM (X)} = 4 \text{ kg/m}^3$$

Coeficiente de producción celular (Y) = 0.6 kg de células producidas / kg de materia orgánica eliminada.

$$\text{Coeficiente de degradación endógena (k}_d\text{)} = 0.06 \text{ d}^{-1}$$

Concentración de DBO en el afluente (S_o) = 0.3727 kg/m³

Concentración de DBO en el efluente (S) = 0.0675 kg/m³

La eficiencia basada en la DBO₅ soluble, se determina en base a la siguiente ecuación 33:

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100$$
$$E = \frac{(0.3727 - 0.0675) \text{ kg/m}^3}{0.3727 \text{ kg/m}^3} \times 100$$
$$E = 81.89\%$$

Con los datos anteriores se calcula el volumen del reactor, detallada en la ecuación 32:

$$V_r = \frac{\theta_c Q Y (S_o - S)}{X (1 + K_d \theta_c)}$$
$$V_r = \frac{20 \text{ d} (1137.72 \text{ m}^3/\text{d}) (0.6 \text{ kg/kg}) (0.3727 - 0.0675) \text{ kg/m}^3}{4 \text{ kg/m}^3 (1 + (0.06 \text{ d}^{-1} \times 20 \text{ d}))}$$
$$V_r = 473.49 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento del tanque es de 4 m de profundidad, 10 m de ancho y 12 m de largo.

Se requiere calcular el tiempo de retención hidráulica para posteriormente determinar la relación alimento microorganismo, mediante la ecuación 35:

$$\text{Trh} = \frac{V_r}{Q}$$
$$\text{Trh} = \frac{473.49 \text{ m}^3}{47.40 \text{ m}^3/\text{h}}$$
$$\text{Trh} = 9.9 \text{ h}$$
$$\text{Trh} = 0.4125 \text{ d}$$

Entonces se la relación alimento/microorganismo se obtiene a partir de la ecuación 34:

$$\frac{F}{M} = \frac{S_o}{\text{Trh } X}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{0.3727 \text{ kg/m}^3}{0.4125 \text{ d} * 4\text{kg/m}^3}$$

$$\frac{F}{M} = 0.225 \text{ d}^{-1}$$

Para determinar la producción diaria de lodo se debe determinar primero la producción observada usando la ecuación 37:

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1+K_d(\theta_c)}$$

$$Y_{\text{obs}} = \frac{0.6}{1+0.06 \text{ d}^{-1} (20 \text{ d})}$$

$$Y_{\text{obs}} = 0.273 \text{ kg/kg}$$

Con el valor anterior se calcula la producción de lodo a través de la ecuación 36:

$$P_x = Y_{\text{obs}} Q (S_o - S) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}$$

$$P_x = 0.273 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} (1137.72 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}) (327.7 - 67.5) \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times (10^3)^{-1} \text{ kg/g}$$

$$P_x = 80.81 \text{ kg/d}$$

Para la determinación del caudal de purga de lodos se utiliza la ecuación:

$$Q'_w = \frac{V}{\theta_c}$$

$$Q'_w = \frac{129.6 \text{ m}^3}{20 \text{ d}}$$

$$Q'_w = 6.48 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

La necesidad de transferencia de oxígeno, se determina mediante la ecuación 38:

$$\text{kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}} = \frac{Q(S_o - S) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}}{f} - 1.42 (P_x)$$

$$\text{kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}} = \frac{(1137.72 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}) (327.7 - 67.5) \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times (10^3)^{-1} \text{ kg/g}}{0.5} - 1.42 (80.81 \text{ kg/d})$$

$$\text{kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}} = 477.32$$

El reactor requiere de un sistema de aereación el mismo que será suministrado a través de difusores, y la potencia necesaria se calcula usando la ecuación 39:

$$P_w = \frac{W_{\text{aire}} R T_1}{8.41 e} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_w = \frac{0.63 * 8.314 * 303}{8.41 * 0.75} \left[\left(\frac{1.7}{0.95} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_w = 45 \text{ kW}$$

3.1.7 CÁLCULOS PARA EL SEDIMENTADOR SECUNDARIO

El área del sedimentador secundario se calcula con valores de carga de superficie detallados en la tabla 19 y se determina con la ecuación 40:

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

$$A = \frac{1137.72 \text{ m}^3/\text{d}}{32 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}}$$

$$A = 35.55 \text{ m}^2$$

El diámetro del sedimentador se determina por la ecuación 41:

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{35.55 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$\phi = 6.72 \text{ m}$$

Con el diámetro obtenido se calcula el reparto central, con la ecuación 42:

$$R_{\text{central}} = \phi \times 0.25$$

$$R_{\text{central}} = 6.72 \times 0.25$$

$$R_{\text{central}} = 1.68 \text{ m}$$

La altura de reparto se calcula usando la ecuación 43:

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} \times \text{profundidad}$$

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} \times 3.6$$

$$H_{\text{reparto}} = 0.9 \text{ m}$$

Posteriormente se establece la carga de vertedero usando la ecuación 44:

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{Q}{\pi \times \phi}$$

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{0.0113772 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 6.72 \text{ m}}$$

$$C_{\text{vertedero}} = 0.000538 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Además se determina el ancho del sedimentador por medio de la ecuación 45:

$$An = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$An = \sqrt{\frac{35.55 \text{ m}^2}{2}}$$

$$An = 4.5 \text{ m}$$

Con el valor del ancho se calcula el largo del sedimentador con la ecuación 46:

$$Lg = \frac{A}{An}$$

$$Lg = \frac{35.55 \text{ m}^2}{4.5 \text{ m}}$$

$$Lg = 8 \text{ m}$$

Luego se calcula el volumen del sedimentador con la ecuación 47:

$$V = Lg \times An \times h$$

$$V = 4.5 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 3.6 \text{ m}$$

$$V = 129.6 \text{ m}^3$$

Con el volumen del sedimentador se calcula el tiempo de retención hidráulico, con la ecuación 48:

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

$$T_{rh} = \frac{129.6 \text{ m}^3}{47.407 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$T_{rh} = 2.73 \text{ h}$$

Finalmente se determina el porcentaje de remoción DBO_5 y sólidos suspendidos, obtenido en el sedimentador secundario, usando la ecuación 31.

Para el porcentaje de remoción de DBO_5 se parte de la ecuación 31, usando valores de la tabla 13.

$$R = \frac{T_{rh}}{a + bT_{rh}}$$

$$R = \frac{2.73 \text{ h}}{(0.018 + 0.02 \cdot 2.73) \text{ h}}$$

$$R = 37.60 \%$$

Para el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos tenemos:

$$R = \frac{T_{rh}}{a + bT_{rh}}$$

$$R = \frac{2.73 \text{ h}}{(0.0075 + 0.014 \cdot 2.73) \text{ h}}$$

$$R = 59.71 \%$$

Se adecuó un sistema de cloración para una eliminación total de coliformes, con una dosis de hipoclorito de sodio de 0.6 ppm.

3.1.8 CÁLCULOS PARA EL TANQUE DE DESINFECCIÓN

Para calcular el peso requerido del desinfectante primero calculamos la dosis promedio del desinfectante con la ecuación 50 y los datos de la tabla 20:

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

$$D = \frac{1.7 + 0.6}{2}$$

$$D = 1.15 \text{ mg/L}$$

Para el peso requerido del desinfectante se calcula con la ecuación 49:

$$P = Q \times D$$

$$P = 13.168 \text{ L/s} \times 1.15 \text{ mg/L}$$

$$P = 15.14 \text{ mg/s}$$

Para el volumen del tanque donde se mezcla el cloro se calcula con la ecuación 51:

$$V = Q \times Tr$$

$$V = 0.013168 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 90 \text{ s}$$

$$V = 1.19 \text{ m}^3$$

Con el valor del volumen se puede calcular la altura del tanque con la ecuación 52:

$$A_t = \frac{V}{L \times A}$$

$$A_t = \frac{1.19 \text{ m}^3}{2 \text{ m} \times 1 \text{ m}}$$

$$A_t = 0.6 \text{ m}$$

3.2 RESULTADOS

3.2.1 MEDICIÓN DEL CAUDAL

Las mediciones del caudal se efectuaron en el colector final de aguas residuales de la cabecera parroquial de Sibambe específicamente en el lado bajo del Barrio San Andrés, donde se unen todas estas aguas para finalmente después de un recorrido en canal abierto unirse a las Aguas de Río Mallaguan.

El tirante del agua fue medido de lunes a domingo, desde las 6:30 am hasta las 18:00 pm, en intervalos de media hora, durante este tiempo no se registraron lluvias; la tubería que conduce el agua residual hacia el colector final es de hormigón, pero hay que recalcar que en algunos sitios de la parroquia no hay conexiones de alcantarillado y además en ciertas calles donde se puede observar el paso de estas aguas porque circulan a través de canales abiertos pero con rejillas que fácilmente permiten la infiltración de aguas lluvias y no se diga de los malos olores que ello presenta.

En la siguiente tabla se resume la medición del caudal promedio diario.

