

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**



## **FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

***“DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL  
PARA EL SECTOR SANTA CRUZ RIOBAMBA”***

**Tesis de Grado Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**ROSA ELENA CARGUA LEMA**

**Riobamba - Ecuador**

**2009**

- ❖ *En primer lugar agradezco a Dios, por haber guiado mi camino hasta esta etapa tan importante para mi vida tanto profesional como personal.*
- ❖ *Agradezco también a Eduardo, que ha sido el pilar fundamental, por su apoyo y ayuda incondicional.*
- ❖ *Quiero agradecer a la institución que me brinda su auspicio, sin ninguna restricción, al equipo técnico, a los compañeros Tesistas de la Universidad Nacional de Chimborazo. Al Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias. por su valiosa colaboración.*
- ❖ *De igual manera a mi Director de Tesis Dr. Gerardo León, y a los miembros del Tribunal Dra. Gina Álvarez y Dra. Magdy Echeverría, quienes aportaron para la culminación de este trabajo de investigación.*
- ❖ *No puedo dejar de dar las gracias a esas personas que siempre estuvieron conmigo, que compartieron mis penas y alegrías, que fuimos avanzando y superando juntos todas las etapas de este proceso educativo. Por último, a todas aquellas personas que de alguna u otra forma han influido, en este gran paso, Muchas Gracias.*

*A todos por el apoyo brindado en mis estudios universitarios, haciendo posible la terminación de mi carrera profesional.*

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
<b>Dr. Edmundo Caluña</b>	-----	-----
<b>DECANO FAC. CIENCIAS.</b>		
<b>Dr. José Vanegas C.</b>	-----	-----
<b>DIRECTOR DE ESCUELA.</b>		
<b>Dr. Gerardo León</b>	-----	-----
<b>DIRECTOR DE TESIS.</b>		
<b>Dra. Gina Álvarez</b>	-----	-----
<b>MIEMBRO DE TRIBUNAL.</b>		
<b>Dra. Magdy Echeverría</b>	-----	-----
<b>MIEMBRO DE TRIBUNAL.</b>		
<b>Lcdo. Carlos Rodríguez</b>	-----	-----
<b>DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACION.</b>		
<b>NOTA DE LA TESIS.</b>	-----	-----

*“Yo, Rosa Elena Cargua Lema soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.*

---

**ROSA ELENA CARGUA LEMA**

## INDICE DE ABREVIATURAS

ab	Ancho de Barras
<sup>0</sup> C	Grado centígrados
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de oxígeno <sub>5</sub>
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
EMAPAR	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba
eb	Espaciamiento entre Barras
g/mL	Gramo por Mililitro
g	Aceleración de Gravedad
HCPCH	Honorable Consejo Provincial de Chimborazo
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
Ha	Hectárea
hf	Pérdida de Carga
h	Horas
IMR	Ilustre Municipio de Riobamba
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INAMI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
kg	Kilogramo
mg/L	Miligramos por litro
mL	Mililitros
mm	Milímetros
m/s	Metros por segundo
m	Metros

m <sup>3</sup>	Metros Cúbicos
m <sup>2</sup> /d	Metro Cuadrado por día
m.s.n.m	Metros Sobre el Nivel del Mar
Nmp	Número Más Probable
OPS	Organización panamericana de la salud. Área de desarrollo sostenible y salud ambiental
pH	Potencial de hidrógeno
Pmáx.	Profundidad Máxima
p.a	Presión Atmosférica
%	Porcentaje
Q	Caudal
Qmáx.	Caudal máximo
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
RED I	Barrio María Auxiliadora
RED II	Barrios Shuyo-Pedregal
RED IV	Barrio Santa Cruz
ST	Sólidos Totales
SSA	Proyecto de Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental
uL	Micro litro
v	Velocidad
V	Volumen
vR	Velocidad a través de la rejilla

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	- 18 -
1.1	AGUAS RESIDUALES.....	- 18 -
1.1.1	CONCEPTO DE AGUA RESIDUAL.....	- 18 -
1.1.2	CLASIFICACION DE AGUAS RESIDUALES .....	- 19 -
1.1.3	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL.....	- 20 -
1.2	CAUDALES .....	- 24 -
1.2.1	MEDICION DE CAUDALES.....	- 25 -
1.2.2	TIPOS DE CAUDALES.....	- 25 -
1.2.3	MUESTREO.....	- 27 -
1.3	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	- 30 -
1.4	TIPOS DE TRARAMIENTO .....	- 31 -
1.4.1	TRATAMIENTO PRELIMINAR .....	- 32 -
1.4.2	TRATAMIENTO PRIMARIO.....	- 33 -
1.4.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	- 35 -
1.4.4	TRATAMIENTO TERCARIO .....	- 37 -
1.5	SISTEMAS DE TRATAMIENTO EN PEQUEÑAS POBLACIONES ....	- 39 -
1.5.1	REJILLAS .....	- 40 -
1.5.2	DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS .....	- 42 -
1.5.3	SISTEMA DE TRATAMIENTO IMHOFF.....	- 44 -

1.5.4	ERAS DE SECADO .....	- 50 -
1.6	NORMATIVA AMBIENTAL.....	- 54 -
1.7	AREA DE ESTUDIO SECTOR SANTA CRUZ .....	- 55 -
1.7.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	- 60 -
<b>2</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>- 68 -</b>
2.1	MATERIALES Y EQUIPOS.....	- 68 -
2.1.1	MATERIALES Y EQUIPOS DE TOPOGRAFIA.....	- 68 -
2.1.2	MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO .....	- 68 -
2.1.3	REACTIVOS .....	- 69 -
2.2	METODOS GEOLOGICOS .....	- 69 -
2.2.1	METODO TOPOGRAFICO .....	- 70 -
2.2.2	ELABORACION DE PLANOS .....	- 70 -
2.3	METODOS PARA ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES .....	- 71 -
2.3.1	METODOLOGIA DE MUESTREO .....	- 73 -
2.4	METODO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	- 74 -
2.4.1	PERÍODO Y ETAPAS DE DISEÑO .....	- 74 -
2.4.2	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	- 75 -
2.4.3	DIMENSIONADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	- 75 -
2.5	IMPACTO AMBIENTAL .....	- 75 -



<b>3</b>	<b>CALCULOS Y RESULTADOS .....</b>	<b>- 78 -</b>
3.1	RESULTADOS DE TOPOGRAFIA .....	- 78 -
3.1.1	RESULTADOS GEOLOGICOS .....	- 79 -
3.2	RESULTADOS DE CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES - 80 -	
3.2.1	ANALISIS DE COMPARACION DE PROMEDIOS.....	- 85 -
3.2.2	RELACION DE BIODEGRADABILIDAD ENTRE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO ....	- 96 -
3.3	BASES Y PARAMETROS DE DISEÑO.....	- 97 -
3.3.1	PERIODO DE DISEÑO .....	- 97 -
3.4	DIMENSIONAMIENTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO.....	- 98 -
3.4.1	POBLACION DE DISEÑO.....	- 98 -
3.4.2	ESTUDIOS DEMOGRAFICOS.....	- 98 -
3.4.3	PROYECCION DEMOGRAFICA.....	- 98 -
3.4.4	CAUDALES DE DISEÑO .....	- 102 -
	Ver Anexo F: Plano de Ubicación de las Plantas de Tratamiento en el Sector Santa Cruz.....	- 106 -
3.4.5	PARAMETROS DE DIMENSIONAMIENTO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF .....	- 106 -
3.4.6	TABLAS DE RESUMEN DE MEDIDAS PARA ERAS DE SECADO....	-
	115 -	

3.5	IMPACTOS AMBIENTALES PARA LA CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL Y PLANTA DE TRATAMIENTO .....	- 118 -
3.5.1	ANALISIS AMBIENTAL.....	- 119 -
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>- 124 -</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	- 124 -
4.2	RECOMENDACIONES .....	- 125 -
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>131</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>130</b>

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla I:	Composición de Aguas Residuales - 21 -
Tabla II:	Parámetros de Diseño para el Diseño de Rejillas - 41 -
Tabla III:	volumen cámara de digestión - 48 -
Tabla IV:	Tiempo para Digestión de Lodos - 49 -
Tabla V:	Criterios de Diseño para Tanques Imhoff - 49 -
Tabla VI:	Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce - 55 -
Tabla VII:	Área Actual y Futura Poblada - 60 -
Tabla VIII:	Instituciones Sector Santa Cruz - 66 -
Tabla IX:	Periodo de Planeamiento de Redes de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Lluvias - 74 -

Tabla X: Caracterización Agua Residual Barrio María Auxiliadora - 81 -

Tabla XI: Caracterización Agua Residual Barrio Shuyo Santa Cruz - 81 -

Tabla XII: Caracterización Agua Residual Barrio Shuyo Pedregal - 83 -

Tabla XIII: Caracterización Agua Residual Barrio Santa Cruz - 84 -

Tabla XIV: Análisis Físico de Agua Residual In Situ - 85 -

Tabla XV: Comparación de Promedios DBO<sub>5</sub> - 85 -

Tabla XVI: Comparación de Promedios DQO - 87 -

Tabla XVII: Comparación de Ph - 88 -

Tabla XVIII: Promedio Sólidos Totales - 89 -

Tabla XIX: Comparación de Promedios Sólidos Suspendidos - 90 -

Tabla XX: Comparación de Promedios Fosfatos - 91 -

Tabla XXI: Comparación Promedios Amonios - 92 -

Tabla XXII: Comparación de Promedios Coliformes Fecales - 93 -

Tabla XXIII: Comparación Promedios Coliformes Totales - 93 -

Tabla XXIV: Valores Promedios de Análisis de Agua Residual de Cada Barrio - 95 -

Tabla XXV: Biodegradabilidad de Agua Residual - 96 -

Tabla XXVI: Población Actual - 98 -

Tabla XXVII: Población Institucional - 99 -

Tabla XXVIII: Parámetros dimensionamiento Barrio María Auxiliadora - 107 -

Tabla XXIX: Parámetros dimensionamiento Barrio Shuyo – Pedregal - 107 -

Tabla XXX: Parámetros dimensionamiento Barrio Shuyo – Santa Cruz - 108 -

Tabla XXXI: Parámetros dimensionamiento Barrio Santa Cruz - 108 -

Tabla XXXII: Resumen de Medidas Tanque Imhoff Barrio María Auxiliadora - 112 -

Tabla XXXIII: Resumen de Medidas para el Barrio Shuyo - Pedregal - 112 -

Tabla XXXIV: Resumen de Medidas para el Barrio Shuyo – Santa Cruz - 113 -

Tabla XXXV: Resumen de Medidas para el Barrio Santa Cruz - 113 -

Tabla XXXVI: Resumen de Cálculos y Medidas de la eras de secado para el Barrio  
María Auxiliadora - 116 -

Tabla XXXVII: Resumen de Cálculos y Medidas Barrio Shuyo - Pedregal - 116 -

Tabla XXXVIII: Resumen de Cálculos y Medidas Barrio Shuyo – Santa Cruz - 117 -

Tabla XXXIX: Resumen de Cálculos y Medidas Barrio Santa Cruz - 117 -

Tabla XL: Impactos Ambientales - 119 -

Tabla XLI: Escala de Magnitud de la Matriz de Leopold - 120 -

Tabla XLII: Escala de Importancia de la Matriz de Leopold - 120 -

## **INDICE DE GRAFICOS**

GRAFICO No 1: Tipos De Tratamiento - 31 -

GRAFICO No 2: Tratamiento Preliminar - 32 -

GRAFICO No 3: Tratamientos Primarios - 33 -

GRAFICO No 4: Diagrama Planta de Tratamiento Secundario - 36 -

GRAFICO No 5: Tratamiento Terciario - 37 -

GRAFICO No 6: Diagrama Tanque Imhoff - 45 -

GRAFICO No 7: Eras de Secado - 51 -

GRAFICO No 8: Alcantarillado Sanitario Existente en el Sector Santa Cruz - 56 -

GRAFICO No 9: Descarga de agua residual Barrio María Auxiliadora - 58 -

GRAFICO No 10: Descarga de agua residual Barrio Shuyo - 58 -

GRAFICO No 11: Descarga de agua residual Barrio Pedregal - 59 -

GRAFICO No 12: Descarga de agua residual Barrio Santa Cruz - 59 -

- GRAFICO No 13: Ubicación Geográfica - 61 -
- GRAFICO No 14: Evaluación de la Población del Cantón Riobamba - 62 -
- GRAFICO No 15: Precipitación Año 2007 - 63 -
- GRAFICO No 16: Peligrosidad Sísmica - 64 -
- GRAFICO No 17: Mapa Geológico y Geotécnico de Superficie Litología longitudinal de  
La zona - 79 -
- GRAFICO No 18: Comparación de DBO<sub>5</sub> - 86 -
- GRAFICO No 19: Comparación de DQO - 87 -
- GRAFICO No 20: Comparación de Promedios Ph - 88 -
- GRAFICO No 21: Comparación de Promedios Sólidos Totales - 89 -
- GRAFICO No 22: Comparación de Promedios Sólidos Suspendidos - 90 -
- GRAFICO No 23: Comparación de Promedios Fosfatos - 91 -
- GRAFICO No 24: Comparación de Promedios Amonios - 92 -
- GRAFICO No 25: Comparación Promedios Coliformes Fecales - 93 -
- GRAFICO No 26: Comparación de Promedios Coliformes Totales - 94 -

## **INDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A: Mapa Cartográfico Ubicación Sector Santa Cruz y Rio Chibunga 134
- ANEXO B: Plano Topográfico del Sector Santa Cruz correspondiente a los Barrios  
María Auxiliadora, Shuyo, Pedregal y Santa Cruz 135
- ANEXO C: Permeabilidad de la Zona 136
- ANEXO D: Simbología de la Zona 137
- ANEXO E: Litología Transversal de la zona 138
- ANEXO F: Plano de Ubicación de Plantas de Tratamiento 139

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de origen hídrico, causado por la presencia de aguas residuales tiene alta incidencia en las comunidades, constituyendo un problema de salud pública entre la población, en especial en la zona rural, en donde el poco conocimiento de los peligros que trae consigo arrojar agua residual de uso doméstico sin tratamiento a un cuerpo de agua, quebrada o lago, los hace fácilmente vulnerables a cualquier brote de enfermedades diarreicas, ocasionadas por bacterias, parásitos, protozoarios, etc., que se encuentran en estas. Además del daño que provoca al ecosistema, la flora y fauna del sector. (2)

Proteger la salud y mejorar el bienestar de la población, son en la actualidad obligaciones impostergables que incumben a las Instituciones gubernamentales, no gubernamentales y a la ciudadanía en general. (2)

Cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce produce varios efectos sobre él como: tapizar la vegetación de las riberas con residuos sólidos gruesos, plásticos, utensilios, restos de alimentos, etc. Acumulación de sólidos en suspensión en el fondo y orillas del río, con arenas y materia orgánica. Consumo del oxígeno disuelto por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual. Producción de malos olores por agotamiento del oxígeno que no es capaz de recuperarse por sí solo, presencia de gran cantidad de microorganismos patógenos. (3)

El aumento de eutrofización al portar concentraciones elevadas de fósforo y nitrógeno, contaminación por compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos.

Para minimizar esta problemática el agua residual debe ser tratada previamente, antes de su disposición final. (1)

En el lugar donde se desarrolla la presente investigación, se observa a simple vista que hay un daño del paisaje, por la presencia de roedores, mal olor, formación de pequeños charcos donde se acumula el agua residual, debido a instalaciones clandestinas de alcantarillado, cabe indicar que el sector Santa Cruz, necesita de un estudio de diseño, rediseño e implementación de plantas de tratamiento para mejorar el alcantarillado actual, dar servicio a las nuevas viviendas, y proveer el tratamiento más adecuado, el diseño del sistema deberá hacerse con una proyección de vida útil de 20 años. (8)

Es necesario hacer conciencia entre las autoridades, para dotar de sistemas de tratamiento a la población, disminuir la contaminación y minimizar los peligros que conlleva el uso de agua residual para las faenas agrícolas y ganaderas, contaminando tanto las zonas rurales como las urbanas puesto que su producción es consumida por todos, causando un sin número de enfermedades mencionadas anteriormente. (8)

Una de las instituciones interesada en mejorar las condiciones ambientales y reducir los impactos causados por la falta de saneamiento en la descarga que causa el desalojo de las aguas residuales sin tratamiento, en especial del sector rural, es el Honorable Consejo Provincial de Chimborazo conjuntamente con el Proyecto Japón dentro de su Plan de Obras de Saneamiento Ambiental en su jurisdicción, tiene previsto la construcción del Sistema de Red de Alcantarillado sanitario, pluvial, y la construcción de Plantas de Tratamiento de Agua Residual para los Barrios: María Auxiliadora, Shuyo Pedregal, Shuyo Santa Cruz y Santa Cruz, que se denominaran: Red I, Red II, Red III y Red IV respectivamente. (Riobamba). (8)

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Diseñar una planta de tratamiento para aguas residuales, en los barrios: Santa Cruz, María Auxiliadora, Pedregal y Shuyo que corresponde al sector “Santa Cruz”- Riobamba.

### **ESPECÍFICOS**

- Caracterización del agua residual de cada barrio previo al dimensionamiento.
- Verificación del levantamiento topográfico de los barrios: María Auxiliadora, Shuyo– Pedregal, Shuyo – Santa Cruz y Santa Cruz.
- Dimensionamiento de la planta de tratamiento de los barrios: María Auxiliadora, Shuyo – Pedregal, Shuyo – Santa Cruz y Santa Cruz.



# CAPÍTULO I

# **CAPÍTULO I**

## **1 MARCO TEÓRICO**

### **1.1 AGUAS RESIDUALES**

#### **1.1.1 CONCEPTO DE AGUA RESIDUAL**

Las aguas residuales pueden ser definidas desde el punto de vista de su generación, como una combinación de líquidos, que transportan desechos provenientes de domicilios, comercios, industrias, instituciones, conjuntamente con agua subterránea, agua superficial y escorrentía.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas residuales y aguas servidas en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. (1).

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas lluvia y las de infiltración de los terrenos de sembrío.

Históricamente las aguas residuales no han sido un factor intrínseco de la producción y se suponía que el medio ambiente las absorbía y les daba un tratamiento natural. El progreso cultural e industrial acabó llevando aquella práctica a situaciones límite. (1)

Las implicaciones en el medio ambiente y la forma en que se debían aportar soluciones no siempre han estado tan claras como para seguir una vía única. Esta situación se ha reflejado en legislaciones distintas para proteger los cauces naturales de agua.

El estudio de un tratamiento de aguas residuales se inicia por un análisis del inventario de vertidos y su posible reducción, y del potencial reciclado de aguas después de su depuración. Una depuración suficiente puede significar la reutilización de importantes volúmenes de agua y el correspondiente ahorro en el consumo. (2).

### **1.1.2 CLASIFICACION DE AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales se dividen de acuerdo a su procedencia y composición en: aguas blancas, grises y negras.

a. **Aguas Blancas.**- Están constituidas por las aguas pluviales que son generadoras de grandes aportaciones y que son intermitentes. Las aguas de drenaje (subterráneas) se han constituido en una importante aportación especialmente debido a su contaminación producida por las fugas en las redes del alcantarillado. Los componentes de la suciedad de las aguas blancas son: Elementos de contaminación atmosférica, deposición húmeda de la lluvia ácida, restos de actividad humana, papeles, colillas, excrementos de animales y basura, residuos del tráfico, aceites, grasas, hidrocarburos, compuestos fenólicos y de plomo, arenas, residuos vegetales y biocidas (insecticidas, herbicidas, abonos), contaminación aportada por las aguas de drenaje: fugas de alcantarillado, etc. (1).

b. **Aguas Grises.**- Son todas aquellas que son generadas de nuestra higiene corporal o de nuestra casa y sus utensilios. Básicamente son aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables.

Es importante señalar que las aguas grises pueden transformarse en aguas negras si son retenidas sin oxigenar en un tiempo corto. El tratamiento es sencillo si contamos con el

espacio verde suficiente, aprovechando la capacidad de oxigenación y asimilación de las plantas del jardín o el huerto mediante un sistema de drenaje de enramado. En caso de no contar con el espacio suficiente, las aguas grises deben ser sometidas a un tratamiento previo que reduzca el contenido de grasas y de materia orgánica en suspensión, para posteriormente ser mezclada con las aguas negras y pasar a un tren de tratamiento. (1)

**c. Aguas Negras.-** En las aguas negras o urbanas, los compuestos químicos que se pueden presentar son muchos; entre los que se pueden citar: microorganismos, urea, albúmina, proteínas, ácido acético, ácido láctico, bases jabonosas y almidones, aceites, animales, vegetales y minerales, hidrocarburos, gases: sulfhídrico, metano, etc., sales: bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, nitritos y nitratos, etc. Las aguas negras son las que resultan de los sanitarios y que por su potencial de transmisión de parásitos e infecciones conviene tratar por separado con sistemas de biorreactores. (1).

### **1.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL**

Existen parámetros comunes de aguas residuales, las cuales son de gran interés y sirven como referencia para el estudio de sus características particulares; pero hay que recordar que cada agua residual es única en sus características y que en lo posible los parámetros de contaminación deben evaluarse en el laboratorio para cada agua residual específica. (2)

#### **1.1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Los índices y parámetros que miden las características físicas comprenden, primeramente aspectos externos que sirven de indicadores del nivel de contaminación

que existe en el agua residual y que causa malestar a los pobladores, como son color, olor, aspecto, nivel de turbiedad, por lo que se observa el nivel de contaminación que existe en las descargas. (3)

El agua residual doméstica que se transporta en los sistemas de alcantarillado, presenta valores comunes en su composición, como se aprecia en la tabla I.

**Tabla I:** Composición de Aguas Residuales

DESCRIPCION	Unidad	CONCENTRACIÓN	
		Intervalo	Valor típico
Contaminantes			
Sólidos totales	mg/L	350-1200	700
Sólidos disueltos totales	mg/L	280-850	500
Fijos	mg/L	145-525	300
Volátiles	mg/L	105-325	200
Sólidos suspendidos totales	mg/L	100-350	210
Fijos	mg/L	20-75	55
Volátiles	mg/L	80-275	160
Sólidos sedimentables	mg/L	5-20	10
Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días	mg/L	110-400	210
Carbono orgánico total	mg/L	80-290	160
Demanda química de oxígeno	mg/L	250-1000	500
Nitrógeno total	mg/L	20-85	35
Nitrógeno orgánico	mg/L	8-35	13
Amoniaco libre	mg/L	12-50	22
Nitritos	mg/L	0-0	0
Nitratos	mg/L	0-0	0
Fósforo total	mg/L	4-15	7
Fósforo orgánico	mg/L	1-5	2
Fósforo inorgánico	mg/L	3-10	5
Cloruros	mg/L	30-100	50
Sulfatos	mg/L	20-50	30
Grasas y aceites	mg/L	50-150	90
Compuestos orgánicos volátiles	mg/L	<100>400	100-400
Coliformes totales	NMP	$10^6$ - $10^9$	$10^7$ - $10^8$
Coliformes fecales	NMP	$10^3$ - $10^7$	$10^4$ - $10^5$

**FUENTE:** Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones

### 1.1.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Los índices y parámetros que considera las características químicas del agua residual y que miden la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas que afectan directa e indirectamente la salud de los habitantes del sector, deben ser tomadas en cuenta.

Entre estas tenemos las siguientes. (3)

- **Sólidos en Suspensión.-** Pueden originar depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar en un entorno acuático.
- **Materia Orgánica Biodegradable.-** Está compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales, la cual se mide en la mayoría de las veces, en función de la DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno).

Las aguas residuales domésticas crudas tienen una DBO<sub>5</sub> entre 250 y 1000 mg/L, con relaciones de DQO/DBO que varían entre 1.2 y 2.5. Si las aguas residuales se descargan sin tratar al entorno, su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de oxígeno a los recursos naturales y al desarrollo de condiciones sépticas. (3)

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno<sub>5</sub> (DBO<sub>5</sub>).**- Es el parámetro de contaminación orgánica más empleado, y es aplicable tanto para aguas residuales como para aguas superficiales, la determinación del mismo está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Los resultados obtenidos en los ensayos de DBO<sub>5</sub> se emplean para:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente en el agua residual.
- Dimensionar las instalaciones de plantas de tratamiento para aguas residuales.
- Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento.
- Controlar el cumplimiento a las limitaciones que están sujetos a los vertidos, debido a que es un ensayo que está vigente por algún tiempo. (2)

La oxidación bioquímica es un proceso lento, cuya duración en teoría es infinita. En un período de 20 días se completa la oxidación del 95 al 99% de la materia carbonosa y en los cinco días que demora el ensayo de la  $DBO_5$  se llega a oxidar entre el 60 y el 70%. Se asume la temperatura de  $20^{\circ}C$  como un valor medio representativo de la temperatura que se da en los cursos de agua que circulan a baja velocidad en climas no agresivos. Y es fácilmente duplicada en un incubador. Los resultados obtenidos a diferentes temperaturas serán distintos, debido a que las velocidades de las reacciones bioquímicas son función de la temperatura. (3)

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO).**- Se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de aguas subterráneas como de aguas residuales. La Demanda Química de Oxígeno de una agua residual es mayor que su correspondiente Demanda Bioquímica de Oxígeno, esto se debe al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxida por vía biológica. En varios tipos de agua residual es posible determinar una relación entre los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno, siendo de gran utilidad ya que la Demanda Química de Oxígeno se puede determinar en tres horas frente a los cinco días de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Establecida la correlación entre los dos parámetros, se puede emplear las medidas de DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento. (9).

