



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil



SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS PLANTAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RURAL DEL CANTÓN CUENCA – AZUAY

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

Autores:

David Emmanuel Alvarado Zenteno

Carlos Adrián Cárdenas Cárdenas

Director:

Diego Benjamín Idrovo Murillo

Cuenca - Ecuador

2015



RESUMEN

En el sector rural del Cantón Cuenca existen 32 plantas de tratamiento de agua residual. En esta tesis, se elaboró una ficha auto-contenida la cual se refiere a las principales características de cada una de las plantas; en base a una inspección realizada, entre el 10 de diciembre de 2014 y el 17 de enero de 2015, se evaluó en forma general el estado físico. A más de esto se realizó una revisión bibliográfica de las tecnologías de tratamiento empleadas en el sector rural del cantón Cuenca. Por otro lado se recopiló y organizó datos de evaluaciones realizados en los años 2005, 2009, 2010 y 2014, luego se obtuvieron valores promedio para cada uno de los parámetros de remoción; se analizó la eficiencia de fosa séptica, filtro anaerobio y humedal artificial. Las visitas de campo a las PTAR's se efectuaron con la colaboración del personal de ETAPA EP, habiéndose concluido que: las plantas cuentan con muy poco espacio para las labores de mantenimiento y en algunas de ellas se hace imposible el acceso; de acuerdo a los datos analizados existe un alto ingreso de aguas ilícitas al alcantarillado sanitario, por lo cual es necesario dar una mayor atención a la hora de diseñar, construir y mantener el sistema de depuración y alcantarillado.

Palabras Claves:

Plantas de Depuración de Aguas Residuales, Sector Rural del Cantón Cuenca, Ficha auto – contenida, Fosa Séptica, Filtro Anaerobio, Humedal Artificial, ETAPA EP, Afluente, Efluente, Caudal de aguas ilícitas.



ABSTRACT

There are 32 waste water treatment plants around the rural area of Cuenca city. For this work, a record card was developed for each of those treatment plants. The record card included all the main characteristics of the plant, which were observed during inspections carried out between December 10th and January 15th. Furthermore, a bibliographic review of treatment technologies applied in the rural area was made. On the other hand, data from past evaluations performed in the plants (years 2005, 2009, 2010 and 2014) was collected and organized. With this data, the average values of the removal parameters were obtained and the removal efficiency of the septic tanks, anaerobic filters and wetlands was analyzed. Staff from ETAPA collaborated for the field visits to the treatment plants, with whom it was concluded that: the wastewater treatment plants do not have enough space for the maintenance work that is required and some of the plants do not even have an enabled access; there is a high contribution of illicit water to the sewage system which must be noticed when designing, building and maintaining the wastewater system (treatment plants and sewerage).

Key words:

Wastewater treatment plants, Rural area of Cuenca city, Record card, Septic tank, Anaerobic filter, Constructed wetland, ETAPA EP, influent, effluent, illicit flow.



INDICE DE CONTENIDO

1.	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1	Antecedentes	14
1.2	Objetivo General	14
1.3	Objetivos Específicos	15
2	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1	Introducción.....	15
2.2	Origen y composición de las aguas residuales	16
2.3	Características de las aguas residuales.....	17
2.3.1	Características Físicas.	17
2.3.2	Características Químicas.....	21
2.3.3	Características biológicas.....	30
2.4	Caudal de aguas residuales.....	34
2.4.1	Caudal de infiltración	36
2.4.2	Caudal de aguas ilícitas.....	37
2.4.3	Caudales concentrados o adicionales.	38
2.5	Proceso de Tratamiento	38
2.5.1	Tratamiento preliminar.....	39
2.5.2	Tratamiento primario.....	41
2.5.3	Tratamiento secundario.	44
2.5.4	Tratamiento terciario.....	51
3	CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
3.1	Análisis de datos	52
3.1.1	Caracterización de las aguas residuales.	52
3.1.2	Análisis de eficiencia de fosa séptica, filtro anaerobio y humedal artificial.....	56
3.1.3	Evaluación Física de las Plantas de Depuración de Agua Residual del sector Rural del Cantón Cuenca, Azuay	64
	Resumen de las visitas a las plantas.....	65
4	CAPITULO IV: CONCLUSIONES.....	68
5	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	70
6	ANEXOS.....	74



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Temperatura de las PTAR's del Cantón Cuenca.....	18
Tabla 2: Sólidos Suspendidos de las PTAR's del Cantón Cuenca.....	19
Tabla 3: Sólidos sedimentables de las PTAR's del Cantón Cuenca.	20
Tabla 4: Sólidos Totales de las PTAR's del Cantón Cuenca.....	21
Tabla 5: DBO5 de las PTAR's del Cantón Cuenca.	24
Tabla 6: DQO de las PTAR's del Cantón Cuenca.	25
Tabla 7: Biodegradabilidad del Agua Residual.....	25
Tabla 8: Relación DBO5/DQO en PTAR's del cantón Cuenca.....	26
Tabla 9: pH de las PTAR's del Cantón Cuenca.....	27
Tabla 10: Cloruros de las PTAR's del Cantón Cuenca.....	28
Tabla 11: Nitratos y Nitritos de las PTAR's del Cantón Cuenca.....	29
Tabla 12: Fósforo Total de las PTAR's del Cantón Cuenca.....	29
Tabla 13: Clasificación de los Microorganismos.....	31
Tabla 14: Coliformes Totales de las PTAR's del Cantón Cuenca.	33
Tabla 15: Factor de Mayoración en el sector Rural del Cantón Cuenca.	36
Tabla 16: Caudal teórico ilícito en el sector Rural del Cantón Cuenca.....	38
Tabla 17: Rendimientos promedio de los procesos anaerobios.....	44
Tabla 18: DBO5 de las plantas del sector rural de Cuenca.....	52
Tabla 19: DQO de las plantas del sector rural de Cuenca.	53
Tabla 20: Sólidos sedimentables de las plantas del sector rural de Cuenca....	54
Tabla 21: Sólidos suspendidos de las plantas del sector rural de Cuenca.....	54
Tabla 22: Sólidos totales de las PTAR's sector rural de Cuenca.	55
Tabla 23: Desempeño de la fosa séptica (DBO5).	57
Tabla 24: Desempeño de la fosa séptica (Sólidos suspendidos).	58
Tabla 25: Caracterización Afluente - Efluente Filtro Anaerobio.....	59
Tabla 26: Desempeño del Humedal (DBO5).....	60
Tabla 27: Desempeño del Humedal (Sólidos Suspendidos).	60
Tabla 28: Desempeño Humedal (Nitrógeno Amoniacal)	61
Tabla 29: Desempeño Humedal (Fósforo total).....	62
Tabla 30: Desempeño Humedal (Coliformes Totales).....	63
Tabla 31: Resumen de las fichas auto – contenidas (Cerramiento)	65
Tabla 32: Resumen de las fichas auto - contenidas (Vía de Acceso)	66
Tabla 33: Resumen de las fichas auto - contenidas (Rejilla, Desarenador, Compuerta, Medición de Caudal).....	66
Tabla 34: Resumen de las fichas auto - contenidas (Fosa Séptica, Reactor UASB, Filtro Anaerobio, Humedal Artificial)	67
Tabla 35: Resumen de las fichas auto - contenidas (Efluente)	67



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rejilla de Entrada PTAR Quillopungo.	40
Figura 2: esquema de fosa séptica de doble cámara.	42
Figura 3: Esquema del reactor UASB.	43
Figura 4: Esquema de filtro Anaerobio.	45
Figura 5: Sistema subterránea típico de humedal artificial.	47
Figura 6: Humedal artificial de flujo libre.	49
Figura 7: Humedal artificial de flujo subsuperficial.	50
Figura 8: Desempeño de la fosa séptica (DBO5)	57
Figura 9: desempeño de la fosa séptica (Solidos suspendidos).....	58
Figura 10: Desempeño del Humedal (DBO5).....	60
Figura 11: Desempeño del Humedal (Sólidos Suspendidos)	61
Figura 12: Desempeño Humedal (Nitrógeno Amoniacal)	62
Figura 13: Desempeño Humedal (Fósforo total)	62
Figura 14: Desempeño Humedal (Coliformes Totales)	63



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, David Emmanuel Alvarado Zenteno, autor de la tesis "SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS PLANTAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RURAL DEL CANTÓN CUENCA – AZUAY", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 06 de Abril de 2015

David Emmanuel Alvarado Zenteno

C.I.: 0104268172



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, David Emmanuel Alvarado Zenteno, autor de la tesis "SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS PLANTAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RURAL DEL CANTÓN CUENCA – AZUAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación, son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 06 de Abril del 2015

David Emmanuel Alvarado Zenteno

C.I.: 0104268172



Yo, Carlos Adrián Cárdenas Cárdenas, autor de la tesis "SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS PLANTAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RURAL DEL CANTÓN CUENCA – AZUAY", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 06 de Abril de 2015

Carlos Adrián Cárdenas Cárdenas

C.I: 0106523814



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, Carlos Adrián Cárdenas Cárdenas, autor de la tesis "SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS PLANTAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RURAL DEL CANTÓN CUENCA – AZUAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación, son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 06 de Abril del 2015

Carlos Adrián Cárdenas Cárdenas

C.I.: 0106523814



SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
PTAR's	Plantas de Tratamiento de Agua Residual
ETAPA EP	Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Televisión Satelital, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
CT	Coliformes Totales
SST	Sólidos Suspendidos Totales
L/s	Litros por segundo
Km	Kilómetro
m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
mm	Micrómetro
°C	Grados centígrados
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
Ha	Hectárea
m²	Metro cuadrado
mg/l	Miligramos por litro
ml/l	Mililitros por litro



DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis primero a mis padres que me apoyaron desde el primer momento hasta el final de mi vida universitaria, segundo a mis hermanos, cuñados y sobrinos que me alentaron a lo largo de estos años, y de manera muy especial a mis tías: Yolanda, Elsa y Martha, que me dieron el ejemplo de su vida académica y me animaron siempre para conseguir mis metas y objetivos.

David Emmanuel Alvarado Zenteno

Esta tesis está dedicada a dos personas muy especiales a las cuales les debo todo, a mis padres Carlos y Piedad, que afrontaron momentos y situaciones muy difíciles para que pudiera alcanzar esta meta tan importante para mí vida. También dedico esta tesis a mis hermanos y a todos mis familiares, que siempre se preocuparon y me alentaron durante mi vida universitaria.

Carlos Adrián Cárdenas Cárdenas



AGRADECIMIENTO

Primero agradecerle a Dios por bendecirnos y ayudarnos a alcanzar una meta más en nuestras vidas, al Ingeniero Diego Idrovo Murillo, quien brindo su tiempo y dedicación para orientar y dirigir esta tesis.



1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La contaminación del agua se ha venido dando desde los primeros asentamientos humanos, los cuales buscaban principalmente situarse junto a orillas de los ríos, lagos o fuentes de agua que les permitiera acceder a su consumo. Conforme se incrementaba la población surgía la necesidad de deshacerse de los residuos procedentes del uso doméstico, agrícola e industrial, naturalmente éstos causan problemas no solo físicos o estéticos en los ríos, que afectan directamente a la salud de la población y causan enfermedades que se transmiten por el uso y el contacto con agua contaminada.

La preservación de cuerpos receptores de agua, es indispensable no sólo para salvaguardar la salud de la comunidad, sino también para sustentar una vida acuática que permita un equilibrio ecológico, ya que un río contaminado puede causar un gravísimo deterioro del medio ambiente, a tal punto que no satisfagan las condiciones mínimas para que exista vida.

Evidentemente la polución afecta a la calidad del agua en todo el mundo, y en consecuencia a los sistemas acuáticos, e interfiere también en los usos del agua, es por esto que las aguas residuales antes de ser evacuadas a los cuerpos de agua (ríos, lagos o esteros), deben recibir un adecuado tratamiento, a fin de evitar problemas y consecuencias en la contaminación de los cuerpos receptores de agua.

Por esta serie de problemas, se debe conceder una importancia cada vez más relevante, al proceso de depuración y remoción de los contaminantes en el agua, basada en procesos físicos, químicos y microbiológicos, ya sean éstos convencionales o naturales.

1.2 Objetivo General

- Conocer el estado de situación de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el sector rural del Cantón Cuenca.



1.3 Objetivos Específicos

- Inspeccionar el estado físico y de funcionamiento, de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Generar una ficha auto-contenida, sobre cada una de las 32 plantas de depuración de aguas residuales.
- Sistematizar la información existente

2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

En el del Cantón Cuenca, luego de varias décadas de gestión, se ha conseguido una cobertura del 73.6% del servicio de alcantarillado¹. El sector urbano cuenta con una planta depuradora de aguas residuales que se encuentra ubicada en el sector de Ucubamba, la misma que trata el 95% de las aguas residuales de la ciudad de Cuenca². En el área rural, la cobertura de los servicios de alcantarillado, está alrededor del 60%³, disponiéndose de sistemas de tratamiento de aguas residuales en 13 parroquias rurales del cantón.

En el sector rural del Cantón Cuenca, existen un total de 32 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR's). La mayoría de éstas están conformadas por un tratamiento preliminar (rejillas), un tratamiento primario (pozo séptico), y un tratamiento secundario (filtro anaerobio o humedal artificial). Sin embargo, desde la construcción de estas plantas, no se ha implementado un programa de monitoreo y control, tampoco uno de operación y mantenimiento, que asegure un funcionamiento adecuado. Existen evaluaciones realizadas en el año 2005 por el ingeniero Neira⁴ y en el año

¹ SENPLADES 2014

² ETAPA EP 2015

³ Neira Alfonso 2005, 2

⁴ Neira Alfonso 2005



2009 por el ingeniero Ordoñez⁵, las cuales servirán como información base para este proyecto.

Esta tesis realiza la sistematización de la información existente y elabora una ficha auto-contenida, concerniente a las 32 plantas de tratamiento del sector rural del cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

2.2 Origen y composición de las aguas residuales

El agua residual se origina principalmente por el uso del agua potable, que al ser utilizada, entra en contacto con desechos tanto líquidos como sólidos provenientes de las distintas actividades dentro de las viviendas, industrias, instituciones y establecimientos comerciales.

La composición del agua residual es 99.9% de agua y un 0.1% de sólidos⁶, mismos que pueden ser orgánicos e inorgánicos, sólidos suspendidos y disueltos, conjuntamente con microorganismos y que constituyen la razón del tratamiento de las aguas residuales. El agua residual que llega a la planta de tratamiento está compuesta principalmente por el aporte de⁷:

1. Aguas residuales domésticas: son el resultado de actividades cotidianas de la población, por ende estas aguas contienen en su mayoría materia orgánica y provienen de áreas: residenciales, comerciales, públicas y similares.
2. Aguas residuales industriales: son las que se producen por diferentes procesos industriales, dichos procesos varían de acuerdo a la industria, otorgándolas diferentes características a las aguas residuales. Estas aguas contienen productos químicos que las hacen más difíciles de degradar, que las sustancias presentes en las aguas residuales domésticas.
3. Aguas residuales agrícolas: provienen como su nombre lo indica de actividades agrícolas en zonas rurales, e incluyen desechos animales y vegetales.

⁵ Ordoñez Galo 2009

⁶ Von Sperling, 28

⁷ Metcalf y Eddy 2003, 154



4. Aguas de lluvia: aguas procedente de las precipitaciones que escurren al sistema de drenaje, arrastrando contaminantes como: materia orgánica, química y principalmente sólidos.
5. Aguas de infiltración: se introducen al sistema de recolección por las juntas, grietas y poros de las paredes de la tubería.

2.3 Características de las aguas residuales.

Conocer las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales es fundamental en un proyecto de tratamiento del agua residual, así podremos conocer las operaciones necesarias, métodos de análisis, y unidades a emplearse para la remoción de los diferentes contaminantes presentes en el agua residual.

2.3.1 Características Físicas.

Existen principalmente cinco características físicas de las aguas residuales que pueden ser percibidas por nuestros sentidos fácilmente.

- a) Color.- El color del agua residual puede ser muy variado, ya que depende de su origen y de su condición general; el color del agua residual doméstica es diferente a la industrial, y puede contener compuestos orgánicos y minerales que dan una variedad de colores al agua residual; por su condición general puede ser café claro cuando el agua lleva poco tiempo en la descarga, gris claro cuando ha sufrido un grado de descomposición y gris oscuro o negro, luego de descomponerse totalmente bajo condiciones anaerobias.
- b) Olor.- Generalmente los olores son producidos por los gases ocasionados en la descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente presenta un olor más tolerable que el del agua residual séptica, ésta se da por la presencia del sulfuro de hidrógeno. El olor de las aguas residuales es el principal inconveniente en la aprobación de instalaciones de tratamiento de agua residual cercana a alguna población.
- c) Temperatura.-Es un parámetro muy importante en el agua residual, ya que interfiere directamente en las reacciones químicas, conservación de la vida acuática y en los usos útiles del agua. Valores muy bajos (inferiores a 12 °C) o altos (superiores a 20°C) produciría interferencia en el proceso de



tratamiento⁸. En la **Tabla 1** se presentan las temperaturas registradas en el afluyente de PTAR's del sector rural del cantón Cuenca, cuyo valor promedio es de 16.4 °C.