Tabla 34. Resultado de la Medición del Caudal

Hora	CAUDAL (Lt/s)						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
6:30	1,786	1,776	0,997	1,248	0,907	1,172	1,172
7:00	1,511	1,511	1,658	1,030	1,333	1,429	1,429
7:30	1,421	1,615	1,263	1,000	1,068	1,056	1,056
8:00	1,391	1,391	1,545	1,667	1,967	1,218	1,218
8:30	1,439	1,446	2,000	1,275	1,709	1,645	1,645
9:00	1,488	1,488	1,280	1,338	1,178	1,115	1,115
9:30	1,485	1,485	1,548	1,025	1,095	1,209	1,209
10:00	1,470	1,470	0,939	1,342	2,418	1,818	1,818
10:30	1,634	1,634	1,325	1,016	1,367	1,618	1,618

11:00	1,471	1,471	2,000	1,258	1,677	1,557	1,557	
11:30	1,306	1,394	1,336	1,282	1,947	1,629	1,629	
12:00	1,978	1,978	1,515	1,217	0,882	1,595	1,595	
12:30	1,980	1,460	1,259	1,183	1,757	1,686	1,686	
13:00	1,599	1,531	1,322	1,284	1,645	1,988	1,988	
13:30	1,610	1,084	2,000	1,380	1,544	1,823	1,823	
14:00	1,181	1,181	1,636	1,200	1,303	1,842	1,842	
14:30	0,859	0,859	1,491	1,330	1,233	1,261	1,261	
15:00	1,382	1,382	2,077	4,878	1,670	1,720	1,720	
15:30	1,452	1,452	1,506	5,000	1,131	1,762	1,762	
16:00	1,403	1,403	1,205	4,433	1,199	1,625	1,625	
16:30	1,114	1,114	1,134	2,250	1,223	1,565	1,565	
17:00	1,538	1,538	1,273	1,667	1,313	1,609	1,609	
17:30	1,207	1,207	1,284	1,354	1,104	1,346	1,346	
18:00	1,466	1,466	1,241	1,058	1,618	1,623	1,623	SEMANAL
PROMEDIO	1,465	1,431	1,451	1,738	1,429	1,538	1,538	10.59
MAX	1,980	1,978	2,077	5,000	2,418	1,988	1,988	17.429
MIN	0,859	0,859	0,939	1,000	0,882	1,056	1,056	6.651

Fuente: Berrones Deysi, 2013

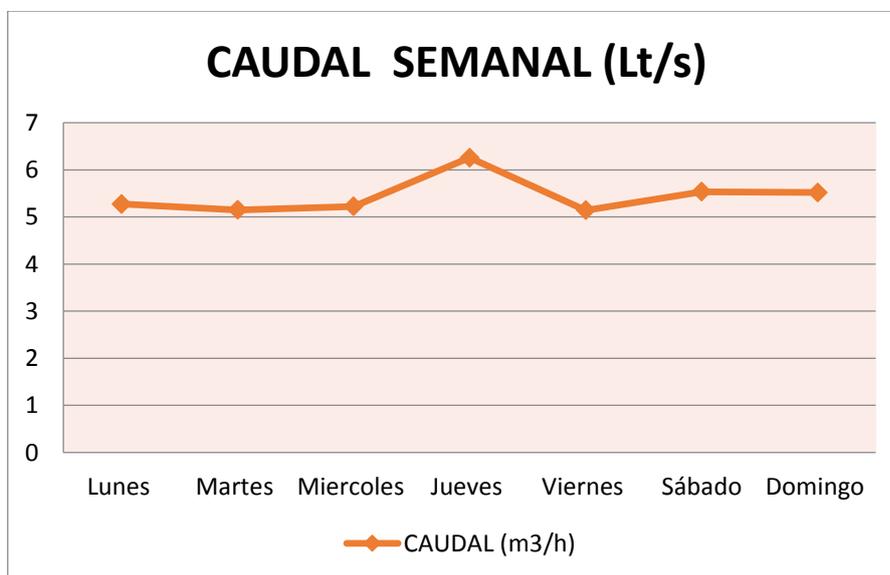


Gráfico N° 1. Caudal Semanal de la Parroquia Sibambe

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Analizando la Tabla 34 y la Ilustración 1. Se puede establecer que:

- El día Jueves registro un caudal máximo de 5 L/s
- El día Martes se registró un caudal mínimo de 1.978 L/s
- El caudal promedio semanal es de 10.59 L/s
- La variación del caudal durante la semana es mínima.

3.2.2 TRATAMIENTO CON LODOS ACTIVADOS

Simulando el proceso en el laboratorio del sistema de lodos activados con todas las etapas se pudo comprobar que los niveles de contaminación entran en los niveles de la norma esto se verifica por las gráficas siguientes:

Tabla 35. Variación de la concentración de DBO₅ con el tiempo de aireación en el reactor de lodos activados

Tiempo de Aireación (Días)	Concentración DBO ₅ (mg/L)
1	280
3	108
6	32.4

Fuente: Berrones Deysi, 2013



Gráfico N° 2. Concentración de la DBO₅ vs tiempo de aireación

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Tabla 36. Variación de la concentración de DQO con el tiempo de aireación en el reactor de lodos activados

Tiempo de Aireación (Días)	Concentración DQO(mg/L)
1	611
3	188
6	36

Fuente: Berrones Deysi, 2013

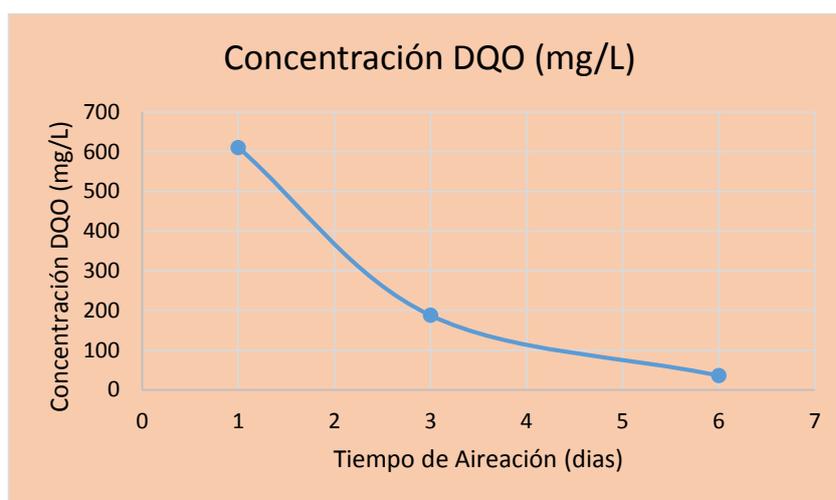


Gráfico N° 3. Concentración DQO (mg/L) vs tiempo de aireación

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Como podemos ver en las ilustraciones 2 y 3 al tercer día en que las aguas están sometidas a una aireación y a los microorganismos que las mismas poseen ya baja la concentración de la DBO₅ y DQO, para el caso de la DBO₅ baja de 300 mg/l a 100 mg/l y para la DQO de 600 mg/l a 200 mg/l y que mientras más tiempo sometamos el agua a una aireación más no nos varía bajar los niveles de la carga contaminante, siendo para mi sistema que al octavo día en donde las microorganismos van a crecer y a tener la edad correcta para que al momento que pase el agua contaminada esta pueda ser eliminada.

3.2.3 POBLACIÓN DE DISEÑO

La proyección demográfica del área de estudio fue efectuada para un período de diseño para la PTAR, de 25 años, el resultado obtenido fue determinante para los cálculos de caudal de diseño y para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento.

Tabla 37. Resultado del cálculo de la población de diseño

Parámetro	Datos
Pf	1600 hab.

Fuente: Berrones Deysi, 2013

3.2.4 CAUDAL DE DISEÑO

Los caudales de diseño es prioritario para proceder al dimensionamiento de las diferentes unidades de la PTAR, los resultados obtenidos se resumen a continuación:

Tabla 38. Resultado del cálculo de Caudales de diseño

Parámetro	Resultado
Caudal de Diseño	13.168 Lt /s
Caudal medio de aguas residuales	1.56 Lt /s
Caudal medio diario	8.89 Lt /s

Fuente: Berrones Deysi, 2013

3.2.5 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.2.5.1 CANAL DE AGUAS RESIDUALES

Las dimensiones del canal tendrán 0.5 m de base, 0.6 m de altura, 1 m de longitud y un tirante de agua de 0.3 m.

El perímetro mojado es de 1.7 m, con un radio hidráulico de 0.176 m, se proyecta que el caudal que pasará por el canal es de 1137.72 m³/d; por lo que se requiere un gradiente hidráulico de 0.0005 m para que la velocidad a la que se transporta el fluido sea de 0.54 m/s.

3.2.5.2 REJILLAS PARA EL CANAL

Las rejillas tendrán las dimensiones detalladas en la tabla 39, las mismas que deberán cubrir las dimensiones del canal; las rejillas están destinadas a retener palos, trapos, pelos, etc.

Tabla 39. Resumen de dimensionamiento de las rejillas

Parámetro	Dimensión
Ancho	0.5 m
Profundidad	0.6 m
Separación entre barras	0.025m
Pendiente en relación con la vertical	45°
Velocidad de aproximación	0.5 m/s
Espesor de la barra	0.010 m
Tipo de barra circular	1.79
Longitud de las barras	0.85 m
Número de barras	14
Nivel máximo de agua	0.059 m
Longitud sumergida de la barrilla	0.083 m
Pérdida de carga de las rejillas	0.00385 m

Fuente: Berrones Deysi, 2013

3.2.5.3 SEDIMENTADOR CIRCULAR PRIMARIO PARA AGUAS RESIDUALES

Las dimensiones del sedimentador primario para un caudal de 1137.72 m³/d se encuentran en la Tabla 40.

Tabla 40. Resumen de dimensionamiento del Sedimentador Primario

Parámetro	Dimensión
Área	23.702 m ²
Ancho	3.5 m
Largo	7 m
Volumen	88.2 m ³
Diámetro	5.49 m
Tiempo de retención hidráulica	1.86 h
Área de la sección transversal	12.6 m
Velocidad de arrastre	0.0626 m/s
Porcentaje de remoción de DBO ₅	33.7 %
Porcentaje de remoción de SS	55.5%

Fuente: Berrones Deysi, 2013

3.2.5.4 SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

El sistema de lodos activados está a continuación del tanque sedimentador primario, constituye un tanque aireado por difusores y un sedimentador secundario; el sistema es sin recirculación.

a) REACTOR RECTANGULAR Y OTROS CRITERIOS

El volumen del reactor depende de la carga contaminante contenida en el agua residual, y de valores como tiempo de retención celular, coeficiente de degradación endógena, etc. Los mismos que se detallan en la Tabla 41.