### 1.1.3.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las características biológicas son muy importantes en el control de enfermedades causadas por microorganismos patógenos y por la importancia que tienen las bacterias y otros microorganismos que interviene en la descomposición y estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual. (2)

El principal grupo de microorganismos presente en aguas residuales son los organismos eucariotas incluyendo algas, hongos y protozoos, eubacterias y arqueobacterias.

- **Organismos Patógenos.-** Pueden transmitir enfermedades contagiosas como tifoidea, disentería, fiebre, diarrea y cólera, son excretadas por el hombre, y en este grupo están los virus, bacterias, protozoos y del grupo helmintos.
- **Nutrientes.-** Tanto el Nitrógeno, como el Fósforo y el Carbono son esenciales para el crecimiento de plantas y protistas. Cuando se vierten al entorno acuático, éstos pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada.
- **Materia Orgánica Refractaria.-** Resiste tratamiento convencional, tales como los detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas. (2).

## 1.2 CAUDALES

Es importante analizar cuidadosamente, a partir de los datos disponibles, las características y variaciones de los caudales de agua residual, puesto que afectan en el



diseño de los sistemas de tratamiento, y en general en el diseño hidráulico de las redes de alcantarillado y en las plantas de tratamiento de agua residual. (1)

### **1.2.1 MEDICION DE CAUDALES**

La medición de caudales en cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales es de gran importancia, por consiguiente deben poseer dispositivos para la medición de caudal, tanto en la entrada como a la salida. Son unidades de bajo costo, en relación con el costo total de la obra y suministran datos importantes para la operación de los sistemas de tratamiento. (7)

Los principales tipos de medidores usados son los vertederos proporcionales, el medidor Parshall, el medidor venturi los vertederos rectangulares y triangulares.

Los vertederos rectangulares o triangulares se deberán instalar en las salidas de los sistemas de tratamiento, no habiendo problemas de sólidos que puedan obstruir esos dispositivos. Estos vertederos deberán ser de pared delgada y arista viva y deberán trabajar a descarga libre.

El vertedero triangular deberá ser de escotadura en ángulo de 90°. Este vertedero proporciona un excelente método para medir pequeños caudales. (10)

### **1.2.2 TIPOS DE CAUDALES**

**Caudal promedio diario.-** El caudal promedio que ocurre durante un periodo de 24 horas, basado en la información del caudal total del año. El caudal promedio es usado para evaluar la capacidad de las plantas de tratamiento y para desarrollar los caudales

usados en diseño. El caudal promedio también es usado para estimar parámetros tales como costos de bombeo y de químicos, lodos y tasa de descarga de orgánicos. (1)

**Caudal máximo diario.-** El caudal máximo que ocurre durante un periodo de 24 horas, basado en la información del caudal total del año. El caudal máximo diario es usado para diseñar las unidades de tratamiento que involucran el tiempo de retención tales como lagunas de sedimentación y tanques de clorificación. (1)

**Caudal pico horario.-** El pico de flujo ocurrido diariamente basado en la información del caudal total del año. El caudal pico es usado para diseñar las unidades de conducción, los interceptores, las estaciones bombeo, los medidores de flujo, cámaras de rejillas, tanques de sedimentación, tanques de clorificación y conductos y rejillas en las plantas de tratamiento. (1)

**Caudal mínimo diario.-** El caudal mínimo que ocurre durante un periodo de 24 horas, basado en la información del caudal total del año. El caudal mínimo diario es usado para diseñar las unidades de conducción donde existe asentamiento de sólidos cuando existen caudales bajos de aguas servidas. (1)

**Mínimo caudal horario.-** El mínimo caudal ocurrido diariamente basado en la información del caudal total del año. El mínimo caudal horario es usado para determinar los efectos posibles en el proceso y para definir las dimensiones de los medidores de flujo particularmente aquellos de dosificación automática de químicos. (2)

### **1.2.3 MUESTREO**

#### **1.2.3.1 RECOLECCIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS**

Existen algunos tipos de muestreo de aguas residuales, ya que de esto dependerá la interpretación correspondiente de sus características, así tenemos:

##### **a. Muestra simple**

Sólo representa la composición del agua para ese tiempo y lugar específicos. Dicha muestra puede ser representativa de espacios y tiempos mayores si se sabe con anterioridad que la composición es constante en el tiempo y que no existen gradientes de concentración especiales. (3).

Las muestras instantáneas se usan para:

- Determinar las características de descargas instantáneas y para identificar la fuente y evaluar los efectos potenciales en los procesos de tratamiento.
- Estudiar variaciones y extremos en un flujo de desechos en determinado periodo.
- Evaluar la descarga si esta ocurre intermitentemente durante períodos cortos.
- Determinar si la composición de la corriente es razonablemente constante.
- Determinar si los componentes por analizar son inestables o no pueden ser preservados.
- Los parámetros que deben medirse para caracterizar el agua residual mediante muestras instantáneas para cada nivel de servicio.(6)

### **b. Muestra Compuesta**

Las muestras compuestas son la mezcla de varias muestras instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma. Los parámetros a determinar son:

Demanda Bioquímica de Oxígeno<sub>5</sub> total y soluble, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO soluble y total, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo (soluble y particulado), aceites y grasas, fósforo, y sustancias orgánicas volátiles, cloruros, detergentes. (6)

### **c. Muestra integrada**

Consisten en el análisis de muestras instantáneas tomadas en diferentes puntos simultáneamente o tan cerca como sea posible. La integración debe hacerse de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra.

Las muestras integradas deben usarse en alguno o varios de los siguientes casos:

Caracterizar el caudal de un río, el cual varía su composición a lo largo de su trayecto y su ancho. Se toman varias muestras para diferentes puntos de sección transversal y se mezclan en proporción a los flujos relativos para cada sección. Tratamientos combinados para diferentes corrientes de aguas residuales separadas. Cálculo de las cargas (kg/d) de las sustancias contaminantes en la corriente de agua. (6)

### 1.2.3.2 HOJA DE REVISIÓN DE MUESTRAS

A la muestra se le asigna una hoja de remisión. La persona responsable del muestreo debe llenar su parte correspondiente. El personal de laboratorio debe completar la siguiente información:

- Nombre de la persona que recibe la muestra
- Número de la muestra
- Fecha de recibo de la muestra
- Ensayos por realizar

### 1.2.3.3 NÚMERO DE MUESTRAS

Debido a las variaciones aleatorias en los procedimientos analíticos, una sola muestra puede ser insuficiente cuando se desea un cierto nivel de confianza. Si se conoce la desviación estándar del grupo, el número de muestras requeridas debe ser establecido por las características del agua residual. (7)

### 1.2.3.4 CANTIDAD

Deben recogerse dos litros de muestra para la mayoría de los análisis fisicoquímicos. Ciertos ensayos necesitan volúmenes más grandes. No debe utilizarse la misma muestra para ensayos químicos (orgánicos o inorgánicos), bacteriológicos y microscópicos debido a que los métodos de muestreo y manipulación son diferentes. (7)

### **1.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El concepto de la tecnología apropiada en los sistemas de tratamiento de agua residual, abarca dimensiones técnicas, institucionales, sociales y económicas. Desde un punto de vista técnico e institucional, la selección de tecnologías no apropiadas, ha sido identificada como una de las principales causas de fallas en el sistema. El ambiente de las aguas residuales es hostil para el equipo electrónico, eléctrico y mecánico. Su mantenimiento es un proceso sin fin, y requiere de apoyo (repuestos, laboratorios, técnicos capacitados, asistencia técnica especializada, y presupuestos adecuados). Aun en los países desarrollados, son los sistemas más sencillos, elegidos y diseñados con vista al mantenimiento, los que brindan un servicio más confiable. En los países en desarrollo, donde es posible que falten algunos elementos para un programa exitoso de mantenimiento, ésta debe ser la primera consideración al elegir tecnologías para las plantas de tratamiento y estaciones de bombeo. (2)

En comunidades pequeñas y ambientes rurales, las opciones técnicas suelen ser más sencillas, pero las consideraciones institucionales se combinan con las sociales y siguen siendo extremadamente importantes. Las instituciones locales deben ser capaces de manejar los programas o sistemas de saneamiento; la participación comunitaria puede ser un elemento clave en su éxito. Son importantes las acostumbradas preferencias sociales y prácticas, algunas pueden ser modificadas mediante programas educativos, pero otras pueden estar arraigadas en los valores culturales y no estar sujetas al cambio. No es sorprendente que las tecnologías más sencillas, seleccionadas por su facilidad de operación y mantenimiento, suelen ser las menos costosas para construir y operar. Sin embargo, aun cuando no lo sean, como puede ser el caso cuando gran cantidad de tierra

debe ser adquirida para los estanques de estabilización, un sistema menos costoso que fracasa, finalmente sería más costoso que otro más caro que opera de manera confiable.

(7)

#### **1.4 TIPOS DE TRATAMIENTO**

En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos.

**Tratamiento Preliminar.-** Destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre aireación. (2)

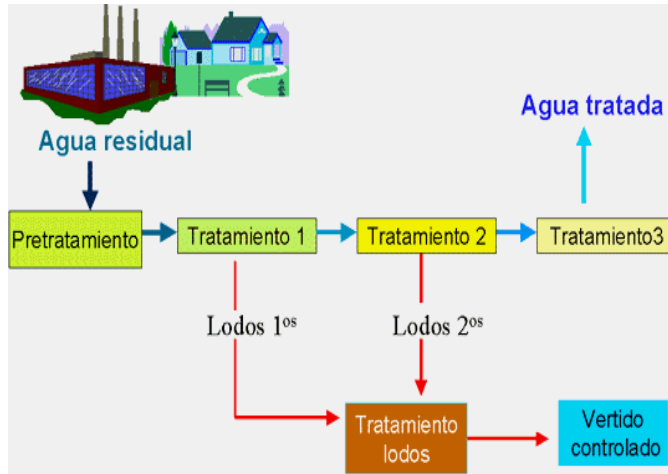
**Tratamiento Primario.-** Que comprende procesos de sedimentación y tamizado.

**Tratamiento Secundario.-** Que comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO. (2)

**Tratamiento Terciario O Avanzado.-** Que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos. (3)

En el siguiente gráfico se esquematiza los distintos tipos de tratamiento que existen para tratar el agua residual doméstica e industrial, y determinar el mejor tratamiento que se ajuste a nuestra realidad.

**GRAFICO No 1: Tipos De Tratamiento**



**FUENTE** <http://www.uctem.cl/biblioteca/tesis-on-line/aida-concha/tesis.pdf> 2004

#### **1.4.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR**

En toda planta de tratamiento resulta necesaria la existencia de un tratamiento previo o pretratamiento que elimine del agua residual aquellas materias que pueden obstruir las bombas y canalizaciones, o bien interferir en el desarrollo de los procesos posteriores. Con el pretratamiento se elimina la parte de polución más visible: cuerpos voluminosos, trapos, palos, hojas, arenas, grasas y materiales similares, que llegan flotando o en suspensión desde los colectores de entrada. Una línea de pretratamiento convencional consta de las siguientes etapas: desbaste, desarenado y desengrasado. (11).

Los sistemas de rejillas en una planta de tratamiento son los que permiten la optimización de la planta y que esta no colapse por taponamientos y acumulación de materiales grandes, su limpieza es manual y no requiere de personal tecnificado lo que facilita su utilización. (11)



**GRAFICO No 2: Tratamiento Preliminar**



**FUENTE** <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/100CAcu.hm> 2004

#### **1.4.2 TRATAMIENTO PRIMARIO**

Se entiende por tratamiento primario a aquel proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pre tratamiento. (2)

**GRAFICO No 3: Tratamientos Primarios**



**FUENTE:** <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/100CAcu.hm> 2004

El proceso principal del tratamiento primario es la decantación, fenómeno provocado por la fuerza de gravedad que hace que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen sedimentándose. Normalmente, en decantadores denominados dinámicos, los fangos son arrastrados periódicamente hasta unas purgas mediante unos puentes móviles con unas rasquetas que recorren el fondo. En los denominados decantadores circulares, inmensos, el agua entra por el centro y sale por la periferia, mientras que los fangos son arrastrados hacia un pozo de bombeo de donde son eliminados periódicamente. (2)

Otros procesos de tratamiento primario incluyen el mecanismo de flotación con aire, en donde se eliminan sólidos en suspensión con una densidad próxima a la del agua, así como aceites y grasas, produciendo unas burbujas de aire muy finas que arrastran las partículas a la superficie para su posterior eliminación.

El tratamiento primario permite eliminar en un agua residual urbana aproximadamente el 90% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión. Se consigue también una disminución de la  $DBO_5$  de alrededor del 35%. (7)

#### **a. VENTAJAS**

- Mayor simplicidad de operación de la planta.
- Homogeneidad en la calidad de los fangos.
- Remoción del lodo en un solo punto.
- Eliminación de malos olores al entrar el agua directamente al tanque de aireación si las aguas llegan en condiciones sépticas.
- Mejoría de la sedimentabilidad del lodo activado

- Aumento de la capacidad de absorción de puntos de carga, debido al mayor contenido de lodos en el tanque de activación.
- Posibilidad de no realizar el tratamiento de lodo en la planta (lagunajes) o bien su transporte a un punto exterior de tratamiento o eliminación.
- Mejora los sistemas con largos períodos de aireación con digestión aerobia en climas templados y cálidos.
- Almacenamiento de lodos en el tanque de aireación sin producción de olores hasta su extracción. (7)

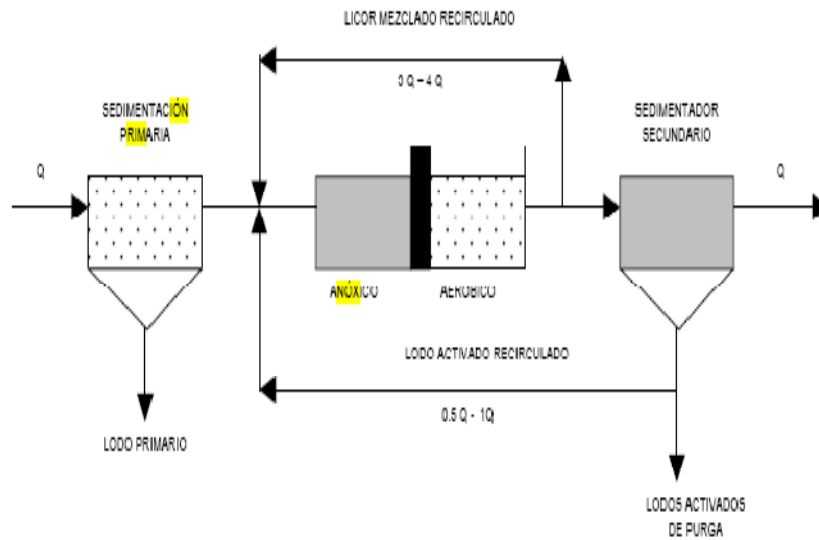
#### **b. DESVENTAJAS**

- Mayor consumo energético en el proceso biológico.
- Menor producción de gas en la planta.
- Peligro de formación en el depósito de aireación, posibilidad de formación de fangos flotantes en el decantador secundario y una capacidad de espesamiento más reducida del lodo mezcla en algunos casos.
- Posibilidad de reducción de la capacidad de espesado de los lodos que se llevan posteriormente a digestión. (7)

#### **1.4.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO**

También conocidos como sistemas de tratamiento biológico: consisten en reducir el contenido en materia orgánica de las aguas, reducir su contenido en nutrientes, eliminar los patógenos y los parásitos en las aguas residuales. Esto se logra por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas. (11)

**GRAFICO No 4:** Diagrama Planta de Tratamiento Secundario



FUENTE <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/100CAcu.hm> 2004:

## VENTAJAS

Las principales ventajas del tratamiento secundario son:

- Es su capacidad de lograr los objetivos de remoción de contaminantes con requerimientos operacionales reducidos.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Un nivel mayor de confiabilidad y desempeño con relación a otros procesos biológicos debido a que el nivel constante de agua y la descarga continua reducen la tasa de rebose del vertedero y eliminan la sobrecarga periódica de efluente que son comunes en otros procesos biológicos tales como los reactores secuenciales.
- El tiempo extendido de retención hidráulica y la mezcla completa minimizan el impacto de cargas contaminantes extremadamente altas o de sobrecargas hidráulicas.
- Produce menos lodos que otros sistemas biológicos debido a la extensa actividad biológica durante el proceso de lodos activados. (11)

- La eficiencia de operación en cuanto al uso de energía da como resultado la reducción de consumo de electricidad en relación con otros procesos biológicos de tratamiento. (11)

## **DESVENTAJAS**

- Las concentraciones de sólidos suspendidos en el efluente son relativamente altas en comparación con otras modificaciones del proceso de tratamiento.
- Requiere una superficie de terreno más grande que otras opciones de tratamiento.
- Esto puede ser muy costoso, restringiendo la factibilidad de uso de las zanjas de oxidación en áreas urbanas, suburbanas y otras áreas en donde el costo de la adquisición de terrenos es relativamente alto. (10)

### **1.4.4 TRATAMIENTO TERCIARIO**

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es depurar el efluente. (3)

El tratamiento terciario comprende algunos tipos de lagunas proporciona la estabilización de los lodos activados y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Estos tratamientos son altamente aerobios y la colonización por los macrophytes nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotífera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas. (3)

### GRAFICO No 5: Tratamiento Terciario



FUENTE <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/100CAcu.hm> 2004

Existen varios tipos de tratamiento terciario como son: lagunas facultativas, lagunas de proceso anaerobio, lagunas aireadas dado por un proceso de sedimentación, y lagunas de Maduración, filtros ascendente, descendente, digestores, etc. (10)

#### VENTAJAS

- El aceptor final de electrones suele ser  $\text{CO}_2$ , por lo que no hace falta la constante adición de oxígeno, abaratando el proceso.
- Produce menor cantidad final de lodos.
- La energía requerida para el tratamiento de las aguas residuales es muy baja.
- Se puede adaptar a cualquier tipo de residuo industrial.
- Se pueden cargar los digestores con grandes cantidades de materia.

#### DESVENTAJAS

- Es un proceso más lento que el aerobio.
- Es más sensible a tóxicos inhibidores.
- La puesta a punto del sistema requiere también largos periodos. (10)

## **1.5 SISTEMAS DE TRATAMIENTO EN PEQUEÑAS POBLACIONES**

En los últimos 15 años se han optado sistemas de tratamiento para agua residual clasificándola a las poblaciones en pequeñas y grandes, por lo que cada una requiere de un sistema de tratamiento apropiado para lo cual se han desarrollado nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales, necesarios para proteger la salud de las comunidades, y también cuidar el ambiente de la contaminación. Puesto que los sistemas de tratamiento para poblaciones pequeñas deben estar diseñados de acuerdo al costo, flexibilidad y disposición de recursos físicos y económicos. Este tipo de poblaciones requieren de sistemas de tratamiento descentralizados, ya sea por su ubicación geográfica, topografía del terreno. (2)

Entre las alternativas de tratamiento para pequeñas poblaciones y teniendo en cuenta la cantidad de suelo disponible se puede optar por los siguientes sistemas descentralizados de manejo de agua residual como son: Tamices, tratamiento de proceso de lodos activados cíclicos, humedales artificiales, tanques sépticos, tanques Imhoff. (10)

### **a. PROCESO AEROBIO**

El proceso aerobio se caracteriza porque la descomposición de la materia orgánica se llevará a cabo en una masa de agua que contiene oxígeno disuelto. En este proceso, participan bacterias aerobias o facultativas, se originan compuestos inorgánicos que sirven de nutrientes a las algas, las cuales a su vez producen más oxígeno que facilita la actividad de las bacterias aerobias. Existe pues una simbiosis entre bacteria y algas que facilita la estabilización aerobia de la materia orgánica. El desdoblamiento de la materia orgánica se lleva a cabo con intervención de enzimas producidas por las bacterias en sus procesos vitales. (11)

A través de estos procesos bioquímicos en presencia de oxígeno disuelto las bacterias logran el desdoblamiento aerobio de la materia orgánica. El oxígeno consumido es parte de la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ).

Las algas logran, a través de procesos inversos a los anteriores, en presencia de la luz solar, utilizar los compuestos inorgánicos para sintetizar materia orgánica que incorporan a su protoplasma. A través de este proceso, conocido como fotosíntesis, las algas generan gran cantidad de oxígeno disuelto. (11)

## **b. PROCESO ANAEROBIO**

Las reacciones anaerobias son más lentas y los productos pueden originar malos olores. Las condiciones anaerobias se establecen cuando el consumo de oxígeno disuelto es mayor que la incorporación del mismo a la masa de agua por la fotosíntesis de las algas y el oxígeno disuelto. El desdoblamiento de la materia orgánica sucede en una forma más lenta y se generan malos olores por la producción de sulfuro de hidrógeno. En la etapa final del proceso anaerobio se presentan las cinéticas conocidas como acetogénica y metanogénica. (11).

### **1.5.1 REJILLAS**

El tratamiento preliminar es el proceso de eliminación de aquellos constituyentes de las aguas residuales, que pudieren interferir con los procesos siguientes del tratamiento.

Las rejillas de barras pueden ser de limpieza manual o mecánica. Según el tamaño de las aberturas se clasifican como rejillas gruesas o finas.



Las rejillas gruesas son aquellas con aberturas iguales o mayores de 6.4 mm pueden ser de barra o varillas de acero, se deben usar para proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos, del taponamiento o interferencia causados por trapos, tarros y otros objetos grandes. La longitud de la rejilla de limpieza manual no debe exceder de lo que pueda rastrillarse fácilmente a mano. (9)

En la parte superior de la rejilla debe proveerse una placa de drenaje o placa perforada para que los objetos rastrillados puedan almacenarse temporalmente para su escurrimiento.

El canal donde se ubica la rejilla debe ser recto, de fondo horizontal o con una pequeña pendiente hacia la rejilla y perpendicular a ésta.

Por su gran importancia, la velocidad de aproximación deberá ser de 0.45 m/s a caudal promedio.

Las rejillas de limpieza mecánica, deben limpiarse según su construcción, por la cara anterior o posterior. (11)

En la siguiente tabla se indica los parámetros de diseño que se utilizarán en la planta de tratamiento que se implementara en la presente investigación ya que son las que mejor se adatarán en el sitio de estudio, las barras serán de acero dulce y las varillas serán de forma rectangular para dar facilidad en las labores de limpieza. (7)

**Tabla II:** Parámetros de Diseño para Rejillas

PARAMETRO	RECOMENDADO
FORMA DE BARRA	RECTANGULAR
ANCHO DE BARRA	5-15
ESPESOR DE BARRA	25-40
ESPACIAMIENTO (ABERTURA) ENTRE BARRAS	25-50
INCLINACION CON LA VERTICAL	45-60°
VELOCIDAD DE APROXIMACION	0,45 m/s
TIEMPO DE RETENCION EN EL CANAL DE APROXIMACION	> 3 s
VELOCIDAD A TRAVEZ DE LAS BARRAS	< 0,6 m/s PARA CAUDAL PROMEDIO Y < 0,9 m/s PARA CAUDAL MÁXIMO
PERDIDA DE CARGA MAXIMA	0,15 m

**Fuente:** Adaptado de Reynolds

### 1.5.2 DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS

Se dimensiona la rejilla y el canal de aproximación antes de la rejilla con la siguiente ecuación adaptada de Mara (1976).

$$a_{\text{canal}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{0.6P_{\text{máx}}} * \left( \frac{ab+eb}{eb} \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$a_{\text{canal}}$  = ancho de canal de aproximación, m

Q máx. = caudal máximo, m<sup>3</sup>/s

0.6 = velocidad máxima a través de las barras, m/s

P máx. = profundidad máxima de agua en el canal cuando Q = Q máx., m

ab = ancho de barras, mm

eb = espaciamiento (abertura) entre barras, mm

La profundidad máxima, P máx., es determinada durante el diseño del desarenador como se muestra en el diseño.