Planta de Tratamiento	Fecha de toma de muestra	Temperatura (°C)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	17.2
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	17.2
Sta. Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	18
Sta. Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	18.8
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	18
Tarqui	Sep - 2010	15.1
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	12.6
Churuguzo	18 y 19 / 06 / 2014	14.6

Elaborado por: Los autores

Tabla 1: Temperatura de las PTAR's del Cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005; M. Arévalo, P. Morocho & P. Novillo 2010; J. Ruiz & D. Once 2014.

d) Sólidos.- Los sólidos convencionalmente se clasifican en suspendidos, disueltos y totales:

Sólidos Disueltos totales (SDT).- en general, los sólidos disueltos son en un 40 % orgánicos y un 60% inorgánicos⁹. La parte orgánica es aquella que pasa a través del filtro, luego es evaporada y secada a una temperatura específica. Cabe recalcar que lo que se mide como SDT, se compone de coloides y sólidos disueltos. Los coloides son de tamaño 0.001 a 1 mm¹⁰.

Sólidos Suspendidos.- Son aquellos que flotan en el agua, pueden ser sólidos fecales, papeles, maderas, restos de comida, basura, de los cuales un 70% son orgánicos y un 30% inorgánicos¹¹, esta mayoría de sólidos orgánicos dan lugar al aumento de turbidez en las aguas receptoras. A su vez los sólidos suspendidos se pueden dividir en sedimentables y no sedimentables

⁸ Depuración de aguas residuales – Características de las aguas residuales urbanas.

⁹ Vázquez David, 16

¹⁰ Crites & Tchobanoglous 2000, 34

¹¹ Vázquez David, 15



Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático¹².

Las concentraciones de sólidos suspendidos pueden llegar a ser de 120 mg/l para concentraciones débiles, de 210 mg/l para concentraciones medias y de 400 mg/l para concentraciones fuertes¹³. En la **Tabla 2** se muestran los valores de muestras compuestas, de sólidos suspendidos del afluente en algunas plantas de aguas residuales rurales del Cantón Cuenca, obtenidos de evaluaciones realizadas en los años 2005, 2010 y 2014. Como se puede observar los valores alcanzan concentraciones hasta 109.11 mg/l, por lo que las concentraciones de sólidos suspendidos en aguas residuales rurales del Cantón Cuenca, están por debajo de la concentración débil de 110 mg/l.

Planta Tratamiento	Fecha de toma de muestra	Sólidos Suspendidos (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	62.00
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2005	57.60
Tarqui	009/2010	109.11
Victoria Del Portete	18 y 19 / 06 / 2014	74.00
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	53.00

Elaborado por: Los Autores

Tabla 2: Sólidos Suspendidos de las PTAR's del Cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005; M. Arévalo, P. Morocho & P. Novillo 2010; J. Ruiz & D. Once 2014.

Sólidos Sedimentables.- como su nombre lo indica, son los sólidos que se sedimentan cuando el agua se encuentra en reposo por un tiempo promedio de una hora. Su determinación se lo realiza mediante el cono de Imhoff, que consiste en un método volumétrico en el que se mide los sólidos retenidos en el cono. Este parámetro se expresa en unidades de ml/l, lo cual cuantifica en forma aproximada la cantidad de fango que se obtendrá de la decantación del agua residual.

Según la bibliografía las concentraciones para sólidos sedimentables pueden ser 20 ml/l para aguas residuales fuertes, 10 ml/l para aguas

¹² Metcalf & Eddy 1995

¹³ Metcalf & Eddy 2003, 186



residuales medias y 5 ml/l para aguas residuales débiles¹⁴. En la **Tabla 3** se presentan los valores de muestras compuestas, de sólidos sedimentables del afluente en algunas plantas de aguas residuales rurales del Cantón Cuenca. Como se puede constatar los valores de sólidos sedimentables son muy bajos, ni siquiera llegan a una concentración débil de 5 ml/l, teóricamente podemos afirmar que se producirá poca cantidad de fango luego de tratar el agua residual.

Planta Tratamiento	Fecha toma de muestra	Sólidos Sedimentables (ml/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	0.35
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	0.17
Sidcay	Del 02 - 09 /05/ 2004	0.10
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	1.00
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	0.40
Victoria Del Portete (Churuguzo)	18 y 19 / 06 / 2014	1.00
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	1.50

Elaborado por: Los Autores

Tabla 3: Sólidos sedimentables de las PTAR's del Cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, G. Ordoñez 2009, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

Sólidos Totales.- Son todos los sólidos existentes en las aguas residuales y que aproximadamente son un 50% orgánico¹⁵. Esta parte de sólidos es lo que se pretende eliminar en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Los valores de las concentraciones según la bibliografía son: 390 mg/l para una concentración débil, 720 mg/l para una concentración media y 1230 mg/l para una concentración fuerte¹⁶. En la **Tabla 4** se presentan los valores de muestras compuestas, de sólidos totales del afluente en algunas plantas rurales de aguas residuales del Cantón Cuenca, el único valor que sobrepasa el valor de débil es la concentración de la planta de Sidcay con 407 mg/l.

¹⁴ Metcalf & Eddy 2003, 186

¹⁵ Vazquez David, 16

¹⁶ Metcalf & Eddy 2003, 186



Planta de Tratamiento	Fecha toma de muestra	Sólidos Totales (mg/l)
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2005	211
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	169.4
Victoria del Portete (Churuguzo)	18/12/2014	132
	18 y 19 / 06 / 2014	268
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	162

Elaborado por: Los Autores

Tabla 4: Sólidos Totales de las PTAR's del Cantón Cuenca.
Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

2.3.2 Características Químicas

Las aguas residuales se distinguen por contener, tanto compuestos inorgánicos como orgánicos que provienen principalmente de desechos humanos y de la preparación de alimentos. También se puede hallar biocidas y desinfectantes que provienen del agua de escorrentía en zonas de cultivo.

Con respecto a las aguas residuales industriales, a más de contener materia orgánica e inorgánica, en ocasiones pueden contener compuestos químicos provenientes de la propia actividad fabril. En estos casos es indispensable caracterizar los desechos de cada industria en un estudio especial, para de esta manera proporcionar el tratamiento más adecuado a sus aguas.

Las características químicas de las aguas residuales, se estudian en función de la presencia de: materia orgánica, materia inorgánica y gases presentes en las aguas residuales.

2.3.2.1 Materia orgánica

Los compuestos orgánicos más habituales en las aguas residuales están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, y en algunos casos nitrógeno; mediante la combinación de estos elementos se forman las sustancias orgánicas más comunes¹⁷:

- Proteínas (40 a 60%)¹⁸: se encuentran principalmente en organismos animales y en menor importancia en organismos vegetales. Su composición química es muy compleja e inestable, por lo que están

¹⁷ Metcalf & Eddy 1995

¹⁸ Von Sperling, 35



sometidas a diversas formas de descomposición. Las proteínas están compuestas generalmente por carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y hierro.

- Hidratos de carbono (25 a 50%)¹⁹ como parte de esta clase de compuestos están azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, los que se encuentran dispersos por toda la naturaleza. Existen hidratos que son solubles en agua como los azúcares, que tienden a descomponerse debido a enzimas de bacterias y dan lugar a la fermentación. Por el contrario, existen otros hidratos que son insolubles, como los almidones.
- Grasas y aceites (10%)²⁰: se refiere a grasas animales, aceites, ceras y otros elementos constituyentes que están presentes en las aguas residuales. Su permanencia en las aguas residuales no es aconsejable, pues podrían interferir en la acción biológica.

Existe también otro compuesto que proviene del proceso metabólico de los seres vivos (seres humanos y animales) ésta es la urea la cual es el principal constituyente de la orina. Sin embargo su presencia no es muy común, debido a la velocidad del proceso de descomposición por lo que, se la puede hallar en aguas residuales recientes²¹.

Para determinar la cantidad de materia orgánica presente en las aguas residuales, se han creado varios métodos que ayudan a evaluar el desempeño de los procesos de tratamiento. Algunos de estos métodos son:

- a) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- b) Demanda química de oxígeno (DQO).
- c) Carbono orgánico total (COT).

¹⁹ Von Sperling, 35

²⁰ Von Sperling, 35

²¹ Metcalf & Eddy 2003



a) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es un método muy empleado al momento de determinar el nivel de contaminación, tanto en aguas residuales como superficiales. Se define como, la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos, para degradar la materia orgánica presente en el agua en condiciones aerobias. La prueba más utilizada es la DBO_5 , la cual se realiza durante 5 días a una temperatura de 20 °C. Se considera que la DBO_5 representa entre el 60 y 70% de la demanda que se daría; si es que toda la materia orgánica fuera oxidable²². Este ensayo es muy importante debido; a que refleja el grado de contaminación del agua residual, pero ante la necesidad de contar con varios días para su determinación, se hace necesario adoptar otros métodos más rápidos, para el control de vertidos residuales.

El valor de la DBO_5 se emplea para: dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, evaluar los procesos de tratamiento y controlar las exigencias con respecto al nivel de contaminación de los vertidos.

Los valores de la DBO_5 dependen especialmente de la población, sus hábitos y costumbres con respecto al uso del agua.

La bibliografía indica que las concentraciones de DBO_5 para aguas residuales son las siguientes: 110 mg/l para concentraciones débiles, 190 mg/l para concentraciones medias y 350 mg/l para concentraciones fuertes²³. En la **Tabla 5** se muestran valores de DBO_5 de muestras compuestas, correspondientes a algunas de las plantas ubicadas en las parroquias rurales del Cantón Cuenca. Se puede observar que existen concentraciones que van desde 55 mg/l hasta 133 mg/l, si obtenemos un promedio de estos valores, nos da como resultado una concentración de 94 mg/l, que sería un valor adecuado de DBO_5 para aguas residuales en el sector rural del cantón Cuenca.

En zonas rurales estos valores tienden a disminuir influenciados por las aguas de lluvia e infiltración, las cuales ingresan al sistema de alcantarillado por

²² Metcalf & Eddy 1995

²³ Metcalf & Eddy 2003, 186



medio de juntas, conexiones en mal estado, fisuras en las paredes de la tubería, en los pozos de revisión; de esta forma diluyen el agua residual disminuyendo las concentraciones de los constituyentes.

Planta Tratamiento	Fecha toma de muestra	DBO5 (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	63.0
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	128.7
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	55.3
Tarqui	XX/09/2010	133.0
Victoria Del Portete (Churuguzo)	18/12/2014	90.0

Elaborado por: Los Autores

Tabla 5: DBO5 de las PTAR's del Cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

b) Demanda química de oxígeno (DQO)

Al igual que la DBO, este ensayo determina la cantidad de materia orgánica oxidable, pero mediante una reacción química. Debido a que la cantidad de sustancias propensas a ser oxidadas por la vía química es mayor que por la vía biológica, el valor de DQO será superior al valor de la DBO. El agente químico fuertemente oxidante utilizado para esta reacción, es el permanganato potásico (KMnO_4), en agua potable o aguas limpias de consumo humano, y el dicromato potásico ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), utilizado en aguas residuales. La DQO también es empleado para analizar aguas residuales que contengan sustancias o compuestos tóxicos (pesticidas, insecticidas, herbicidas, etc.), que atenten contra la vida acuática de un cuerpo receptor²⁴.

La relación entre la DBO_5 y la DQO puede ser muy útil para el control y funcionamiento de las plantas de tratamiento, dado a que manteniendo una correlación entre ambos valores pueden emplearse las medidas de la DQO. Conociendo estos parámetros se puede estimar la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el agua residual. La relación se indica más adelante.

Según la bibliografía las concentraciones para DQO pueden ser 800 mg/l para aguas residuales fuertes, 430 mg/l para aguas residuales medias y 250 mg/l

²⁴ Vázquez David, 24



para aguas residuales débiles²⁵. A continuación en la **Tabla 6** se muestran valores de DQO de muestras compuestas, correspondientes a algunas de las plantas ubicadas en las parroquias rurales del Cantón Cuenca. Se puede constatar que la mayoría de los valores de DQO son bajos, por debajo de los 250 mg/l. Si promediamos estos valores, obtenemos una concentración de 205 mg/l para DQO en aguas residuales rurales del cantón Cuenca.

Planta Tratamiento	Fecha toma de muestra	DQO (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	142
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	249.9
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	152.9
Tarqui	XX/09/2010	312.88
Victoria Del Portete (Churuguzo)	18/12/2014	252
	18 y 19 / 06 / 2014	174
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	149

Elaborado por: Los Autores

Tabla 6: DQO de las PTAR's del Cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, G. Ordoñez 2009, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

Relación entre la DBO5 y la DQO

La relación DBO_5/DQO indica la proporción de materia orgánica biodegradable sobre materia orgánica total. Mientras más bajo es el valor, más difícilmente biodegradable es la materia orgánica²⁶. En la **Tabla 7** se muestra la capacidad de biodegradabilidad de la materia orgánica presente en el agua residual.

DBO_5/DQO	Biodegradabilidad del Agua Residual
< 0.2	Poco Biodegradable
0.2 - 0.4	Biodegradable
> 0.4	Muy Biodegradable

Tabla 7: Biodegradabilidad del Agua Residual.

Fuente: A. Hernández, A. Hernández Lehmann & P. Galán 1996

En la **Tabla 8** se presenta la relación entre la DBO_5 y la DQO de los datos de las **Tablas 5 y 6**. Entonces podemos concluir que la mayoría de aguas residuales están entre biodegradable y muy biodegradables.

²⁵ Metcalf & Eddy 2003, 186

²⁶ Calidad del Agua – Materia Orgánica – Guía Ambiental
David Alvarado & Adrián Cárdenas



Planta Tratamiento	Fecha toma de muestra	Relación DBO5/DQO
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	0.44
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	0.52
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	0.36
Tarqui	XX/09/2010	0.43
Victoria Del Portete (Churuguzo)	18/12/2014	0.36

Elaborado por: Los Autores

Tabla 8: Relación DBO5/DQO en PTAR's del cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

c) Carbono orgánico total (COT)

Este parámetro nos indica: la cantidad de carbono orgánico total presente en una muestra de agua residual y el nivel de polución en el medio acuoso.

2.3.2.2 *Materia inorgánica*

Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ella se descargan²⁷. Los principales compuestos inorgánicos que se encuentra en el agua después de su uso son: sales, nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases. El objetivo fundamental de su determinación no es para su remoción, sino para conocer su impacto en el tratamiento y la capacidad de reutilización de las aguas residuales tratadas.

Las concentraciones de varios constituyentes inorgánicos afectan a los usos del agua; por ello es conveniente examinar la naturaleza de algunos de éstos²⁸:

1. pH: Es un parámetro que mide la concentración del ion de hidrógeno, tanto en aguas residuales como naturales. El intervalo adecuado de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre pH 5 y 9. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9, son de difícil tratamiento mediante

²⁷ Metcalf & Eddy 1995

²⁸ Metcalf & Eddy 1995



procesos biológicos. Si el pH del agua residual tratada, no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterada; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de límites específicos de pH²⁹. El pH en aguas residuales normalmente se encuentra en la zona alcalina, debido a la presencia de jabones y detergentes.

En la **Tabla 9** se presenta el de pH de muestras tomadas en los años 2004, 2008, 2009, 2010 y 2014, en las plantas ubicadas en el sector rural del cantón Cuenca. Como se puede observar los valores de pH están dentro del rango de 6.67 a 7.9, lo cual facilitará el tratamiento biológico del agua residual. El valor promedio de los datos expuestos es de 7.23.

Planta Tratamiento	Fecha toma de muestra	pH
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	7.5
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	7.5
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	6.75
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	7.65
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	7.9
Tarqui	XX/09/2010	7.29
Quillopungo	22/10/2009	7.26
Flor Del Camino	04/02/2009	7.61
Molleturo (Pueblo Nuevo)	23/09/2009	6.72
Victoria Del Portete	02/12/2008	7.19
	18 y 19 / 06 / 2014	6.67
Quingeo	06/01/2009	7.02
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	6.96

Elaborado por: Los Autores

Tabla 9: pH de las PTAR's del Cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, G. Ordoñez 2009, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

2. Cloruros: Una fuente de cloruros está relacionada con la actividad humana, específicamente con heces humanas, pues se supone unos 6 gr de cloruros por persona al día, por lo cual se considera como un indicador indirecto de contaminación fecal³⁰.