Tabla 41. Resumen de dimensionamiento del Sistema de Lodos Activados

Parámetro	Dimensión
Caudal a tratar en el reactor	1137.72 m ³ /d
Tiempo de retención celular θ_c	20 días
Coeficiente de producción celular (Y)	0.6 Kg de células producida/Kg de MO
Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (X)	4 Kg/m ³
Coeficiente de degradación endógena (k_d)	0.06 d ⁻¹
Concentración de DBO del afluente (S_o)	0.3727 kg/m ³
Concentración de DBO del efluente (S)	0.0675 kg/m ³
Eficiencia basada en la DBO₅ soluble	81.89%
Volumen del reactor (V_r)	473.49 m ³
Tiempo de retención hidráulico (T_{rh})	9.9 h
Relación Alimento/microorganismo F/M	0.225 d ⁻¹
Producción de lodo observada (Y_{obs})	0.273 $\frac{\text{Kg de células producida}}{\text{Kg de MO}}$
Producción diaria de fango	80.81 kg/d
Caudal de lodo de purga Q_w	6.48 $\frac{\text{m}^3}{\text{d}}$
Necesidad de oxígeno	477.72 kg $\frac{\text{O}_2}{\text{d}}$
Potencia necesaria por los difusores (P_w)	45 kW
Largo	12 m
Ancho	10 m
Altura	4 m

Fuente: Berrones Deysi, 2013

3.2.5.5 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

En el sedimentador secundario se sedimentan los flóculos formados por los microorganismos que han consumido de la materia orgánica presente en el reactor.

Las dimensiones del mismo se encuentran en la Tabla 42, usando una carga superficial de 32 m³/m²d.

Tabla 42. Resumen de dimensionamiento del Sedimentador secundario

Parámetro	Dimensión
Área	35.55 m ²
Diámetro	6.72 m
Reparto central	1.68 m
Altura del reparto	1 m
Carga de vertedero	0.000538 m ² /s
Ancho	4.5 m
Largo	8 m
Volumen	129.6 m ³
Tiempo de retención hidráulica	2.73 h

Fuente: Berrones Deysi, 2013

3.2.5.6 TANQUE DE DESINFECCIÓN

Debido a los elevados resultados microbiológicos se creyó prudente el diseño de un tanque de cloración para de esta manera garantizar una correcta eliminación de organismos patógenos.

A continuación se muestra los resultados del dimensionamiento:

Tabla 43. Resumen de dimensionamiento del tanque de desinfección

Parámetro	Dimensión
Peso requerido del desinfectante	15.14 mg/s
Volumen del tanque de cloración	1.19 m ³
Largo del tanque	2 m
Ancho del tanque	1 m
Altura del tanque	0.6 m

Fuente: Berrones Deysi, 2013

3.3 PROPUESTA

Para poder tratar los efluentes generados por la población de la Parroquia Sibambe, efluentes contaminados debido a la actividad que día a día realizan, lo cual se puede verificar con los resultados de los análisis físico – químicos expuestos en las tablas 21 y 22, en base a esto se propuso el diseño de un sistema de tratamiento de agua residual con la finalidad de disminuir la carga contaminante, para que esta agua pueda cumplir con los niveles establecidos por el TULAS en el libro VI, Anexo I, tabla 12, mejorando y restableciendo sus condiciones para que esta agua pueda ser reutilizada en las diferentes actividades agrícolas o descargar directamente al cuerpo receptor.

Por lo cual se propone el siguiente sistema de tratamiento, el cual consta de los siguientes componentes:

- La recolección del agua residual que proveniente de la población de Sibambe, la cual pasa por un canal en cuyo tramo se instala un sistema de rejillas de limpieza manual, las rejillas constan de 14 barras, con una separación entre barras de 0.025 m, diseñadas con el fin de retener la mayor cantidad de sólidos posibles tales como palos, piedras, ramas, trapos, etc.
- El agua pasará al tanque de sedimentación primaria por gravedad, el tanque de sedimentación primaria es circular que tiene las siguientes dimensiones 7 m de largo, 3.5 m de ancho, diseñado para una capacidad de 88.2 m³, con ángulo de 10° para facilitar una mejor sedimentación además posee una rastra para la remoción de la materia sedimentable, posee una remoción de 33.7 % de DBO₅

y del 55.5 % de Sólidos sedimentables. El agua homogenizada y sedimentada pasará al tanque de Lodos Activados a través de una tubería de 0.10 m de diámetro por gravedad.

- Posteriormente en el tanque de Lodos Activados se realizará la oxidación de la materia orgánica, el cual tiene las siguientes dimensiones 12 m de largo, 10 m de ancho, 4 m de profundidad, diseñado para una capacidad de 473.49 m³ donde se tratará el agua con microorganismos que en si es el lodo activado, con aireación extendida que no es más que una pequeña variante del sistema convencional de lodos activados, se consideraron todos los criterios de diseño para este tipo de sistemas, la aireación se realiza por medio de difusores con una potencia de aireación de 45 KW. Los valores del coeficiente de degradación endógena, coeficiente de producción celular, son los valores típicos mostrados en distintas bibliografías, con una necesidad de oxígeno de 477.32 kg O₂/d, con un tiempo de residencia de 9.9 horas.
- Seguido de un tanque de sedimentación circular secundario, el cual tiene las siguientes dimensiones: con un área total de 35.55 m², 6.72 m de diámetro, con un reparto central de 1.68 m y un ángulo de inclinación de 15° en donde se sedimentan los flóculos formados en reactor eliminándose de ésta manera el 80 % de la DQO y 95 % DBO₅.
- Finalmente el agua después de ser clarificada será tratada con hipoclorito de sodio el mismo que realiza su acción desinfectante sobre el agua tratada teniendo así una eliminación de los agentes patógenos que estaban remanentes en el agua.

El proceso del sistema de tratamiento de aguas residuales genera lodos como producto de la sedimentación tanto de tanque de sedimentación primaria como del sedimentador secundario, el mismo que será dispuesto para la elaboración de compost junto con desechos orgánicos, pues al tener nitrógeno y fósforo son ideales para éste fin.

3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de análisis detallados en la Tabla 44 tales como pH, conductividad, turbiedad, DBO, DQO, fósforo, nitrógeno total, Sólidos en suspensión, sólidos totales, coliformes fecales, grasas y aceites se realizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias ESPOCH, el ensayo de Tensoactivo, se realizaron en el “Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental CESTTA”, con muestras de agua residual original proveniente de la parroquia.

Tabla 44. Análisis de resultados de la caracterización físico química y microbiológica del agua Residual – Parroquia Sibambe

Parámetro	Unidad	ANTES DEL TRATAMIENTO	Cumplimiento TULAS	Valor Limite Permisible ¹⁹	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	Cumplimiento TULAS
Temperatura²⁰	°C	13,67	Cumple	< 35	14	Cumple
Aceites y Grasas	mg/L	48,00	No Cumple	0.3	<0.1	Cumple
DBO₅	mg/L	372.7	No Cumple	100	32.4	Cumple
DQO	mg/L	577,50	No Cumple	250	36	Cumple
Fosforo	mg/L	15,96	No Cumple	10	6.25	Cumple
Nitrógeno Total	mg/L	27,36	No Cumple	15	1.3	Cumple
pH	mg/L	7,43	Cumple	5-9	8.43	Cumple
SS	mg/L	10,00	No Cumple	1	1.3	Cumple
ST	mg/L	827,00	Cumple	1600	736.8	Cumple
Tensoactivos	mg/L	4,00	No Cumple	0.5	0.2	Cumple
Coliformes Fecales	UFC/100ml	34.011×10 ⁶	No Cumple	Remoción > al 99.9%		Cumple

Fuente: Berrones Deysi, 2013

¹⁹ ECUADOR, Ministerio del Ambiente, Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2ª ed, Libro VI Anexo I. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de Agua Dulce

²⁰ La Temperatura fue tomada in situ Tesista

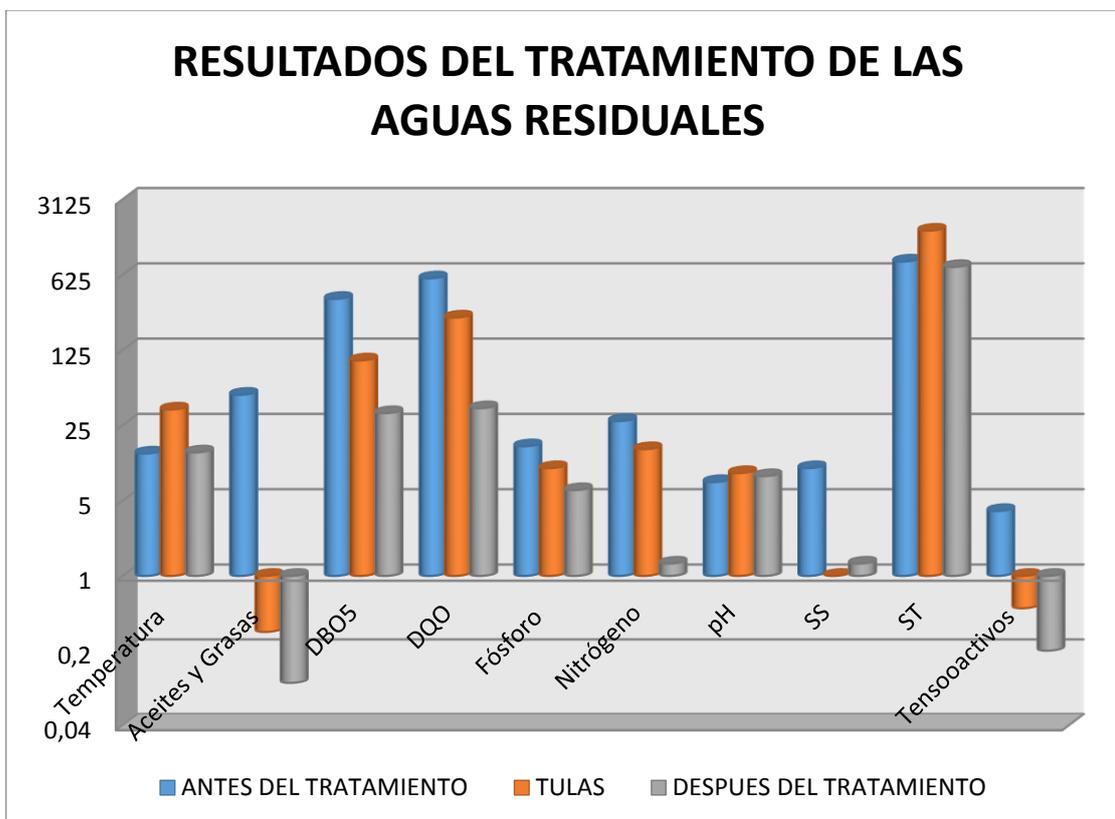


Gráfico N° 4. Resultados del tratamiento de las aguas residuales de la Parroquia Sibambe antes y después del tratamiento