Se calcula la velocidad en el canal de aproximación con la siguiente ecuación

$$V = \frac{0.6}{\left(\frac{ab+eb}{eb}\right)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

v = velocidad en el canal de aproximación, m/s

La Ecuación (2), asume que la velocidad máxima a través de la rejilla es 0.6 m/s, y, por lo tanto, la velocidad calculada, v, debe ser cerca de 0.45 m/s si se utilizan dimensiones de ab y eb típicas.

Los canales de aproximación deben tener un tiempo de retención hidráulica mínimo de 3 segundos y un largo mínimo de 1.35 metros para asegurar una velocidad uniforme a través de las barras. Si el tiempo de retención hidráulica y el largo son menos, es muy probable que el canal tenga turbulencia por las barras. Se calculan las pérdidas de carga a través de la rejilla con la siguiente ecuación (Metcalf & Eddy). (11)

$$hf = \frac{1}{0.7} * \left(\frac{vR^2 - va^2}{2g}\right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$h_f$  = pérdida de carga, m

$v_R$  = velocidad a través de la rejilla, m/s

$v_a$  = velocidad en el canal de aproximación, m/s

$g$  = aceleración de gravedad, 9.81 m/s

### **1.5.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO IMHOFF**

Los tanques Imhoff (Karl Imhoff (1876 – 1965) quien fue ingeniero especialista en aguas, notable de Alemania, por haber concebido el tipo de tanque de doble objeto que se conoce por su apellido. (2)

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura existente en el fondo del sedimentador. Esta ranura tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación. (7)

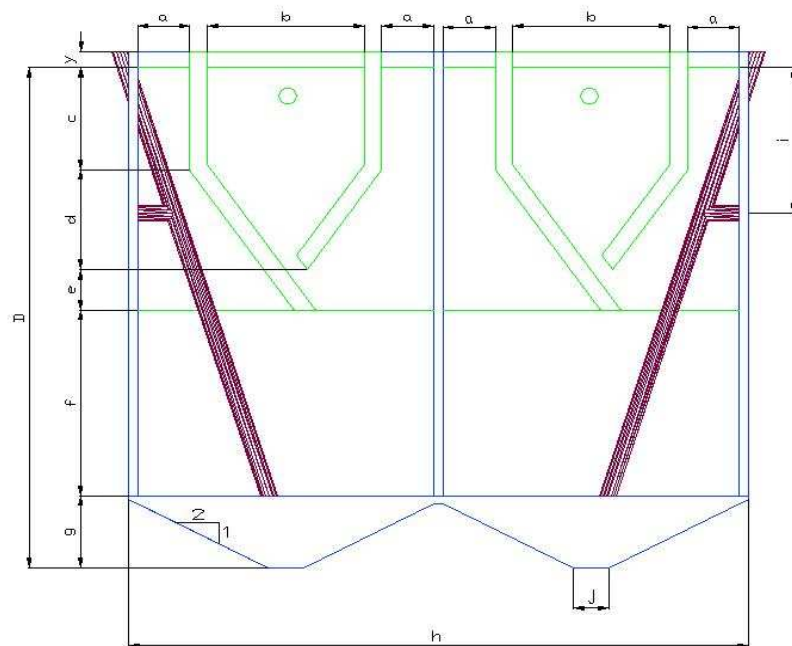
Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y dispone de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos. (3)

### 1.5.3.1 DESCRIPCION DEL TANQUE IMHOFF

Los tanques Imhoff son de forma rectangular o circular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

**GRAFICO No 6:** Diagrama Tanque Imhoff



a: Área de ventilación

b: Ancho del Sedimentador

c: Altura de la cámara de sedimentación

d: Altura de la base triangular de la cámara se sedimentación

e: Espacio de seguridad entre las cámaras de sedimentación y digestión

f: Altura de la cámara de digestión

g: Altura de la base triangular de la cámara de digestión

y: Altura de seguridad del tanque total

D: Altura total del tanque Imhoff

### 1.5.3.2 PARAMETROS DE DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF

**Cámara de sedimentación.-** Unidad del tanque Imhoff, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables. (10)

**Carga superficial.-** Caudal o fluido, de un parámetro por unidad de área y por unidad de tiempo, que se emplea para dimensionar un proceso de tratamiento ( $m^3/ (m^2 \text{ día})$ , kg DBO/ (ha. día). (10)

**Tiempo de Retención Hidráulico.-** Es el tiempo que permanece el agua residual, en el proceso unitario determinado. (10)

**Zona ventilación de gases.-** Es la zona destinada para la evacuación de los distintos gases que se generan en la cámara de digestión.

**Cámara de Digestión.-** Es el espacio destinado para el almacenamiento de lodos y donde se produce la biodigestión. (11)

### 1.5.3.3 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO IMHOFF

**Área del Sedimentador.-** Para determinar el área del sedimentador del tanque de tratamiento se realiza en base al caudal de diseño del agua residual y la carga superficial.

$$As = \frac{Qd}{Cs} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

As = Área del sedimentador

Qd = Caudal de diseño

Cs = Carga superficial (7)

**Volumen del Sedimentador.-** Para determinar la capacidad de volumen de la cámara de sedimentación, se relaciona la longitud y el tiempo de retención del agua residual dado en horas. (7)

$$V = \frac{L}{tr} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

V = Volumen del sedimentador

L = Longitud del sedimentador

tr = Tiempo de retención del liquido en el sedimentador

**Cámara de Digestión.-** Para diseñar la cámara de digestión del tanque de tratamiento, se tomará en cuenta la temperatura y el tiempo de digestión, puesto que es aquí donde se realizará la degradación del lodo proveniente del agua residual. (11)

**Volumen de Cámara de Digestión.-** Volumen de almacenamiento y digestión (Vd. en m<sup>3</sup>), para el dimensionado se tomará en cuenta la siguiente tabla:

**Tabla III:** volumen cámara de digestión

TEMPERATURA °C	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA (fcr)
5	2,00
10	1,40
15	1,00
20	0,70
> 25	0,50

**FUENTE:** Normas OPS

$$Vd = \frac{70 \cdot P \cdot fcr}{1000}$$

Ecuación 6

Donde:

fcr = factor de capacidad relativa

P = población

**Tiempo requerido para la digestión de lodos.-** El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura. (11)



**Tabla IV:** Tiempo para Digestión de Lodos

<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>TIEMPO DE DIGESTION EN DÍAS</b>
5	110
10	76
15	55
20	40
> 25	30

**FUENTE:** Manual OPS

$$Vd = Pf \times C$$

Ecuación 7

Donde:

Vd. = Volumen de digestión de lodos

P = Población futura

C = Contribución de lodos (7)

Con los datos de la siguiente tabla se realizarán los cuatro dimensionamientos de las plantas de tratamiento para cada uno de los barrios, ya que son los parámetros que brindan las mejores condiciones, para ser adaptadas a los datos obtenidos en los cálculos matemáticos.

Puesto que el tratamiento que se implementará en la zona son diseños para pequeñas poblaciones como las de este estudio en particular.

**Tabla V:** Criterios de Diseño para Tanques Imhoff

PARAMETROS DE DISEÑO	UNIDADES	VALORES	
		INTERVALO	TÍPICO
<b>COMPARTIMENTO SEDIMENTACIÓN.</b>			
Carga superficie horaria punta	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	1.0 - 1.70	1.36
Tiempo de retención	h	2 - 4	3
Longitud: Anchura	relación	2:1 - 5:1	3:1
Pendiente del compartimento de sedimentación.	relación	1:25-1.75:1	1: 5 - 1
Abertura de comunicación entre compartimentos	cm	15 -30	25
Longitud del saliente	cm	15 - 30	25
<b>DEFLECTOR DE ESPUMAS</b>			
Por debajo de la superficie	cm	25 - 40	30
Por encima de la superficie	cm	30	30
Resguardo	cm	45 - 60	60
<b>ZONA DE VENTILACIÓN DE GASES</b>			
Superficie	% de superficie total	15 -30	20
Anchura de la abertura	cm	47 -75	60
<b>COMPARTIMENTO DE DIGESTION</b>			
Volumen	Capacidad de almacenamiento		Fango correspondiente a 6 meses
Volumen	m <sup>3</sup> /hab	0.05 – 0.1	0.07
Tubería de extracción de fangos	cm	20 - 30	25
Distancia libre hasta el nivel de fangos	cm	30 - 90	60
<b>PROFUNDIDAD DEL TANQUE</b>			
Altura desde la superficie libre del líquido hasta el fondo del tanque.	m	7.25 – 9.5	9.0

**Fuente:** METCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3<sup>era</sup> edición. Vol. II, pág. 222.

#### 1.5.4 ERAS DE SECADO

Las eras de secado constituye uno de los métodos más antiguos para reducir el contenido de humedad de los lodos en forma natural. Posiblemente es el método más usado en plantas pequeñas, para secado de lodos, durante los últimos cien años. El lecho típico de secado es de forma rectangular poco profundo, con fondos porosos colocados sobre un sistema de drenaje. El lodo se aplica sobre el lecho en capas de 20 a 40 cm y se deja secar. (11)

**GRAFICO No 7: Eras de Secado**



**FUENTE:** Manual OPS

La evaporación de la superficie se realiza por acción del sol y del viento. Inicialmente el agua percola a través de la arena y de grava para ser removida por las comunidades en un período de tiempo. Una vez formada una capa de lodo sobrenadante, el agua es removida por decantación y por evaporación. La pasta se agrieta a medida que se seca, permitiendo evaporación adicional y el escape de agua lluvia desde la superficie. Los lechos de secado de lodos son muy semejantes a filtros intermitentes de arena tienen la ventaja de requerir poca atención en su operación. El diseño de lechos de secado depende de diferentes factores: clima, características del lodo, valor del terreno y pretratamiento de los lodos. (11)

Ventajas y desventajas de las eras de secado:

**Ventajas**

- Costo bajo si hay terreno disponible
- No requiere operación especial
- Consumo de energía bajo

- Poco sensible a cambios en las características del lodo
- Consumo de químicos bajo, contenido alto de sólidos en la pasta

### **Desventajas**

- Diseño empírico que no permite análisis económico certero
- Requiere lodo estable
- Sensible a cambios de clima
- Visible al público
- Requiere de mano de obra para remoción de lodo. (11).

#### **1.5.4.1 DIMENSIONAMIENTO DE ERAS DE SECADO**

**Carga orgánica.-** Es el producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en (kg/d).

Es decir es la contribución per cápita por cada habitante, y está determinada por la caracterización del agua residual de cada uno de los barrios objeto de la investigación.

(11)

$$C = \frac{\text{población} \cdot \text{Contribución per cápita (gss} \cdot \text{kg)}}{1000} \quad \text{Ecuación 8}$$

#### **MASA DE SOLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS**

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad \text{Ecuación 9}$$

#### **VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodo}} * \left( \frac{\% \text{sólidos}}{100} \right)} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

Densidad de lodos ( $\rho$  lodos) = 1.04 kg/L

Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo = 12%.

### **VOLUMEN A EXTRAERSE DEL TANQUE**

$$\mathbf{Vel} = \frac{\mathbf{Vld*Td}}{\mathbf{1000}}$$

Ecuación 11

Donde:

Vld Volumen de lodo de cámara de digestión

Td Tiempo de digestión de lodos

### **AREA LECHO DE SECADO**

$$\mathbf{Als} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{Ha}}$$

Ecuación 12

Donde:

V = Volumen de lodo que llegará al área de secado

Ha = área disponible del terreno dado en hectáreas. (7)

## 1.6 NORMATIVA AMBIENTAL

Para el cálculo, diseño y dimensionamiento, de las plantas de tratamiento se aplican las siguientes normas técnicas:

- Normas de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural, publicadas en 1995. Decima 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).
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000 Sección II Título E, Tratamiento de Aguas Residuales. República de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua potable y Saneamiento Básico Bogotá D.C., noviembre de 2000 (RAS 2000).
- Organización panamericana de la salud. Área de desarrollo sostenible y salud ambiental (ops/cepis 05.163 unatsabar). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. Lima 2005 (OPS).
- Normas recomendadas por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Para la caracterización del agua residual y calidad del efluente que se descarga al río Chibunga se regirá la presente investigación a la normativa emitida por el Texto Unificado de Legislación Ambiental. Se aplicará esta norma, puesto que en la ciudad de Riobamba ni en la provincia no existe una ordenanza o ley que regule la descarga de agua residual. (4)

- Calidad de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce, del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Recurso Agua. Libro VI. Tabla 12. Anexo 1.

**Tabla VI: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Demanda bioquímica de oxígeno	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	250
Demanda Química de oxígeno	D.Q.O	mg/l	500
Fósforo total	P	mg/l	10
Potencial de Hidrógeno	pH	UNIDAD	5-9
Coliformes fecales	NMP		Remoción > 99.9%
Coliformes totales	NMP		Remoción > 99.9%
Sólidos suspendidos	mg/L	mg/l	100
Sólidos totales	mg/L	mg/l	1600
Temperatura	T	<sup>0</sup> C	< 35

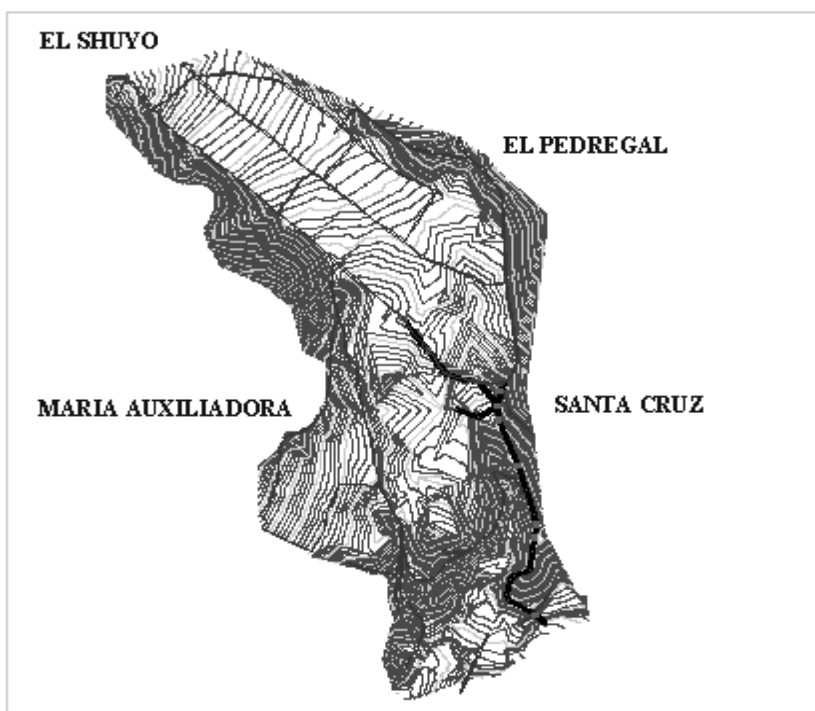
**FUENTE:** Texto Unificado de Legislación Ambiental Libro VI. Anexo 1

## **1.7 AREA DE ESTUDIO SECTOR SANTA CRUZ**

**Evaluación y descripción del sistema de alcantarillado existente en la zona.-** El 17.00% de la población realiza la eliminación de excretas por medio de pozos sépticos y letrinas, mientras que el 57.40 % cuenta con sistema de alcantarillado sanitario.

La descripción que a continuación se detalla indica los diversos componentes del sistema existente de alcantarillado con el afán de analizar la posibilidad de utilizar al máximo la capacidad existente e identificar las deficiencias que deben ser corregidas para rehabilitar completamente el sistema existente. (8)

**GRAFICO No 8:** Alcantarillado Sanitario Existente en el Sector Santa Cruz



**ELABORADO POR:** Edgar Lara y Raúl Pumagualli

**Estado Físico de las Tuberías.-** La evaluación visual de las tuberías de Asbesto Cemento indica: La tubería de la línea principal construida de Asbesto Cemento, se encuentra en buen estado.

En el sector de Santa cruz el sistema de alcantarillado se divide en tres tramos la una que va desde el Shuyo hasta el Pedregal construido por el HCPCH el cual se encuentra en buen estado ya que fue construido hace unos 3 años (dato proporcionado por los



pobladores); la segunda parte va desde el barrio el pedregal hasta la descarga en el río Chibunga construido por el IMR se encuentra en buen estado.

Los dos tramos no se encuentran unidos por problemas entre los dos barrios, el tercer tramo corresponde al barrio María Auxiliadora el mismo que posee un sistema de alcantarillado inadecuado e incompleto construido por los moradores y descarga en el río en mención. (8)

Actualmente la descarga del agua residual se realiza al río Chibunga, sin ningún tratamiento, en el sitio se observa un canal abierto de 0.50 metros de ancho, que recoge todos los residuos líquidos de los barrios en estudio y desde ahí fluyen hacia el río mencionado anteriormente, por lo que existe una contaminación tanto en la superficie como en el subsuelo las fuentes de agua subterránea que existe en el sector. (8)

Las fotografías que a continuación se encuentran nos describen la forma como se eliminan los desechos líquidos sin ningún tipo de tratamiento, por lo que se ha visto la necesidad de mejorar el ambiente, con la construcción de plantas de tratamiento.

**GRAFICO No 9:** Descarga de agua residual Barrio María Auxiliadora



**GRAFICO No 10:** Descarga de agua residual Barrio Shuyo



**GRAFICO No 11:** Descarga de agua residual Barrio Pedregal



**GRAFICO No 12:** Descarga de agua residual Barrio Santa Cruz



## 1.7.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

### 1.7.1.1 Localización Geográfica

Región:	Sierra
Provincia:	Chimborazo
Cantón:	Riobamba
Parroquia:	Yaruquíes
Sector:	Santa Cruz

Coordenadas UTM: 17M 760332 9813187. La altitud media sobre el nivel del mar es de 2790 m.s.n.m. (8)

Superficie actual del área poblada y superficie total futura cubierta por el diseño, en la siguiente tabla se indica el área actual y el área futura que estará poblada de acuerdo a los cálculos realizados. (8)

**Tabla VII:** Área Actual y Superficie Futura

<b>Barrios</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (Ha)</b>
Santa Cruz	105500	105.50
El Shuyo	42820	42.82
Pedregal	15170	15.17
María Auxiliadora	81220	81.22
<b>TOTAL</b>	<b>244710</b>	<b>244.71</b>

**ELABORADO POR:** Edgar Lara y Raúl Pumagualli

Ver Anexo A: Mapa Cartográfico

En el mapa que se encuentra a continuación, se encuentra la ubicación geográfica del sitio donde se realiza la presente investigación, el mismo que corresponde al mapa de la ciudad de Riobamba. (8)

Con el círculo ubicamos la zona objeto del estudio, aclarando que el sitio está muy cerca del centro de la ciudad de Riobamba.

**GRAFICO No 13: Ubicación Geográfica**



**FUENTE:** Ilustre Municipio de Riobamba

**Población y Vivienda; Índice de Crecimiento Poblacional.-** El Sector de Santa Cruz está ubicado en la periferia de la zona urbana de Riobamba, y según el censo del año 2001 (VI CENSO DE POBLACION Y V DE VIVIENDA / 2001), realizado por el

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC se registra una tasa de crecimiento demográfico del 2.53%. (8)

Según los censos realizados desde 1950 hasta el último censo de 2001, se observa a continuación el gráfico de crecimiento poblacional de la ciudad de Riobamba, la misma que nos ha servido para proyectar la población del sector Santa Cruz, que corresponde al presente estudio.

**GRAFICO No 14:** Evaluación de la Población del Cantón Riobamba



**FUENTE:** VI Censo de Población y V de Vivienda (INEC)

Actualmente existen 324 viviendas, con un total de 1944 habitantes.

**Características Físicas, Geográficas y Ambientales.-** El Sector de Santa Cruz está ubicado al Sur - Oeste de la Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo, aproximadamente a 1.5 Km vía a Yaruquíes. (8)

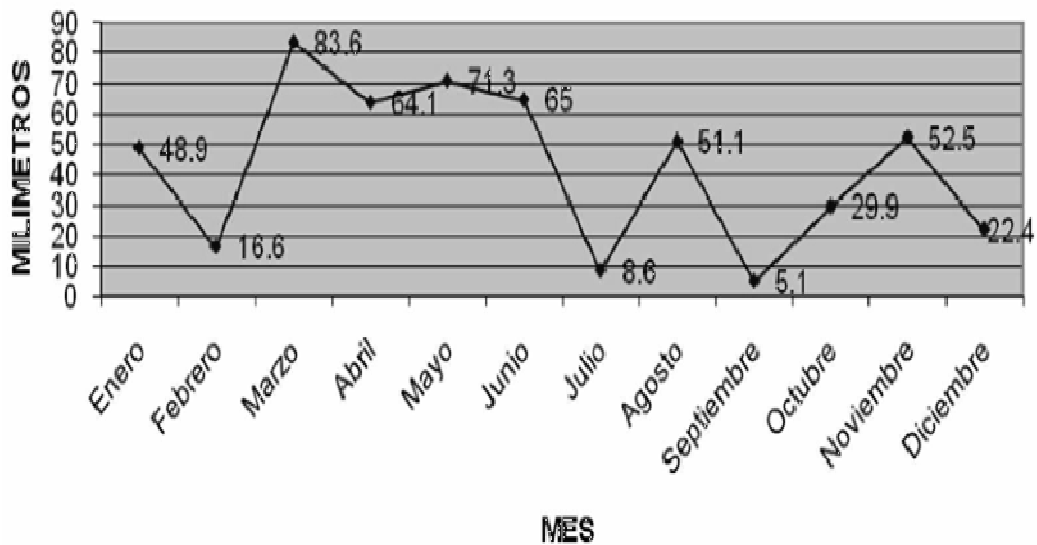
**Clima general de la zona.-** La zona en estudio se localiza en la Región Interandina, al sur de la ciudad de Riobamba, para determinar las características climatológicas del área

en estudio se ha recurrido a la información disponible en el centro meteorológico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y a la información emitida por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI.

El clima de la región es frío y húmedo, que se caracteriza por inviernos lluviosos y veranos totalmente secos, con temperaturas medias que fluctúan entre 8,5° y 20,5° C. La temperatura promedio es de 14,5 °C. (8)

El período lluvioso corresponde a los meses comprendidos entre Marzo a Junio, la precipitación promedio anual es de 43.26 mm según datos de la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**GRAFICO No 15: Precipitación Año 2007**



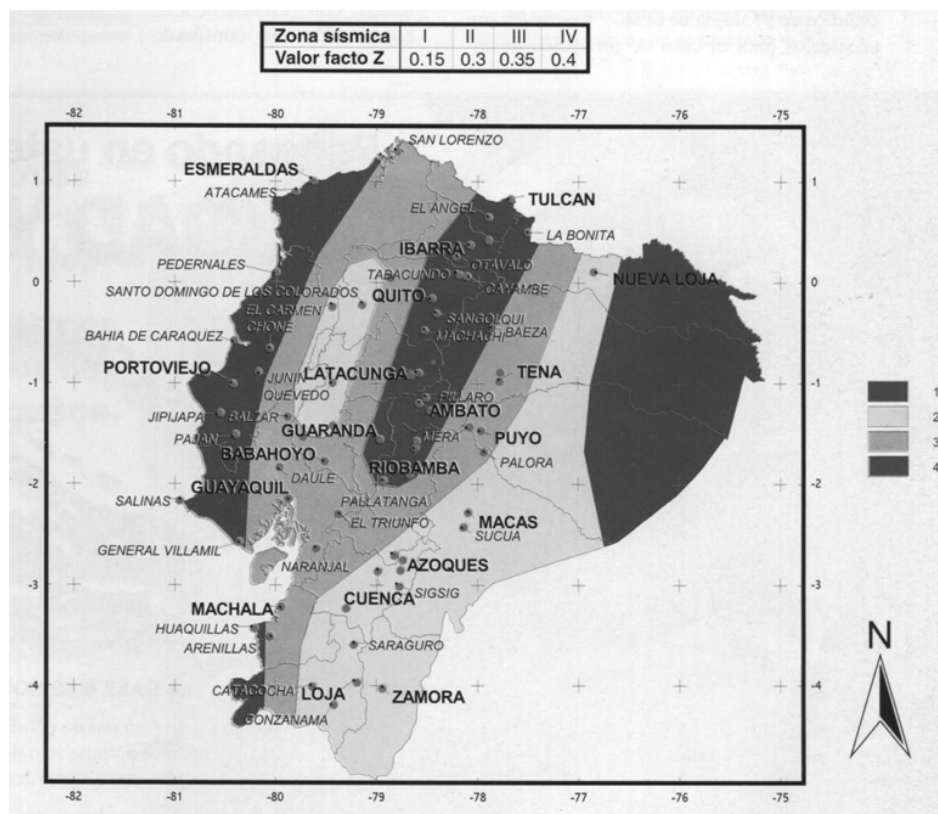
FUENTE: Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH.