²⁹ Crites & Tchobanoglous 2000,49

³⁰ Metcalf & Eddy 1995



Los valores de las concentraciones según la bibliografía son: 30 mg/l para una concentración débil y 50 mg/l para una concentración media³¹. En la **Tabla 10** se muestran valores de cloruros correspondientes a algunas de las plantas ubicadas en las parroquias rurales del Cantón Cuenca. Se puede constatar que estos valores están por debajo de 30 mg/l.

Planta de Tratamiento	Fecha toma de muestra	Cloruros (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	20.1
Jatumpamba	Del 17 al 21 21/04/2004	7.0
Sta. Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	22.8
Sta. Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	19.1
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	15.4

Elaborado por: Los Autores

Tabla 10: Cloruros de las PTAR's del Cantón Cuenca.
Fuente: A. Neira 2005

3. Nitrógeno: La presencia de nitrógeno es muy importante para procesos biológicos de tratamiento, ya que siendo su concentración insuficiente, será necesario añadirlo para hacer el agua tratable. En lo que se refiere al crecimiento de algas, si no se desea su desarrollo, se lo puede eliminar o reducir del medio acuoso. En aguas residuales recientes, el nitrógeno lo podemos encontrar como parte de proteínas y urea. Con respecto al proceso de tratamiento en medios aerobios, la acción de las bacterias puede oxidar el nitrógeno amoniacal en nitratos y nitritos, lo cual es un buen indicador de que el residuo se ha estabilizado, con respecto a la demanda de oxígeno.

En la **Tabla 11** se muestran algunos de los valores de Nitritos + Nitratos correspondientes a las plantas analizadas en los años 2004 y 2010. La bibliografía presenta concentraciones de 0 mg/l para este parámetro³², sin embargo existen concentraciones de 0.1 hasta 1.6 mg/l, estos valores se dan ya que el afluente está influenciado por el ingreso de aguas ilícitas y no solo de descargas domésticas como indica la bibliografía.

³¹ Metcalf & Eddy 2003, 186

³² Metcalf & Eddy 2003, 186



Planta de Tratamiento	Fecha	Nitratos + Nitritos (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	0.26
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	0.61
Sta. Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	0.8
Sta. Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	1.6
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	0.1
Tarqui	Sep -2010	0.21

Tabla 11: Nitratos y Nitritos de las PTAR's del Cantón Cuenca.
Fuente: A. Neira 2005

1. Fósforo: La principal fuente de fósforo en aguas residuales son las provenientes del consumo doméstico e industrial. El fósforo se considera como uno de los principales nutrientes, para el desarrollo de plantas y protistas, también se los conoce como bio-estimuladores. Estimula el crecimiento de plantas acuáticas como las algas, las cuales podrían perjudicar la vida del cuerpo de agua, mediante una proliferación descontrolada.

Según la bibliografía el valor de este parámetro suele estar entre 4 mg/l para concentraciones débiles y 8 mg/l para concentraciones medias³³. En la **Tabla 12** se muestran algunos de los valores de Fosforo Total correspondientes a las plantas analizadas en los años 2004, 2008, 2009 y 2014. Se puede observar que la única concentración que sobrepasa el valor de débil es Santa Ana (Laureles) con 4.7 mg/l, sin embargo la concentración de fósforo total en el agua residual rural del Cantón Cuenca se clasificaría como débil.

Planta Tratamiento	Fecha	Fosforo Total (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	3.86
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	0.59
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	3.3
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	4.7
Quillopungo	22/10/2009	1.66
Victoria Del Portete (Churuguzo)	02/12/2008	1.01
	18 y 19 / 06 / 2014	1.44
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	1.45

Elaborado por: Los Autores

Tabla 12: Fósforo Total de las PTAR's del Cantón Cuenca.
Fuente: A. Neira 2005, G. Ordoñez 2009, J. Ruiz & D. Once 2014.

³³ Metcalf & Eddy 2003, 186



2.3.2.3 Gases

Gases como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4) están presentes principalmente en aguas residuales por la descomposición de la materia orgánica. La presencia de algunos gases influye en el control y monitoreo de los procesos de tratamiento biológico aerobio. Así también existen gases que pueden afectar a las estructuras de alcantarillado, como es el caso del sulfuro de hidrógeno, por lo que se hace necesario su control.

1. Metano: Se origina de la descomposición anaerobia de la materia orgánica en las aguas residuales y su formación se ve impedida por la presencia de oxígeno disuelto. El metano es un combustible con un alto valor energético, incoloro e inodoro, por lo que, en altas concentraciones se corre el riesgo de una explosión. Es por esto que, tanto en pozos de inspección y empalmes de alcantarillado, es indispensable mantener una correcta ventilación antes y durante el tiempo de inspección u operación.
2. Sulfuro de hidrógeno: Su origen se da a través de la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, pero se ve inhibida por la presencia de grandes cantidades de oxígeno. Es un gas incoloro, altamente inflamable y su característica distintiva, es el olor a huevos podridos. Ennegrece las aguas debido a la formación de sulfuro de hidrógeno, que se combina con el hierro presente formando sulfuro ferroso u otros sulfuros metálicos. Afecta a los cuerpos receptores, ya que, puede alterar el pH y perjudicar la vida de muchos organismos presentes en el agua.

2.3.3 Características biológicas

Las características biológicas del agua residual, son de gran importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano³⁴. Su importancia también se debe al papel indispensable que juegan las bacterias en la descomposición de la materia orgánica, tanto en plantas de

³⁴ Metcalf & Eddy 2003, 104



tratamiento de agua natural como de aguas residuales³⁵. Las aguas residuales contienen un gran número de organismos patógenos y microorganismos, que degradan la materia orgánica en compuestos más simples.

Microorganismos.- Se pueden clasificar en protistas, plantas y animales, estos tres grupos se encuentran principalmente en aguas superficiales como residuales, intervienen en el tratamiento biológico y son utilizados como indicadores de polución. En la **Tabla 13** se muestran los principales grupos en los cuales se clasifican los microorganismos.

Grupo	Estructura celular	Caracterización	Miembros Representativos
Eucariotas	Eucariota (a)	Multicelular con gran diferenciación de las células y el tejido Unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados e invertebrados) Protistas (algas, hongos y protozoos).
Eubacterias	Procariota (b)	Química celular parecida a las eucariotas	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota (b)	Química celular distintiva	Metanógenos, halófilos termacidófilos.

(a) Contiene un núcleo definido

(b) No contiene membrana nuclear

Tabla 13: Clasificación de los Microorganismos
Fuente: Metcalf & Eddy 1995.

Bacterias.- Originadas en las heces fecales de las personas y animales, se puede decir que cada persona elimina diariamente cerca de 100.000 a 400.000 millones de coliformes y otra clase de bacterias; su origen también puede ser producto de procesos biológicos de biodegradación en la naturaleza. La función de las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica es de gran importancia, es por esto que se debe conocer muy bien su metabolismo, desarrollo y características más importantes. Entre las

³⁵ Metcalf & Eddy 2003, 104



frecuentes en aguas residuales tenemos: Escherichia, Salmonella, Streptococos fecales, Nitrobacter.

Organismos patógenos y coliformes.

Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de animales de sangre caliente pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales, por tal motivo la mayoría de los coliformes son de origen fecal. La cantidad de coliformes evacuados por el hombre van de 100.000 a 400.000 millones cada día, además de otras clases de bacterias que viven en el tracto intestinal³⁶. Los coliformes no son perjudiciales al hombre, más bien son útiles en los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales ya que estos ayudan a degradar la materia orgánica. Los organismos coliformes están presentes en grandes cantidades en el agua residual, éstos son fáciles de determinar, por lo tanto se utiliza como un indicador de la posible presencia de organismos patógenos.

No todos los coliformes son de origen fecal por lo que, se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos; a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distingue entonces, los coliformes totales, que comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales, aquellos de origen intestinal.

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante, puesto que permite asegurar con alto grado de certeza, que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

Los organismos patógenos son todo agente que puede producir enfermedad o daño a la biología de un huésped, sea éste humano, animal o vegetal. Estos organismos son defecados por los seres humanos cuando están infectados o contagiados de alguna enfermedad determinada. Los principales organismos patógenos pueden ser: bacterias, virus y protozoarios, estos pueden causar enfermedades como la fiebre tifoidea, la disentería, diarreas y cólera, que en

³⁶ Metcalf & Eddy 1995



países de bajos recursos causan gran número de muertes por sus escasos recursos sanitarios.

La bibliografía indica que las concentraciones de Coliformes Totales para aguas residuales son las siguientes: 10^6 - 10^8 para concentraciones débiles, 10^7 - 10^9 para concentraciones medias y 10^7 - 10^{10} para concentraciones fuertes³⁷. A continuación en la **Tabla 14** se muestran concentraciones de Coliformes Totales de los afluentes, en las plantas ubicadas en las parroquias rurales del Cantón Cuenca. Los valores de Coliformes Totales de la planta de Octavio Cordero Palacios y Sidcay son los que valores más altos presentan, esta agua residual que llega a la planta se puede clasificar como media; mientras que las demás plantas presentan valores más acordes, a un agua residual débil.

Planta Tratamiento	Fecha	Coliformes Totales (NMP/100ml)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	1.30E+08
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	1.40E+06
	21/10/2008	1.30E+06
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	5.20E+07
	29/09/2008	1.30E+08
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	2.90E+07
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	4.10E+06
Tarqui	XX/09/2010	7.72E+07
Flor Del Camino	04/02/2009	2.40E+07
San Pedro Escaleras	21/10/2008	2.60E+06
Molleturo (Pueblo Nuevo)	9/23/2008	2.20E+05
	23/09/2009	2.20E+05
Victoria Del Portete (Churuguzo)	16/12/2008	1.80E+05
	18 y 19 / 06 / 2014	1.10E+06
Quingeo (Centro)	23/09/2008	1.60E+06
	06/01/2009	7.90E+05
Cumbe	10/21/2008	7.90E+05
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	7.90E+05

Elaborado por: Los Autores

Tabla 14: Coliformes Totales de las PTAR's del Cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, G. Ordoñez 2009, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

³⁷ Metcalf & Eddy 2003, 186



2.4 Caudal de aguas residuales

Es uno de los parámetros más importantes a la hora de elegir el tipo de tratamiento y el dimensionamiento de las estructuras de entrada y salida (como: rejilla de entrada, diámetros de las tuberías, pozos de inspección, válvulas de control de caudal, etc.), pertenecientes a la planta de tratamiento que se adoptará para la depuración de las aguas residuales de un determinado sector de la población. El caudal de agua residual debe estar basado en los registros de consumo de agua potable de la población, para que dicho caudal sea lo más cercano a la realidad y así conseguir un mejor diseño de la planta de tratamiento. Por otra parte si no se tienen tales registros, lo más conveniente es determinar un valor promedio de consumo de agua potable por habitante y por día, el cual debe estar basado, entre otros factores, en el tamaño, localización, nivel económico y costumbres de la población analizada. La siguiente expresión nos permite calcular el caudal de aguas residuales, a partir de datos conocidos de la población:

$$Q_{dAR} = PqR * M + Q_i + Q_l + Q_c$$

Q_{dAR} = Caudal de diseño del sistema sanitario.

PqR = Caudal medio de aguas residuales

P= Población

q= consumo de agua potable

R= Factor de retorno

M= Factor de mayoración

Q_i = Caudal de infiltración

Q_l = Caudal ilícito

Q_c = Caudal concentrado en un punto de la red

Factor de retorno (R).- También llamado “Coeficiente de retorno”, tiene en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado, en razón de sus múltiples usos como riego, lavado de pisos, cocina y otros. Depende de varios factores locales como la localización, clima, costumbres, tipo de residencia, uso del suelo, condiciones de pavimento de las vías. Se puede establecer entonces, que sólo un porcentaje del total de



agua consumida se devuelve al alcantarillado. En zonas rurales el coeficiente es menor, debido a que existen descargas de los hogares que no están conectadas al sistema de alcantarillado. Descargas como los fregaderos de cocina o lavaderos de ropa ubicados en el patio de las viviendas, que descargan sus aguas en una acequia o en un terreno de la vivienda. También, a diferencia de las zonas urbanas, el agua de consumo se suele destinar para otros propósitos, como la irrigación de jardines, huertos e invernaderos, o en algunos casos se emplea para dar de beber al ganado que dependiendo del número podría ser una cantidad de agua importante. Este coeficiente estadísticamente fluctúa entre 65 y 85%. En zonas áridas el coeficiente de retorno llega a ser tan bajo como 0.4 mientras que en zonas urbanas puede ser mayor a 0.8³⁸. En los estudios de diseños de plantas de tratamiento como: Bella unión (Santa Ana), Guabo (Sidcay), Octavio Cordero Palacios, Soldados, Tarqui, Cumbe y Victoria del Portete, se adoptó un valor $R = 0.80$ por cuestiones de seguridad en el diseño³⁹.

Factor de Mayoración (M).- Es el producto de dos variaciones $M=k_1*k_2$, donde:

K1 coeficiente de caudal máximo diario= relación entre en caudal máximo diario y el caudal medio diario anual

K2 coeficiente de caudal máximo horario= caudal máximo horario / caudal medio horario del día

Caudal Máximo Diario.- Es la máxima descarga de agua residual que se espera que realice la población en un día.

$$Q_{\max d} = K_1 Q_{md} = l/sg$$

Caudal Máximo Horario.- Es el máximo caudal que se espera en una determinada hora del día.

$$Q_{\max h} = K_2 Q_{md} = l/sg$$

³⁸ Sergio Castellano 2012

³⁹ Estudios de Diseño ETAPA



Caudal Mínimo Horario.- Es el menor caudal que se espera en una determinada hora del día.

$$Q_{minh} = K3Q_{md} = l/sg$$

En la ciudad de Cuenca los valores empleados para el factor de mayoracion van desde 1.3 a 1.4 para la zona Urbana del Cantón⁴⁰. En el sector rural y poblados pequeños, la variación de caudal a lo largo del día es mayor, debido a las costumbres e infraestructura de cada poblado⁴¹. En la **Tabla 15** se muestran los valores del factor de mayoracion empleados en los diseños de 5 plantas de tratamiento, ubicadas en el sector rural del cantón Cuenca.

	Planta de tratamiento	Factor de Mayoración (M)
1	Octavio Cordero Palacios	3.26
2	Jatumpamba	1.7
3	Sidcay	1.9
4	Santa Ana (Cementerio)	2.7
5	Santa Ana (Laureles)	2.9

Tabla 15: Factor de Mayoracion en el sector Rural del Cantón Cuenca.
Fuente: A. Neira 2005

2.4.1 Caudal de infiltración

El caudal de infiltración se refiere al agua proveniente del agua subterránea, que ingresa a la red de alcantarillado por medio de tuberías defectuosas, juntas de tuberías, paredes y pozos de revisión, lo cual es síntoma de un sistema defectuoso.

El aporte de estas aguas depende del tipo de suelo, materiales empleados, nivel freático, permeabilidad del suelo, longitud de la red, área servida, y principalmente de la antigüedad de la red de alcantarillado, debido a que las conexiones y paredes de la tubería se van deteriorando. En sectores urbanos la cantidad de agua infiltrada hacia el sistema de alcantarillado es menor, debido a la presencia de edificios, casas, calles pavimentadas y en general por los espacios verdes que se van reduciendo, lo cual provoca que la escorrentía superficial aumente y el caudal de infiltración disminuya.

⁴⁰ Construcción Interceptor XVIII ETAPA 2009

⁴¹ Ramón Collado 1992, 13-16



La presencia de vegetación como, raíces de árboles, puede facilitar la entrada de agua freática considerada como infiltración, a través de las tuberías. La lluvia es un factor importante que influye en el caudal de infiltración, especialmente cuando el subsuelo es altamente saturado, difícilmente se logra controlar la entrada de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario.

En terrenos arenosos, donde el agua puede fluir con mayor facilidad, el agua infiltrada puede llegar a suponer entre el 25 y 30 por ciento de las precipitaciones. Los niveles freáticos altos, pueden influenciar la cantidad de agua que se infiltra a las alcantarillas, lo que puede dar valores de 0.0094 y $0.94 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{mm} \cdot \text{km}$ (en función del diámetro de la tubería y la longitud de la red), e incluso superiores⁴². Otro rango de valores adoptados para el caudal de infiltración esta entre $20 \text{ a } 2000 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{km}^2$ (Con respecto al area de drenaje) basados en densidades de población típicas de 25 a 125 hab/ha⁴³. En función del material de la red, el caudal de infiltración para tubería de PVC es de $10 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{ha}$ y para tubería de hormigón es de $20 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{ha}$ ⁴⁴. En la ciudad de Cuenca el valor que se utiliza es de 0.15 l/s/km a 1.18 l/s/km⁴⁵. En el sector rural del Cantón Cuenca la tasa de infiltración empleado en los diseños de las plantas de tratamiento son: de 0.05 a 0.8 l/s*km de red de alcantarillado sanitario para la planta de Bella Unión. Existen a más de esta nuevas plantas en proceso de construcción que establecen tasas de: 0.52 l/s*km para la planta que servirá a los sectores Tarqui, Cumbe y Victoria del Portete, de 0.00 a 1.00 l/s*km para la planta que servirá a Octavio Cordero Palacios y Sidcay⁴⁶.