Fuente: Berrones Deysi, 2013

Según los análisis del agua residual antes y después del tratamiento, se puede indicar, que como resultado del tratamiento del agua residual proveniente de la Cabecera Parroquial Sibambe, se obtuvo una remoción del DBO₅ del 95%, DQO 80%, para el contenido de sólidos totales SST una reducción del 56%. La reducción de la turbidez del 85%, la conductividad del 86% y un pH de 8.43.

Obteniéndose de esta manera un agua tratada que garantiza su reutilización puesto que cumple con límites establecidos por el TULAS, libro VI, Tabla 12. Anexo 1, trata acerca de la calidad ambiental y descarga de efluentes, tiene como objetivo la “prevención y control de la contaminación ambiental en lo que

se refiere al agua”. En la tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

3.4.5 DISCUSIÓN

Mediante el trabajo de investigación realizado en el tratamiento de aguas residuales generadas por los pobladores de la Parroquia Sibambe, del Cantón Alausí, de la Provincia de Chimborazo, se ha llegado a obtener los resultados buscados de los parámetros característicos del agua residual que se precisaba disminuir, para que dicha agua pueda ser reutilizada cumpliendo con límites establecidos en el TULAS, libro VI, Tabla 12. Anexo 1, de la calidad ambiental y descarga de efluentes hacia cuerpos de agua dulce.

El objetivo principal fue determinar, analizar y dar una solución al agua residual, para esto se realizó ensayos simulando un proceso de lodos activados con aireación y tiempos de retención del agua para así conseguir el mejor tiempo de retención del agua para que los organismos actúen como tal y pueda ser el agua descontaminada, además que se realizó pruebas con hipoclorito de sodio para la desinfección total de las aguas que procedían del tratamiento de lodos activados, obteniendo de esta manera los días en los cuales los microorganismos hacían su trabajo el tiempo necesario para que los microorganismos actúen y la dosis óptima de cloro para dichas aguas. Con todo esto se puede decir, que como resultado del tratamiento del agua residual proveniente de la Parroquia Sibambe obteniendo una remoción de DBO₅ y DQO de más del 86%. El diseño tiene un desempeño y efectividad del 90% en todo su sistema.

En cuanto a los beneficios de la medida se puede establecer que el diseño del sistema de tratamiento de agua residual para la Parroquia Sibambe, establece beneficios ambientales y económicos, ya que desde el punto de vista empresarial los sistemas de tratamiento de agua residual destinados a minimizar o evitar la generación de residuos, no conllevan beneficios económicos por lo contrario representa gastos de ahí la importancia de agotar las posibilidades de implementar medidas de producción más limpias y reutilización.

En si los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio son exitosos ya que el propósito final era diseñar un sistema que permita restablecer las condiciones iniciales o similares para que la misma pueda ser reutilizada.

3.5 REQUERIMIENTO PRESUPUESTARIO

El operario de la planta debe tener conocimientos mínimos de química, mecánica, y sobre todo conocimientos básicos en cuanto al funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales.

En cuanto al presupuesto para la planta se detalla a continuación:

CANAL						
Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m³	Metros de construcción	Costo \$
Paredes laterales	1	0.5	0.1	1.6	3.2	122.221
Paredes frontales	0.5	0.5	0.1	1.1	2.2	67.892
Piso	1	0.5	0.1	1.6	3.2	59.657
Cemento					8.6	249.770

REJILLAS						
Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m³	Metros de construcción	Costo \$
Marco de hierro	0.9	0.5	0.012	1.41	2.83	32.191
Barra de hierro	0.9	0.01		0.91	1.82	14.414
					4.68	46.605

SEDIMENTADOR PRIMARIO						
Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m³	Metros de construcción	Costo \$
Paredes laterales	7	3.5	0.1	10.6	21.2	809.718

Paredes frontales	4	3.5	0.1	7.6	15.2	536.228
Piso	7	3.5	0.1	10.6	21.2	425.514
Cemento					57.6	1771.460

TANQUE LODOS ACTIVADOS						
Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m ³	Metros de construcción	Costo \$
Paredes laterales	12	10	0.1	22.1	44.2	1688.187
Paredes frontales	6	10	0.1	16.1	32.2	1135.95
Piso	12	10	0.1	22.1	44.2	887.157
Cemento					120.6	3711.291

SEDIMENTADOR SECUNDARIO						
Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m ³	Metros de construcción	Costo \$
Paredes laterales	8	4.5	0.1	12.6	25.2	962.496
Paredes frontales	5	4.5	0.1	9.6	19.2	677.341
Piso	8	4.5	0.1	12.6	25.2	505.8
Cemento					69.6	2145.632

TANQUE DE DESINFECCIÓN						
Construcción	Largo m	Ancho m	Profundidad m	Total m ³	Metros de construcción	Costo \$
Paredes laterales	2	1	0.02	3.02	6.04	317.609
Paredes frontales	2	1	0.02	3.02	6.04	317.609
Piso	2	1	0.02	3.02	6.04	317.609
Acero Inoxidable					18.12	952.829

ACCESORIOS		
Unidad	Detalle	Costo \$
1	Válvula de compuerta	80
1	Bomba de dosificación para hipoclorito de sodio	400
8	Difusores de aire en forma de domo	1920
1	Compresor de 50l 2.5hp 2 Salidas 2 Manómetros	1300
Total		3700

MANO DE OBRA		
Unidad	Detalle	Costo \$
2	Construcción de rejillas y canal	300
2	Sedimentador primario y secundario	2000
1	Tanque de Lodos Activados	1500
1	Gastos varios	1000
Total		4800

PRESUPUESTO TOTAL DE LA PLANTA	
Detalle	Costo \$
Canal	249.770
Rejillas	46.605
Sedimentador primario	1771.460
Tanque de lodos Activados	3711.294
Sedimentador secundario	2145.637
Tanque de desinfección	952.829
Accesorios	3700
Mano de obra	4800
TOTAL	17 377.595

Costo promedio de la implementación de la planta de tratamiento es de:
17 377.595 dólares.

CAPÍTULO

IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Las aguas residuales provenientes de la Parroquia Sibambe contienen una alta contaminación en materia orgánica y microbiológica y según la caracterización inicial físico química y microbiológica se obtuvieron los siguientes valores promedio que se encuentran fuera de la Normativa vigente (TULAS en el libro VI en el Anexo I para descarga de aguas residuales en cuerpos de agua dulce) que se identifican como variables del proceso son: Aceites y Grasas 48 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 327.7 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 577.50 mg/L, Sólidos Sedimentables (SS) 10 mg/L, Tensoactivos 4 mg/L y Coliformes Fecales 34.011×10^6 UFC/100ml.

- Las pruebas con el proceso de Lodos Activados se basaron en la reducción de sólidos sedimentables y sólidos suspendidos además de la DBO y DQO₅ principalmente con aplicación de aireación extendida a través de difusores y microorganismos provenientes del agua residual a tratar, al mismo tiempo de la reducción de coliformes fecales mediante la desinfección con hipoclorito de sodio al 3% con una aplicación de 0.6 ppm de hipoclorito de sodio.

- El sistema de tratamiento de Aguas residuales para la Parroquia Sibambe consta de cinco procesos que se los detalla a continuación:

Canal de llegada: el material del cual se construirá es en hormigón las medidas son 0.5 m, 0.6m y 1m de base, altura y largo respectivamente.

Rejillas: el material de las rejillas es en hierro las dimensiones son 45° ángulo de inclinación de las rejillas, 0.025 m de separación entre las barras, 0.010 m de espesor de la varilla, 0.029 m² área, 0.5 m de ancho, 0.6 m de altura del canal donde estarán colocadas las rejillas, 0.85 m de longitud de las barras, 14 barrotos, con una pérdida de carga de 0.00385 m.

Sedimentador Circular Primario: es de tipo circular, el material del cual se construirá es en hormigón simple, las dimensiones para el tanque es de 23.702

m² de área superficial, 7 m, 3.5m de largo y ancho respectivamente, con 88.2 m³ de volumen, con un ángulo de inclinación de 10° para mejor sedimentación de los sólidos, 1.86 horas tiempo de retención hidráulica.

Tanque de Lodos Activados: es del tipo convencional con una pequeña modificación aireación extendida y se construirá en hormigón simple, la aireación se realiza a través de difusores que necesitan una potencia de 45 KW mismos que se encontraran en el fondo del reactor, con una capacidad de 473.49 m³ volumen del reactor, con 12, 10 y 4 m de largo ancho y altura para el reactor, que permite un tiempo de retención hidráulica de 9.9 horas.