**Topografía general de la zona.-** El sector cuenta con una topografía ondulada en un 70%, rodeada de quebradas. (8)

**Riesgos Naturales.-** Parte del sector se encuentra limitado por el río Chibunga, el mismo que presenta crecidas que no representan grandes riesgos de inundación. Los deslizamientos y derrumbes del suelo son bajos.

Según el mapa de zonas sísmicas del Código Ecuatoriano de la Construcción, el área de estudio se encuentra situada en la zona 4 de peligrosidad sísmica, zona de mayor riesgo sísmico. (8)

**GRAFICO No 16:** Peligrosidad Sísmica



**FUENTE:** Código Ecuatoriano de la Construcción (Cec)

**Salud Pública.-** Los pobladores del Sector Santa Cruz padecen en un 47.6 % de enfermedades diarreicas, 44.2 % enfermedades infecciosas, 36.1 % parasitosis, 23.8 % afecciones respiratorias y el 10.9 % afecciones de la piel y otras enfermedades. (8)



La zona de estudio no posee centros de salud, la Dirección Provincial de Salud atiende en la parroquia Yaruquíes a través de un Sub Centro de Salud, mientras que algunas familias acuden directamente al Hospital General Docente de la ciudad de Riobamba.

**Principales Enfermedades.-** Las enfermedades diarreicas son la principal enfermedad con un 47.6 %, seguido en un 44.2 % por las enfermedades infecciosas, 36.1 % parasitosis, 23.8 % afecciones respiratorias y el 10.9 % afecciones de la piel y otras enfermedades. (8)

El 23.49% de la población piensa que la causa de las enfermedades es por la falta de servicios básicos, el 16% por la falta de aseo, el 8.73% opina que se debe a la higiene en la preparación de alimentos, mientras que el 53% desconoce las causas de las enfermedades. (8)

**Aspectos Socioeconómicos.** - El sector de Santa Cruz existe la Junta Administradora de Agua Subterránea “Santa Bárbara”, que busca beneficios concernientes a agua potable, alcantarillado y plantas de tratamiento. La principal actividad de la zona es la Agricultura y la Ganadería, seguida de la construcción; el promedio de ingresos mensuales es de \$333.00 (según encuestas realizadas). (8)

**Servicios Públicos.** Número de establecimientos educacionales, población estudiantil

En la zona de estudio se encuentra la escuela “Delfín Triviño” y la Casa Hogar Diócesis de Riobamba.

**Tabla VIII:** Instituciones Sector Santa Cruz

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>POBLACIÓN</b>
Escuela Delfín Triviño	27
Casa Hogar Diócesis de Riobamba	50

**ELABORADO POR:** Edgar Lara y Raúl Pumagualli

**Número de hospitales y centros de salud.**- No existen centros de salud en el sector, los habitantes acuden al Sub Centro de Salud de Yaruquies o al Hospital General Docente de Riobamba. (8)

**Medios de comunicación y transporte, dentro y fuera de la ciudad.**- La televisión, radio y periódico son los principales medios de comunicación; el 13% de la población cuenta con el servicio de telefonía pública, y un 50% cuenta con telefonía celular. El 30% de la población cuenta con el servicio de transporte público mediante la línea 11 “Santa Cruz – Primavera”. (8)

**Energía Eléctrica.**- Extensión del servicio, población servida, tarifas actuales, planes de expansión y su disponibilidad para el proyecto. El 95% de la población cuenta con servicio de energía eléctrica, el costo por Kw-hora es de \$0.12.

**Servicios comunales.**- El sector cuenta con una casa comunal, además cuenta con una cancha multideportiva en donde se realizan toda clase de eventos.

**Agua Potable.**- La población se abastece de agua potable en un 44% por medio de la red pública, el resto también cuenta con agua por medio de acequias, ríos, tanqueros, aguas lluvias, vertientes y pozos. (8)

# CAPITULO II

## **CAPITULO II**

### **2 MATERIALES Y METODOS**

#### **2.1 MATERIALES Y EQUIPOS**

A continuación se indica los materiales y métodos que se utilizarán para la realización del presente proyecto.

##### **2.1.1 MATERIALES Y EQUIPOS DE TOPOGRAFIA**

- Estacas
- Pintura
- Clavos
- Prismas
- Cinta
- Combo
- Flexómetro
- Estación topográfica
- Equipo radiológico para determinación de los estratos que forman el suelo donde se ubicará cada tanque de tratamiento del proyecto.

##### **2.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO**

- pH-metro
- Agitador
- Bomba de vacío.
- Balanza

- Termómetro
- Erlenmeyer
- Pipetas
- Peras
- Kitasato
- Papel filtro
- Buchner
- Vasos de precipitación
- Tubos de absorción
- Pipetas automáticas 100  $\mu$ L y 1000  $\mu$ L
- Viales de DQO
- Balones aforados de 100 mL
- Mufla
- Turbidímetro
- Espectro - fotómetro

### **2.1.3 REACTIVOS**

- Ácido nítrico 65% p.a
- Agua destilada de conductividad menor a 0.5
- Ácido sulfúrico 97%, D= 1,848 g/mL

## **2.2 METODO GEOLOGICO**

Los estudios geológico-geotécnicos tienen por objeto determinar los tipos de suelos y mantos geológicos para establecer la localización más segura de las obras diseñadas,

ante posibles riesgos geológicos. El método paramétrico, conduce a resultados confiables, válidos y precisos.

Ciertos parámetros tales como el clima y la topografía en mucho de los casos restringen la selección y tratamiento de las aguas, con el fin de dar un servicio óptimo, pero se ha tratado de superar estos inconvenientes con ciertas variantes para sobrellevar estas limitaciones y dotar de servicios eficientes.

Los proyectos de sistema de tratamiento, se fundamentan en las Normas RAS de Colombia, OPS y las Normas de la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental (SSA) todas estas especificadas en el capítulo I

La recopilación y el análisis de la información geológica-geotécnica se realizaron en el Mapa Geológico del Ecuador.

### **2.2.1 METODO TOPOGRAFICO**

El método taquimétrico es el más utilizado, para lo cual se emplea una estación topográfica total, la misma que determina distancias horizontales, verticales, ángulos verticales, ángulos horizontales y diferencias de nivel.

### **2.2.2 ELABORACION DE PLANOS**

Para el dibujo de los planos topográficos, se ha utilizado el programa AUTOCAD, la planimetría del proyecto se dibujo a escala 1:1000

La realización de planos topográficos en los sitios de implantación de las plantas de tratamiento, se realizaron a escalas convenientes que cumplan con las normas emanadas por los respectivos entes de control y fiscalización de obras civiles como son Ministerio

de Obras públicas, direcciones de obras publicas de municipios consejos provinciales, etc.

En los perfiles se consideran las siguientes escalas:

Escala horizontal 1:1000

Escala vertical 1:100

### **2.3 METODOS PARA ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES**

El desarrollo de los métodos analíticos para medir la clase y cantidad de las sustancias disueltas en el agua han avanzado paralelamente a los adelantos en la química analítica y tales métodos son modificaciones de las técnicas y procedimientos que se utilizan para otros propósitos. Además de las consideraciones de precisión, exactitud, facilidad para la toma de muestras y rapidez de respuesta y costos de los métodos que influyen en la selección de los métodos analíticos que se utilizan en los laboratorios.

- **Métodos analíticos.-** Para la caracterización del agua residual, se emplean tanto cuantitativos, para la determinación precisa de la composición química del agua residual, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y biológicas. Los métodos cuantitativos pueden ser gravimétricos, volumétricos o fisicoquímicos. Estos últimos se utilizan para determinar parámetros no relacionados con las propiedades másicas o volumétricas del agua.

Para los diferentes análisis de laboratorio se basará en la siguiente norma, APAHA/AWWA/WEF Standard Methods N0 1060 DIN 38402 (serie A11-A22), y

de la recopilación bibliográfica de la 1ª, edición, Dirección de Medio Ambiente, Junio 1998 “Manual para Muestreo de Aguas y Sedimentos”.

- **Métodos Biológicos.-** Para la determinación de coliformes fecales y totales el método más común y preferido para evaluar las características microbiológicas del agua. Se pasa la muestra de agua por un filtro de membrana. El filtro con las bacterias atrapadas se transfiere a la superficie de un medio sólido o a un soporte absorbente, conteniendo el medio líquido deseado. El uso del medio apropiado permite la detección rápida de los coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales.
- **Demanda Bioquímica de oxígeno.-** Determinación de oxígeno disuelto, período de incubación 20° C por cinco días y en la oscuridad. La diferencia entre el contenido de oxígeno en las dos muestras antes y después del período de incubación. El método utilizado es el 5210 – B.
- **Demanda Química de Oxígeno.-** Digestión ácido-caliente de la muestra con dicromato y ácido sulfúrico en presencia de un catalizador y sulfato de plata para eliminar interferencias de cloruros y determinación del exceso de dicromato por titulación, el método es 5220 – C.
- **Potencial hidrógeno.-** Determinación potenciométrica con electrodo calibrado en dos puntos, se fundamenta en el método 4500-H-B.
- **Sólidos Suspendidos.-** Secado de la muestra a 105° C hasta peso constante y determinación gravimétrica, utiliza el método 2540 – D.
- **Sólidos Totales.-** Secado de la muestra a 1050C hasta peso constante y determinación gravimétrica se lo realiza mediante el método 2540 - B.



- **Coliformes Totales.-** Método de filtración de membrana o Número más probable NMP. PPE/LAT/M/01
- **Coliformes Fecales.-** PET/LAT/M/03

### **2.3.1 METODOLOGIA DE MUESTREO**

La importancia de la recolección de muestras es la obtención de una cantidad de agua residual cuyo volumen sea lo suficientemente adecuado, (2 litros), para ser transportado y manipulado en el laboratorio sin que por ello deje de representar con exactitud al material de donde procede.

Para este fin se ha realizado un muestreo manual, en diferentes fechas y en la tubería de descarga del agua que proviene de los barrios a unos 50 metros aproximadamente antes de su llegada al río Chibunga.

Para la toma de muestra se utilizó envases plásticos de dos litros de capacidad para el análisis físico-químico, y para el muestreo microbiológico se usó envases de 500 ml., esterilizados, se transportó una vez tomada las muestras y en el laboratorio se realizaron los diferentes análisis. Se llevó un registro de cada una de las muestras recolectadas, y cada envase de muestreo fue debidamente rotulado con la siguiente información: Fecha, hora de recolección de la muestra y lugar de procedencia.

Las muestras fueron recogidas en días laborables, y a partir de las 6 de la mañana puesto que en el campo las actividades diarias empiezan temprano.

## 2.4 METODO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

### 2.4.1 PERÍODO Y ETAPAS DE DISEÑO

El período de diseño es el lapso de tiempo durante el cual, la capacidad del sistema será suficiente, para atender las necesidades actuales y futuras de una localidad.

Para la determinación del período de diseño se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Nivel socio-económico de la población a servir
- Vida útil de las estructuras que conforman el sistema.
- Tasa de crecimiento poblacional.
- Tiempo de tratamiento

Se estima que el proyecto entrará en operación aproximadamente a finales del año 2009 por lo tanto su capacidad de servicio concluirá en el año 2029.

**Tabla IX:** Periodo de Planeamiento de Redes de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Lluvias

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)
Bajo y Medio	15
Medio Alto	20
Alto	25

**FUENTE:** Normas RAS de Colombia 2000

Según las Normas RAS de Colombia 2000 el periodo de diseño de 20 años corresponde a un nivel de complejidad del sistema; Medio alto.

#### **2.4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS**

Uno de los factores importantes para el dimensionado de una planta de tratamiento es seleccionar un área que brinde las facilidades de acceso y la estabilidad en el lugar de emplazamiento.

Para garantizar estos factores es imprescindible realizar el estudio de mecánica de suelos, y una vez que se haya seleccionado el sitio en cada uno de los barrios se implementará y construirá las plantas de tratamiento seleccionadas.

#### **2.4.3 DIMENSIONADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

Una vez identificado el lugar para la implementación y construcción, el siguiente paso consiste en emplear los resultados de la caracterización del agua residual, población, caudal, y se procede a realizar los cálculos del dimensionado de la planta de tratamiento propuesto. Con esta información, se procede a elaborar los planos respectivos para cada uno de los barrios.

### **2.5 IMPACTO AMBIENTAL**

Existen diversos métodos para la evaluación de los impactos ambientales (matriz de Leopold, sistema de Batelle, etc.), los que tienen fundamentalmente características cualitativas y cuantitativas. En la presente metodología se procede a cuantificar los impactos ambientales del proyecto por medio de cálculos, simulaciones, medidas o estimaciones. Para el desarrollo de la evaluación la metodología se subdivide en tres

partes. La primera que se ejecuta es la identificación y descripción de los impactos, seguidamente se evaluarán y finalmente se emiten las conclusiones de las evaluaciones.

La matriz fue diseñada para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyecto de construcción. Su utilidad principal es como lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación.

El método de Leopold está basado en una matriz de 100 acciones que pueden causar impacto al ambiente y representado por columnas y 88 características y condiciones ambientales representadas por filas. Como resultado, los impactos a ser analizados suman 8,800, y se simplifica de acuerdo a los parámetros requeridos.

# **CAPITULO III**

## **CAPITULO III**

### **3 CALCULOS Y RESULTADOS**

#### **3.1 RESULTADOS DE TOPOGRAFIA**

El levantamiento de la zona de estudio se la realizó en Octubre del 2007, con el equipo topográfico del Consejo Provincial. Se utilizó una estación total Trimble 3600. Se descargaron los datos de la Estación Total utilizando el programa DATA GEOSIS que nos brinda los resultados en coordenadas UTM. Cabe indicar que dicha estación no tiene error de cierre ya que trabaja al segundo.

Una vez realizado el trabajo de campo, se procede a la interpretación de resultados ayudado de programas computarizados, como son Auto Cad, Autodesk Land desktop.

Las coordenadas fueron calculadas para la poligonal base y los puntos de detalle, basándose en las normas establecidas por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y corregidas dentro de los rangos permisibles, se presenta los cálculos de la libreta respectiva, para la determinación de las coordenadas iniciales, se utilizo el equipo GPS (GARMIN 12XL), que permite conocer las coordenadas geográficas de la estación, con una buena aproximación.

Se ha aplicado el criterio de dividir en figuras geométricas las áreas de aportación, de acuerdo a la superficie por la cual se va a drenar las aguas residuales y pluviales. Mientras que los barrios María Auxiliadora y Santa Cruz se los considera independientemente, por lo que se denominará Red I barrio María Auxiliadora, Red II Shuyo – Pedregal, Red III Shuyo – Santa Cruz y Red IV Santa Cruz.

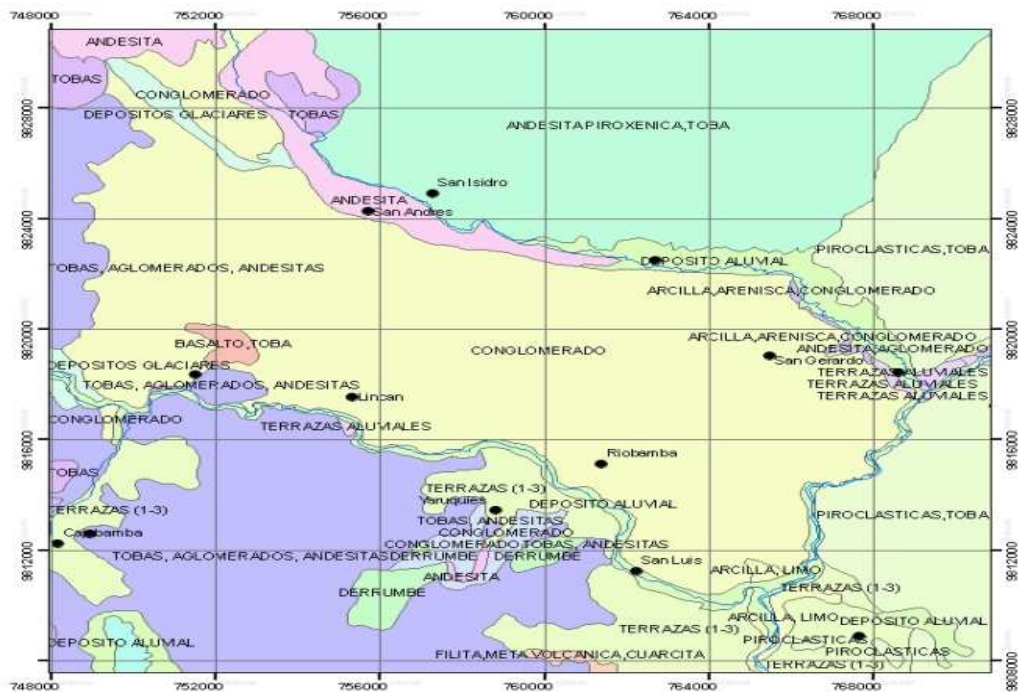
Ver Anexo B: Plano topográfico del sector en estudio

### 3.1.1 RESULTADOS GEOLOGICOS

En la zona no se identifican fallas visibles, el suelo del sector de la zona alta se encuentra forestado, por lo que no se han registrado aluviones ni deslaves. Reconocimiento de áreas bien drenadas, saturadas o con niveles freáticos altos.

Todo el sector del proyecto constituye un área bien drenada, por el tipo de suelo y por la pendiente progresiva.

**GRAFICO No 17:** Mapa Geológico y Geotécnico de Superficie Litología longitudinal de La zona



**FUENTE:** Ministerio de Energía y Minas Dinage

En el sector Santa Cruz, por su ubicación no se detectan riesgos geológicos o naturales que puedan afectar al proyecto ya que el río Chibunga no ha presentado mayores

incrementos en el nivel del agua en los últimos años por esta razón no existe riesgo de inundación. Según los moradores del sector no han existido aluviones ni deslaves.

Ver Anexo C: Permeabilidad de la Zona

Ver Anexo D: Simbología de la Zona

Ver Anexo E: Litología Transversal de la zona

### **3.2 RESULTADOS DE CARACTERIZACION DE AGUAS RESIDUALES**

Las muestras fueron tomadas en las tuberías de descarga de los barrios en estudio de acuerdo a la metodología indicada en el capítulo II y bajo la norma estipulada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental, puesto que en la ciudad de Riobamba no existen reglamentos o normas vigentes que regulen las descargas de agua residual o si es que existen no se las cumple, los datos obtenidos se resumen en las siguientes tablas, donde constan los valores de los cuatro muestreos realizados en diferentes fechas, horarios y también un promedio de los análisis del agua residual en estudio. Además consta la temperatura tomada en el sitio de cada muestreo.

En lo referente a los resultados del estudio en el laboratorio del agua residual del barrio María Auxiliadora, se determina que la cantidad de carga orgánica presente en la muestra es elevada, también existe gran cantidad de coliformes fecales y totales, y en general los otros parámetros analizados están sobre el límite permisible, lo que nos demuestra el grado de contaminación existente.



**Tabla X:** Caracterización Agua Residual Barrio María Auxiliadora

DESCRIPCION	UNIDADES	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3	MUESTRA N° 4	RESULTADOS
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		14/05/2008	07/06/2008	30/09/2008	13/10/2008	
TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL (0C)	°C	10	12	18	12	13
HORA DE MUESTREO (h)	HORAS	6:00	6:30	6:45	7:00	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L	270,00	162,00	172,00	295,00	224,75
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L	400,00	290,00	300,00	340,00	332,50
pH	UNIDADES	7,00	7,37	7,50	7,97	7,46
SOLIDOS TOTALES	mg/L	732,00	480,00	490,00	500,00	550,50
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	245,00	276,00	282,00	298,00	275,25
FOSFATOS	mg/L	0,34	0,66	0,68	0,63	0,58
AMONIOS	mg/L	1,32	1,70	1,69	1,90	1,65
COLIFORMES FECALES	NMP	1250	1800	2100	1530	1670
COLIFORMES TOTALES	NMP	1000	1400	1750	1670	1455

**FUENTE:** Análisis Realizado en el Laboratorio de A. Técnico y Microbiológico de la F.C. ESPOCH.

Los resultados promedios de la caracterización de agua residual correspondiente a los barrios Shuyo y Pedregal, se debe señalar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, coliformes fecales y totales son elevados, sobrepasando los límites máximos permitidos en la norma vigente TULAS.

Indicando que la población, la actividad y costumbres de sus habitantes, influyen en sus vertidos.

**Tabla XI:** Caracterización Agua Residual Barrio Shuyo-Pedregal

DESCRIPCION	UNIDADES	MUESTRA Nº 1	MUESTRA Nº 2	MUESTRA Nº 3	MUESTRA Nº 4	RESULTADOS
FECHA DE TOMA DE MUESTRAS		14/05/2008	07/06/2008	30/09/2008	13/10/2008	
TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL (°C)	°C	10	12	18	12	13
HORA DE MUESTREO (h)	HORAS	6:00	6:30	6:45	7:00	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L	283,00	290,00	300,00	360,00	308,25
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L	420,00	300,00	310,00	400,00	402,50
pH	UNIDAD	7,00	7,00	7,50	7,70	7,30
SOLIDOS TOTALES	mg/L	680,00	410,00	455,00	486,00	629,50
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	200,00	240,00	275,00	300,00	253,75
FOSFATOS	mg/L	0,32	0,28	0,30	0,78	0,42
AMONIOS	mg/L	1,26	1,00	1,10	1,80	1,29
COLIFORMES FECALES	NMP	1000	1100	1300	1400	1200
COLIFORMES TOTALES	NMP	1150	1310	1400	1548	1680

**FUENTE:** Análisis Realizado en el Laboratorio de A. Técnico y Microbiológico de la F.C. ESPOCH.

Según la tabla No. XI, perteneciente a los barrios Shuyo – Pedregal, cabe indicar que la cantidad de DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos totales y número de coliformes totales y fecales, determinan el grado de contaminación que existe en el agua residual y que es eliminada al río Chibunga, aumentando de esta manera su contaminación.

Lo que se demuestra que hay una relación directa entre el tamaño de la población y áreas de influencia y aportación que generan estos dos barrios, que corresponde a Shuyo y Pedregal.

**Tabla XII:** Caracterización Agua Residual Barrio Shuyo - Santa Cruz

DESCRIPCION	UNIDADES	MUESTRA Nº 1	MUESTRA Nº 2	MUESTRA Nº3	MUESTRA Nº 4	RESULTADOS
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		14/05/2008	07/06/2008	30/09/2008	13/10/2008	
TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL(°C)	°C	10	12	18	12	13
HORA DE MUESTREO (h)	HORAS	6:00	6:30	6:45	7:00	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L	266,00	290,00	375,00	400,00	332,75
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L	282,00	306,00	335,00	430,00	338,25
pH	UNIDAD	7,20	7,32	7,40	7,80	7,43
SOLIDOS TOTALES	mg/L	552,00	580,00	680,00	695,00	626,75
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	110,00	130,00	150,00	195,00	146,25
FOSFATOS	mg/L	0,36	0,40	0,69	0,69	0,54
AMONIOS	mg/L	1,61	1,73	1,98	2,00	1,83
COLIFORMES FECALES	NMP	650	870	1000	1300	955
COLIFORMES TOTALES	NMP	897	910	1100	1500	1102

**FUENTE:** Análisis Realizado en el Laboratorio de A. Técnico y Microbiológico de la F.C. ESPOCH.

El área que representa a los barrios Shuyo - Santa Cruz es amplia, generando un cierto grado de contaminación y tiene una influencia marcada en los resultados de los análisis del agua residual.

El aporte permanente de ciertos nutrientes como fosfatos y amonios produce la eutrofización en el sector investigado.

En general los demás parámetros investigados también tienen valores altos de contaminación y se refleja en la descarga final hacia el río Chibunga.

**Tabla XIII:** Caracterización Agua Residual Barrio Santa Cruz

DESCRIPCION	UNIDADES	MUESTRA Nº 1	MUESTRA Nº 2	MUESTRA Nº 3	MUESTRA Nº 4	RESULTADOS
FECHA DE TOMA DE MUESTRA		14/05/2008	07/06/2008	30/09/2008	13/10/2008	
TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL (°C)	°C	10	12	18	12	13
HORA DE MUESTREO (h)	HORAS	6:00	6:30	6:45	7:00	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L	290,00	300,00	360,00	400,00	337,50
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L	310,00	350,00	400,00	420,00	370,00
pH	UNIDAD	7,20	7,50	7,50	7,70	7,48
SOLIDOS TOTALES	mg/L	410,00	560,00	600,00	680,00	562,50
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	160,00	200,00	240,00	300,00	225,00
FOSFATOS	mg/L	0,28	0,30	0,40	0,78	0,44
AMONIOS	mg/L	1,10	1,25	1,40	1,80	1,39
COLIFORMES FECALES	NMP	950	1100	1300	1400	1187
COLIFORMES TOTALES	NMP	1000	1130	1350	1548	1257

**FUENTE:** Análisis Realizado en el Laboratorio de A. Técnico y Microbiológico de la F.C. ESPOCH.

En el barrio Santa cruz los resultados del agua residual al igual que en los otros sectores investigados los valores de los análisis, se observa una concentración de materia contaminante, que no se equipara a los límites de tolerancia permitidos, demostrándose que es el barrio que posee un número de población y actividad comercial mayor además existen dos instituciones una educativa y otra de carácter religioso.