2.4.2 Caudal de aguas ilícitas

Tiene que ver con el agua que ingresa por malas conexiones, conexiones erradas, conexiones clandestinas, bajantes de tejados. Su valor puede estar entre el 5 al 10 % del caudal máximo horario de aguas residuales⁴⁷. Esta cantidad de agua que ingresa al sistema sanitario, se incrementa

⁴² Metcalf & Eddy 2003

⁴³ Von Sperling 2007

⁴⁴ Mara 2004

⁴⁵ Construcción Interceptor XVIII ETAPA 2009

⁴⁶ Estudios de Diseño de las PTAR's del Sector Rural del Cantón Cuenca.

⁴⁷ Cepis 2005



sustancialmente en épocas de lluvia, causando el colapso de la red de alcantarillado y la sobrecarga de agua residual en las plantas de tratamiento.

En el sector rural del cantón Cuenca se emplea un caudal de aguas ilícitas de 80 l/hab*día, debido al alto índice de conexiones ilegales en estos sectores⁴⁸. En **Tabla 16** se presentan los valores de caudal teórico de aguas ilícitas para algunas plantas del sector rural de Cuenca.

	Planta de tratamiento	Año	Población (hab)	Caudal ilícito (l/s)
1	Octavio Cordero Palacios	2005	209	0.19
2	Jatumpamba	2005	183	0.17
3	Sidcay	2005	186	0.17
4	Santa Ana (Cementerio)	2005	133	0.12
5	Santa Ana (Laureles)	2005	268	0.25
6	Tarqui	2010	635	0.59
7	Soldados	2014	699	0.65
8	Churuguzo	2014	147	0.14

Elaborado por: Los Autores

Tabla 16: Caudal teórico ilícito en el sector Rural del Cantón Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

2.4.3 Caudales concentrados o adicionales.

Se refiere al caudal de agua residual de instituciones especiales que hacen una descarga concentrada, como: hospitales, clubes, centros comerciales, multifamiliares y que deben ser analizados particularmente.

Para el caso de zonas rurales donde la presencia de instituciones especiales es muy escasa, la principal descarga concentrada al sistema de alcantarillado, corresponde al aporte de escuelas y mercados, ya que en estos lugares existe una alta afluencia de personas en horarios específicos.

2.5 Proceso de Tratamiento

Los procesos de tratamiento de aguas residuales, son los encargados de la remoción de contaminantes e impurezas presentes en el agua, lo que permite minimizar el impacto de la contaminación hacia los cuerpos de agua receptores. El propósito de estos procesos es mantener el balance ecológico y

⁴⁸ Estudios de Diseño de las PTAR's del Sector Rural del Cantón Cuenca.



proteger la biósfera, además que ayudan al desarrollo humano, mediante la conservación del medio ambiente.

En las plantas de tratamiento del sector rural de Cuenca, se emplean los procesos de tratamiento que se indican a continuación:

2.5.1 Tratamiento preliminar

Es el primer paso para la depuración del agua residual. Los principales mecanismos de eliminación de sólidos son de orden físico⁴⁹. En las plantas de tratamiento del sector rural de Cuenca, la estructura de remoción más utilizada es la rejilla, la cual se explicará a continuación.

2.5.1.1 Rejillas.

Las rejillas tienen como objetivo proteger la estación depuradora de materiales, residuos o volumen flotante, que pudieran afectar el proceso de tratamiento. Estos residuos retenidos en la rejilla son retirados para su posterior disposición directa, mediante incineración o en vertederos de residuos sólidos. Puede decirse que, salvo excepciones, la instalación de rejillas es indispensable en cualquier depuradora, restirando al máximo las impurezas del agua para su eliminación directa⁵⁰.

Existen tres tipos de rejillas de acuerdo a su tipo de limpieza: rejillas de limpieza manual, rejillas de limpieza mecánica y rejillas de limpieza automática. Para el caso de las plantas ubicadas en las parroquias rurales del Cantón Cuenca, todas las rejillas son de limpieza manual.

⁴⁹ Von Sperling 2007, 178

⁵⁰ A. Hernández, A. Hernández Lehmann & P. Galán 1996, 76
David Alvarado & Adrián Cárdenas



Figura 1: Rejilla de Entrada PTAR Quillopungo.
Fuente: D. Alvarado & A. Cárdenas 2015

Cuando se emplea rejillas de limpieza manual, se utiliza rastrillos para arrancar el material retenido, cuyos dientes pasan entre las barras paralelas.

Tamaño de las aberturas.

La abertura de la rejilla está determinada por el tamaño de los sólidos que ingresan en el agua residual. Se pueden clasificar de acuerdo a la abertura de rejillas en:

Rejillas de aberturas grandes: las barras paralelas se encuentra separadas de 3.7 a 7.5cm, cuya finalidad es proteger: las bombas, dispositivos de dosificación, conductos y válvulas, impidiendo el ingreso de materiales grandes, como trozos de madera y animales muertos.

Rejillas de abertura tipo medio: tienen aberturas de 6mm a 5 cm, éstas permiten el paso de las aguas negras hacia las bombas, dispositivos de dosificación y tratamiento

Rejillas de abertura pequeña: están constituidas por aberturas en forma de ranuras de 1.6 a 6mm de ancho por 6 a 51 mm de longitud. Retienen sólidos más pequeños permitiendo proteger: filtros de destilación lenta, aparatos complejos de dosificación, y de la misma forma, preparan las aguas negras para procesos de lodos activos.



2.5.2 Tratamiento primario

El principal objetivo del tratamiento primario es la reducción de los sólidos en suspensión del agua residual. Parte de los sólidos suspendidos están constituidos por materia orgánica, por lo que consecuencia del tratamiento primario suele ser una reducción de la DBO, dicha reducción depende del proceso utilizado en este tratamiento y de las características de las aguas residuales.

El tratamiento primario presenta diferentes alternativas según la configuración general y el tipo de tratamiento que se haya adoptado. Se puede hablar de una sedimentación primaria como último tratamiento o antes de un tratamiento biológico, y de una coagulación cuando se opta por tratamientos de tipo físico-químico.

De estos procesos, el más utilizado y que mejor se ajusta a las características de las aguas residuales en pequeñas localidades es la sedimentación. Aun cuando este tipo de tratamiento disminuye la cantidad de materia orgánica en las aguas residuales, ésta se limita a la fracción en suspensión y no a la disuelta, condición que determina su nombre a tratamiento primario. Estas unidades se diseñan para disminuir el contenido de sólidos suspendidos y, de grasas y aceites en las aguas residuales⁵¹. Las unidades o dispositivos de tratamiento que utilizan el proceso de sedimentación son:

2.5.2.1 Fosa séptica

Son tanques subterráneos, usualmente de dos o más compartimientos. En el primero se produce la sedimentación, digestión y almacenamiento de los sólidos en suspensión, presentes en las aguas residuales. Los siguientes compartimientos sirven para mejorar la sedimentación y la reserva de lodos que rebosen la primera cámara. La fosa séptica es una solución muy usada en el saneamiento rural o individual, especialmente, en lugares carentes de alcantarillado. Los principales problemas de funcionamiento son los malos olores, almacenamiento de grasas y flotantes, y la necesidad de tratar sus efluentes. La principal ventaja de la acción séptica, es la cantidad relativamente pequeña de lodos que hay que manejar, en comparación con otros procesos de

⁵¹ Ayala & Gonzales 2008

tratamiento primario, así como el poco costo de los tanques y la poca atención o habilidad que se requieren en su construcción y mantenimiento.

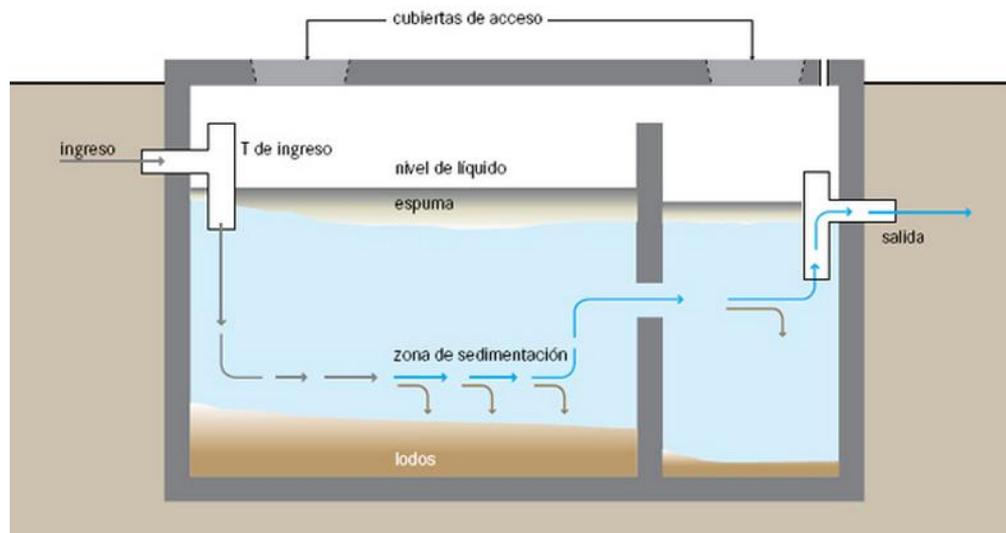


Figura 2: esquema de fosa séptica de doble cámara.

Fuente: Manual Técnico de Difusión de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en Zonas Rurales, Lima – Perú 2008.

Funcionamiento

El agua que ingresa a la fosa séptica debe hacerlo lentamente para evitar la agitación y suspensión de los lodos que se encuentran sedimentados en el fondo de la cámara. Dichos lodos se forman por el proceso de decantación que ocurre en la primera cámara y permanecen sedimentados hasta que se establezca la descomposición anaerobia, dando como resultado la transformación de estado sólido a líquido o gaseoso, de una parte de la materia orgánica en suspensión. Al mismo tiempo se origina una capa sobrenadante de materiales más ligeros como: grasas, jabones, detergentes, espumas, que asciende a la superficie por la diferencia de densidad, dichos materiales pueden llegar a endurecerse considerablemente. Los lodos se retienen en el fondo de la cámara durante un determinado tiempo, de tal forma que se puede realizar la licuefacción parcial del lodo y así, reducir a un mínimo las dificultades de su evacuación. La permanencia excesiva de estos lodos puede hacer que, se consoliden o compacten por su propio peso, dando dificultades al momento de evacuarlos de la cámara, es por esto que es necesaria la extracción periódica de lodos en las plantas de tratamiento⁵².

⁵² Babbitt & Baumann 1962, 552

Eficiencia de Remoción.

La fosa séptica básicamente cumple con tres funciones importantes que son: la sedimentación, el almacenamiento y la digestión de la materia orgánica presente principalmente en los sólidos sedimentables y suspendidos. La eficiencia de remoción para una fosa se puede medir a través de dos parámetros: demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO_5) que es alrededor del 30%, y sólidos suspendidos totales de cerca del 60%⁵³.

2.5.2.2 Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (UASB).

Este tipo de tratamiento fue inventado por el profesor Gatzke Lettinga de la universidad de Holanda en 1970. La abreviación UASB proviene de Upflow Anaerobic Sludge Blank Reactor que significa Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente. Por lo general este tipo de tratamiento, se emplea en países tropicales donde las condiciones son óptimas para el uso del reactor UASB. Se utiliza generalmente como tratamiento primario de aguas residuales domésticas e industriales con alto contenido de materia orgánica biodegradable.

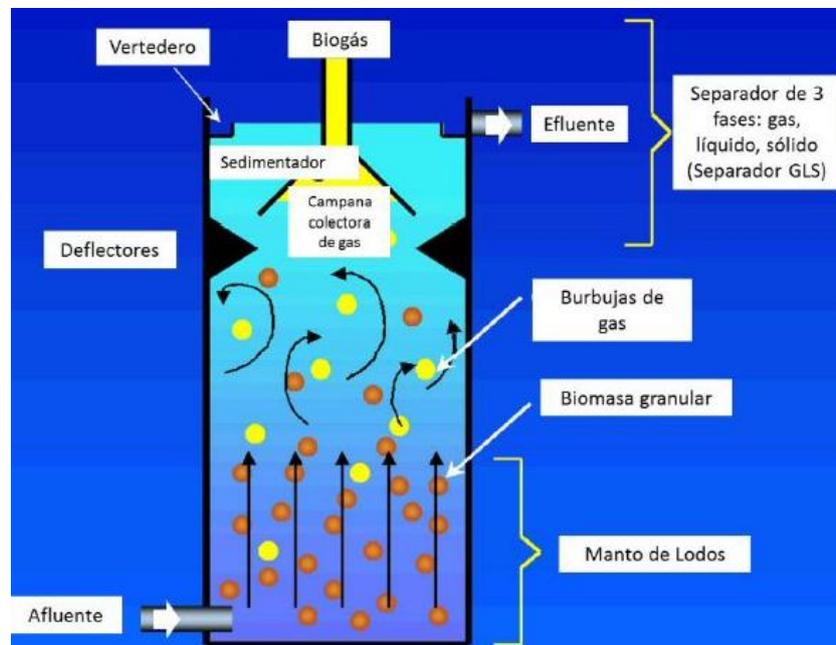


Figura 3: Esquema del reactor UASB.

Fuente: W. Lozano 2012

⁵³ Arturo Gonzales, 11



El reactor anaerobio UASB se trata de un tanque cerrado conformado por dos zonas características: la zona de digestión ubicada en la parte baja del tanque, y la zona de sedimentación ubicada en la parte superior, como se puede observar en la **Figura 3**.

El proceso de tratamiento ocurre desde el momento que el afluente ingresa a la zona de digestión y empieza a fluir de forma ascendente a través del manto de lodos. Dicho manto se encuentra en suspensión debido a la fuerza hidrodinámica del flujo. De este modo la materia orgánica entra en contacto con la biomasa que la adhiere a sí mismo para que después ocurra la digestión en ausencia de oxígeno, dando como resultado la formación de biogás como el metano CH_4 y dióxido de carbono CO_2 ⁵⁴.

Parámetro	Rango o Valor
Remoción de DBO (%)	80 a 90
Remoción de DQO (mg/L)	1,5 x DBO removida
Producción de biogás	0,5 m ³ /kg de DQO removida
Producción de metano	0,35 m ³ /kg de DQO removida
Producción de lodo	0,05 a 0,10 kg SSV/kg de DQO removida

Tabla 17: Rendimientos promedio de los procesos anaerobios.

Fuente: G. Malina & F. Pohland 2012.

El rendimiento más alto que se puede obtener para este tipo de reactores, es en el procesamiento de aguas con altas concentración de DBO insoluble y concentraciones de solidos suspendidos totales de 2000 mg/l. Estos reactores son muy utilizados en aguas residuales provenientes de las industrias de: almidón, azúcar, papa y cerveza⁵⁵.

2.5.3 Tratamiento secundario.

El tratamiento secundario consiste en la purificación biológica del agua residual por medio de microorganismos, para llevar a cabo la remoción de nutrientes (Nitrógeno y fósforo), y la materia orgánica biodegradable tanto coloidal como disuelta, mediante procesos aerobios, anaerobios y facultativos. Los microorganismos principalmente bacterias, se alimentan de la materia orgánica

⁵⁴ Lozano Rivas 2012, 117

⁵⁵ Lozano Rivas 2012, 117

para después convertirla, de compuestos orgánicos complejos, a complejos simples y de fácil sedimentación⁵⁶. Los métodos más empleados en el sector rural del cantón Cuenca son el filtro anaerobio y el humedal artificial, que serán detallados a continuación.

2.5.3.1 Filtro anaerobio

En el filtro anaerobio se da un proceso de eliminación o reducción de la carga contaminante en las aguas servidas, mediante microorganismos anaerobios que se encuentran adheridos sobre la superficie del material filtrante⁵⁷. El agua servida llega al filtro a través de un falso fondo, por donde el flujo se distribuye uniformemente. El afluente que se va tratar se hace pasar sobre o a través de una masa de sólidos biológicos suspendidos (o cerca del estado coloidal), contenidos dentro del sistema por un medio fijo de soporte. Los microorganismos se adhieren a la superficie del medio en forma de una fina biopelícula, o bien se agrupan en forma de una masa de lodo floculado o granulado dentro de los intersticios del medio. La materia orgánica soluble que pasa a través del filtro, se difunde dentro de las superficies de los sólidos adheridos o floculados, donde se realiza el proceso de degradación en condiciones anaerobias⁵⁸.