Sedimentador Circular Secundario: es de tipo circular se construirá en hormigón simple, las dimensiones son 35.55 m² de área superficial, de 6.72m de diámetro, con 1.68 m del diámetro del reparto central, 4.5 m de ancho y 8 m de largo con un ángulo de inclinación de 15° para facilitar tanto la purga de lodos decantados como la recirculación de los mismos.

Tanque de Desinfección: cuenta con 1.19 m³ de volumen del tanque, 2, 1, 0.6 metros de largo ancho y altura del tanque.

- Con el diseño de Tratamiento de aguas residuales planteado se logra disminuir una gran cantidad de contaminantes obteniendo una caracterización final con los siguientes valores promedio: Aceites y Grasas 0.1 mg/L, DBO₅ 32.4 mg/L, DQO 36 mg/L, Solidos Sedimentables 1.3 mg/L, sólidos totales 736.8 mg/L, Tensoactivos 0.2 mg/L y Coliformes Fecales 100 UFC/100 ml, lo que nos indica que se encuentran dentro de la normativa vigente TULAS.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere que la Junta Parroquial de Sibambe tome cartas en el asunto de alcantarillado ya que no todas las casas están conectadas a la red de alcantarillado y esto hace que si en una posible implementación de la planta haya variaciones en los datos estimados por lo que antes de realizar dicha implementación se debería tener un buen sistema de alcantarillado.
- En cuestión de operación y mantenimiento las rejillas de limpieza manual deben limpiarse cada que se observe acumulación de sólidos grandes que obstruyen el paso del agua hacia la planta, la materia sólida limpiada se debe disponer en contenedores para llevar luego al botadero de basura.
- En cuanto al sistema de lodos activados este debe ser supervisado con mesura en cuanto al sistema de aireación y en el control de los microorganismos (lodo activado), y el Espumamiento que se produce en la parte superior por la acción de la aireación esta debe ser controlada y retirada mediante rastras para así evitar que esto influya en los procesos que le sigue.
- Hacer análisis físico - químicos y microbiológicos frecuentes al agua tratada para verificar que el tratamiento está marchando bien y que los contaminantes están siendo minimizados y sobre todo que se está cumpliendo con lo establecido en la investigación.
- Los lodos generados en los tanques sedimentadores primario y secundario, en la purga de los lodos del tanque de lodos activados, estos son de composición orgánica en su mayor parte, deben darse una adecuada disposición como abono o compost para las tierras productivas de la Parroquia.

CAPÍTULO

V

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALLENDE., A.**, Manual de tratamiento de aguas residuales., 2ª ed., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría., La Habana – Cuba., 1994., Pp. 246.

2. **CRITES., R., & TCHOBANOGLIOUS., G.**, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 3ª ed., Bogotá – Colombia., McGraw Hill., 2000., Pp. 21, 33, 42-44, 46-48.

3. **MERCADO, I.**, La electrocoagulación, una nueva alternativa para el Tratamiento de aguas residuales., 1ª. ed., Editores Asociados Técnicos., Bogotá - Colombia., 2005., Pp. 26, 72.

4. **METCALF., & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización., 3ª ed., Madrid – España., McGraw-Hill., 1995., Pp. 95-102, 508 – 515, 538 – 551, 555 – 557, 605 – 682.

- 5. RAMALHO., R.,** Tratamiento de Aguas Residuales., 2ª ed.,
Reverté S.A., Sevilla – España., 2003., Pp. 78.
- 6. ROMERO., J.,** Tratamiento de Aguas Residuales., 3ª ed.,
Bogotá – Colombia., Alfaomega., 2002., Pp. 67 – 71 – 74 –
223 – 706 – 707.
- 7. ROJAS., R.,** Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales.,
CEPIS/OPS – OMS. Curso internacional: “Gestión integral de
tratamiento de aguas residuales”, 3ª ed., Lima – Perú., Pp.
19.
- 8. VALDEZ C., VAZQUEZ A.,** Ingeniería de los Sistemas De
Tratamiento y Disposición De Aguas Residuales., 2ª ed.,
México D F. – México., Fundación ICA., 2003., Pp. 3 – 7
- 8. COLOMBIA., MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
BÁSICO.,** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable
y Saneamiento Básico RAS – 2000., Seccion II., Tratamiento
de Aguas Residuales, Bogotá – Colombia., 2000. Pp. 15 – 16
– 38 – 39 –50 – 52.

9. ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE., Texto Unificado
de Legislación Ambiental., 2 a ed., Quito – Ecuador., Pp. 330
- 333

**10. ECUADOR., SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO
AMBIENTAL., ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS.,**
Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable
y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones
mayores a 1000 habitantes., Décima Parte (X)., Quito –
Ecuador., 1992., Pp. 344 – 345 – 346

INTERNET

11. AGUAS RESIDUALES

http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf
2013/09/20

12. REJILLAS Y DISEÑO

http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc003/CAPITULO7.pdf
2013/10/14

13. SEDIMENTADOR PRIMARIO

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo5.pdf
2013/10/28

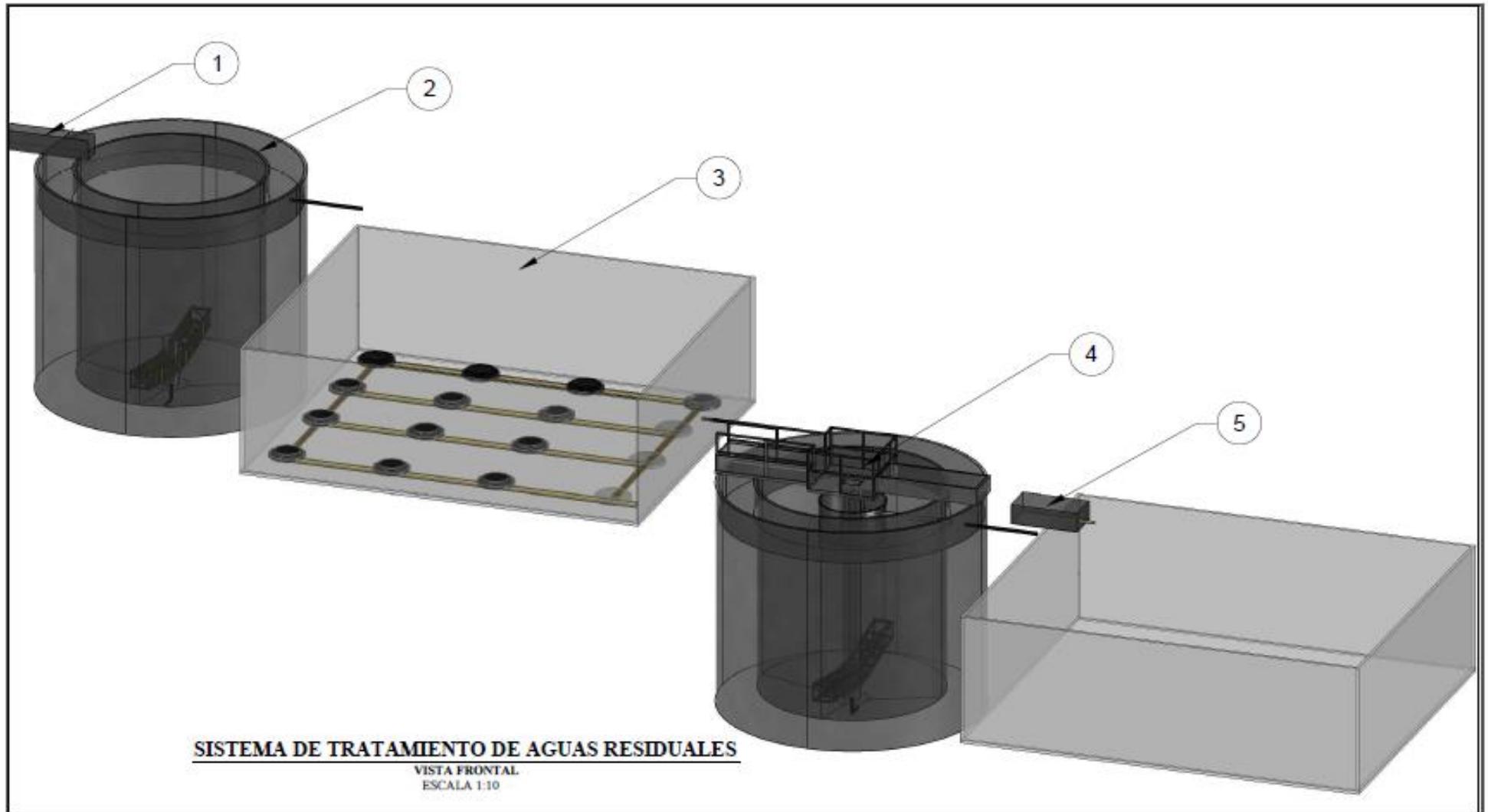
14. SEDIMENTADOR SECUNDARIO

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo6.pdf
2012/01/19

15. SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

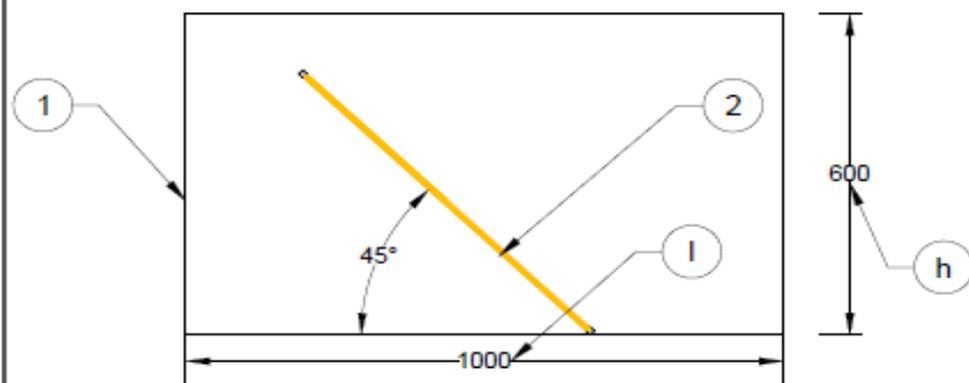
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/3036/Capitulo1.pdf>
2012/02/04