Posee una extensión territorial representativa, por lo que la cantidad de residuos líquidos son abundantes, en consecuencia la contaminación al río Chibunga es elevada.

## ANALISIS FISICO DE AGUA RESIDUAL

**Tabla XIV:** Análisis Físico de Agua Residual

PARAMETRO	CARACTERISTICA
COLOR	AMARILLENTO
OLOR	DESAGRADABLE
ASPECTO	TURBIO

El análisis físico del agua residual de los cuatro barrios que pertenecen al proyecto, fueron realizados en el sitio de descarga de cada uno de estos, observándose a simple vista el color turbio, un olor característico fuerte y en general el ambiente del sector es desagradable, los mismos que varían de acuerdo a las condiciones climáticas de los días de muestreo, puesto que en las mañanas frías y lluviosas estas características eran de baja intensidad, en cambio en las mañanas donde el sol salía desde las primeras horas de la mañana estos valores de medición son más intensos y fuertes.

### 3.2.1 ANALISIS DE COMPARACION DE PROMEDIOS

De acuerdo a los valores promedios obtenidos en el análisis de laboratorio e indicados en las tablas del numeral anterior, se procede a resumir y realizar una comparación entre estos, detallándose a continuación cada uno de los parámetros analizados que se los representará mediante gráfico de barras. Para de esta manera demostrar el grado de carga contaminante que tiene cada comunidad.

Los análisis realizados son los siguientes:

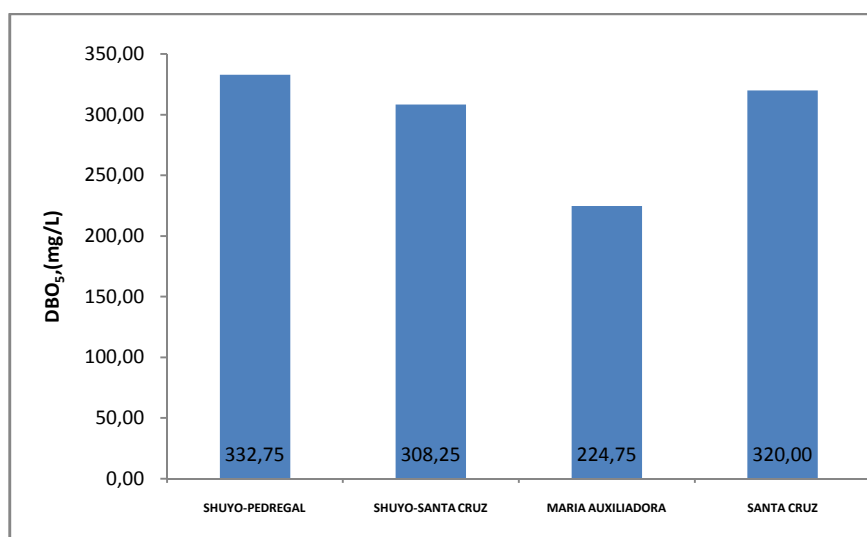
- Demanda Bioquímica de oxígeno<sub>5</sub>
- Demanda Química de oxígeno

- Potencial de Hidrógeno pH
- Sólidos totales y suspendidos
- Fosfatos y Amonios
- Coliformes fecales
- Coliformes totales.

**Tabla XV:** Comparación de Promedios DBO<sub>5</sub>

BARRIO	PROMEDIO
SHUYO-PEDREGAL	332,75
SHUYO-SANTA CRUZ	308,25
MARIA AUXILIADORA	224,75
SANTA CRUZ	320,00

**GRAFICO No 18:** Comparación de DBO<sub>5</sub>



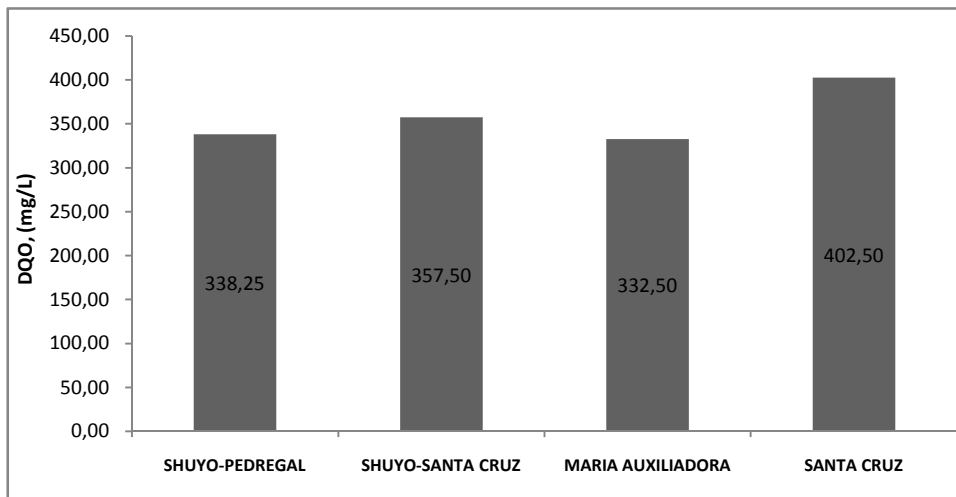
Gráficamente se demuestra que la Demanda Bioquímica de Oxígeno es elevada y corresponde a los barrios Shuyo Pedregal con 332.75 mg/L, Shuyo Santa Cruz con

308.25 mg/L y Santa Cruz con 320 mg/L, por lo que el objetivo de la planta de tratamiento es el de disminuir el grado de contaminación y cumplir con los valores que rige en el Texto Unificado de Legislación Ambiental, Tabla 12, Anexo1, correspondiente a descarga de aguas residuales a cuerpos de agua dulce.

**Tabla XVI:** Comparación de Promedios DQO

BARRIO	PROMEDIO
SHUYO-PEDREGAL	338,25
SHUYO-SANTA CRUZ	357,50
MARIA AUXILIADORA	332,50
SANTA CRUZ	402,50

**GRAFICO No 19:** Comparación de DQO



En relación a los valores de análisis de Demanda Química de Oxígeno, el barrio que tiene mayor concentración de DQO, corresponde a Santa cruz, con 402.50 mg/ L, pero aclarando que los tres barrios restantes también tiene un nivel alto de carga

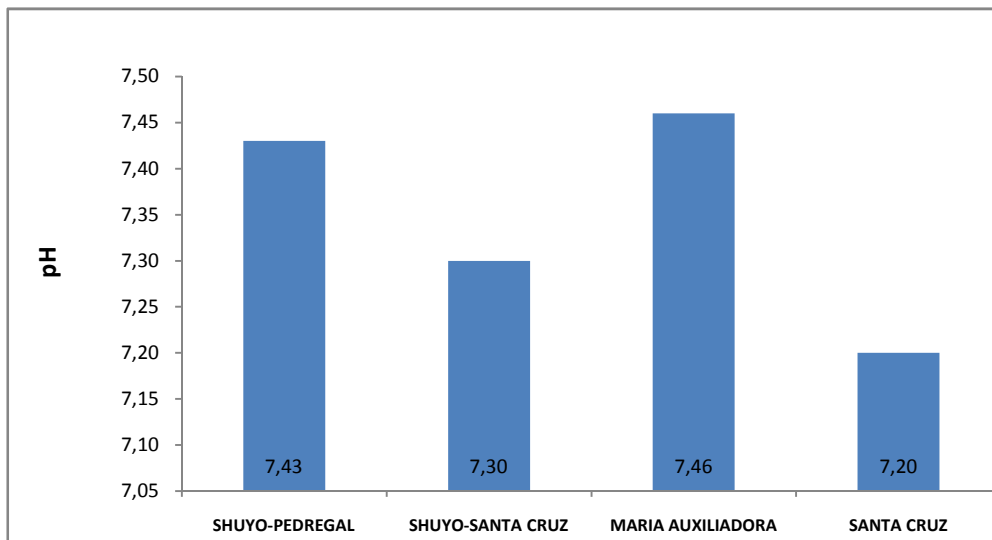
contaminante que está sobre los niveles permitidos y que si afecta a la descarga del río Chibunga.

En lo referente a los valores de pH, los cuatro barrios objetos de estudio se observa que están dentro de los límites de tolerancia.

**Tabla XVII:** Comparación de pH

<b>BARRIO</b>	<b>PROMEDIO</b>
SHUYO-PEDREGAL	7,43
SHUYO-SANTA CRUZ	7,30
MARIA AUXILIADORA	7,46
SANTA CRUZ	7,20

**GRAFICO No 20:** Comparación de Promedios pH





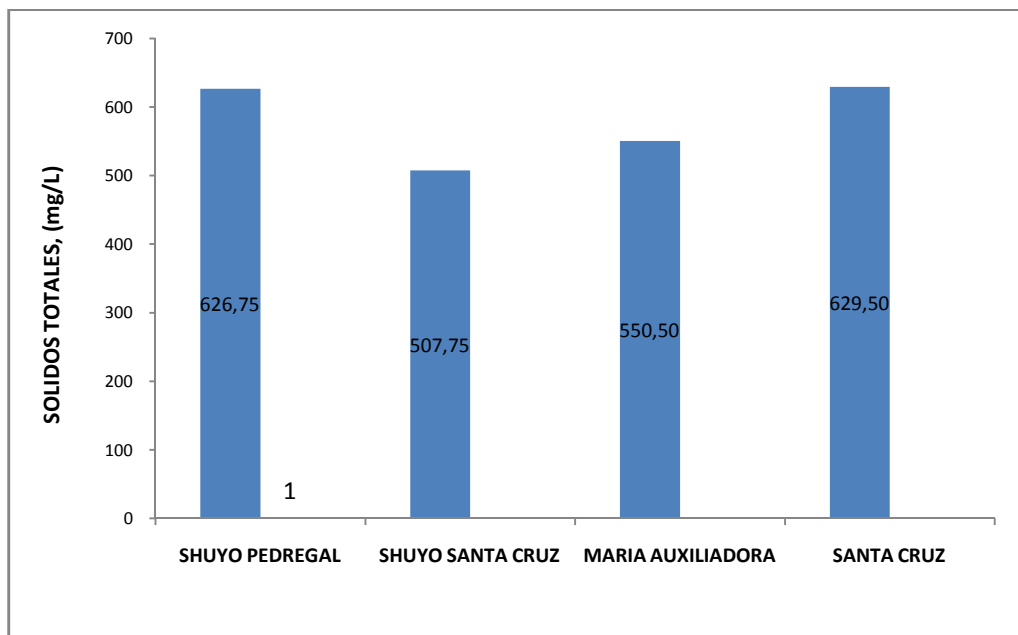
La norma vigente para la presente investigación, es el Texto Unificado de Legislación Ambiental donde se indica que el rango de pH está entre 5 y 9 (unidades), por lo que los valores medidos en laboratorio se encuentran dentro de los parámetros normales.

En referencia a los promedios de sólidos totales, en el siguiente gráfico se demuestra que los valores están por debajo de la norma vigente y que con el tratamiento propuesto se reducirán.

**Tabla XVIII:** Promedio Sólidos Totales

BARRIO	PROMEDIO
SHUYO-PEDREGAL	626,75
SHUYO-SANTA CRUZ	629,50
MARIA AUXILIADORA	550,50
SANTA CRUZ	562,50

**GRAFICO No 21:** Comparación de Promedios Sólidos Totales



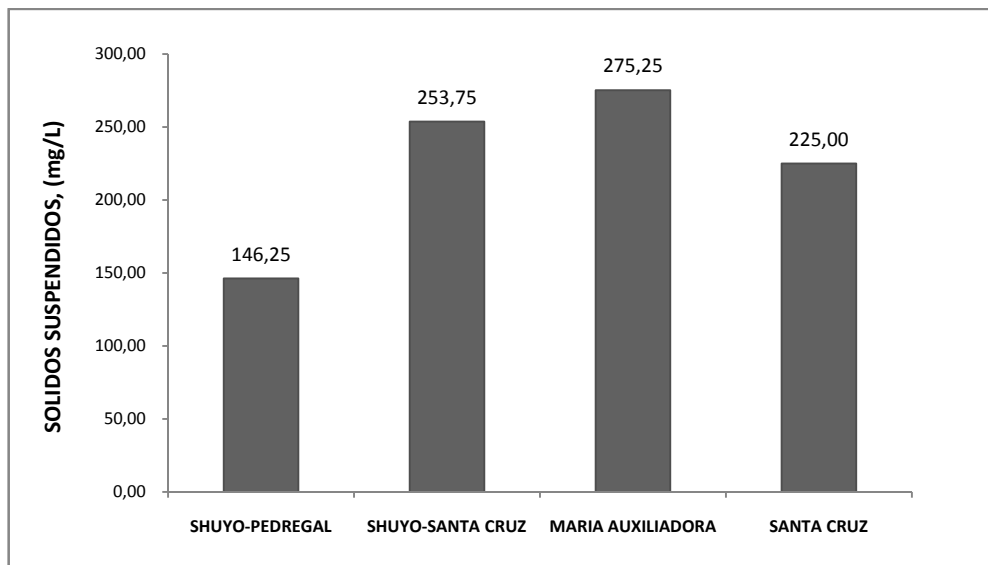
Cabe mencionar que los barrios tienen un grado elevado de sólidos totales como observamos en el gráfico: Shuyo-Santa Cruz con 507.75 mg/L, Shuyo-Pedregal con 626.75 mg/L, Santa Cruz con 629.50 mg/L y María auxiliadora con 550.50 mg/L.

En lo concerniente a sólidos suspendidos, se debe indicar que los barrios Shuyo Pedregal, Shuyo Santa Cruz, María Auxiliadora y Santa Cruz, muestran cantidades que están fuera del rango permitido.

**Tabla XIX:** Comparación de Promedios Sólidos Suspendidos

<b>BARRIO</b>	<b>PROMEDIO</b>
SHUYO-PEDREGAL	146,25
SHUYO-SANTA CRUZ	253,75
MARIA AUXILIADORA	275,25
SANTA CRUZ	225,00

**GRAFICO No 22:** Comparación de Promedios Sólidos Suspendidos



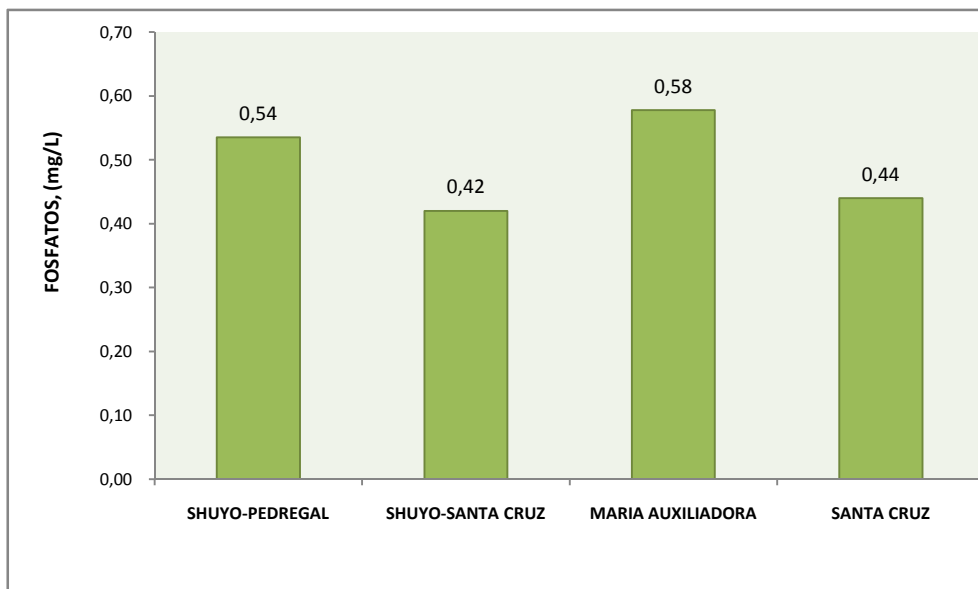
Puesto que el TULAS, determina un valor de 100 mg/L el límite tolerable y como se demuestra en el gráfico los parámetros están fuera del límite, con valores de 146,25 mg/L, 253,75 mg/L, 275,25 mg/L y 225,00 mg/L respectivamente.

En relación a la presencia de fosfatos en el agua residual de los barrios Shuyo-Pedregal, Shuyo-Santa Cruz, María Auxiliadora y Santa Cruz están dentro de lo normal, pero especificando que es agua residual doméstica.

**Tabla XX:** Comparación de Promedios Fosfatos

BARRIO	PROMEDIO
SHUYO-PEDREGAL	0,54
SHUYO-SANTA CRUZ	0,42
MARIA AUXILIADORA	0,58
SANTA CRUZ	0,44

**GRAFICO No 23:** Comparación de Promedios Fosfatos



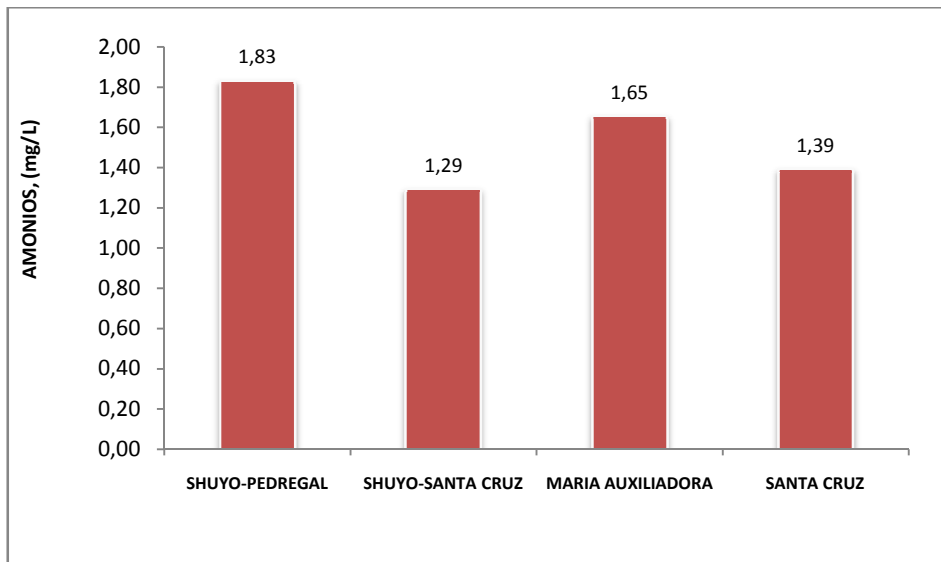
Como se puede observar gráficamente todos los valores están entre 0,42 mg/L, a 0,58 mg/L, aclarando que están dentro de los límites de tolerancia.

Pero que esta cantidad de fosfatos con el tiempo se van acumulando lo que degenera aun más el sitio de descarga.

**Tabla XXI:** Comparación Promedios Amonios

BARRIO	PROMEDIO
SHUYO-PEDREGAL	1,83
SHUYO-SANTA CRUZ	1,29
MARIA AUXILIADORA	1,65
SANTA CRUZ	1,39

**GRAFICO No 24:** Comparación de Promedios Amonios



En referencia a la concentración de amonios en el agua residual de los barrios motivo de la investigación, indica que la actividad microbiológica está presente en las muestras

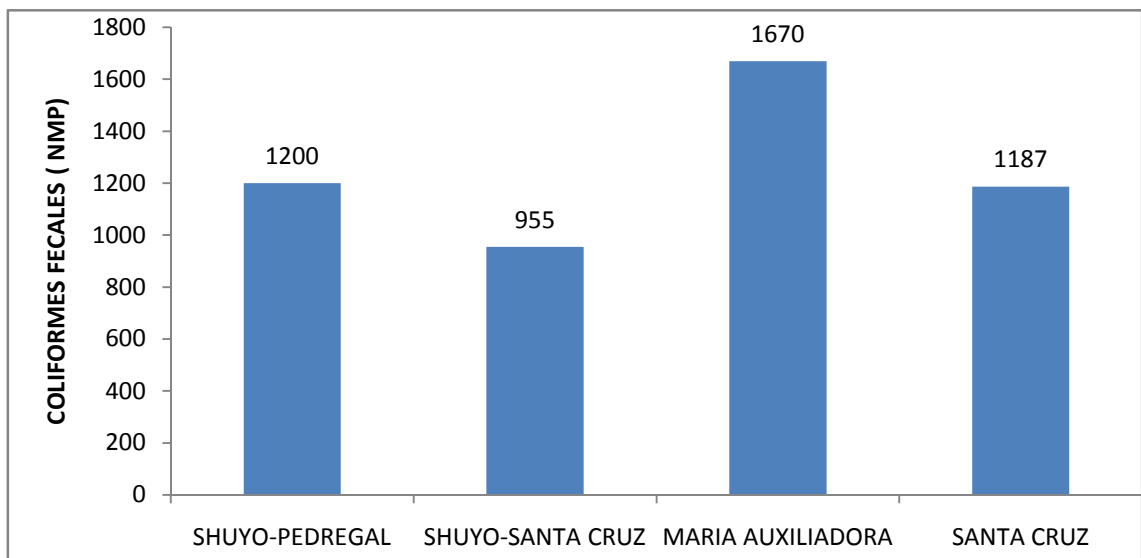
puesto que son aguas residuales domésticas que revelan la evidencia de contaminación sanitaria.

La comparación de promedios de coliformes fecales, indican la presencia de bacterias en una concentración alta, por lo que es la causante de enfermedades de tipo viral y bacteriano en los habitantes del sector en estudio.

**Tabla XXII:** Comparación de Promedios Coliformes Fecales

<b>BARRIO</b>	<b>PROMEDIO</b>
SHUYO-PEDREGAL	1200
SHUYO-SANTA CRUZ	955
MARIA AUXILIADORA	1670
SANTA CRUZ	1187

**GRAFICO No 25:** Comparación Promedios Coliformes Fecales

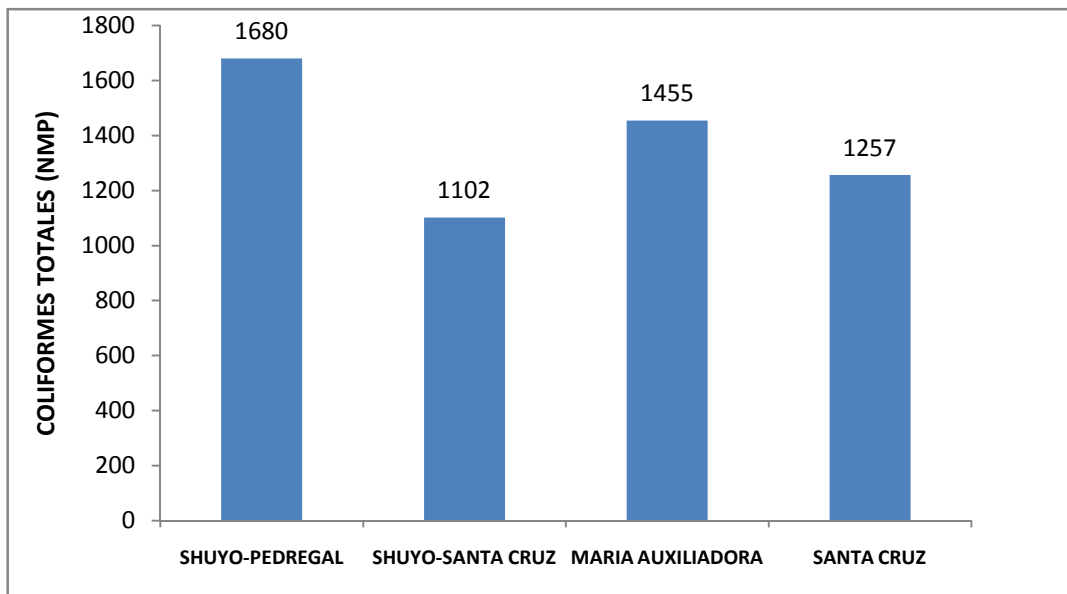


Por lo que este parámetro de análisis de los cuatro barrios estudiados, están sobre los límites emitidos por el TULAS.