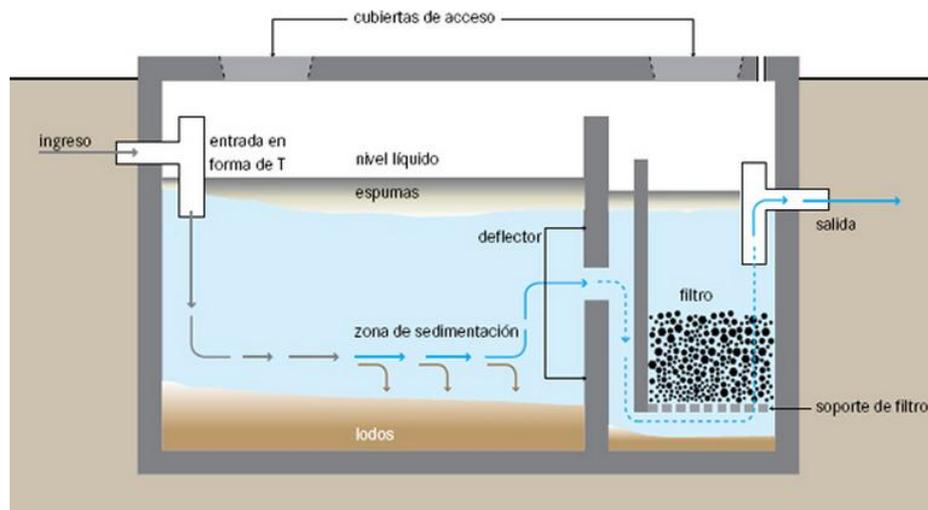


Figura 4: Esquema de filtro Anaerobio.

Fuente: W. Lozano 2012

⁵⁶ eHow en Español

⁵⁷ Gallego, Montoya & Valverde 2007

⁵⁸ James Young 1991



La biomasa en el reactor puede presentarse en tres formas diferentes:

- Una capa delgada de biopelícula en la superficie del medio
- Una biomasa dispersa retenido en los intersticios del medio
- Flóculos o gránulos en el compartimento inferior, por debajo del lecho filtrante.

Los compuestos orgánicos solubles que contienen las aguas residuales, entran en contacto con la biomasa a través de las superficies de la biopelícula o el lodo granular. A continuación, se convierten en productos intermedios y finales, específicamente en metano y en dióxido de carbono.

El filtro anaerobio puede ser de flujo ascendente o descendente. En los filtros de flujo ascendente, el lecho filtrante debe estar necesariamente sumergido. Los filtros de flujo descendente trabajan con el lecho sumergido o no sumergido. Por lo general son estructuras cubiertas, pero pueden estar expuestas al ambiente, cuando no hay preocupación por la posible liberación de malos olores⁵⁹.

Se recomienda el flujo ascendente ya que hay un menor riesgo de que la biomasa fijada sea arrastrada.

Eficiencia de remoción.

La eficiencia de remoción de un filtro anaerobio depende principalmente de la estabilización del sistema desde su arranque⁶⁰. Para medir la eficiencia se utilizan los siguientes parámetros: sólidos suspendidos, demanda química de Oxígeno (DQO), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y Coliformes totales. La eliminación de DBO y de sólidos suspendidos puede ser entre 85% a 90% para ambos parámetros, pero normalmente está dentro de 50% a 80%, para la DQO la eficiencia de remoción promedio esta entre el 68% al 79%. Aunque pueden ser instalados en todo tipo de clima, los filtros anaerobios operan satisfactoriamente en climas cálidos con temperaturas entre 25 y 38 °C⁶¹.

⁵⁹ Chernicharo 2007, 79

⁶⁰ José Antonio Rodríguez

⁶¹ Chernicharo 2007, 79

El filtro anaerobio no opera a su máxima capacidad, sino después de seis a nueve meses, luego de instalado y agregado bacterias activas, ya que éstas requieren un tiempo de arranque para estabilizarse. La biomasa puede provenir de los lodos de una fosa séptica rociados en el material del filtro⁶².

2.5.3.2 Humedales artificiales

Los humedales son métodos de tratamiento de aguas residuales de bajo costo, y principalmente utilizados para sectores rurales con un clima adecuado. A temperaturas bajas, la remoción de DBO del afluente es menor que en temperaturas altas, por lo que, el clima más adecuado es el cálido⁶³. Este método se basa en sustratos donde se colocan plantas emergentes, y posteriormente se satura el sistema con agua residual. Las plantas más comunes son: las totoras, carrizos y juncos, cuyas raíces proporcionan superficies para la formación de películas bacterianas, facilitan la filtración y absorción de los principales contaminantes de las aguas negras, permiten la transferencia de oxígeno desde la atmósfera hacia el sustrato donde se encuentran las raíces, dándose la descomposición de la materia orgánica⁶⁴.



Figura 5: Sistema subterráneo típico de humedal artificial.

Fuente: D. Yocum, Manual de Diseño, Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Biofiltración, California - USA.

El proceso de depuración en un humedal se basa en la sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización.

⁶² Chernicharo 2007

⁶³ Crites & Tchobanoglous 2000, 578

⁶⁴ D. Yocum



Esta alternativa es muy favorable, ya que cumple con algunas funciones que hace de esta técnica muy atractiva, al momento de tratar las aguas negras, éstas son:

- Transforman y utilizan los elementos por intermedio de microorganismos.
- Logran niveles de tratamiento con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento del sistema⁶⁵.
- Es una técnica sencilla
- Bajo costo de inversión en comparación con tecnologías de tratamiento convencionales
- Costos de mantenimiento y operación prácticamente despreciables
- No requiere de la adición de productos químicos
- Gasto energético nulo o muy bajo en dependencia de la topografía
- Vida útil superior a los 40 años
- Sistema versátil y altamente flexible que permite tratar muchos tipos de aguas residuales, así como amplias variaciones en las características del agua residual
- Sistema compacto que en forma integral agrupa procesos de biofiltración, degradación aerobia, degradación anaerobia y tratamiento de lodos en un mismo elemento de tratamiento
- No produce malos olores, dado que el flujo de agua residual fluye subsuperficialmente
- El sistema puede integrarse al paisaje natural de la zona donde se ubique (DWC).

Tipos de humedales artificiales.

Los tipos de humedales más importantes empleados en la depuración del agua residual son: sistemas de flujo libre y sistemas de flujo subsuperficial.

2.5.3.2.1 Sistemas de flujo libre

Este tipo de humedal se caracteriza por tener el flujo del agua por encima del sustrato, por lo que la vegetación emerge desde la superficie del terreno en la

⁶⁵ José Rodríguez

cual está sembrada y fija, hacia el exterior. En un flujo libre se favorece o se estimula la descomposición de los contaminantes por procesos aerobios, debido a que el agua residual se encuentra directamente expuesta a la atmósfera.

En la **Figura 6** se presenta un esquema de un Humedal típico.

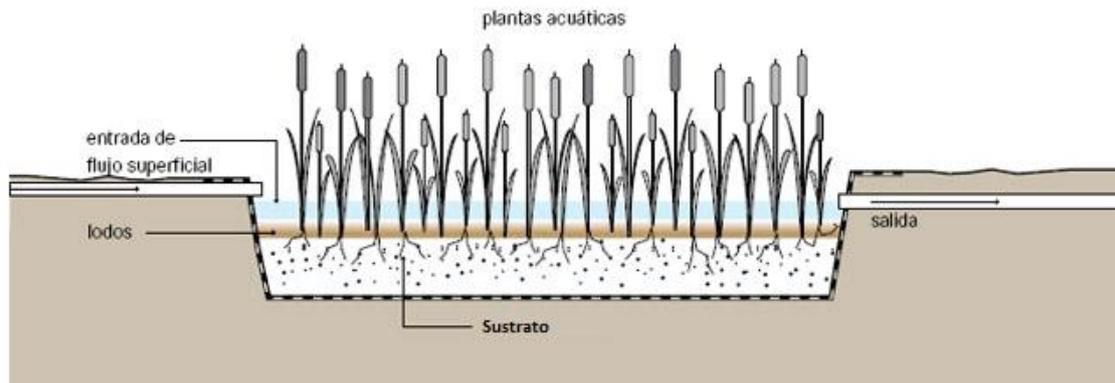


Figura 6: Humedal artificial de flujo libre.

Fuente: Tecnologías naturales de depuración y tratamiento de aguas 2013.

En este sistema, al tener un flujo lento, las partículas se sedimentan en el sustrato, los patógenos se eliminan y los nutrientes son aprovechados por organismos y plantas⁶⁶. La profundidad de este tipo de humedal, por lo general no sobrepasa los 0.6 metros⁶⁷.

El proceso de tratamiento se genera mediante la circulación del agua residual a través de los tallos y raíces de las plantas del humedal, de esta forma se van reteniendo los nutrientes como nitrógeno y fósforo, que generalmente están presentes en estas aguas. La remoción es por lo general de 60 a 80% para la DBO y de 50 a 90% para los SST (dependiendo de la naturaleza y la concentración de los SST del afluente)⁶⁸. Para que este proceso tenga una alta eficiencia de remoción y el sistema se mantenga en buenas condiciones de funcionamiento, es necesario dar un pretratamiento al agua residual, para prevenir la acumulación de sólidos gruesos y basura a la entrada del humedal, lo cual podría obstruir el ingreso del agua residual hacia el humedal.

⁶⁶ akvopedia 2011

⁶⁷ Ramón Collado 1992

⁶⁸ Crites & Tchobanoglous 2000

Además de tratar el agua residual, este sistema se puede adecuar para nuevos hábitats de fauna y flora o para mejorar las condiciones de los pantanos naturales próximos, en el caso que existan posterior a la descarga.

2.5.3.2.2 Sistemas de flujo subsuperficial

La característica de este sistema es que el flujo del agua residual se da a través del sustrato, que puede ser grava, tierra o arena. En este sustrato se encuentran sembradas plantas emergentes, cuyas raíces están dentro del sustrato y en contacto con el agua residual. Como el nivel del agua está por debajo de la superficie del medio granular no está expuesto, con lo cual se evitan posibles problemas de mosquitos, que pueden llegar a presentarse en sistemas de flujo libre en algunos lugares. Tampoco representan inconvenientes con el acceso de público, así como se evitan problemas en clima fríos, ya que esta capa presta una mayor protección térmica⁶⁹.

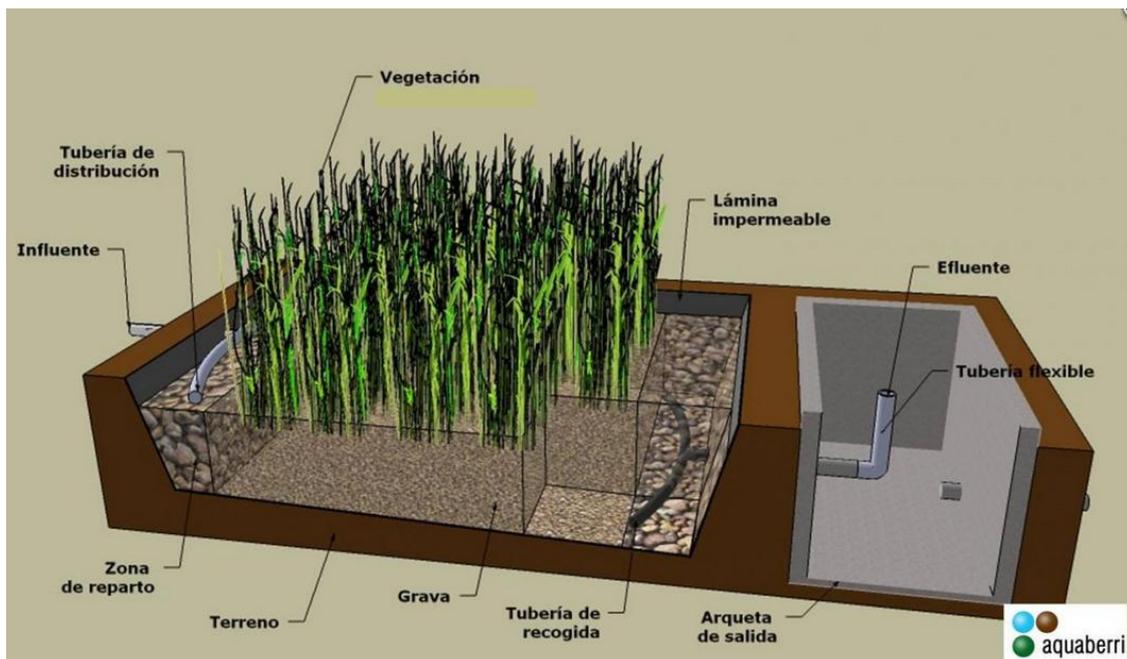


Figura 7: Humedal artificial de flujo subsuperficial.

Fuente: Tecnologías naturales de depuración y tratamiento de aguas 2013.

El agua ingresa en forma permanente por la parte superior del humedal, y es recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. La profundidad del

⁶⁹ José Rodríguez, 34



lecho varía entre 0.45 m a 1 m y tiene una pendiente entre 0.5 a 1%, de esta forma se garantiza que el agua fluya y no se produzca estancamientos⁷⁰.

Además del tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, éstos pueden ser utilizados en una variedad de industrias, escorrentías de aguas agrícolas, lluvias y drenajes de minas. Este sistema puede tratar niveles altos de DBO5, sólidos suspendidos y nitrógenos.

2.5.4 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario se da en aguas residuales que requieren una mayor depuración o eliminación de constituyentes que merecen una especial atención, como los nutrientes los compuestos tóxicos y los excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión, comúnmente es empleado para el cuidado del cuerpo receptor de estas aguas. El objetivo de estos procesos de tratamiento suele ser la eliminación de microorganismos por medio de la cloración, aunque si bien el agua no es apta para el consumo humano esta puede ser utilizada para el riego. Se puede emplear también esta etapa de tratamiento para eliminar algunos componentes del agua como el fósforo, con el fin de evitar la eutrofización del río que recibe la descarga⁷¹. Los principales métodos empleados en el tratamiento terciario de aguas residuales son:

- Separación de sólidos en suspensión
- Adsorción en carbón activo
- Intercambio iónico
- Ósmosis inversa
- Electrodiálisis
- Oxidación química
- Eliminación de nutrientes
- Destilación
- Coagulación
- Remoción por espuma
- Filtración
- Precipitación

⁷⁰ Delgadillo, Camacho, Pérez & Andrade 2010

⁷¹ Fases del proceso de depuración en el Tratamiento de aguas residuales.



3 CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de datos

Los datos utilizados para esta tesis fueron tomados de evaluaciones realizadas en los años 2005⁷², 2009⁷³, 2010⁷⁴ y 2014⁷⁵ a las plantas de tratamiento del sector rural del Cantón Cuenca. Dichos datos son detallados a continuación para su breve análisis, y tener una visión más amplia de la situación de las plantas.

3.1.1 Caracterización de las aguas residuales.

En esta sección analizaremos las concentraciones de los principales parámetros del agua residual como son: DBO_5 , DQO, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y sólidos totales. De estos parámetros se destacarán las concentraciones más altas como las más bajas, luego se determinará la mediana y el promedio de cada uno de estos. Se trabajará con los datos de muestras compuestas correspondientes al afluente de 8 PTAR's del sector rural del cantón Cuenca.

- DBO_5

En la **Tabla 18** se presentan los valores de la DBO_5 . Existen 4 plantas que muestran valores bajos para este parámetro que se indican a continuación.

Planta Tratamiento	Fecha toma de muestra	DBO_5 (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	63.0
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	13.0
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	49.0
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	128.7
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	55.3
Tarqui	XX/09/2010	133.0
Victoria Del Portete (Churuguzo)	18 y 19 / 06 / 2014	33.0
	18/12/2014	90.0
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	30.0

Elaborado por: Los Autores

Tabla 18: DBO_5 de las plantas del sector rural de Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

⁷² Alfonso Neira 2005

⁷³ Galo Ordoñez 2009

⁷⁴ Arévalo, Morocho & Novillo 2010

⁷⁵ Once & Ruiz 2014



Valores bajos de DBO_5 , como es el caso de: Jatumpamba con 13 mg/l, Sidcay con 49 mg/l, Churuguzo con 33 mg/l y Soldados con 30 mg/l, no reflejan la concentración real de DBO_5 en las aguas, por tal motivo no se tomarán en cuenta para determinar un valor promedio de este parámetro.

Dejando de lado estos valores obtenemos que el valor promedio de DBO_5 es 94 mg/l y la mediana de 90 mg/l, para el sector rural del Cantón Cuenca, que comparado con la bibliografía corresponde a una concentración débil de DBO_5 .

- **DQO**

En la **Tabla 19** se muestran las concentraciones de DQO. En esta tabla existe un valor bajo el cual se indica a continuación.