ANEXOS



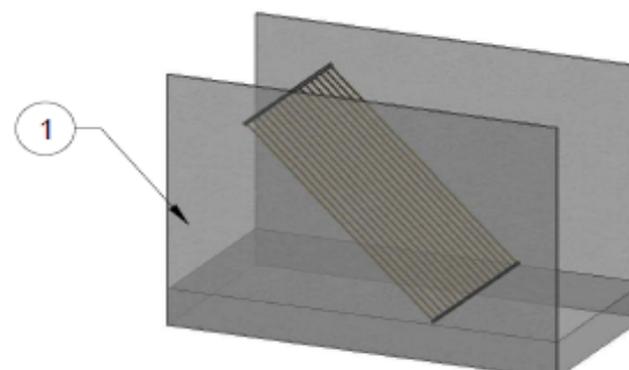
NOMECLATURA	
ITEM	DESCRIPCION
1	CANAL CON REJILLAS
2	TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO
3	TANQUE DE Lodos ACTIVADOS CON DIFUSORES
4	TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO
5	TANQUE DE DESINFECCION

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIBAMBE"			
CONTIENE:		ESCALA LA DEDICADA	DIMENSIONES mm.
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		ANEXO	A4
FECHA: Noviembre 2013	DISEÑADO POR: Dayal Becerra	REVISADO POR: Ing. Mario Villacres Ing. Marco Chaita	LÁMINA 06 / 06



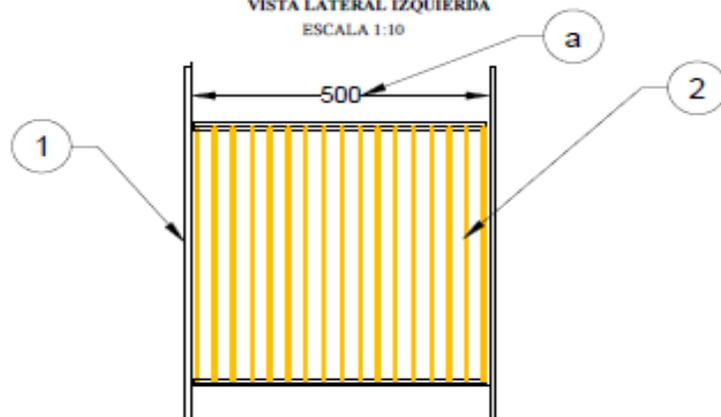
REJILLA Y CANAL DE RECOLECCION

VISTA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:10



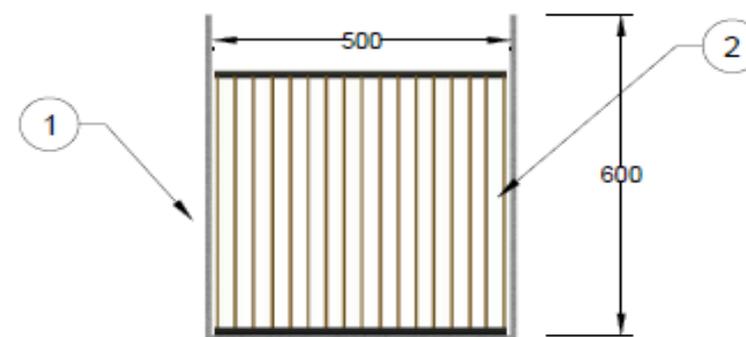
REJILLA Y CANAL DE RECOLECCION

VISTA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:10



REJILLA Y CANAL DE RECOLECCION

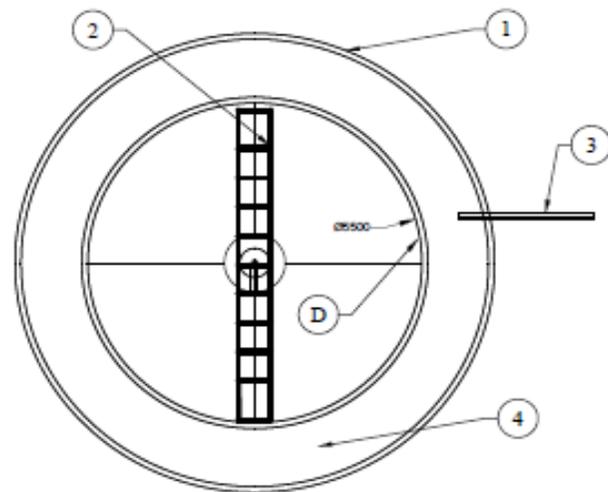
VISTA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:10



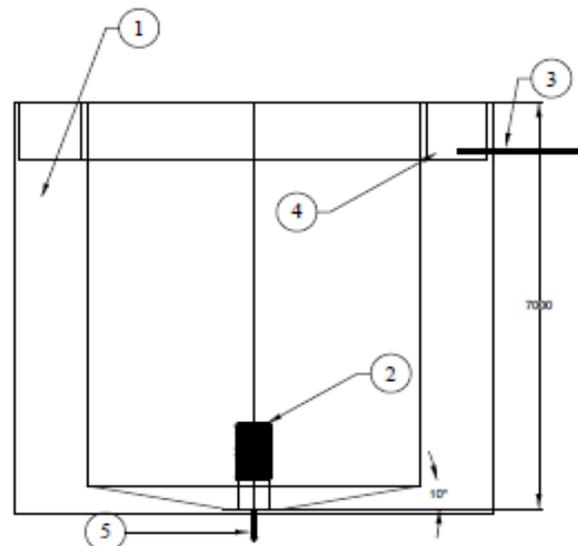
REJILLA Y CANAL DE RECOLECCION

VISTA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:10

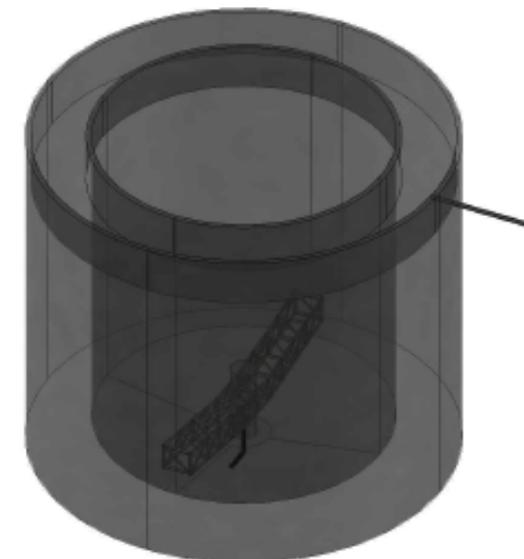
Item	Descripcion	 "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIBAMBE"			
1	Canal de recolección de agua; Material: Hormigon Simple 210kg/cm ² ; Dimensiones: l: 1000 mm; h: 600; a:500	CONTIENE:		ESCALA LA INDICADA	DIMENSIONES: mm.
2	Rejilla interior metalica: Inclinación: 45° Nº De barras: 14; ø de la barra: 10mm; Separacion entre barras 25mm	REJILLA METALICA Y CANAL DE RECOLECCION DE AGUA		ANEXO	A1
		FECHA: Noviembre 2013	DISEÑADO POR: Deysi Barrones	REVIZADO POR: Ing. Mario Villacís Ing. Marco Chata	LAMINA 01 0



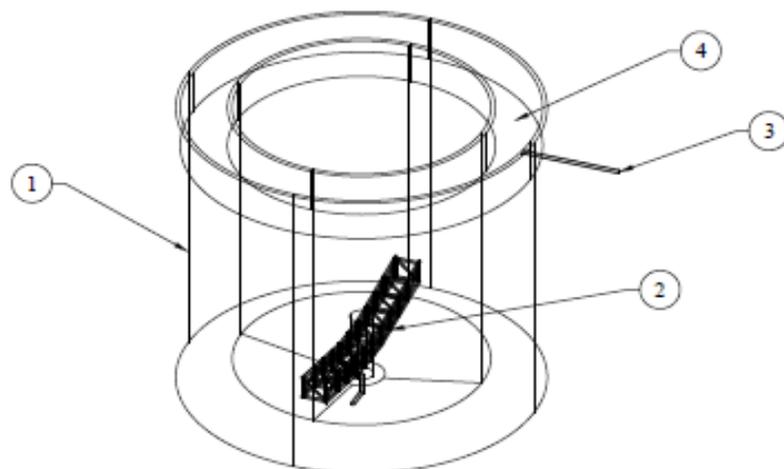
TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:10



TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO
VISTA LATERAL
ESCALA 1:10



TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO
VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:10