**Tabla XXIII:** Comparación Promedios Coliformes Totales

<b>BARRIO</b>	<b>PROMEDIO</b>
SHUYO-PEDREGAL	1680
SHUYO-SANTA CRUZ	1102
MARIA AUXILIADORA	1455
SANTA CRUZ	1257

**GRAFICO No 26:** Comparación de Promedios Coliformes Totales



Con respecto a la presencia de coliformes totales, todos los análisis de estudio muestran la presencia de contaminantes patógenos, ya que estas poseen materia orgánica de desechos humanos.

A continuación se indica una relación entre los valores de límites permisibles que contempla el TULAS y los análisis promedios correspondiente a cada barrio.

**Tabla XXIV:** Valores Promedios de Análisis de Agua Residual de Cada Barrio y Valores Permisibles

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	VALOR PROMEDIO DETERMINADO EN CADA BARRIO				CUMPLIMIENTO CON EL (TULAS)
			María Auxiliadora	Shuyo-Pedregal	Shuyo-Santa Cruz	Santa Cruz	
TEMPERATURA	°C	<35	13	13	13	13	SI
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	250	224,75	332,25	308,25	320,00	NO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENA	mg/L	500	332,50	338,25	357,50	402,50	SI
POTENCIAL HIDROGENO	Unidad	5<pH<9	7,46	7,43	7,30	7,20	SI
FOSFORO TOTAL	mg/L	10	0,58	0,54	0,42	0,48	SI
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	100	275,25	146,25	253,35	226,75	NO
SOLIDOS TOTALES	mg/L	1600	550,50	626,75	507,75	629,50	SI
COLIFORMES FECALES	Nmp	Remoción >a199.0%	1670	1200	955	1187	NO
COLIFORMES TOTALES	Nmp	Remoción >a199.0%	1455	1680	1102	1257	NO

**FUENTE:** Análisis realizado en el laboratorio de A. Técnico Facultas de Ciencias ESPOCH y TULAS.

Las observaciones experimentales de aguas residuales realizadas en los cuatro barrios objeto del estudio, fueron registradas bajo diferentes condiciones de muestreo las mismas que determinan el grado de contaminación.

Se aceptó la sugerencia de la población de cada uno de los sitios, que mencionaron los horarios de actividades empiezan a partir de las cinco (5) horas, ya que son sectores agrícolas y ganaderas sus faenas empiezan de madrugada, por lo que con el equipo

técnico del H.C.P.CH., se resolvió tomar las muestras a partir de las 6:00 horas, las fechas de muestreo están de acuerdo a la disponibilidad económica.

En lo referente a la presencia de coliformes fecales y totales, representan un peligro para la salud humana, ya que estos vertidos llevan una importante diversidad de bacterias patógenas que causan graves enfermedades en la población, ya sea por contacto directo o por consumo de sus productos agrícolas.

### **3.2.2 RELACION DE BIODEGRADABILIDAD ENTRE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO**

Si bien no existe ninguna relación entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO, es posible en determinadas aguas, establecer cierto nivel de correlación para su control. La relación encontrada entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO de un agua residual indicará las posibilidades de biodegradabilidad.

**Tabla XXV:** Biodegradabilidad de Agua Residual

DBO <sub>5</sub> / DQO	Biodegradabilidad de una agua residual
< 0,20	Poco biodegradable
0,2 - 0,4	Biodegradable
> 0,40	Muy biodegradable

FUENTE: Manual de depuración Uralita, pag.10

Luego del proceso de tratamiento el agua residual debe cumplir con los límites permisibles estipulados en el Texto Unificado de Legislación Ambiental libro VI, tabla 12 Anexo1.



### **3.3 BASES Y PARAMETROS DE DISEÑO**

Los análisis físico-químico y microbiológico de las aguas residuales, indican la presencia de contaminación elevada, sólidos suspendidos en gran cantidad, lo que genera una contaminación al río Chibunga donde se realiza la descarga del agua residual, basándonos en los datos obtenidos se propone la implementación de las plantas de tratamiento de aguas residuales en cada uno de los barrios investigados.

Debido a la naturaleza y procedencia del agua residual, el objetivo de su tratamiento es disminuir el nivel de carga orgánica, cantidad de sólidos en suspensión, presencia de coliformes fecales y totales que determina la turbidez y olor característico del agua residual, que se encuentran sobre los valores permisibles estipulados en la norma TULAS.

Los parámetros que inciden directamente en el funcionamiento y servicio del sistema de tratamiento elegido, son los siguientes:

#### **3.3.1 PERIODO DE DISEÑO**

Debido a que en el país no existe un reglamento completo de diseño se recurre a otras normas a más de las SSA, MOP. Y de acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se toma en cuenta las consideraciones técnico-económicas, operativas y las de diseño, que regirán para las plantas de tratamiento y que operen en las condiciones adecuadas propuestas, se determina que el período de inicio de diseño será a partir de finales del año 2009, con una proyección de 20 años según las normas Ras de Colombia.

### 3.4 DIMENSIONAMIENTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Los barrios que constituyen el Sector Santa Cruz Riobamba, disponen de agua potable permanente con ciertas excepciones, disponen de agua de riego, tienen un sistema de alcantarillado obsoleto e incompleto en el sector.

#### 3.4.1 POBLACION DE DISEÑO

#### 3.4.2 ESTUDIOS DEMOGRAFICOS

Para realizar estos estudios, se han realizado en base a los datos del VI Censo de Población y V de Vivienda/2001, realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC.

Tabla XXVI: Población Actual

BARRIO	POBLACION	TIPO DE USUARIOS	NIVEL SOCIO-ECONOMICO
María Auxiliadora	258,00	Domestico	Medio Bajo
Shuyo	954,00	Domestico	Medio Bajo
Pedregal	252,00	Domestico	Medio Bajo
Santa Cruz	480,00	Domestico	Medio Bajo
Escuela Delfín Triviño	27,00	Institucional	Medio Bajo
Casa Hogar Diócesis de Riobamba	50,00	Institucional	Medio Bajo

**ELABORADO:** Edgar Lara y Raúl Pumagualli

#### 3.4.3 PROYECCION DEMOGRAFICA

Según las normas de diseño para el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural recomienda tomar un 15% del alumnado total como habitantes adicionales a la población actual.

La población estudiantil se obtiene de las encuestas socio-económica.

**Tabla XXVII:** Población Institucional

INSTITUCION	POBLACION
Escuela Delfín Triviño	27
Casa Hogar Diócesis de Riobamba	50
TOTAL	77

**FUENTE:** Elaborado por Edgar Lara y Raúl Pumagualli

**POBLACION ACTUAL.-** Con los datos obtenidos de la encuesta directa realizada en cada uno de los barrios, y tomando en cuenta las áreas de influencia tenemos:

Población Actual (Pa) María Auxiliadora:

P. enc. = Población obtenida en la encuesta

P. Inst. = Población institucional

Pa = Población obtenida de la encuesta más el 15% de la población institucional.

Pa = Pa (María Auxiliadora) = 193hab

**POBLACIÓN FUTURA.-** Para determinar este parámetro se hará los cálculos en base al método geométrico que es el más aconsejable para poblaciones pequeñas, que es el caso que se está analizando, la tasa de crecimiento anual se ha tomado el de la ciudad de Riobamba 2.53%, según los datos obtenidos del VI CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA/2001 (Inec).

**a.- MARIA AUXILIADORA**

$$Pf = Pa * (1 + i)^n$$

Ecuación 13

Donde:

Pa = Población actual

I = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

Pf= Población futura

$$Pf = 193 * (1 + 0.0253)^{20} = 319\text{Hab.}$$

Ecuación 14

#### **b.- SHUYO PEDREGAL**

Población Actual (Pa) Shuyo Pedregal

P. enc. = Población obtenida en la encuesta

P. Inst. = Población institucional

Pa = Población obtenida de la encuesta más el 15% de la población institucional

$$Pa = Pa(\text{Shuyo}) + Pa(\text{Pedregal})$$

Ecuación 15

$$Pa = (228 + 252) = 480\text{Hab.}$$

$$Pf = Pa * (1 + i)^n$$

Ecuación 16

Donde:

Pa = Población actual

I = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

Pf= Población futura

$$Pf = 480 * (1 + 0.0253)^{20} = 791\text{Hab}$$

### **c.- SHUYO SANTA CRUZ**

Población Actual (Pa) Shuyo Santa Cruz

P. enc. = Población obtenida en la encuesta

P. Inst. = Población institucional

Pa = Población obtenida de la encuesta más el 15% de la población institucional

$$\mathbf{Pa = Pa(\text{Shuyo}) + Pa(\text{santa Cruz}) + Pa(\text{Maria Auxiliadora}) + 15\%P_{\text{inst.}}$$

Ecuación 17

$$\mathbf{Pa = 727 + 480 + 66 + 0.15(77) = 1285}$$

$$\mathbf{Pf = Pa * (1 + i)^n}$$

Ecuación 18

Donde:

Pa = Población actual

I = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

Pf= Población futura

$$\mathbf{Pf = 1285 * (1 + 0.0253)^{20} = 2118\text{Hab.}}$$

Ecuación 19

### **d.- SANTA CRUZ**

Población Actual (Pa) Santa Cruz

P. enc. = Población obtenida en la encuesta

P. Inst. = Población institucional

Pa = Población obtenida de la encuesta más el 15% de la población institucional

$Pa = Pa(\text{Shuyo}) + Pa(\text{santa Cruz}) + Pa(\text{Maria Auxiliadora}) + 15\%P_{\text{inst.}}$

Ecuación 20

$Pa = 727 + 480 + 66 + 0.15(77) = 1285$

$Pf = Pa * (1 + i)^n$

Ecuación 21

Donde:

Pa = Población actual

I = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

Pf= Población futura

$Pf = 1285 * (1 + 0.0253)^{20} = 2118\text{Hab.}$

#### **3.4.4 CAUDALES DE DISEÑO**

Para el diseño de las diferentes estructuras que constituyen los componentes de la planta de tratamiento, se aplicarán los que rigen en las normas de diseño del Proyecto de Código Ecuatoriano para el diseño de construcción de obras sanitarias CO 1007-601

Abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área rural (SSA).

En los barrios, la descarga de agua residual es constante, y está sujeta a variaciones, que está en función de uso de agua, diferente horario y en diversos periodos durante un año. La cantidad de aguas residuales producidas está formada por las aguas domésticas e institucionales.

$$Q_d = Q_{AR} + Q_{\text{aguas ilícitas}} + Q_{\text{infiltración}} \quad \text{Ecuación 22}$$

El aporte de agua residual estará dado por la siguiente expresión:

$$Q_{AR} = \frac{R \cdot D \cdot A \cdot C}{86400} \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

$Q_{AR}$ : Caudal medio diario de aguas residuales domésticas, (L/s)

R: Coeficiente de retorno.

D: Densidad bruta de población, (hab/Ha)

A: Área residencial bruta, (Ha)

C: Consumo de agua potable por habitante, (L/hab-día)

Dentro de los parámetros están considerados, el crecimiento de la población, período de diseño que en este caso es para (20) años, características físico-químico y microbiológicos del agua residual, dotación de agua suministrada por el Municipio de Riobamba, que actualmente es de 200 L/hab\*día, también se ha tomado en cuenta la variación de consumo por año que es de 1.2 L/hab\*día, considerándose una dotación futura de 224 L/hab\*día, y se toma como coeficiente de retorno el valor de 0.7 de acuerdo a la empresa municipal de agua potable y alcantarillado (EMAPAR).

**Aportes de aguas de infiltración (Qi).**- Se estimará multiplicando el Coeficiente de infiltración de la zona (Ci) por la sumatoria de las áreas brutas acumuladas de los tramos de diseño.

Caudales de diseño de aguas lluvias para la determinación del aporte pluvial utilizaremos el método racional americano que utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_I = 2.778 CIA$$

Ecuación 24

Q= caudal de aguas lluvias expresado en L/s

C= coeficiente de escorrentía, define el porcentaje de agua lluvia que escurrirá directamente sobre el suelo e ingresará a las tuberías del alcantarillado y que incide también sobre el caudal que ingresará a la planta de tratamiento.

I= intensidad de la lluvia a ser utilizada en la fórmula racional, expresada en milímetros por hora, depende de la duración de la lluvia.

A= área de aportación expresada en Ha y determinada de acuerdo a la topografía de cada sector en estudio.

**Intensidad de la Lluvia.**- Para el cálculo de la intensidad de la lluvia a ser utilizada en la fórmula racional, tomaremos las ecuaciones que constan en el plan maestro de alcantarillado para la ciudad de Riobamba y que están dadas por las siguientes expresiones:

$$I = \frac{212T^{0.17}}{tc^{0.64}}$$

Ecuación 25

Intervalo de aplicación: 5 minutos < tc < 20 minutos

$$I = \frac{377 T^{0.17}}{tc^{0.83}}$$

Ecuación 26



Intervalo de aplicación: 20 minutos <  $t_c$  < 120 minutos

I= intensidad de la lluvia a ser utilizada en la fórmula en mm/hora

T= período de retorno expresado en años

$t_c$ = tiempo de concentración = tiempo de duración de la lluvia en minutos

**Período de retorno T.-** Es el período en años en el que se espera que las magnitudes de una lluvia sean igualadas o excedidas una vez en promedio.

La selección del período de retorno incide directamente en el dimensionamiento de las obras y lógicamente en sus costos. Para este proyecto asumiremos un período de retorno de 15 años con la finalidad de no sub dimensionar ni sobre dimensionar la obra.

**Tiempo de concentración  $t_c$ .-** Es el tiempo en minutos que transcurre para que el flujo llegue desde la parte más alejada del área de drenaje hasta el punto de diseño, y es igual al tiempo de duración de la lluvia.

Para los tramos iniciales el Ex IEOS señala valores de 5 a 15 minutos como tiempos de concentración inicial, para el diseño se adopta el valor de 12 minutos.

**Coefficiente de Escorrentía (C).-** Este coeficiente forma parte de la fórmula racional para el cálculo de los caudales de aguas lluvias, este coeficiente depende de muchos factores como: la pendiente, el área de drenaje, el tipo de cobertura del área, evaporación de la zona, permeabilidad del suelo, intensidad de la precipitación etc.

En la práctica este coeficiente es determinado básicamente en función del tipo de cobertura del suelo.

**Coefficiente de retorno (R).**- El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida, entregada como agua residual al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Su estimación debe provenir del análisis de información existente de la localidad y/o de mediciones de campo. El porcentaje de agua consumida que retorna al alcantarillado se adopta igual al 70% según la EMAPAR.

Ver Anexo F: Plano de Ubicación de las Plantas de Tratamiento en el Sector Santa Cruz

### **3.4.5 PARAMETROS DE DIMENSIONAMIENTO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF**

Con las fórmulas detalladas anteriormente, se realizarán los respectivos cálculos de caudal de diseño para agua residual de cada barrio investigado.

Los datos están considerando los aportes correspondientes a cada barrio María Auxiliadora, Shuyo Pedregal, Shuyo Santa Cruz Y Santa Cruz y se asumirá como parámetros las áreas de aportación denominadas: Red I, Red II, Red III y Red VI respectivamente.

**Tabla XXVIII:** Parámetros dimensionamiento Barrio María Auxiliadora

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>DATOS</b>
POBLACION FUTURA	hab	319
DOTACION	m <sup>3</sup> .hab/día	0,224
TIEMPO DE RETENCION	h	3
CARGA SUPERFICIAL	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	15
COEF.RETORNO		0,7
PERIODO DISEÑO	años	20
CAUDAL A TRATAR	m <sup>3</sup> /día	71,456
T <sub>R</sub> . CAMA.DE DIGESTION	días	55

**Tabla XXIX:** Parámetros dimensionamiento Barrio Shuyo – Pedregal

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>DATOS</b>
POBLACION FUTURA	hab	791
DOTACION	m <sup>3</sup> .hab/día	0,224
TIEMPO DE RETENCION	h	3
CARGA SUPERFICIAL	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	15
COEF.RETORNO		0,7
PERIODO DISEÑO	años	20
CAUDAL A TRATAR	m <sup>3</sup> /día	177.184
T <sub>R</sub> . CAMA. DE DIGESTION	días	55

**Tabla XXX:** Parámetros dimensionamiento Barrio Shuyo – Santa Cruz

DESCRIPCION	UNIDADES	DATOS
POBLACION FUTURA	hab	2118
DOTACION	m3.hab/día	0,224
TIEMPO DE RETENCION	h	3
CARGA SUPERFICIAL	m3/m2.d	15
COEF.RETORNO		0,7
PERIODO DISEÑO	años	20
CAUDAL A TRATAR	m3/día	474,432
T <sub>R</sub> . CAMA.DE DIGESTION	días	55

**Tabla XXXI:** Parámetros dimensionamiento Barrio Santa Cruz

DESCRIPCION	UNIDADES	DATOS
POBLACION FURURA	hab	2118
DOTACION	m3.hab/día	0,224
TIEMPO DE RETENCION	h	3
CARGA SUPERFICIAL	m3/m2.d	15
COEF.RETORNO		0,7
PERIODO DISEÑO	años	20
CAUDAL A TRATAR	m3/día	474,432
T <sub>R</sub> . CAMA. DE DIGESTION	días	55

### 3.4.5.1 DIMENSIONADO DEL TANQUE IMHOFF PARA EL BARRIO MARIA AUXILIADORA (RED I)

#### a. CAMARA DE SEDIMENTACION

##### i- ANCHO SEDIMENTADOR

Para el dimensionamiento de la cámara de sedimentación, el valor del ancho del sedimentador (b) es un dato asumido por el diseñador, (b ASUMIDO).

En lo referente al valor de Carga Superficial, para determinar el área del sedimentador se toma el valor de  $15 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$  según las normas OPS, indicadas en el capítulo I.

#### AREA DEL SEDIMENTADOR

Empleando los valores anteriores se tiene:

$$As = \frac{Qd}{Cs} \quad \text{Ecuación 27}$$

$$bL = \frac{Qd}{Cs} \quad \text{Ecuación 28}$$

$$bL = \frac{71.4\text{m}^3/\text{d}}{15\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}} = 4.733\text{m}^2$$

#### LONGITUD

$$b=1.5\text{m}$$

$$L = \frac{As}{b} \quad \text{Ecuación 29}$$

$$L = \frac{2.975 \text{ m}^2}{1.5 \text{ m}} = 1.98 \text{ m}$$

## ii .- VELOCIDAD SEDIMENTADOR

El tiempo de retención según la tabla V, detallada en el capítulo I, es también otro parámetro asumido cuyo valor para el presente trabajo es de 3 horas, determinado en la norma OPS.

$$V = \frac{L}{tr} \quad \text{Ecuación 30}$$

$$v = \frac{1.98 \text{ m}}{180 \text{ min}} = 0.011 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

## iii .- VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

$$V = Qd \times tr \quad \text{Ecuación 31}$$

$$V = 71.4 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \left( 3\text{h} \times \frac{1\text{d}}{24\text{h}} \right) = 8.925\text{m}^3$$

## iv.- AREA SECCION TRANSVERSAL (At).

$$At = \frac{V}{L} \quad \text{Ecuación 32}$$

$$At = \frac{8.925\text{m}^3}{1.98\text{m}} = 4.51\text{m}^2$$

## v.- TRIANGULAR CAMARA DE SEDIMENTACION

$$As = A. rec + A. rian.$$

$$As = bc + \frac{b.d}{2} \quad \text{Ecuación 33}$$

$$As = b.c + \frac{b^2}{4} \text{ tang} \alpha$$

$$c = \frac{4.51 - \frac{1.5^2 \times 1.5}{4}}{1.5} = 2.44 \text{ m}$$

**b. CAMARA DE DIGESTION**

**i.- VOLUMEN CAMARA DE DIGESTION**

Con los datos calculados en el numeral 3.4.5, del presente capítulo se procede a calcular el volumen de la cámara de digestión.

$$Vd = P.D$$

Ecuación 34

$$Vd = 319hab \times 0.070 \frac{m^3}{hab} = 22.330 m^3$$

La altura de la cámara de digestión se calcula con la siguiente ecuación.

$$f = Vd - \frac{h^2L}{12Lh}$$

Ecuación 35

$$f = 22.33 - \frac{(2.7^2) * (1.98)}{\frac{12}{1.98*2.7}} = 3.946 m$$

**A) RESUMEN DE MEDIDAS PARA EL DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO**

En el barrio María Auxiliadora llamada Red I, la cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y todos los elementos que constituyen el tanque Imhoff, son medidas de diseño calculadas.

Para la elaboración de planos se tomará en cuenta valores aproximados de los resultados obtenidos en el cálculo matemático, es decir serán cantidades enteras, que se puedan manejar en construcción.

**Tabla XXXII:** Resumen de Medidas Tanque Imhoff Barrio María Auxiliadora

DESCRIPCION	SIMBOLO	UNIDAD (m)
Espacio	a	0,60
Entrada de efluente	b	1,50
Altura rectangular cámara de sedimentación	c	1,32
Inclinación base triangular de c. de sedimentación	d	1,12
Zona neutra	e	0,50
Altura rectangular de cámara de digestión de lodos	f	1,93
Altura base triangular de cámara de digestión	g	0,68
Altura	h	2,70
Largo total del tanque	L	3,17
Ancho	A	2,70
Profundidad	P	5,75
Nº total de tanques Imhoff		2

Siguiendo la misma metodología de cálculo, diseño y dimensionado se indica a continuación las tablas de resumen de medidas para los otros barrios que son: Shuyo – Pedregal denominado Red II, Shuyo – Santa Cruz o Red III y Santa cruz Red IV.

**Tabla XXXIII:** Resumen de Medidas para el Barrio Shuyo - Pedregal

DESCRIPCION	SIMBOLO	UNIDAD (m)
Espacio	a	0,60
Entrada de efluente	b	1,50
Altura rectangular cámara de sedimentación	c	1,31
Inclinación base triangular de c. de sedimentación	d	1,12
Zona neutra	e	0,50
Altura rectangular de cámara de digestión de lodos	f	1,93
Altura base triangular de cámara de digestión	g	0,68
Altura	h	2,7
Largo total del tanque	L	7,87
Ancho	A	2,70
Profundidad	P	5,74
Nº total de tanques Imhoff		2



**Tabla XXXIV:** Resumen de Medidas para el Barrio Shuyo – Santa Cruz

<b>DESCRIPCION</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>UNIDAD (m)</b>
Espacio	a	0,60
Entrada de efluente	b	1,80
Altura rectangular cámara de sedimentación	c	1,20
Inclinación base triangular de c. de sedimentación	d	1,30
Zona neutra	e	0,50
Altura rectangular de cámara de digestión de lodos	f	2,10
Altura base triangular de cámara de digestión	g	0,75
Altura	h	3,00
Largo total del tanque	L	8,80
Ancho	A	3,00
Profundidad	P	6,10
Nº total de tanques Imhoff		4

**Tabla XXXV:** Resumen de Medidas para el Barrio Santa Cruz

<b>DESCRIPCION</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>UNIDAD (m)</b>
Espacio	a	0,60
Entrada de efluente	b	1,80
Altura rectangular cámara de sedimentación	c	1,20
Inclinación base triangular de c. de sedimentación	d	1,30
Zona neutra	e	0,50
Altura rectangular de cámara de digestión de lodos	f	2,10
Altura base triangular de cámara de digestión	g	0,75
Altura	h	3,00
Largo total del tanque	L	8,80
Ancho	A	3,00
Profundidad	P	6,10
Nº total tanques Imhoff		4

Ver Anexo 6/24: Planos Vista de Planta y Cortes de Sección Barrio María Auxiliadora

Ver Anexo: Presupuesto Referencial Tanque Imhoff Barrio María Auxiliadora

Ver Anexo 12/24: Planos Vista de Planta y Cortes de Sección Barrio Shuyo - Pedregal

Ver Anexo 18/24-: Planos Vista de Planta y Cortes de Sección Barrio Shuyo-Santa Cruz

Ver Anexo 24/24: Planos Vista de Planta y Cortes de Sección Barrio Santa Cruz

### 3.4.5.2 DIMENSIONADO DE ERAS DE SECADO

En el presente cálculo se estima la carga orgánica, el volumen de lodo generado en la cámara de digestión del tanque de tratamiento Imhoff, y que está en función de la contribución per cápita de sólidos en suspensión, según las normas OPS y RAS 2000 de Colombia.