Planta Tratamiento	Fecha toma de muestra	DQO (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	142.0
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	27.0
Sidcay	Del 02 - 09 /05/ 2004	112.9
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	249.9
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	152.9
Tarqui	XX/09/2010	312.88
Victoria Del Portete (Churuguzo)	18/12/2014	252.0
	18 y 19 / 06 / 2014	174.0
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	149.0

Elaborado por: Los Autores

Tabla 19: DQO de las plantas del sector rural de Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

En Jatumpamba se presenta un valor de 27 mg/l que comparado con los demás valores de la **Tabla 19** se considera bajo para la concentración de DQO, el cual será considerado para la obtención del promedio para el sector rural de Cuenca.

Dejando de lado este valor de DQO nos queda que, el valor promedio es 205 mg/l y la mediana de 174 mg/l, para el sector rural del Cantón Cuenca.



- **Sólidos Sedimentables**

En la **Tabla 20** se muestra las concentraciones de sólidos sedimentables. Para este caso existe una concentración alta que será indicada a continuación.

Planta Tratamiento	Fecha toma de muestra	Sólidos Sedimentables (ml/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	0.35
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	0.17
Sidcay	Del 02 - 09 /05/ 2004	0.10
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	1.00
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2004	0.40
Tarqui	09/2010	1.84
Victoria Del Portete (Churuguzo)	18 y 19 / 06 / 2014	1.00
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	1.50

Elaborado por: Los Autores

Tabla 20: Sólidos sedimentables de las plantas del sector rural de Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

Se puede observar en la **Tabla 20** que la planta de Tarqui muestra una concentración de 1.84 ml/l, que comparada con los demás valores es una concentración alta de sólidos sedimentables, por lo que no se tomara en cuenta en el promedio de estos datos.

Entonces el promedio para este grupo de datos de sólidos sedimentables es 0.65 ml/l y la mediana de 0.4 ml/l, estos valores se encuentran dentro de concentraciones débiles de sólidos sedimentables para aguas residuales.

Sólidos Suspendidos

En la **Tabla 21** se presentan los valores de sólidos suspendidos, en las cuales tres plantas tienen valores extremos que serán expuestos a continuación.

Planta Tratamiento	Fecha de toma de muestra	Sólidos Suspendidos (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	62.00
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	13.00
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	21.00
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	442.40
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2005	57.60
Tarqui	009/2010	109.11
Victoria Del Portete	18 y 19 / 06 / 2014	74.00
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	53.00

Elaborado por: Los Autores

Tabla 21: Sólidos suspendidos de las plantas del sector rural de Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.



Santa Ana cementerio es la que presenta la concentración más alta de la tabla, con 442 mg/l corresponde a una concentración poco usual para aguas residuales, especialmente si la comparamos con los demás datos de la **Tabla 21**. En esta planta el día de toma de muestras se evidencia un incremento en el caudal de entrada durante una lluvia en el sector, lo que indica que existe ingreso de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario⁷⁶. Podemos mencionar también valores de sólidos suspendidos sumamente bajos para aguas residuales, los cuales no reflejan las concentraciones reales. Existen plantas como Jatumpamba (con 13 mg/l) y Sidcay (con 21 mg/l), que presentan concentraciones bajas de sólidos suspendidos, las cuales no serán tomadas en cuenta.

Dejando de lado los valores más altos y los más bajos expuestos anteriormente, tenemos que el valor promedio de sólidos suspendidos es de 71 mg/l y la mediana de 62 mg/l, para el sector rural del Cantón Cuenca, que comparando con la bibliografía corresponde a una concentración baja para aguas residuales.

- **Sólidos Totales**

En la **Tabla 22** se exponen los valores de sólidos totales. Existen cuatro plantas que muestran valores altos que serán indicadas a continuación.

Planta de Tratamiento	Fecha toma de muestra	Solidos Totales (mg/l)
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	601
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2005	211
Sidcay	Del 2 - 9 /05/ 2004	169.4
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	1655.4
Santa Ana (Laureles)	Del 23 al 30/ 04/2005	1098.3
Tarqui	009/2010	407.32
Victoria del Portete (Churuguzo)	18/12/2014	132
	18 y 19 / 06 / 2014	268
Soldados	16 y 17 / 06 / 2014	162

Elaborado por: Los Autores

Tabla 22: Sólidos totales de las PTAR's sector rural de Cuenca.

Fuente: A. Neira 2005, G. Ordoñez 2009, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

⁷⁶ Alfonso Neira 2005



Al igual que los sólidos suspendidos, la planta de Santa Ana cementerio tiene la mayor concentración de sólidos totales con 1655 mg/l. Este incremento en estos dos parámetros se debe como ya se indicó al ingreso de sólidos hacia el sistema de alcantarillado sanitario. En el mismo sector se encuentra la planta Santa Ana Laureles que también presenta una concentración alta de sólidos totales de 1098 mg/l, en la cual existía una obstrucción que disminuía el caudal de entrada a la planta⁷⁷. Esto indica que existe una gran cantidad de sólidos sedimentados en el sistema de alcantarillado sanitario que impide la libre circulación del caudal, y que por consiguiente al momento de una precipitación el caudal aumenta y lleva consigo dichos sólidos. Tenemos también una concentración alta en la planta de Octavio Cordero Palacios y Tarqui con 601 mg/l y 407.32 mg/l respectivamente.

Al quitar los valores extremos que se mencionaron, tenemos que la concentración promedio de sólidos totales es de 188 mg/l y la mediana de 169 mg/l para el sector rural del cantón Cuenca. Comparando con la bibliografía, vemos que corresponden a concentraciones bajas para aguas residuales.

3.1.2 Análisis de eficiencia de fosa séptica, filtro anaerobio y humedal artificial.

En esta sección se pretende analizar los datos, tanto del afluente como del efluente, correspondientes a las estructuras que componen el sistema de tratamiento de las plantas, como son: fosa séptica, filtro anaerobio y humedal artificial. Esto con el fin de obtener una perspectiva de la eficiencia que existe en las plantas de tratamiento del sector rural de Cuenca, en base a los principales parámetros removidos por dichas estructuras.

Fosa séptica.

Las plantas que se analizarán dentro de este grupo son: Octavio cordero Palacios, Jatumpamba, Santa Ana Cementerio, Sidcay, Churuguzo, Tarqui y Soldados. Todas estas plantas contienen datos de muestras compuestas por lo cual se puede determinar la eficiencia para los parámetros antes mencionados.

⁷⁷ Alfonso Neira 2005

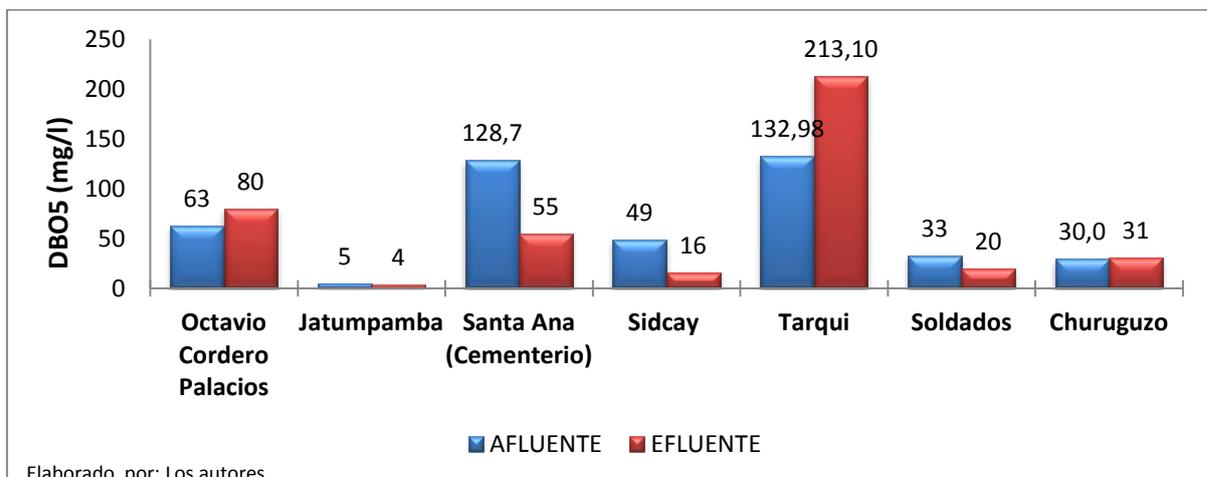


Planta de Tratamiento	Fecha de muestra	DBO ₅		
		Afluente	Efluente	Eficiencia
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	63.00	80.00	-27%
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	5.00	4.00	20%
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	128.70	55.00	57%
Sidcay	Del 2-9/05/2004	49.00	16.00	67%
Tarqui	mes de sep-2010	132.98	213.10	-60%
Soldados	16 y 17/ 06/2014	33.00	20.00	39%
Churuguzo	18 y 19/06/2014	30.00	31.00	-3%

Elaborado por: Los autores

Tabla 23: Desempeño de la fosa séptica (DBO5).

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.



Elaborado por: Los autores

Figura 8: Desempeño de la fosa séptica (DBO5)

Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

En la **Tabla 23** existen tres plantas que presentan eficiencias de remoción negativas, las cuales son: Tarqui con -60%, Octavio Cordero Palacios con -27% y Churuguzo con -3% de remoción de DBO_5 . Este incremento de DBO_5 en el efluente está relacionado con la acumulación de materia orgánica en el interior de la fosa, debido a que no se reporta periodos de limpieza de lodos en las plantas de tratamiento⁷⁸. En el caso de Tarqui, como indica la referencia⁷⁹, la deficiencia se debe a los muchos problemas de obstrucción en la fosa.

Las plantas que cumplen la eficiencia de remoción del 30% de la DBO_5 son: Sidcay con 67%, Santa Ana Cementerio con 57% y Soldados con 39%.

⁷⁸ Galo Ordoñez 2009

⁷⁹ M. Arévalo et al. 2010



Planta de Tratamiento	Fecha de muestra	Sólidos Suspendidos(mg/l)		
		Afluente	Efluente	Eficiencia
Octavio Cordero Palacios	Del 17 al 21/04/2004	62.0	115.0	-85%
Jatumpamba	Del 17 al 21/04/2004	13.0	22.0	-69%
Santa Ana (Cementerio)	Del 23 al 30/ 04/2004	442.6	42.0	91%
Sidcay	Del 2-9/05/2004	21.0	11.0	48%
Tarqui	mes de sep-2010	109.1	297.1	-172%
Soldados	16 y 17/ 06/2014	53.0	53.0	0%
Churuguzo	18 y 19/06/2014	74.0	172.0	-132%

Elaborado por: Los autores

Tabla 24: Desempeño de la fosa séptica (Sólidos suspendidos).
 Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

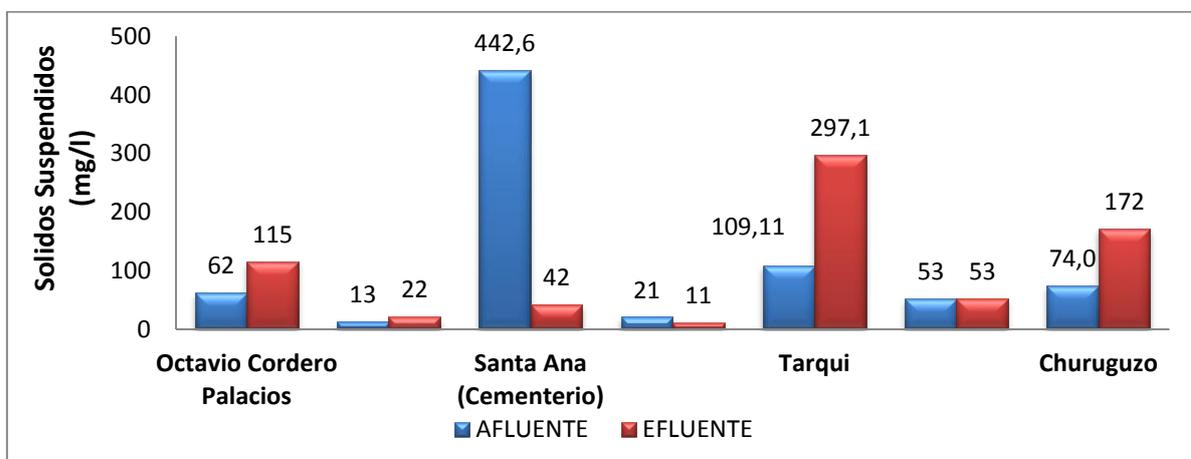


Figura 9: desempeño de la fosa séptica (Sólidos suspendidos).
 Fuente: A. Neira 2005, M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

Podemos observar en la **Tabla 24** que existen deficiencias muy altas de remoción, como es el caso de Tarqui con -172% y Churuguzo con -132% . Esta última se reportó una inundación en las estructuras de remoción de la planta justo un mes antes de la toma de muestras⁸⁰. A más de estas dos plantas también se encuentran Octavio Cordero Palacios con -85% y Jatumpamba con -69% . También existen eficiencias positivas como la de Sidcay con 48% y Santa Ana Cementerio con 91% , esta última muestra una remoción de sólidos superior a la esperada por una fosa séptica.

Filtro anaerobio.

En la **Tabla 23** se presentan valores de los parámetros que se deben analizar para un filtro anaerobio, como: DBO₅, DQO, Sólidos Suspendidos y Coliformes Totales. Estos datos son el resultado de muestras compuestas realizadas a las

⁸⁰ D. Once & J. Ruiz 2014



plantas de Jatumpamba, Santa Ana Cementerio y Sidcay, de las cuales se podrá evaluar la eficiencia de remoción.

Nombre de la Planta	Jatumpamba			Sta. Ana (Cementerio)			Sidcay		
Fecha:	Del 17 al 21/04/2004			Del 23 al 30/04/2004			Del 2 - 9 /05/ 2004		
	Afluente	Efluente	Eficiencia	Afluente	Efluente	Eficiencia	Afluente	Efluente	Eficiencia
DBO5 (mg/l)	4	4	0%	55	55.4	0%	16	15.7	0%
DQO (mg/l)	31	31	0%	118	118.3	0%	53	52.9	0%
Sólidos Suspendidos (mg/l)	22	22	0%	42	42	0%	11	11	0%
Coliformes totales (No./100 mL)	-----	2.00E+06	-----	-----	1.40E+07	-----	-----	1.30E+07	-----

Tabla 25: Caracterización Afluente - Efluente Filtro Anaerobio

Fuente: Alfonso Neira 2005.

Como se puede observar en la **Tabla 25** la eficiencia de remoción es nula en todas las plantas y para todos los parámetros considerados, lo cual indica que el filtro no está funcionando en las tres plantas.

Según las últimas evaluaciones de ETAPA, las causas por las que el filtro anaerobio no se encuentra funcionando son: que no existe un adecuado desarrollo de la biomasa, influenciado principalmente por el clima frío que afrontan la mayoría de estos filtros, niveles bajos de infiltración del agua a través del lecho filtrante y la principal de todas, la falta de un adecuado mantenimiento. El mantenimiento en muchas de las plantas está imposibilitado por la falta de espacio, por tal motivo impiden o dificultan realizar labores de mantenimiento como: el lavado del lecho filtrante, extracción de lodos de las estructuras de remoción, y demás labores que requieren de maquinaria pesada.

Humedal artificial.

En las parroquias rurales del Cantón Cuenca, existen ocho humedales artificiales: Dos de ellos en Victoria del Portete (Churuguzo y Tarqui Centro), cinco en Molleturo (Abdón Calderón, Flor y Selva, Tamarindo, Jesús del Gran Poder y Estero Piedra), y uno en San Joaquín (Soldados).

Como se mencionó en el marco teórico, los principales constituyentes que se remueven en un humedal son: DBO, Sólidos suspendidos totales, nitrógeno, fósforo y organismos patógenos⁸¹; A continuación se presentan valores de

⁸¹ Crites & Tchobanoglous 2000

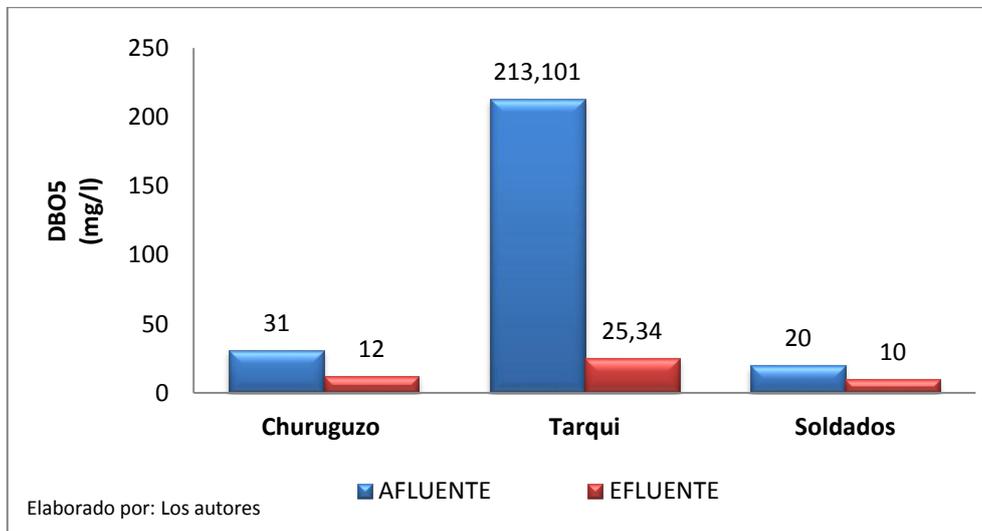


estos constituyentes y sus porcentajes de eficiencia en Humedales de flujo libre en las plantas de: Churuguzo, Tarqui y Soldados. Estos datos son resultados de muestras compuestas por lo que se puede determinar la eficiencia para los constituyentes antes mencionados.