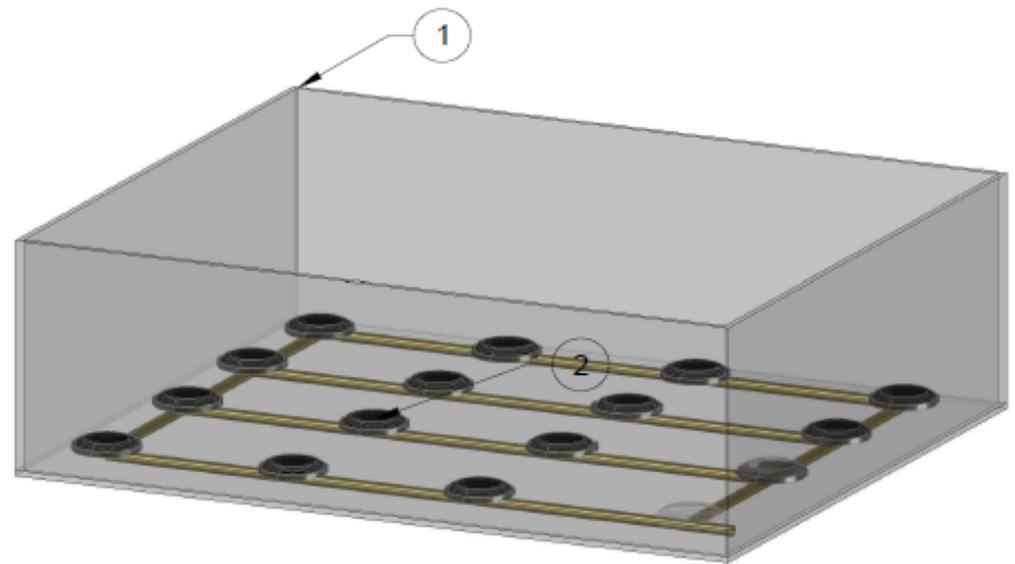
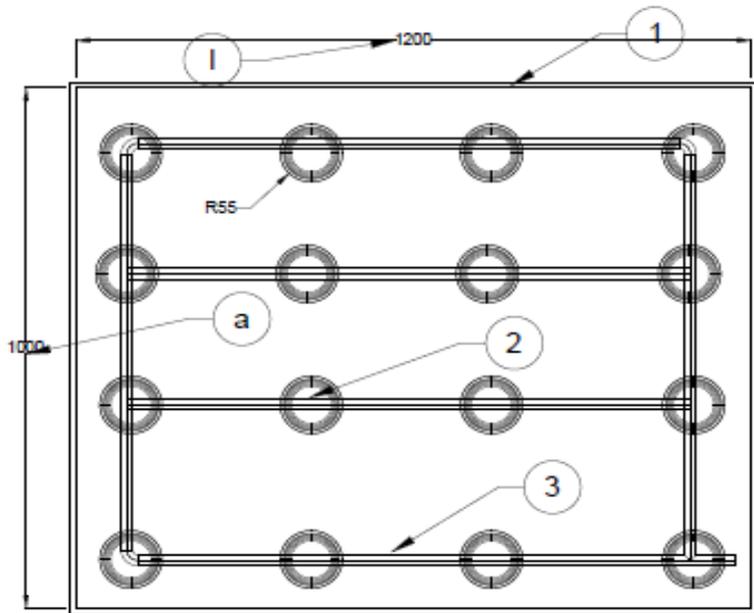
TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO
VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:10

NOMECLATURA	
ITEM	DESCRIPCION
1	Tanque de sedimentación, borrigón de 250 kg/cm ² , Espesor de pared = 150 mm, Dimensiones: $\phi=3500\text{mm}$, $h=7000\text{mm}$, Volumen = 85,2 m ³
2	Canal
3	Tubería de Descarga 650 mm
4	Canal del Efluente
5	Tubería de Purgas 650 mm



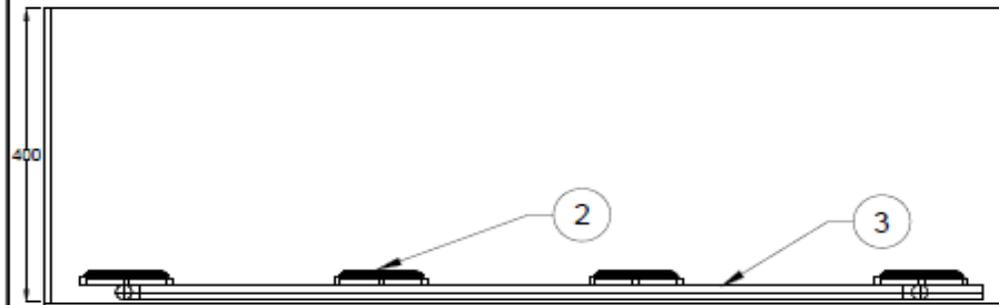
"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIBAMBE"

CONTIENE:		ESCALA	DIMENSIONES
TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO		LA INDICADA	mm.
		ANEXO	A4
FECHA:	DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	LÁMINA
Noviembre 2013	Dayvi Barrios	Ing. Mario Villares Ing. Marco Chirra	02 06



TANQUE DE LODOS ACTIVADOS

VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:10



TANQUE DE LODOS ACTIVADOS

VISTA LATERAL
ESCALA 1:10

TANQUE DE LODOS ACTIVADOS

VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:10

NOMECLATURA

ITEM	DESCRIPCION
1	Tanque de Lodos activado, hormigón de 250 kg/cm ² , Espesor de pared = 150 mm, Dimensiones: l=12000mm, b=4000mm; a=10000, Volumen =473,49 m ³
2	Diffusora Ø 55 mm
3	Tubería de difusora Ø 50 mm



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIBAMBE"

CONTIENE:

TANQUE DE LODOS ACTIVADOS

ESCALA
LA INDICADA

DIMENSIONES
mm.

ANEXO

A4

FECHA:

Noviembre 2013

DESEÑADO POR:

Deyá Sarmas

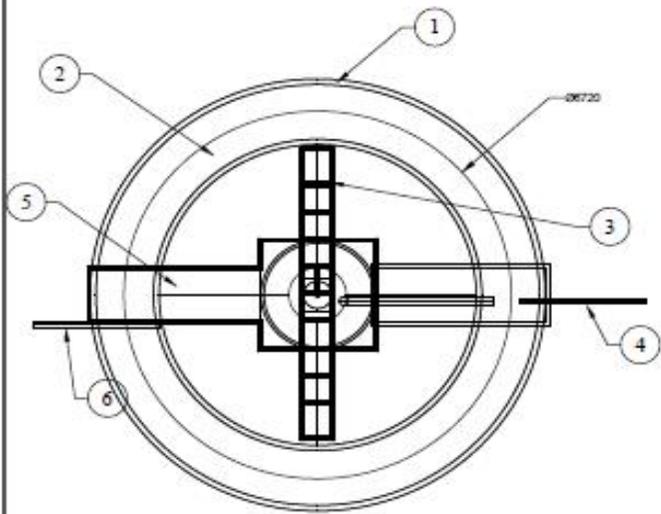
REVISADO POR:

Ing. Mario Villacra
Ing. Marco Chaza

LÁMINA

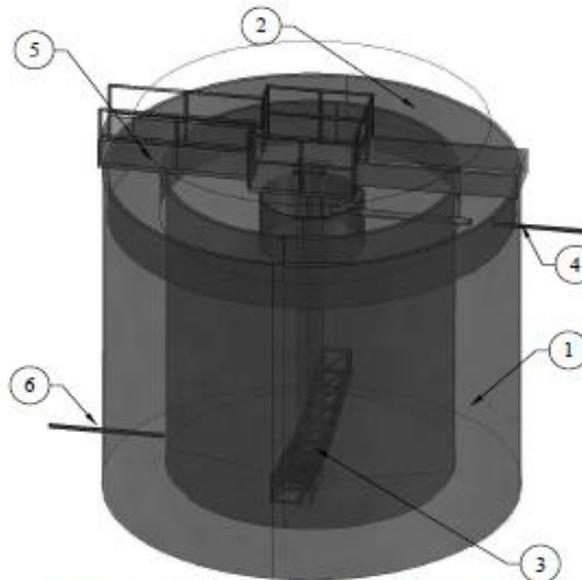
03

07



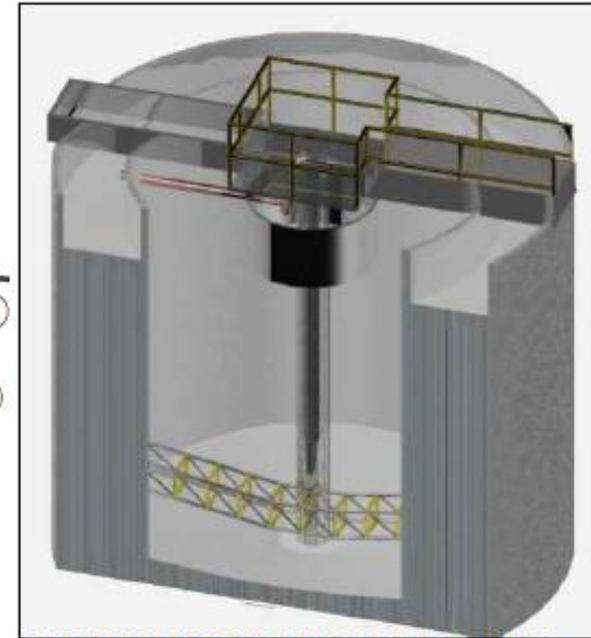
TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:10



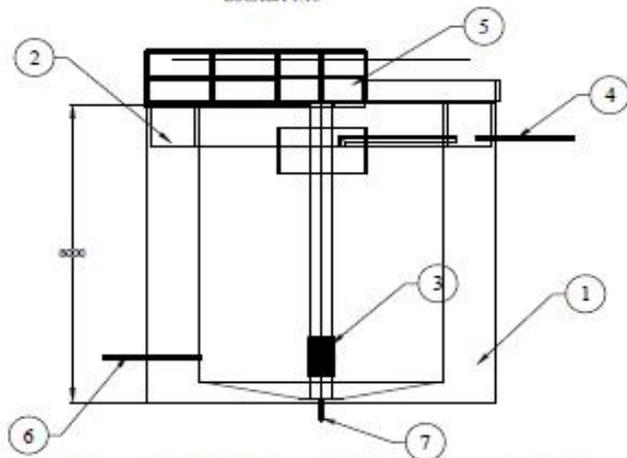
TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:10



TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

VISTA SECCION
ESCALA 1:10



TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

VISTA LATERAL
ESCALA 1:10

NOMECLATURA	
ITEM	DESCRIPCION
1	Tanque de sedimentación, hormigón de 250 kg/cm ² , espesor de pared = 150 mm, Dimensiones: Ø=6720mm, h=8000mm, Volumen =125.6 m ³
2	Casal del efluente
3	Puerta
4	Tubería de Descarga para Lodos Ø 50 mm.
5	Puerta
6	Tubería de Intermixción Ø 50 mm.
7	Tubería de Purga Ø 50 mm.