#### a. Cálculos Eras de Secado Barrio María Auxiliadora

$$C = \frac{\text{Poblacion} \cdot \text{contribucion percapita} \left( \frac{\text{gSS}}{\text{hab}} \cdot \text{dia} \right)}{1000\text{g}} * 1\text{kg} \quad \text{Ecuación 36}$$

$$C = \frac{319\text{hab} * 62\text{gSS/hab} * \text{dia}}{1000} = 19.78\text{kgSS/dia}$$

#### b. Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en kg ss. /día)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 19.7) + (0.5 * 0.3 * 19.7) = 6.41\text{kgSS/dia}$$

Ecuación 37

#### c. Volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día)

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodo}} * (\% \text{ de solidos} \cdot 100)} \quad \text{Ecuación 38}$$

$$Vld = \frac{6.41\text{kgSS/dia}}{1.04\text{kg/L} * \left( \frac{12}{100} \right)} = 51.28 \text{ L/dia}$$

Donde:

plodo: Densidad de los lodos = 1,04 Kg/L.

% de sólidos = 12

#### **d. Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m<sup>3</sup>)**

$$\text{Vel} = \frac{\text{Vld} \cdot \text{Tr}}{1000} \quad \text{Ecuación 39}$$

$$\text{Vel} = \frac{51 \cdot 28 \frac{\text{L}}{\text{d}} * 55\text{d}}{1000} = 2 \cdot 82\text{m}^3$$

Donde:

Td: Tiempo de digestión, en días

#### **e. Área del lecho de secado (Als, en m<sup>2</sup>)**

$$\text{Als} = \frac{\text{Vel}}{\text{Ha}} \quad \text{Ecuación 40}$$

$$\text{Als} = \frac{2 \cdot 82\text{m}^3}{0 \cdot 40} = 7 \cdot 05 \text{ m}^2$$

Donde:

Ha: Profundidad de aplicación, entre 0.20 a 0.40 m, en este caso se asume 0.40 m.

### **3.4.6 TABLAS DE RESUMEN DE MEDIDAS PARA ERAS DE SECADO**

Con los métodos de cálculo utilizado en el numeral anterior, y con las ecuaciones descritas en el capítulo I, se procede a describir las tablas de resumen de medidas de las eras de secado para los barrios Mará Auxiliadora, Shuyo-Pedregal, Shuyo-Santa Cruz y Santa Cruz.

Las eras de secado están de acuerdo a la cantidad de lodos que recibirán, proveniente de la cámara de biodigestión del tanque Imhoff, una vez realizado el proceso anaerobio que constituye el tratamiento secundario dentro de ésta.

**Tabla XXXVI:** Resumen de Cálculos y Medidas de la eras de secado para el Barrio María Auxiliadora

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
LARGO	m	3.50
ANCHO	m	2.00
PROFUNDIDAD LODO	m	0.40
GRAVA	m	0.15
ARENA	m	0.20
PROFUNDIDAD TOTAL	m	0.85

**Tabla XXXVII:** Resumen de Cálculos y Medidas Barrio Shuyo - Pedregal

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
LARGO	m	3.70
ANCHO	m	2.50
PROFUNDIDAD LODO	m	0.40
GRAVA	m	0.15
ARENA	m	0.20
PROFUNDIDAD TOTAL	m	0.85

**Tabla XXXVIII:** Resumen de Cálculos y Medidas Barrio Shuyo – Santa Cruz

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
LARGO	m	6.20
ANCHO	m	3.50
PROFUNDIDAD LODO	m	0.40
GRAVA	m	0.15
ARENA	m	0.20
PROFUNDIDAD TOTAL	m	0.85

**Tabla XXXIX:** Resumen de Cálculos y Medidas Barrio Santa Cruz

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
LARGO	m	6.20
ANCHO	m	3.50
PROFUNDIDAD LODO	m	0.40
GRAVA	m	0.15
ARENA	m	0.20
PROFUNDIDAD TOTAL	m	0.85

### **3.5 IMPACTOS AMBIENTALES PARA LA CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL Y PLANTA DE TRATAMIENTO**

Debido a que las alternativas propuestas de construcción e implementación de alcantarillado sanitario, pluvial y tanques de tratamiento para el agua residual, implican acciones similares se ha elaborado una sola matriz con los principales impactos ambientales.

Entre los efectos ambientales previsibles tenemos:

- **Empleo.-** En todas las etapas del proyecto existirá un gran beneficio en el ámbito laboral para los moradores del sector.
- **Salud y Seguridad.-** Durante la construcción del sistema de alcantarillado y plantas de tratamiento se deberá evitar los focos de infección por la acumulación de agua lluvia en las zanjas de las tuberías, excavación para la implementación de tanques de tratamiento, el polvo, etc.

En la etapa de funcionamiento se reducirá los índices de morbilidad y mortalidad infantil a causa de la adecuada eliminación de las aguas residuales, incremento del nivel general de Salud de la Población y la reducción de gastos por tratamiento médico a causa de la curación de enfermedades.

- **Paisaje.-** Durante la etapa de construcción se cambiara el paisaje debido a la rotura y/o excavación de vías.
- **Calidad de aire.-** La generación de ruidos, vibraciones y gran contaminación de anhídrido carbónico, producidos por maquinarias pesadas.

- **Ocupación de suelo.-** Las vías serán ocupadas por el material de excavación, de construcción y por tuberías impidiendo el libre acceso.

**Tabla XL:** Impactos Ambientales

IMPACTOS AMBIENTALES				
FACTORES AMBIENTALES	ACCIONES DEL PROYECTO			
	EXCAVACION	INSTALACION DE POZOS DE REVISION	INSTALACION TUBERIAS	CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA PARA PLANTA DE TRATAMIENTO
EMPLEO	(+)	(+)	(+)	(+)
SALUD Y SEGURIDAD	(-)			
PAISAJE			(-)	
CALIDAD DEL AIRE	(-)			
OCUPACION SUELO				(-)
DISPONIBILIDAD DEL AGUA			(-)	

En lo que se refiere a salud y seguridad en el caso de alcantarillado pluvial la descarga se la hará directamente al río Chibunga sin tratamiento previo mientras que para el alcantarillado sanitario se le dará un tratamiento adecuado mediante la implementación de Tanques Imhoff.

### 3.5.1 ANALISIS AMBIENTAL

Los principales impactos ambientales están relacionados con los suelos, vegetación, los servicios públicos, la calidad de vida, la salud y el empleo. Se le ha asignado a cada impacto una magnitud en calificaciones que van desde baja, media, alta y muy alta, tanto en intensidad como en afectación.

Por otra parte la importancia se ha clasificado como temporal, media y permanente según su duración y por el área de influencia se clasifica como puntual, local, regional y nacional.

Según se detalla en el siguiente cuadro, podemos asumir valores de 1 a 10 considerando la magnitud e importancia de cada impacto conjugando la intensidad y afectación, así como la duración del impacto y su área de influencia.

**Tabla XLI:** Escala de Magnitud de la Matriz de Leopold

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>AFECTACIÓN</b>
1	Baja	Baja
2	Baja	Media
3	Baja	Alta
4	Media	Baja
5	Media	Media
6	Media	Alta
7	Alta	Baja
8	Alta	Media
9	Alta	Alta
10	Muy Alta	Alta

**Tabla XLII:** Escala de Importancia de la Matriz de Leopold

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>DURACIÓN</b>	<b>INFLUENCIA</b>
1	Temporal	Puntual
2	Medio	Puntual
3	Permanente	Puntual
4	Temporal	Local
5	Medio	Local
6	Permanente	Local
7	Temporal	Regional
8	Medio	Regional
9	Permanente	Regional
10	Permanente	Nacional

Las calificaciones asignadas a cada impacto se han sistematizado en una matriz, que nos permite valorizar las apreciaciones establecidas respecto de cada uno de los impactos generados por las actividades típicas de la construcción y operación de un sistema de tratamiento.



**Poner matriz**

El balance final de los impactos nos indica que este proyecto tiene una influencia positiva en el ambiente.

Los impactos negativos son de menor importancia, en comparación con la alta calificación de los impactos positivos. Además los impactos negativos tienen una influencia puntual y de corta duración, por lo que no se han previsto acciones de mitigación.

Considerando la conservación de los recursos naturales, estéticos y desarrollo del sistema en estudio, los impactos positivos prevalecen sobre los impactos negativos, ya que, al dotar a una localidad de un sistema de saneamiento se esta preservando la salud y residencia de los pobladores.

# CAPITULO IV

## **CAPITULO IV**

### **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

- Con el diseño de Plantas de tratamiento para agua residual en el sector Santa Cruz Riobamba, se reduce la carga contaminante del río Chibunga en 12.05 kg/día.
- Mediante la caracterización del agua residual del sitio en estudio, se procedió a realizar el dimensionamiento de los Tanques Imhoff como alternativa de tratamiento los mismos que garantizan un 75,0 % de eficiencia en el tratamiento.
- Con los resultados de los: estudios geológicos, de mecánica de suelos y verificación del levantamiento topográfico del sector, los sitios escogidos para la implementación de las plantas de tratamiento dan las facilidades técnicas-constructivas y de disponibilidad de suelos adecuados.
- La alternativa escogida para el tratamiento del agua residual del sector, implica bajos costos económicos de: construcción, operativo y mantenimiento de las plantas de tratamiento.
- La institución auspiciante deberá proveer trimestralmente de programas de capacitación a la junta encargada de administrar la planta de tratamiento durante el primer año de funcionamiento.
- Para la buena eficiencia de la operación y mantenimiento el organismo financiador deberá proveer los equipos necesarios para esta tarea.

- Cumplida la vida útil de los sistemas de tratamiento utilizados en la operación y mantenimiento, la junta administradora deberá reemplazarlos, evitando de esta forma un impacto negativo.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Al ejecutar el proyecto se recomienda considerar todas las especificaciones técnicas y diseños al momento de elaborar las actividades programadas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema descartando defectos de operación, mantenimiento y construcción.
- Con la implementación del sistema de tratamiento propuesto en el sector Santa Cruz, se bajará la contaminación del río Chibunga, pero para eliminar totalmente la contaminación del río es necesario continuar con el diseño e implementación de nuevas plantas de tratamiento en otros sectores que descargan su efluente en el río Chibunga para garantizar un ambiente saludable.
- Los programas de capacitación deberán tener como objetivo el adiestramiento para la limpieza de lodos. Además se recomienda realizar un análisis de laboratorio a estos lodos para su posterior uso en la agricultura.
- Anualmente se debe efectuar una revalorización del estudio de funcionamiento a fin de ajustarlo a la realidad de la localidad, por lo que se sugiere darle mantenimiento cada trimestre por el impacto generado por la presencia de lodos que deberán ser extraído del área de secado.

# **CAPITULO V**

## **CAPITULO V**

### **RESUMEN**

Se diseñó cuatro plantas de tratamiento de agua residual, para el sector Santa Cruz-Riobamba, en los barrios María Auxiliadora, Pedregal, Shuyo y Santa Cruz, con la finalidad de reducir la carga orgánica que éstas generan y son desalojadas sin tratamiento al río Chibunga, realizando un estudio previo: medición de caudales, tamaño de la población según el censo del 2001 realizado por el INEC, empleándose el método geométrico para una proyección de 20 años, estudios topográficos, geológicos, nivel freático, tipo de suelo.

El diseño está de acuerdo a las normas técnicas que rigen: SSA, RAS de Colombia, OPS, cálculos y metodología seguida para todas las plantas de tratamiento. Efectuándose el análisis físico-químico y microbiológico del agua residual.

Con los estudios y resultados la planta de tratamiento más adecuada para reducir la carga contaminante en 12.05 kg/día que está dentro de los límites permisibles estipulado en el Texto Unificado de Legislación Ambiental, que rige el presente estudio para lo cual emplea un tratamiento preliminar para la eliminación de sólidos gruesos mediante rejillas de barras, un tratamiento secundario correspondiente a tanque Imhoff que consta de una cámara de sedimentación, una cámara de biodigestión de lodos con dimensiones: longitud 3.17 m, ancho 2.70 m y profundidad 5.75m, una era de secado de ancho 2m, longitud 3.50m, profundidad de 0.85 m, cuya eficiencia de la planta es del 75 % ocupando un área total de 300 m<sup>2</sup>.

Recomendándose que al ejecutar el proyecto se consideren todas las especificaciones técnicas y diseños al momento de elaborar las actividades programadas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema descartando defectos de operación y mantenimiento.



## SUMMARY

Four residual water treatment plants have been designed for the sector Santa Cruz, Riobamba, in the neighborhoods María Auxiliadora, Pedregal, Shuyo and Santa Cruz to reduce the organic load generated by them being discarded without any treatment to the Chibunga river, carrying out a previous study, volume measurement, population size according to the 2001 census carried out by INEC, using the geometric method for a 20-year projection, topographic, geological, freatic level and soil type studies. The design agrees with the technical norms SSA, RAS of Colombia, OPS, calculi and methodology followed by all treatment plants. The physical and chemical and microbiological analysis of the residual water was performed. With the studies and results the most adequate treatment plant to reduce the pollutant load is the one with 12.05 kg7/ day which is within the permissible limits of the Unified Text of Environmental Legislation which regulates the present study. For this a preliminary treatment is used to eliminate thick solids through grills, a secondary treat men corresponding to the Imhoff tank which consists of a sedimentation chamber, a mud bio-digestion chamber with the following measurements: 3.17 m long, 2.70 m wide and 5.75 m deep; a drying area, 2 m wide, 3.50 m long and 0.85 m deep whose plant efficiency is 75 % occupying 300 m<sup>2</sup> total area. It is recommended to carry out the project considering all the technical specifications and designs at the moment of elaborating the programmed activities to guarantee the correct system functioning discarding operation and maintenance defects.

# CAPITULO V

## CAPITULO V

### 5 BIBLIOGRAFIA

- (1). ARELLANO, A. Documento de Clase Tratamiento de Aguas Residuales, pp. 2- 4, 6 – 14-25.
- (2). CRITES. R. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, s.f. pp. 21- 45, 328 -330, 665 -667.
- (3). STAFFORD, D. et. al. How To Design an Anaerobic Digester. South Wales: s.ed, s.f. pp. 43 - 82.
- (4). ECUADOR. Ministerio de Ambiente, Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2<sup>a</sup>. ed. snt. Anexo 6, pp. 2- 15.
- (5). ECUADOR. Ministerio de Obras Públicas y Transporte Terrestre. Manual de Diseño para Estudios de Agua Potable y Residual: Programa de Asistencia. Quito: MOP. Octubre 1984. pp. 15-20, 32-35.
- (6). CLESCERI, L.; GREENBERG. A. y TRUSSELL, R. Métodos. Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales. 17ava ed. Madrid: Días de Santos, 1992. pp. 3-14, 3-15, 3-16, 3-17.
- (7). OPS. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos: tanques Imhoff y lagunas de estabilización. Lima: OPS, 2005. pp. 5-10, 14-22, 25-30.

(8). Honorable Consejo Provincial de Chimborazo. Plan de Desarrollo de la Provincia de Chimborazo, Riobamba: Gobierno de la Provincia de Chimborazo. 2007. pp. 12-15, 18-25, 46-55.

(9). PERIODISMO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

<http://www.fimcm.espol.edu.ec/Webpages/help/seminario/docs/ministerio-ambiente.doc>.

2008, 05.

(10). RESIDUOS ORGÁNICOS EN AGUAS RESIDUALES. REVISTA INDUAMBIENTE SANTIAGO DE CHILE. (082).

<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/100CAcu.hm>.

2008,09.

(11). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.

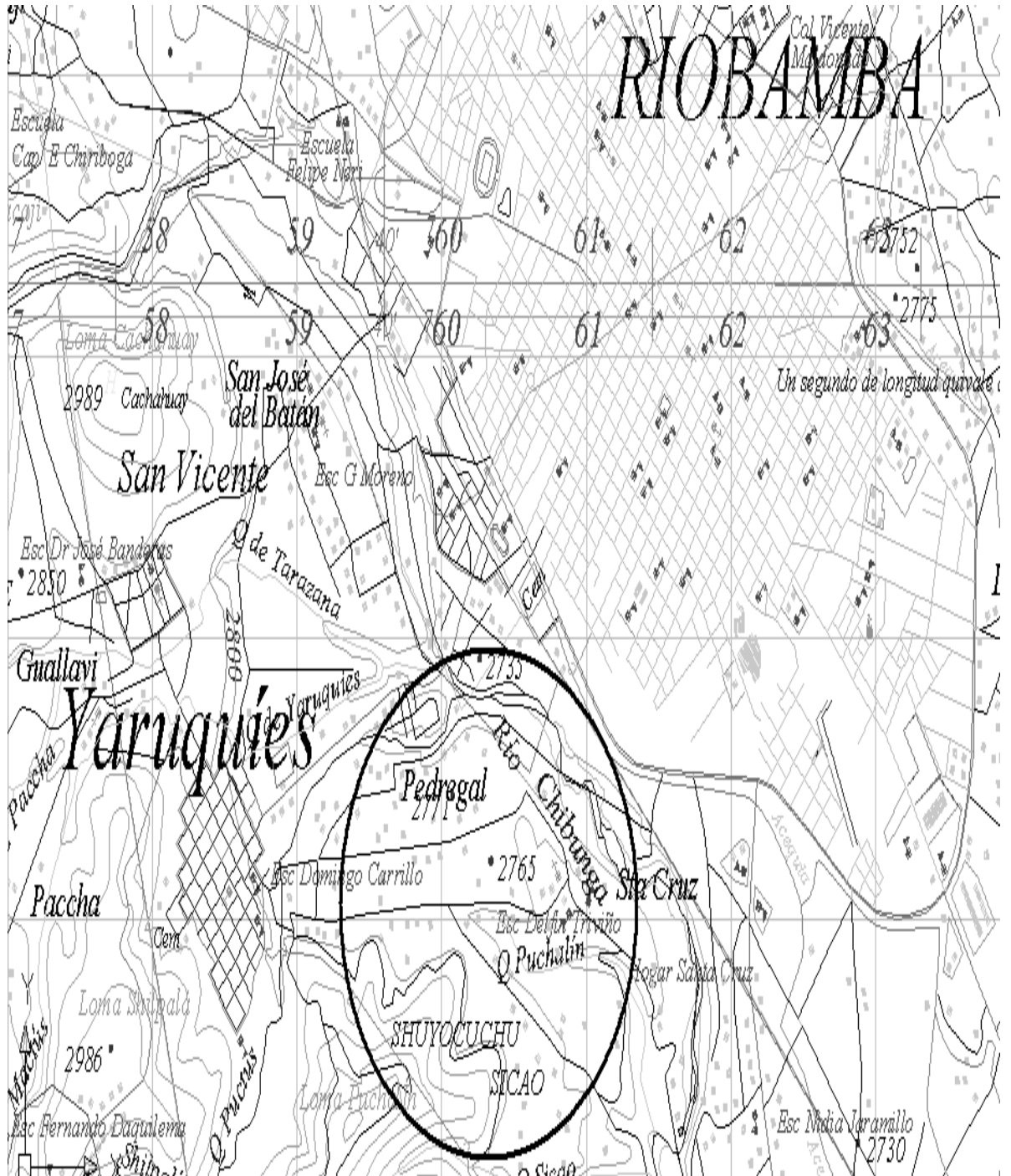
Aplicaciones de Plantas de Tratamiento en aguas Residuales Domesticas.

<http://www.educ.ar>.

2008,11.

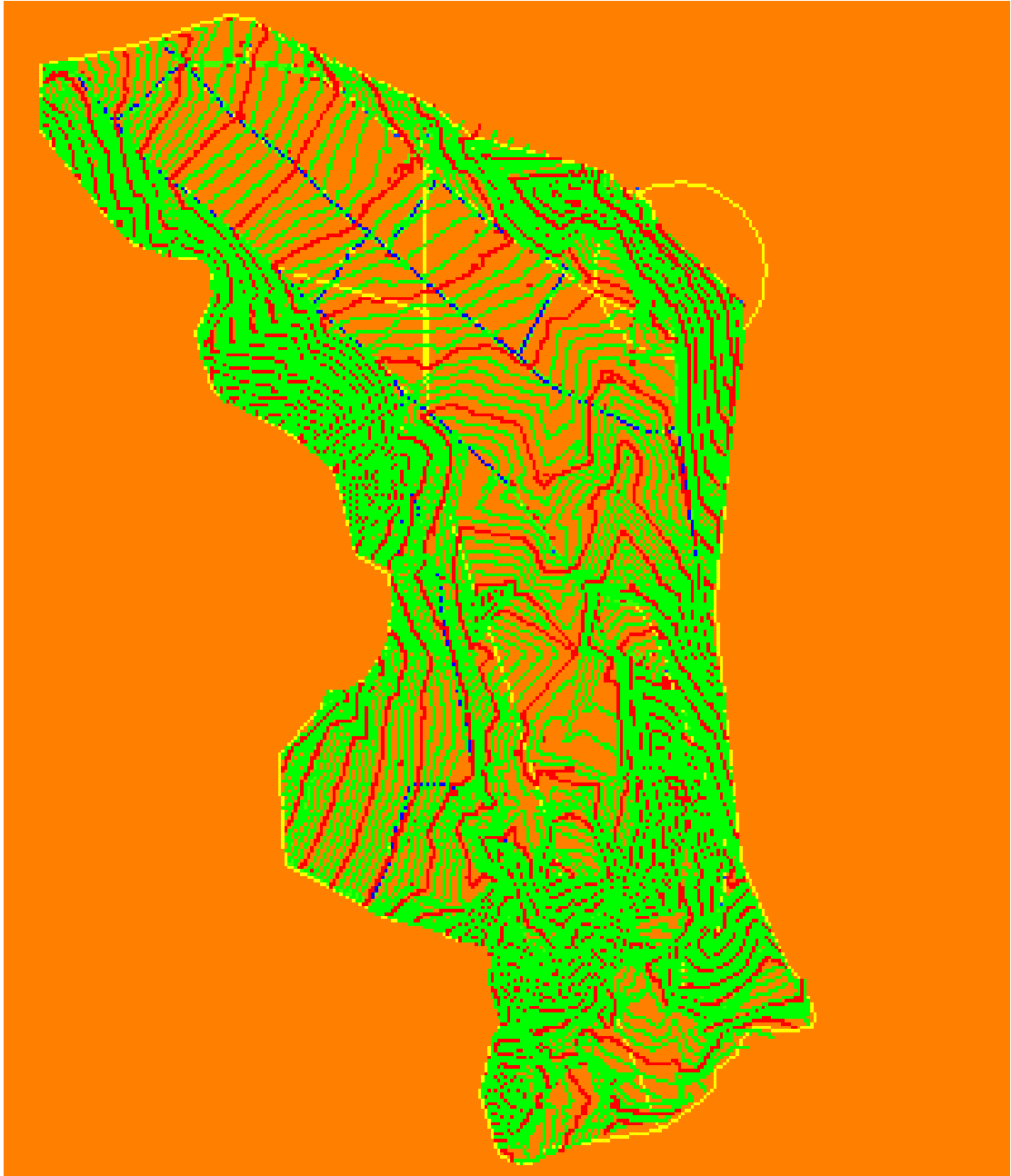
# **ANEXOS**

**ANEXO A: Mapa Cartográfico Ubicación Sector Santa Cruz y Rio Chibunga**



**FUENTE:** Instituto Geográfico Militar

**ANEXO B:** Plano Topográfico del Sector Santa Cruz correspondiente a los Barrios María Auxiliadora, Shuyo, Pedregal y Santa Cruz