Planta de Tratamiento	Fecha de Muestra	DBO5 (mg/l)		
		Afluente	Efluente	Eficiencia
Churuguzo	18 y 19/06/2014	31	12	61%
Tarqui	mes sep-2010	213.101	25.34	88%
Soldados	16 y 17/ 06/2014	20	10	50%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 26: Desempeño del Humedal (DBO5)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.



Elaborado por: Los autores

Figura 10: Desempeño del Humedal (DBO5)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

Como se puede observar en la **Tabla 26**, la eficiencia de la DBO5 es superior a 50% llegando hasta el 88% en PTAR de Tarqui, estos valores son porcentajes de eficiencias aceptables en Humedales. Lo cual indica que la remoción de la DBO5 es alta y funciona aceptablemente

Planta de Tratamiento	Fecha de Muestra	Sólidos Suspendedos (mg/l)		
		Afluente	Efluente	Eficiencia
Churuguzo	18 y 19/06/2014	172	9	95%
Tarqui	mes sep-2010	297.129	23.27	92%
Soldados	16 y 17/ 06/2014	15	29	-93%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 27: Desempeño del Humedal (Sólidos Suspendedos).
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

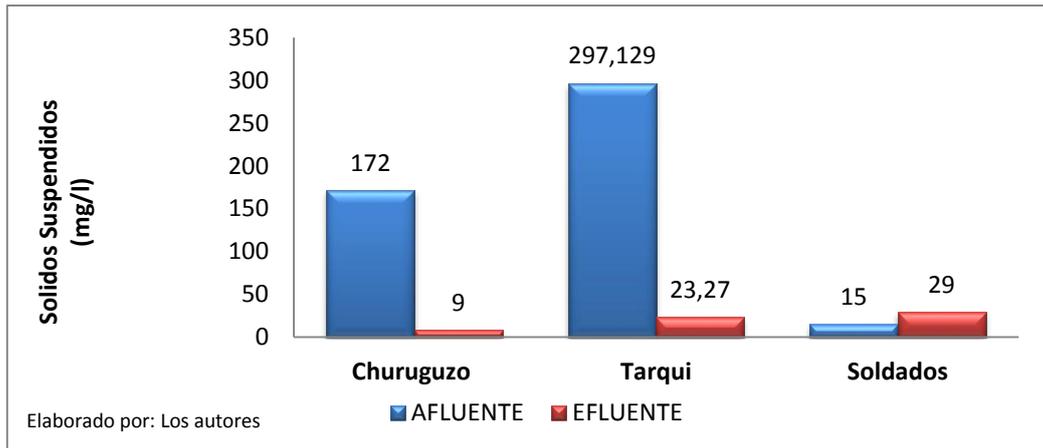


Figura 11: Desempeño del Humedal (Sólidos Suspendidos)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

El rango de eficiencia para sólidos suspendidos en un humedal esta entre el 50% y 90%, como se observa en la **Tabla 27**, en la planta de Churuguzo y Tarqui la eficiencia está por encima de este rango, el humedal trabaja efectivamente en estas plantas, mientras que en la de Soldados se observa un incremento de sólidos suspendidos en el efluente y por lo tanto una eficiencia negativa, esto se debe a una falla en el diseño en la tubería del efluente del humedal.

Planta de Tratamiento	Fecha de Muestra	Nitrógeno Amoniacal (mg/l)		
		Afluente	Efluente	Eficiencia
Churuguzo	18 y 19/06/2014	6.3	7.5	-19%
Tarqui	mes sep-2010	33.221	26.9	19%
Soldados	16 y 17/ 06/2014	1.8	2.25	-25%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 28: Desempeño Humedal (Nitrógeno Amoniacal)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

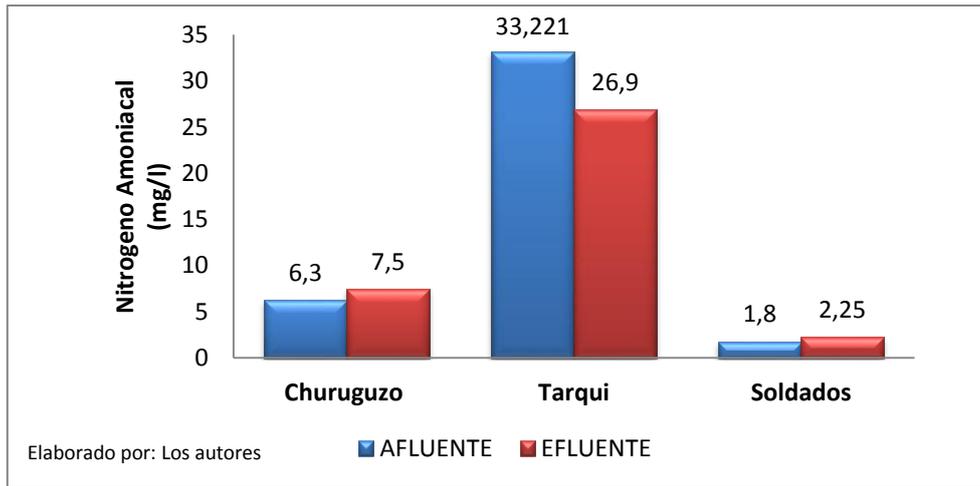


Figura 12: Desempeño Humedal (Nitrógeno Amoniacal)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

Como se puede observar en la **Tabla 28**, el único humedal que funciona positivamente en la remoción del nitrógeno amoniacal es la de Tarqui, en los humedales de Churuguzo y Soldados existe un incremento de este parámetro en el efluente, este aumento se da por la mineralización del nitrógeno en la materia orgánica⁸².

Planta de Tratamiento	Fecha de Muestra	Fósforo total (mg/l)		
		Afluente	Efluente	Eficiencia
Churuguzo	18 y 19/06/2014	1.54	1.12	27%
Tarqui	mes sep-2010	8.455	5.6	34%
Soldados	16 y 17/ 06/2014	0.69	0.52	25%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 29: Desempeño Humedal (Fósforo total)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

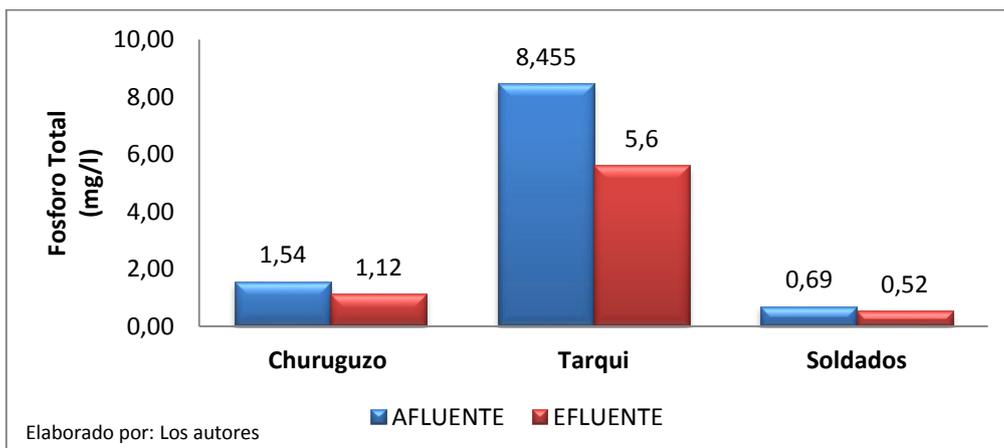


Figura 13: Desempeño Humedal (Fósforo total)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

⁸² Once & Ruiz 2014



Los mecanismos principales para la remoción de fósforo en los sistemas de humedales artificiales de flujo libre son la adsorción, la precipitación química y la asimilación por parte de las plantas, la cual es rápida⁸³, sin embargo se puede observar en la **Tabla 29** que la eficiencia en la remoción del fósforo no es muy alta en los tres humedales, esto se debe que a medida que las plantas mueren, liberan fósforo, de manera que a largo plazo la remoción es baja. La remoción del fósforo depende de la interacción del suelo y del tiempo de retención, en humedales con tiempos de retención entre 5 a 10 días, la remoción del fósforo excederá rara vez 1 a 3 mg/l⁸⁴.

Planta de Tratamiento	Fecha de Muestra	Coliformes Totales		
		Afluente	Efluente	Eficiencia
Churuguzo	18 y 19/06/2014	1.30E+06	1.60E+06	-23%
Tarqui	mes sep-2010	4.84E+07	3.68E+07	24%
Soldados	16 y 17/ 06/2014	4.90E+05	7.90E+04	84%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 30: Desempeño Humedal (Coliformes Totales)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

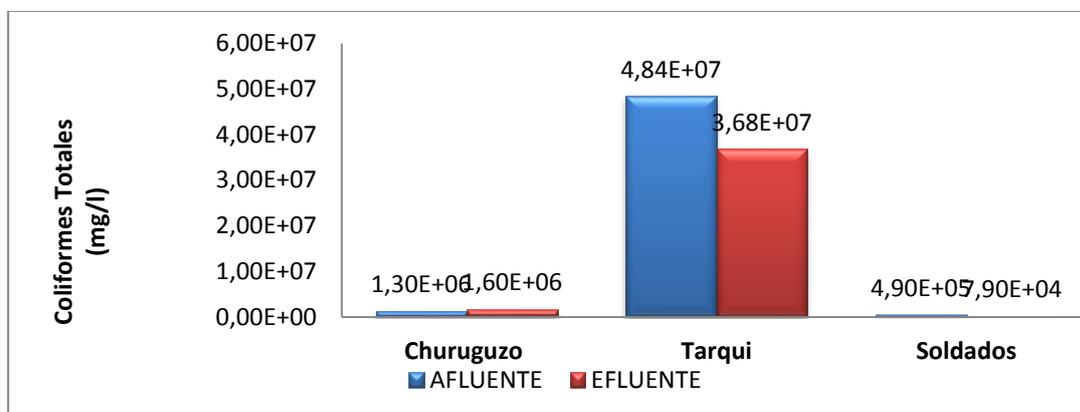


Figura 14: Desempeño Humedal (Coliformes Totales)
Fuente: M. Arévalo et al. 2010, J. Ruiz & D. Once 2014.

Aunque se observa en la **Tabla 30** una eficiencia positiva en los humedales de Tarqui y Soldados, la remoción de coliformes no es considerable en estos, ya que la remoción de coliformes totales debe ser de más del 90%, la eficiencia negativa en el humedal de Churuguzo indica un tratamiento nulo, esto se debe

⁸³ Crites & Tchobanoglous 2000, 584

⁸⁴ Crites & Tchobanoglous 2000, 584



a que el humedal se encontraba en mal estado y con presencia de animales pastando en el interior de esta zona⁸⁵.

3.1.3 Evaluación Física de las Plantas de Depuración de Agua Residual del sector Rural del Cantón Cuenca, Azuay

Según la documentación dada por ETAPA existen 32 plantas de tratamiento de aguas residuales en el sector rural del cantón Cuenca, de las cuales dos están fuera de funcionamiento, Flor del Camino en la parroquia Ricaurte y Luz y Guía en la parroquia Molleturo. Por lo que en el sector rural se encuentran actualmente 30 plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en diferentes parroquias del cantón Cuenca.

La evaluación física general de las plantas se realizó mediante una visita de campo a las 30 plantas en un periodo de 30 días aproximadamente, dichas visitas se llevaron a cabo en coordinación con el personal técnico de ETAPA. La evaluación a cada planta se la hizo en base a una ficha técnica auto-contenida que se presenta en la parte de anexos. Dentro de esta ficha se evalúa como primer punto el estado de la vía de acceso y del cerramiento, cada uno es importante para mantener el correcto funcionamiento de la planta. Por una parte la vía de acceso facilita el ingreso para realizar labores de mantenimiento, y el cerramiento mantiene la integridad de la planta frente a intrusos que pueden ocasionar daños a los procesos de tratamiento. El segundo punto es el estado físico de las estructuras que componen los procesos de tratamiento. Como proceso de pre-tratamiento en la mayoría de plantas puede haber un desarenador, una rejilla o una compuerta de entrada, después un proceso primario compuesto casi en su totalidad de plantas por una fosa séptica, solamente en la planta de Quillopungo ubicada en la Parroquia El Valle consta de Reactores UASB como tratamiento primario, y por ultimo un proceso secundario compuesto por un filtro anaerobio o humedal artificial, cabe recalcar que existen plantas que no cuentan con el proceso secundario. Y como último punto está el tener información de los periodos de mantenimiento que se les realiza a las plantas, ya sea la limpieza de montes y

⁸⁵ Once & Ruiz 2014



matorrales o la limpieza de lodos que se llegan a almacenar en las estructuras de remoción.

Las fichas de las 30 plantas de tratamiento del sector rural del Cantón Cuenca elaboradas en esta tesis se encuentran adjuntas en el **Anexo 5**.

Resumen de las visitas a las plantas.

A continuación se presentará un resumen general de las inspecciones realizadas a cada una de las planta, ya que de esta forma podremos tener un diagnóstico físico de las plantas del sector rural del Cantón Cuenca.

- El cerramiento es un factor importante, pues mantener aislada a las plantas de personas extrañas y animales, es primordial para que la planta no sea vulnerable a manipulaciones y alteraciones en sus componentes y funcione correctamente. Como se puede observar en la **Tabla 31**, la mayoría cuenta con cerramiento, aunque no todos en buen estado.

	<i>Existe</i>		<i>Estado</i>			<i>Restringe el paso</i>	
	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Bueno</i>	<i>Medio</i>	<i>Malo</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
Cerramiento	27	3	15	7	5	19	8
	90%	10%	56%	26%	18%	70%	30%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 31: Resumen de las fichas auto – contenidas (Cerramiento)
Fuente: Alvarado D. & Cárdenas A.

- La vía de acceso a una planta de tratamiento es indispensable, principalmente porque en las visitas de mantenimiento y monitorio de la planta se requieren herramientas y equipos. Como se observa en la **Tabla 32** existen un total de 20 plantas que cuentan con vía de acceso, de todas estas solamente 4 están en buenas condiciones, 13 están en condiciones medias y 3 en malas condiciones, ya sea por la pendiente, por la capa asfáltica deteriorada, o por lo angosto de la vía lo cual dificulte la maniobrabilidad de vehículos grandes.



	Existe		Estado		
	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Bueno</i>	<i>Medio</i>	<i>Malo</i>
Vía de Acceso	20	10	4	13	3
	67%	33%	20%	65%	15%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 32: Resumen de las fichas auto - contenidas (Vía de Acceso)

Fuente: Alvarado D. & Cárdenas A.

- Las PTAR's están conformadas a la entrada por una rejilla, una compuerta, y un desarenador. Estos componentes son muy importantes ya que dan un pre-tratamiento al agua residual que llega con impurezas, materiales, residuos o volumen flotante que pudieran afectar el proceso de tratamiento. Otro componente que se encuentra a la entrada de las plantas es una estructura de medición de caudal, importante al momento de monitorear y caracterizar el agua residual que llega a las plantas. Como se puede evidenciar en la **Tabla 33**, 21 plantas cuentan con rejillas, 13 con desarenador, 3 con compuertas de entrada y solo 5 tienen una estructura de medición de caudal.

	Existe	
	<i>Si</i>	<i>No</i>
Rejilla	21	9
	67%	33%
Desarenador	13	17
	43%	57%
Compuerta	3	27
	10%	90%
Medición de Caudal	5	25
	17%	83%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 33: Resumen de las fichas auto - contenidas (Rejilla, Desarenador, Compuerta, Medición de Caudal)

Fuente: Alvarado D. & Cárdenas A.

- De las 30 plantas visitadas, 29 cuentan con fosa séptica y tan solo 1 (Quillopungo) tiene reactores UASB como tratamiento primario para su afluente. De las 30 plantas, 27 cuentan con tratamiento secundario, y 3 no lo tienen. De estas 27 plantas, 19 de ellas tienen filtro anaerobio, y 8 cuentan con Humedal artificial como tratamiento secundario. Todos los 8 humedales son de flujo libre, 3 plantas cuentan con totoras en el humedal



estas se encuentran ubicadas en la sierra en los sectores de Tarqui, Victoria del Portete y Soldados, mientras que los 5 humedales con lechuguín están ubicadas en la costa en la parroquia Molleturo.