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIBAMBE"

CONTIENE:

TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

ESCALA LA INDICADA
DIMENSIONES mm.

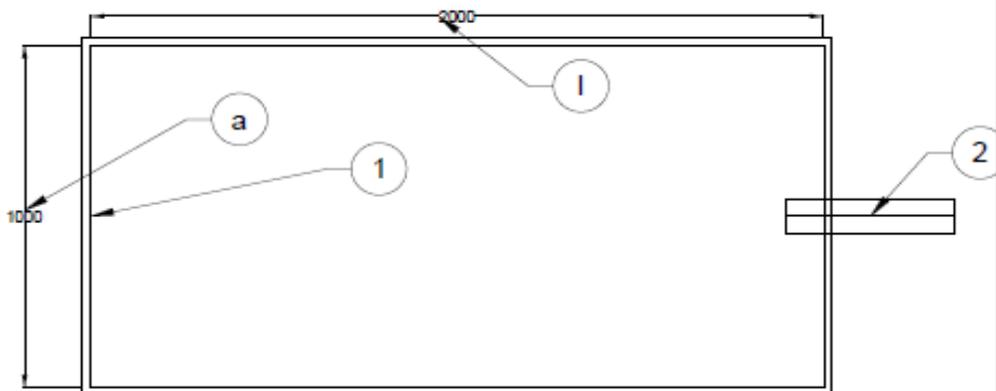
ANEXO **A4**

FECHA: Noviembre 2013

DISEÑADO POR: Deydi Barrios

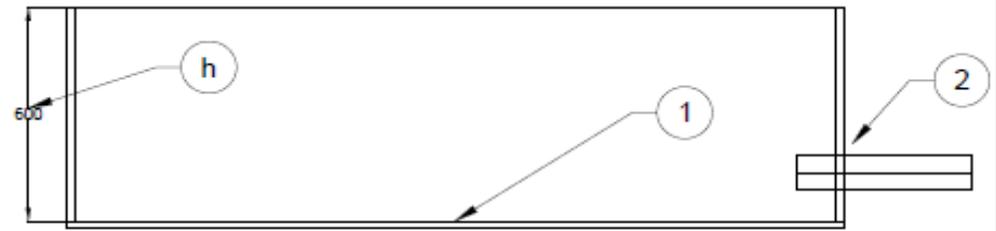
REVISADO POR: Ing. Mario Villacra
Ing. Marco Chirba

LÁMINA 04
07



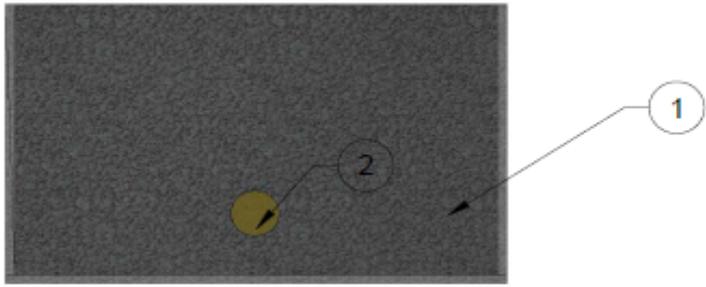
TANQUE DE DESINFECCION

VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:10



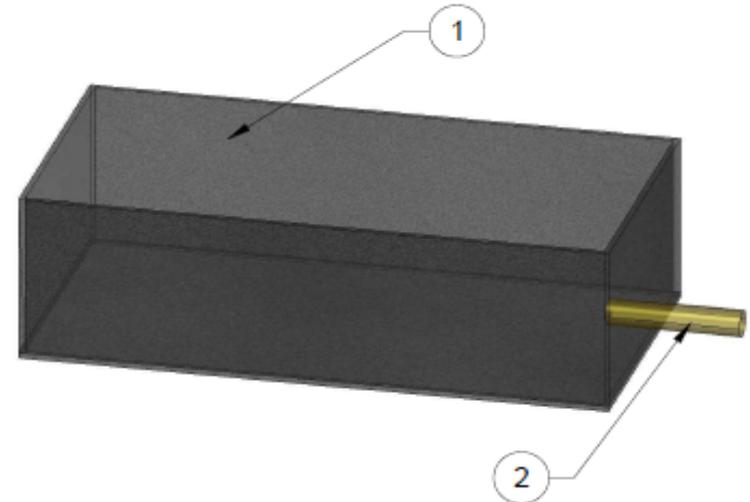
TANQUE DE DESINFECCION

VISTA LATERAL
ESCALA 1:10



TANQUE DE DESINFECCION

VISTA FRONTAL
ESCALA 1:10



TANQUE DE DESINFECCION

VISTA ISOMETRICO
ESCALA 1:10

NOMECLATURA

ITEM	DESCRIPCION
1	Tanque de Desinfección, botigón de 250 kg/cm ² , Espesor de pared = 1.50 mm, Dimensiones: l=2000mm, b= 1000mm, h=600mm, Volumen =1,19 m ³
2	Tuberia de descarga Ø 55 mm



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SIBAMBE"

CONTIENE:

TANQUE DE DESINFECCION

ESCALA
LA INDICADA

DIMENSIONES
mm.

ANEXO

A4

FECHA:
Noviembre 2013

DESENADO POR:
Deydi Barrera

REVIZADO POR:
Ing. Mario Villacra
Ing. Marco Chaza

LÁMINA

05
06

Anexo 7. Resultados de la caracterización físico – química de las Aguas residuales de la Parroquia Sibambe antes del tratamiento

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Daysi Berrones

Fecha de Análisis: 8 de mayo del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 14 de mayo de 2013

Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica

Localidad: Sibambe. Cantón Alausí

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Lim ites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.6
Conductividad	μ Siems/cm	2510-B		357
Turbiedad	UNT	2130-B		71.8
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C		10
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B		32.2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	270
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	190
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		172
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	914
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	4

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
			Fecha	Lámina	Escala
Caracterización del ARU inicial	Por aprobar Por revisar		11/2013	07	20:1

Anexo 8. Resultados de la caracterización físico – química de las Aguas residuales de la Parroquia Sibambe antes del tratamiento

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 oae <small>Organismo Autónomo de Evaluación de la Calidad Ambiental</small> ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 735
ST: 13 – 330 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Ata: Ing. Daysi Berrones
Dirección: 24 De Mayo
FECHA: 16 de Mayo del 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 05 / 08 – 17:00
FECHA DE MUESTREO: 2013 / 05 / 08 - 11:00-12:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 05 / 08 - 2013 / 05 / 16
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual Domestica
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 939-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: ARS-01
PUNTO DE MUESTREO: Alcantarilla Parroquia Sibambe
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Jessica Freire
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

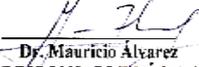
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	5,00	-	±15%

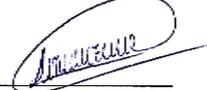
OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPGCA


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
	Por aprobar Por revisar	Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	Fecha	Lámina	Escala
Caracterización del ARU inicial			11/2013	08	20:1

Anexo 9. Medición de Caudales



a



b

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Por aprobar Por revisar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
a) Descarga de Aguas Residuales b) Verificación de caudal			11/2013	9	20:1

Anexo 10. Medición de la Temperatura in situ y recolección de muestras



c



d

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Por aprobar Por revisar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
c) Verificación de la Temperatura y pH d) Recolección de la muestra para el tratamiento			11/2013	10	20:1

Anexo 11. Tratamiento de Lodos Activados



e



f

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Por aprobar Por revisar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
e) Simulación del reactor de lodos Activados con aireación f) Muestras después del tratamiento Sedimentada, Filtrada y Clorada			11/2013	11	20:1

Anexo 12. Resultados de la caracterización físico – química de las Aguas residuales de la Parroquia Sibambe después del tratamiento

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Deysi Berrones
Fecha de Análisis: 18 de septiembre del 2013
Fecha de Entrega de Resultados: 27 de septiembre de 2013
Tipo de muestras: Agua Residual Doméstica Tratada (aireada y filtrada)
Localidad: Sibambe. Cantón Alausi

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	8.43
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		594
Turbiedad	UNT	2130-B		6.51
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	36.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	32.4
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	10	1.3
Fosfatos	mg/L	4500-PO4-B	10	6.25
Aceites y Grasas	mg/L	2510-B	0.3	< 0.1
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		368
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	1	0.1
Sólidos Volátiles	mg/L	2540-D		38
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D	100	52
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	736.8

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
			Fecha	Lámina	Escala
Caracterización de las ARU después del tratamiento	Por aprobar Por revisar		11/2013	12	20:1

Anexo 13. TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12 Limites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2.0
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0.1
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes Fecales	Nmp/100ml		⁸ Remoción > al 99.9%
Color real	Color real	Unidades de color	*Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D. B. O ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D. Q. O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0

Continuación ...

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
			Fecha	Lámina	Escala
Límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce	Por aprobar Por revisar		11/2013	13	20:1

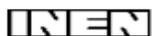
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fosforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10.0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20.0
Manganeso total	Mn	mg/l	2.0
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10.0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0.05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	5-9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos Sedimentables		mg/l	1.0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos Totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1.0
Vanadio		mg/l	5.0
Zinc	Zn	mg/l	5.0

⁸Aquellos regulados con descarga de coliformes fecales menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.

*La apreciación del color se estima sobre 10cm de muestra diluida.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
			Fecha	Lámina	Escala
Límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce	Por aprobar Por revisar		11/2013	13	20:1

Anexo 14. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998 Agua.
Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 176:1998

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales.
AL 01.06-203
CDU: 614.777:620.113
CIRU: 42.420.4200
ICS: 13.060.01

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Deysi Berrones Z.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
			Fecha	Lámina	Escala
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo	Por aprobar Por revisar		11/2013	14	20:1