**FUENTE:** H. Consejo Provincial de Chimborazo

### ANEXO C: Permeabilidad de la Zona



FUENTE: Ministerio de Energía y Minas Dinage

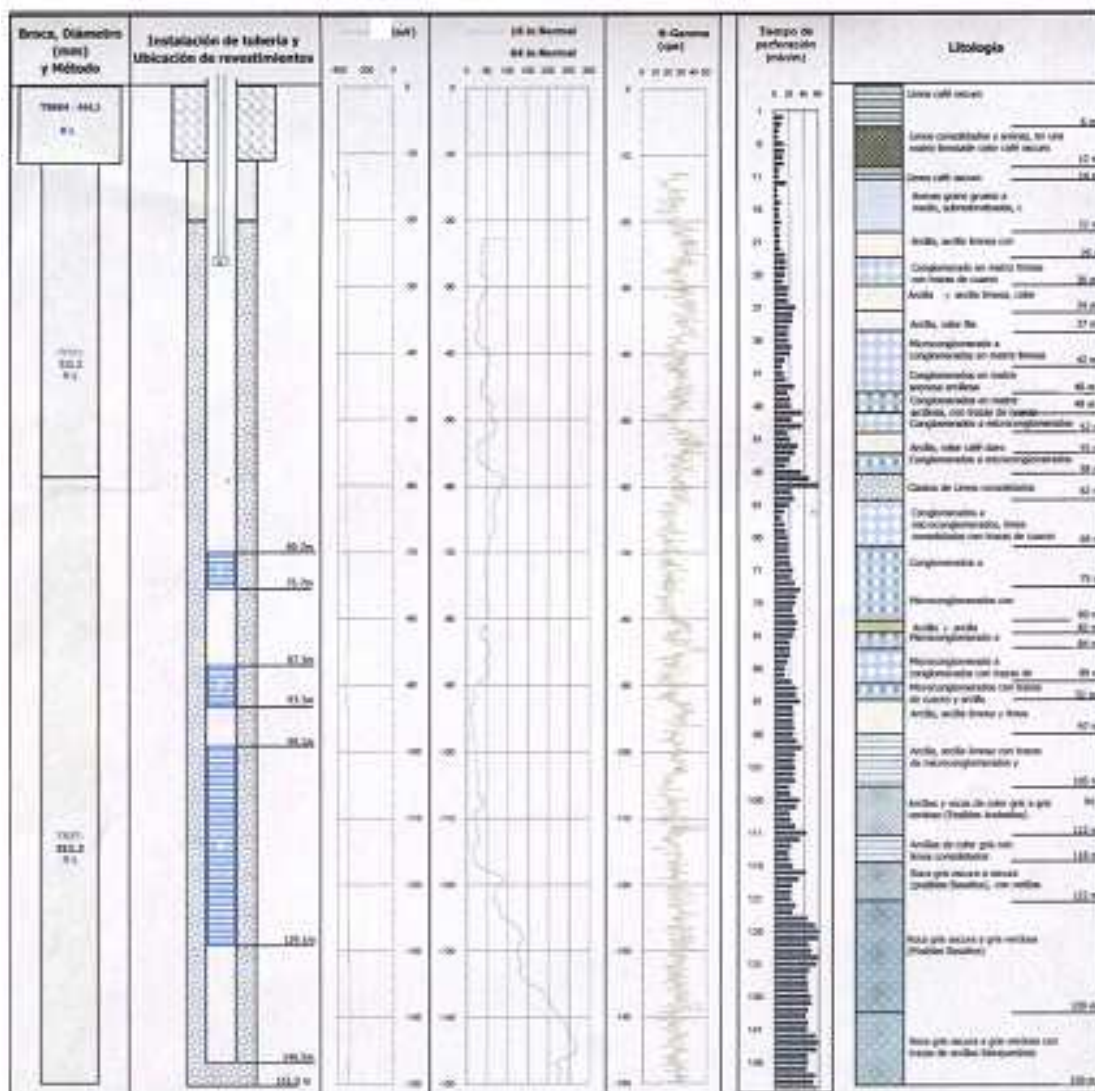


**ANEXO D: Simbología de la Zona**



**FUENTE:** Ministerio de Energía y Minas Dinage

ANEXO E: Litología Transversal de la zona

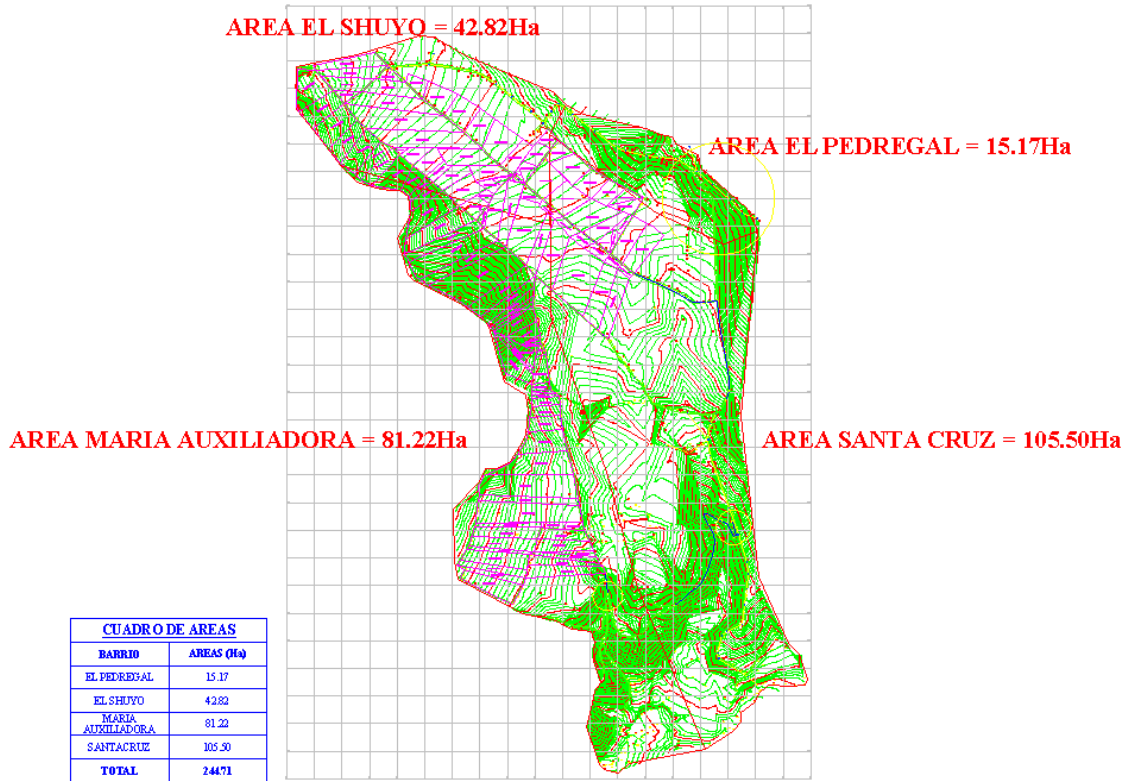


SIMBOLOGIA

- IRMM = Tricone – Médium hard
- IRIT = Tricone – Isert Type
- RL = Rotatorio con lodo
- TA = Relleno (Tierra y Arena)
- G = Grava Clasificada
- S = Sello de Bentonita

FUENTE: Honorable Concejo Provincial de Chimborazo – Proyecto Japón

**ANEXO F: Plano de Ubicación de Plantas de Tratamiento**



**FUENTE:** H. Concejo Provincial de Chimborazo

**ANEXO NORMA SSA.**

**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)**

**5.4 TRATAMIENTO PRIMARIO**

**5.4.1 Generalidades**

**5.4.1.1** El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga del tratamiento biológico, en caso de ser necesario. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final, siendo los más usados los procesos de digestión anaeróbica y lechos de secado.

**5.4.1.2** Los procesos de tratamiento primarios para las aguas residuales pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación.

**5.4.2 Tanques Imhoff**

**5.4.2.1** Son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior.

**5.4.2.2** Para el diseño de la zona de sedimentación se considerará un volumen mínimo de 1 500 litros, utilizando los siguientes criterios:

a) Se determinará el área requerida para el proceso con una carga superficial de 1 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>.h).

- b) El período de retención nominal será entre 1 h a 1,5 h. Del producto de la carga superficial y el período de retención se obtendrá la profundidad.
- c) Alternativamente se dimensionará la cámara de decantación con una tasa de 30 litros por habitante.
- d) El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados, hacia la arista central será del 67% al 80%.
- e) En la arista central se dejará una abertura para el paso de los sólidos de 0,15 m a 0,2 m.
- f) El borde libre será entre 0,3 m a 0,6 m.
- g) Las estructuras de entrada y salida, así como otros parámetros de diseño serán los mismos que para los sedimentadores rectangulares convencionales.

**5.4.2.3** Para el diseño del compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (zona de digestión) se considerará un volumen mínimo de 3 000 litros, utilizando los siguientes criterios:

- a) El compartimiento será dimensionado para almacenar lodos durante un período de 60 d, al cabo del cual se considera completa la digestión. Para el efecto se determinará la cantidad de sólidos en suspensión removida, en forma similar que para un sedimentador primario. El volumen se determinará considerando la destrucción del 50% de sólidos volátiles, con una densidad de 1,05 kg/l y un contenido promedio de sólidos del 12,5% (al peso).
- b) Alternativamente se determinará el volumen del compartimiento de lodos considerando un espacio de 60 litros por habitante.
- c) El fondo del compartimiento tendrá la forma de un tronco de pirámide, cuyas paredes tendrán una inclinación de 30° a 45° con respecto a la horizontal.

**5.4.2.4** Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y las del sedimentador (zona de espumas) se considerará un volumen mínimo de 1 500 litros, usando los siguientes criterios:

- a) El espaciamiento libre será de 0,6 m como mínimo.
- b) La superficie libre total será por lo menos 20% y preferiblemente 30% del área total del compartimiento de digestión.
- c) Alternativamente se determinará el volumen de la zona de espumas usando una tasa de 30 litros por habitante.

**5.4.2.5** Las facilidades para remoción de lodos digeridos deben ser diseñadas en forma similar que para sedimentadores primarios, considerando que los lodos son retirados para secado en forma intermitente. Para el efecto se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) El diámetro mínimo de las tuberías de remoción de lodos será de 20 cm.
- b) La tubería de remoción de lodos debe estar 15 cm. por encima del fondo del tanque.
- c) Para remoción hidráulica del lodo se requiere por lo menos una carga hidrostática de 1,5 m.

**5.4.2.6** Para dimensionamiento de tanques Imhoff circulares, pueden considerarse las siguientes recomendaciones en lo que tienen relación con el diámetro:

**TABLA X. 5:** Recomendaciones para dimensionamiento de tanques Imhoff

<b>POBLACION CONTRIBUYENTE, Hab</b>	<b>DIAMETRO, m</b>
250	2.5 - 3.5
500	3 - 4
750	3.5 - 4.5
1000	4 - 5
1500	5 - 6
2000	6 - 7
2500	7 - 8

### **5.4.3 Tanques de sedimentación**

**5.4.3.1** Los tanques de sedimentación pequeños deben ser proyectados sin equipos mecánicos. La forma de ellos puede ser rectangular (con varias tolvas de lodos) y circular o cuadrado (con un diámetro máximo de 3,6 m y una tolva de lodos central, como en el caso de los sedimentadores tipo Dortmund). En estos casos la inclinación de las paredes de las tolvas de lodos será de por lo menos 60° con respecto a la horizontal. La remoción de lodos es por lo general hidrostática y no requiere de equipos. Los parámetros de diseño son similares a los de sedimentadores con equipos.

**5.4.3.2** El uso de tanques de sedimentación convencionales implica la utilización de equipos mecánicos caros para barrido de lodos y transporte a los procesos de digestión y secado, por lo cual se debe tener en cuenta el costo de todas estas facilidades adicionales que encarecen el proyecto.

**5.4.3.3** Los parámetros de diseño de tanque de sedimentación primaria y sus eficiencias deben idealmente ser determinados experimentalmente. Cuando se

diseñen tanques convencionales de sedimentación primaria sin datos experimentales se utilizarán los siguientes criterios de diseño:

- a) Los canales de repartición y entrada a los tanques deben ser diseñados para el caudal máximo horario.
- b) Los requisitos de área deben determinarse usando cargas superficiales entre 30 m<sup>3</sup>/d y 60 m<sup>3</sup>/d basado en el caudal medio de diseño, lo cual corresponde a una velocidad de sedimentación de 1,25 m/h a 2,5 m/h.
- c) El período de retención nominal será entre 1,5 h a 2,5 h (recomendable <2 h), basado en el caudal medio de diseño.
- d) La profundidad se obtiene del producto de los dos parámetros antes indicados y debe estar entre 3 m y 3,5 m (recomendable 3 m).
- e) La relación largo/ancho debe estar entre 3 y 10 (recomendable 4) y la relación largo/profundidad debe ser igual o menor que 30.
- f) La carga hidráulica en los vertederos será de 125 m<sup>3</sup>/d a 500 m<sup>3</sup>/d por metro lineal (recomendable 250), basado en el caudal medio de diseño.
- g) El volumen de lodos primarios deben calcularse para las condiciones de operación de cada cinco años y para el final del período de diseño (con el caudal medio de diseño), con las remociones de sólidos del proceso y los datos de la tabla X.7.



**TABLA X.7:** Recomendaciones para el cálculo del volumen de lodos

CONCENTRACION DE SOLIDOS EN % GRAVEDAD			
TIPO DE LODO PRIMARIO	ESPECIFICA	RANGO	RECOMENDADO
CON ALCANTARILLADO SANITARIO	1.03	4-00 - 12.00	6.00
CON ALCANTARILLADO COMBINADO	1.05	4-00 - 12.01	6.00 - 6-05
CON LODO ACTIVADO EN EXCESO	1.03	3-00 - 10-00	4-00

- h) El retiro de los lodos del sedimentador debe efectuarse en forma cíclica e idealmente a gravedad. En donde no se disponga de carga hidrostática se debe retirar por bombeo en forma cíclica, ya que el tamaño del equipo de bombeo y la velocidad requerida en los conductos, no permiten un flujo constante, por lo cual se debe usar un tipo de bomba adecuado. Para lodo primario se recomiendan en el orden indicado las bombas rotativas de desplazamiento positivo, las bombas diafragma, las bombas pistón y las bombas centrífugas con impulsor abierto. Para un adecuado funcionamiento a lo largo de la vida de la planta, es recomendable la instalación de motores de velocidad variable e interruptores cíclicos con ciclos de funcionamiento entre 0,5 h y 4 h y tiempos entre arranque y parada por encima de 20 min. El sistema de conducción de lodos debe incluir un dispositivo para medición del caudal. Mayores detalles sobre equipos de bombeo de lodos se dan en otra sección de las normas.
- i) El volumen de la tolva de lodos debe ser comprobado para almacenamiento de los lodos durante el tiempo de fuera de funcionamiento del ciclo. La velocidad en la tubería de salida del lodo primario debe ser por lo menos 0,9 m/s.

**5.4.3.4** El mecanismo de barrido de lodos de tanques rectangulares tendrá una velocidad entre 0,6 m/min y 1,2 m/min., para evitar la formación de corrientes mezcladoras.

**5.4.3.5** Las características de tanque circulares de sedimentación serán las siguientes:

- a) Profundidad: de 3 m a 5 m.
- b) Diámetro: de 3,6 m a 60 m (recomendable de 12 m a 45 m).
- c) Pendiente de fondo: de 6% a 16% (recomendable 8%).

**5.4.3.6** El mecanismo de barrido de lodos de tanques circulares tendrá una velocidad de rotación de 1 a 3 revoluciones por hora, siendo 2 un valor recomendable.

**5.4.3.7** El sistema de entrada al tanque será diseñado en tal forma que garantice la distribución uniforme del líquido a través de la sección transversal y se eviten cortocircuitos.

**5.4.3.8** El sistema de vertederos de salida se diseñará de manera que se evite la formación de corrientes que promuevan el arrastre de sólidos sedimentados.

**5.4.3.9** Se deberá diseñar un sistema de recolección de natas, las que deben recogerse en un pozo especial, para transporte desde allí hasta el proceso de digestión.

**5.4.3.10** La pendiente mínima de la tolva de lodos será 1,7 vertical a 1 horizontal. En el caso de sedimentadores rectangulares, cuando la tolva sea demasiado ancha, se deberá proveer un barredor transversal desde el extremo hasta el punto de extracción de lodos.

## **5 Cartografía y topografía**

**5.2.5.1** Para el diseño de las obras hidráulicas de proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano, industrial o agroindustrial se debe identificar los posibles sitios de regulación, captación y rutas de conducción, sobre cartas topográficas en escala 1:25 000 a 1:50 000.

**5.2.5.2** Para los estudios de hidrología y climatología se podrán usar cartas topográficas en escala 1:100 000 o cartas planimetrías en escala 1:50 000.

**5.2.5.3** Sobre los planos topográficos indicados en 5.2.5.1 se ubicarán los posibles sitios de regulación y captación, se determinarán las longitudes aproximadas de los canales, túneles y tuberías desde la fuente de abastecimiento hasta el lugar destinado a la purificación y almacenamiento de agua potable.

Se establecerán las cotas de la posible toma, desarenadores, tanques de carga, sifones, reservorios de agua cruda, planta de tratamiento, reservorio de agua tratada, etc. Se estudiará la posición de los caminos de acceso y se estimará la longitud de nuevos caminos de construcción y mantenimiento del proyecto.

**5.2.5.4** En las zonas donde no existan planos topográficos se utilizarán cartas planimetrías en escala 1:50 000 y se completará esta información mediante procesos de restitución aerofotogrametría expeditiva, en base a fotografías aéreas disponibles de la zona.

**5.2.5.5** Una vez identificado el proyecto en los mapas y planos topográficos se debe realizar recorridos de campo a fin de observar las características de la cuenca y de los sitios de las obras, en estos recorridos se debe verificar algunos datos

obtenidos de los mapas y planos topográficos, a saber: En el sitio de toma: la pendiente del río, ancho del cauce, forma del perfil transversal, cota aproximada del cauce, huellas de la máxima creciente, etc.; en los sitios para desarenadores y tanques de carga de sifones: la pendiente transversal y longitudinal del terreno, ancho de la posible plataforma, cota aproximada, distancia y desnivel hasta el río; en la conducción: la pendiente transversal del terreno de tramos característicos, la orientación de las obras, la ubicación de puntos obligados, las facilidades de acceso, las longitudes de las tuberías, los desniveles de las obras de arte, etc. En estos trabajos de comprobación preliminares se debe utilizar brújula, alfiler, clinómetro, nivel de mano, taquímetro o telémetro.

**5.2.5.6** Para el diseño definitivo de proyectos de abastecimiento de agua se realizará los siguientes trabajos topográficos:

- Poligonales de enlace a los vértices geodésicos de la red nacional del IGM; (ver numeral 5.2 de la tercera parte de estas normas).
- Poligonales cerradas para el diseño de las obras de captación, desarenadores, canales, túneles, tuberías, etc.; nivelación geométrica de precisión para enlace de puntos específicos del proyecto a cotas de control fijo; levantamientos topográficos de franjas para el trazado de canales y tuberías, a escala 1:1 000 con curvas de nivel cada metro en terrenos ondulados y cada 0,5 m en terrenos planos; levantamientos topográficos de detalle a escala 1:250 con curvas de nivel cada 0,5 m, para estudios específicos.

Los levantamientos topográficos deben restringirse a las áreas de interés para el diseño de las estructuras y alcanzar como máximo el perímetro de la zona de protección sanitaria inmediata.

Los planos topográficos se dibujarán en hojas tamaño INEN A1, con simbología y normas cartográficas convencionales, utilizando papel de fácil reproducción.

**5.2.5.7** Los vértices de los polígonos, las referencias y BMS deben ser mojonados en lugares estables, por lo menos cada kilómetro, mediante mojones de hormigón simple enterrados. Cada mojón será denominado según el tipo de obra y grabada su denominación en bajo relieve.

**5.2.5.8** Una vez establecido el trazado aproximado de la conducción, se debe proceder a la determinación del trazado definitivo, mediante el replanteo del eje sobre el terreno.

El trazado definitivo de las líneas de conducción debe ser señalado en el terreno mediante marcas fijas, con la máxima garantía de permanencia y tratando siempre de mantener un enlace con la red nacional del IGM.

**5.2.5.9** En la realización de trabajos topográficos se debe emplear distanciómetros electrónicos, niveles de precisión y más equipos auxiliares, los mismos que deben encontrarse en perfecto estado de funcionamiento.

**5.2.5.10** La precisión y modo de realización de los trabajos topográficos será establecida en las especificaciones técnicas que se preparen para cada proyecto.

**ANEXO NORMA RAS – 2000 DE COLOMBIA**

**REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS – 2000 SECCIÓN II TÍTULO E, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE DE 2000 (RAS 2000).**

**5 ESTIMACIÓN DE CARGA UNITARIA**

Deben hacerse estimativos de carga unitaria de origen doméstico con base en las jornadas de mediciones de caudales y concentraciones de sustancias contaminantes. En caso de no contar con mediciones, porque no existen sistemas de alcantarillado, deben utilizarse los valores de la tabla E.2.6. Si existe información relevante de comunidades cercanas y semejantes, se puede usar esta. RAS 2.000. Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Aportes per cápita para aguas residuales domésticas:

PRMETRO	INTERVALO	VALOR SUGERIDO
DBO 5 días, 20°C, g/hab/día	25 – 80	50
Sólidos en suspensión, g/hab/día	30 – 100	50
NH <sub>3</sub> -N como N, g/hab/día	7.4 – 11	8.4
N Kjeldahl total como N, g/hab/día	9.3 - 13.7	12.0
Coliformes totales, #/hab/día	2x10 <sup>8</sup>	2 x10 <sup>11</sup>

**E.2.6 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Debe seguirse lo establecido en el Titulo D del Reglamento.

### **E.2.7 ESTUDIOS DE TRATABILIDAD Y/O TOXICIDAD**

Se debe hacer un estudio de tratabilidad para el nivel de complejidad alto.

- Deben efectuarse estudios de toxicidad a los microorganismos aerobios y anaerobios en plantas de tratamiento biológico en el nivel alto de complejidad del sistema. Otros niveles los pueden hacer de considerarse necesario. Deben medirse metales pesados, ya que en altas concentraciones son tóxicos para los organismos degradadores y para el cuerpo de agua receptor. Estos son cromo (Cr), plomo (Pb), níquel (Ni), arsénico (As), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cobre (Cu), zinc (Zn). Para el tratamiento biológico se considera tóxica una concentración total acumulada de metales pesados mayor de 2 mg/L. También deben medirse VOC (Compuestos orgánicos volátiles). En aguas residuales domésticas, el contenido de VOC es comúnmente menor de 400 mg/L Las pruebas de toxicidad deben realizarse según la norma GTC 31, "GUIA PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE TOXICIDAD", del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Al finalizar la caracterización debe efectuarse un análisis estadístico de los datos generados en caso de resultar no representativos, debe procederse a ampliar las campañas de caracterización.
- Parámetros de diseño El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto.

- El tanque debe tener  $0.25\text{m}^2$  de área por cada litro por segundo, una relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:18, una velocidad ascendente mínima de 4mm/s.
- **E.3.3.3 Entradas y salidas** Deben colocarse elementos controladores de flujo en las entradas para protección contra sobrecargas o alimentaciones repentinas. El diámetro de la entrada debe ser de un diámetro mínimo de 50 mm y el de la salida de por lo menos 100 mm. El extremo final del tubo de entrada debe tener una sugerencia de por lo menos 150 mm. El tubo de salida haga la recolección debe localizarse por lo menos a 150 mm del fondo del tanque y con una sugerencia de por lo menos 0.9m.

### **TANQUE SÉPTICO**

Son tanques generalmente subterráneos, sellados, diseñados y construidos para el saneamiento rural.

Deben llevar un sistema de postratamiento. Se recomiendan solamente para:

- Áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillados.
- Alternativa de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.
- Retención previa de los sólidos sedimentables, cuando la red de alcantarillado presenta diámetros reducidos.

No está permitido que les entre:

- Aguas lluvias ni desechos capaces de causar interferencia negativa en cualquier fase del proceso de tratamiento.
- Los efluentes a tanques sépticos no deben ser dispuestos directamente en un cuerpo de agua superficial. Deben ser tratados adicionalmente para mejorar la calidad del vertimiento.



#### **E.3.4.1 Tipos**

Se permiten los siguientes tipos de pozos sépticos:

- Tanques convencionales de dos compartimentos.
- Equipados con un filtro anaerobio.
- Según el material: de concreto o de fibra de vidrio o de otros materiales apropiados.
- Según la geometría: rectangulares o cilíndricos

#### **E.3.4.2 Localización**

Deben conservarse las siguientes distancias mínimas: 1.50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración. 3.0 m distantes de arboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua. 15.0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

#### **E.3.4.3 Dimensionamiento**

##### **E.3.4.3.1 Volumen útil**

El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Rendimiento del proceso de tratamiento.
- Almacenamiento de lodos.
- Amortiguamiento de caudales pico.

#### **E.3.4.3.2 Geometría**

Los tanques pueden ser cilíndricos o prismáticos rectangulares. Los cilíndricos se utilizan cuando se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, y los prismáticos rectangulares en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad.

#### **E.3.4.3.3 Medidas internas mínimas recomendadas**

Profundidad útil. Debe estar entre los valores mínimos y máximos dados, de acuerdo con el volumen útil obtenido.

Diámetro interno mínimo de 1.10 m, el largo interno mínimo de 0.80 m y la relación ancho / largo mínima para tanques prismáticos rectangulares de 2: 1 y máxima de 4: 1

**E.3.4.3.4** Número de cámaras: Se recomiendan cámaras múltiples, en serie para tanques de volúmenes pequeños a medianos, que sirvan hasta 30 personas. Para otros tipos de tanques, se recomienda lo siguiente:

- Tanques cilíndricos: tres cámaras en serie.
- Tanques prismáticos rectangulares: dos cámaras en serie.

#### **E.3.4.3.5 Filtro de grava**

Se recomienda para el dimensionamiento utilizar la siguiente metodología:

**E.3.4.3.5.1** Volumen útil del medio filtrante el diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Atascamiento.
- Área específica.
- Tiempo de contacto.
- Granulometría.