	Existe		Estado		
	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Bueno</i>	<i>Medio</i>	<i>Malo</i>
Fosa Séptica	29	1	13	13	3
	97%	3%	45%	45%	10%
Reactor UASB	1	29	0	0	1
	3%	97%	0%	0%	100%
Filtro Anaerobio	19	11	7	11	1
	63%	37%	37%	58%	5%
Humedal Artificial	8	22	6	1	1
	27%	73%	75%	12.5%	12.5%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 34: Resumen de las fichas auto - contenidas (Fosa Séptica, Reactor UASB, Filtro Anaerobio, Humedal Artificial)

Fuente: Alvarado D. & Cárdenas A.

- Como se observa en la **Tabla 33**, de los 30 efluentes que se inspeccionaron en la visitas, en 21 no se constató mal olor, no así en 9 de ellos, estos emanan mal olor y pueden causar incomodidad a la población aledaña a las plantas. De los 30 efluentes 5 se descargan a ríos, 18 a quebradas, 5 a esteros y en 2 se realiza infiltración en terrenos. 11 plantas cuentan con estructuras para evitar la erosión el momento de la descarga al cuerpo receptor, 19 no lo tienen.

	Mal olor		Cuerpo Receptor				Estructura para evitar erosión	
	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Rio</i>	<i>Quebrada</i>	<i>Estero</i>	<i>Infiltración Terreno</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
Efluente	9	21	5	18	5	2	11	19
	30%	70%	16.7%	60%	16.7%	6.6%	37%	63%

Elaborado por: Los Autores

Tabla 35: Resumen de las fichas auto - contenidas (Efluente)

Fuente: Alvarado D. & Cárdenas A.



4 CAPITULO IV: CONCLUSIONES

Al culminar este tema de tesis existen varias observaciones en relación al estado de las plantas de agua residual del sector rural del cantón Cuenca, que se ponen a consideración para mejorar el funcionamiento de dichas plantas de tratamiento y de las que posteriormente se construirán.

- Podríamos empezar con el problema más evidente que enfrentan las plantas de aguas residuales, el cual es el ingreso de aguas ilícitas al sistema de alcantarillado sanitario, ya que en muchas de las plantas presentan concentraciones diluidas en los diferentes parámetros de control. El aporte de aguas ilícitas en las parroquias rurales también está influenciado por la falta de control de conexiones al sistema de alcantarillado sanitario. Por ejemplo, en la evaluación realizada a la planta de Tarqui⁸⁶, se tiene que el 67.39% de las viviendas evacúa el agua residual proveniente del baño, cocina y lavandería a la red, mientras que el 32.61% de las viviendas introduce además la escorrentía pluvial a la red de alcantarillado sanitario. Esta descarga pluvial al sistema ocurre principalmente por las troneras (16.3% de las viviendas) que se encuentra en los patios de las casas, y por canales en la cubierta (17.39%) que descargan a la red. En esta evaluación se pudo evidenciar que la entrada de agua de lluvia al sistema de alcantarillado era obvia, ya que el caudal máximo horario de 1.29 l/s tuvo lugar junto con una fuerte precipitación en el área de estudio.
- Para una planta de tratamiento de aguas residuales es muy importante tener una estructura para medir el caudal que ingresa a la planta. La gran mayoría de plantas de tratamiento visitadas no cuentan con una estructura para medición de caudal.

⁸⁶ Arévalo, Morocho & Novillo 2010
David Alvarado & Adrián Cárdenas



- De las 30 plantas de tratamiento visitadas 19 de ellas cuentan con filtro anaerobio como tratamiento secundario. De estas, según las últimas evaluaciones de ETAPA, no se encontraban en funcionamiento la mayoría de ellas, debido a que, no existe un adecuado desarrollo de la biomasa, niveles bajos de infiltración del agua a través del lecho filtrante, y a la falta de un adecuado mantenimiento.
- El mantenimiento en las plantas de tratamiento es muy escaso y en muchas de ellas no se ha realizado, ya que existe una acumulación excesiva de lodos principalmente en las fosas sépticas. Por lo que sería conveniente establecer y realizar periodos de limpieza de lodos en dichas estructuras, para evitar que se consoliden y de esta forma mejorar el funcionamiento de las mismas.



5 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- SENPLADES, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2014). Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador.
- ETAPA EP. Saneamiento – Plantas de tratamiento de aguas residuales. <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Saneamiento/Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales>. [Consulta 4 de abril de 2015]
- NEIRA, Alfonso. (2005) Informes de eficiencia y rendimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Apuntes de Mantenimiento y Operación de dichos sistemas, ETAPA, Cuenca - Ecuador.
- ORDOÑEZ, Galo. (2009) Eficiencia y rendimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Apuntes de Mantenimiento y Operación de dichos sistemas ETAPA, Cuenca - Ecuador.
- MARCOS VON SPERLING, M.V. (2007) Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal, Brazil.
- METCALF & EDDY, I. (2003) Wastewater Engineering Treatment and Reuse.
- JOSÉ LUIS RÍOS ARAGÜEZ. Depuración de las aguas residuales - Características de las aguas residuales urbanas. <http://triplenlace.com/2013/05/17/sistemas-de-depuracion-de-aguas-residuales-26-caracteristicas-de-las-aguas-residuales-urbanas/> [Consulta 4 de abril de 2015]
- VAZQUEZ, David. (2003) Estudio de Factibilidad para la Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la UDLA-P, Universidad de las Américas Puebla, Chulula - Puebla - México.
- METCALF & EDDY. (1995) Ingeniería de Aguas Residuales, Madrid - España.
- Guía Ambienta.com.ar. Calidad del Agua – Materia Orgánica. <http://www.guiambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-materia-organica.html>. [Consulta 30 Marzo de 2015]
- CRITES & TCHOBANOGLOUS. (2000) Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados, p. 49, Bogota, Colombia.



- CASTELANO LOPEZ, Sergio. (2012) Determinación de factores de consumo y de retorno de agua en dos condominios ubicados en sector A3, ciudad San Cristóbal, zona 8 de Mixco, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- ETAPA Estudios de diseños de las Plantas de Tratamiento del Sector Rural del Cantón Cuenca. (Diseños de las plantas de: Bella Unión, Tarqui, Cumbe y Victoria del Portete). Cuenca - Ecuador.
- MARA, D. (2004) Domestic Wastewater Treatment in Developing countries, London
- ETAPA (2009) Construcción del Interceptor XVIII, Margen izquierdo del Río Tomebamba, Cuenca - Ecuador.
- CEPIS (2005) Manual de Instrucción de análisis de de Residuos Sólidos Municipales
- HERNANDEZ MUÑOZ A, HERNANDEZ LEHMANN A, GALÁN P. (1996) Manual de Depuración Uralita, Editorial Paraninfo. Ingeniería de aguas residuales.
- AYALA Rodrigo, GONZALES Greby. (2008) Apoyo dicactico en la enseñanza - aprendizaje de la asignatura de plantas de tratamiento de aguas residuales, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba - Bolivia
- BABBITT & BAUMANN. (1962) Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras, Mexico.
- GONZALES HERRERA, Arturo. Inspección en Fosas Sépticas y Letrinas. 10 (ed), Mexico.
- LOZANO-RIVAS, W.A. (2012) Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Módulo didáctico. http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_23_sistemas_anaerobios.html [Consulta 23 Enero del 2015]
- GALLEGO D, MONTOYA J, VALVERDE J. Funcionamiento hidráulico de un filtro anaerobio de flujo ascendente. Universidad Nacional, Colombia.
- YOUNG, James. (1991) Factors Affecting the Design and Performance of Upflow Anaerobic Filters, Arkansas - USA.
- CHERNICHARO, Carlos. (2007) Anaerobic Reactors, Brazil.



- RODRIGUEZ E, ALVAREZ J. Eficiencia de remoción de los parámetros de control para Biofiltros Anaerobios utilizado en el tratamiento de agua residual doméstica, Tabasco - México. http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/28/03_Eficiencia%20de%20remocion%20de%20los%20parametros%20de%20control.pdf [Consulta 11 de marzo 2015]
- YOCUM, Dayna. Manual de Diseño: Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Biofiltración, Universidad de California, Santa Barbara - California - USA.
- akvopedia (2011) Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre. http://akvopedia.org/wiki/Humedal_Artificial_de_Flujo_Superficial_Libre [Consulta 04 de marzo de 2015]
- COLLADO LARA, Ramon. (1992) Depuración de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, Madrid - España.
- SERRANO RODRIGUEZ, José. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades, Universidad de Sonora, Mexico.
- DELGADILLO Oscar, CAMACHO Alan, PÉREZ Luis, ANDRADE Mauricio (2010) Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales (Serie Técnica), Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba – Bolivia.
- Agua.org. mx. Fases del proceso de depuración en el Tratamiento de aguas residuales. http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=article&id=2809:fases-del-proceso-de-depuracion-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales&catid=51:tratamiento-de-aguas&Itemid=84. [Consulta 23 Febrero de 2015]
- AREVALO M, MOROCHO P, NOVILLO P. (2010) Evaluación de la Planta de Depuración de Agua Residual que Sirve a la Parroquia Tarqui, Cantón Cuenca, Provincia de Azuay, Universidad de Cuenca, Cuenca - Ecuador.
- RUIZ J, ONCE D. (2014) Evaluación de las Plantas de Depuración de Agua Residual de las Comunidades de Soldados y Churuguzo, Cantón Cuenca, Azuay, Universidad de Cuenca, Cuenca Ecuador.



- MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN CUENCA. (2000) Ordenanza que regula la planificación y ejecución de proyectos habitacionales de interés social en la modalidad de urbanización y vivienda progresivas., Cuenca - Ecuador.
- NORMA TÉCNICA BRAZILEÑA. (1986) Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - Procedimento, Rio de Janeiro - Brasil.
- RESTAURAR CASA. Fosa Séptica. <http://www.restaurarcasa.com/reformas/fosa-septica.php>. [Consulta 24 febrero 2015]
- MALINA & POHLAND. (1992) Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes, Water Quality Management Library 7: 2-18, 29-31, 167-184, 194-210.
- T2 - Filtro Anaeróbico. Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento. <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t2.html>. [Consulta 23 febrero del 2015]
- DECEN WATER CONSULT (DWC). Humedales artificiales – La manera natural de tratar el agua residual.
- Aquaberri (2013) Tecnologías naturales de depuración y tratamiento de aguas 2013. <http://aquaberri.com/Dispositivos/Humedales-Artificiales/>. [Consulta 20 febrero del 2015]
- TULAS. "Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria", Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua.



6 ANEXOS

Anexo 1: Caracterización del agua residual doméstica según Metcalf & Eddy

<i>Composición típica de aguas residuales domesticas</i>				
<i>Contaminantes</i>	<i>Unidad</i>	<i>Débil</i>	<i>Medio</i>	<i>Fuerte</i>
DBO₅	mg/l	110	190	350
DQO	mg/l	250	430	800
Solidos totales	mg/l	390	720	1230
Solidos suspendidos	mg/l	120	210	400
Solidos sedimentables	ml/l	5	10	20
Coliformes totales	No./100 mL	10E+06 - 10E+08	10E+07 - 10E+09	10E+07 - 10E+10
Fosforo	mg/l	4	7	12
Nitritos + Nitratos	mg/l	0	0	0
Cloruros	mg/l	30	50	90

Anexo 2: Limites de descarga a un cuerpo receptor de agua dulce (TULAS)

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Coliformes Fecales	Nmp/100ml		Remocion > al 99.9 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100.0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	250.0
Fósforo Total	P	mg/l	10.0
Nitratos + Nitritos	N	mg/l	10.0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15.0
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600

. Anexo 3: Plantas de tratamiento sin vía de acceso.



PTAR Cruz Verde. Aunque esta junto a la vía principal, existe un desnivel entre la vía y la planta de 3 metros aproximadamente.



PTAR La Isla. El ingreso se lo hace a través de predios cercados.



PTAR Laureles. EL ingreso es a través del patio de una casa junto a la planta, donde no existe un camino adecuado para ingresar con maquinaria.



PTAR Octavio Cordero. Esta planta no cuenta con vía de acceso ni camino peatonal para ingresar a la planta. El ingreso se lo hace a través de un terreno de cultivo.



PTAR San Antonio. Existe solo ingreso peatonal. La planta está a unos 60 metros hasta donde puede llegar el vehículo



PTAR Santa Bárbara. No existe camino peatonal. El terreno es pedregoso y de alta pendiente, lo cual involucra un alto riesgo para el personal de mantenimiento.



PTAR San Gabriel Parte Baja. El acceso es complejo ya que la planta esta lejos del camino vehicular, la pendiente es grande, el terreno es resbaloso y el camino es angosto (camino vecinal).



PTAR Soldados. La planta esta ubicada a unos 100 metros de la vía. No cuenta con acceso vehicular. El ingreso es a través de terrenos de pastoreo de ganado.



Anexo 4: Formato de la Ficha – Contenido que se elaboró para la evaluación física de las pantas.



Fecha de Inspeccion: ____/____/____

1. DATOS DE LA PLANTA

1.1. Datos Generales

Nmbre de la Planta:

Ubicación (parroquia)

Comunidades servidas:

Longitud de colectores Km

Temperatura promedio del secto °C

Area servida: Ha

Altura aproximada del sector: m.s.n.m.



1.3. Cerramiento

Existe: Si Estado: Bueno
No Medio
Malo

Tipo: * Alambrado con poste de madera:
* Alambrado con postes de hormigon
* Malla de acero con postes de hormigon
* Malla de acero con mamposteria de pie

Restringe el paso hacia el interior de la planta? Si
No

No, Porque?

1.4. Vía de Acceso

Exite: Si Estado: Bueno
No Medio
Malo

Tipo: * Tierra
* Piedra
* Mejoramiento
* Asfalto

Ancho de la Via m

Existe dificultad de algun tipo para el ingreso a la planta, ya sea a pie o con
No

Si, Porque?

1.5. Entrevista a Tecnico encargado:

1.5.1. Limpieza de Lodos

Se ha realizado limpieza de lodos en la planta? Si No

Fecha de la última limpieza de lodos en la planta:

Periodo de limpieza de lodos: Dias Buenc

Existe Cámara de lodos? Si No Estado de la Estructura: Medic
Malo

Observaciones:

1.5.2. Limpieza de montes y matorrales:

Responsable: Personal de ETAPA La Comunidad Contratista

Si es persona de la comunidad, nombre de la persona



Se ha realizado este tipo de limpieza en la planta? Si No

Fecha de la última limpieza en la planta Dias Periodo de limpieza Dias

Observaciones:

2. DATOS TECNICOS DE DISEÑO
(TOMADO DE LAS EVALUACIONES DE ETAPA 2004 - 2010)

Caudal de Diseño: l/s

Caudal Medio Diario: m3/d l/s

Caudal Maximo: m3/d l/s

Periodo de diseño: años

Horizonte de Diseño

Poblacion de Diseño: habitantes (hab)

Dotacion de Diseño: l/hab-día

DBO5 de diseño: gr/hab-dia mg/l

DQO de diseño: gr/hab-dia mg/l

SS de diseño: gr/hab-dia mg/l

3. DETALLES DEL TRATAMIENTO

3.1. Tratamiento preliminar

Rejillas:

Existe: Si Estado fisico de la rejilla: Bueno
 No Medio

Existe By- Pass? Si No Oxidado

Existe aliviaderos Si No Numero de aliviaderos Diametro mm

Ancho de la rejilla cm Separacion entre barras: cm Diametro mm

Observaciones:

Estructura de medicion de caudal? Si No

Conciste en



3.2. Tratamiento Primario			
Fosa Septica			
Existe: Si <input type="checkbox"/>	Tipo de material de la Estructura:	* Mamposteria de Piedra <input type="checkbox"/>	Estado de la Estructura: * Bueno <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/>		* Hormigón armado <input type="checkbox"/>	* Medio <input type="checkbox"/>
			* Malo <input type="checkbox"/>
Entrada a la fosa			
Diametro de entrada: <input type="text"/> mm		Existe obstruccion a la entrada: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Observaciones: <input type="text"/>			
Cámaras de la fosa			
Número de Cámaras: <input type="text"/>		Existe estructura de rebose? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Altura libre de la camara 1: <input type="text"/> cm		Altura libre de la camara 2: <input type="text"/> cm	
Existe aereadores? Si <input type="checkbox"/>		Numero de aereadores <input type="text"/>	
No <input type="checkbox"/>		Diametro de los areadores <input type="text"/> mm	
Observaciones: <input type="text"/>			
Salida de la fosa			
Diametro de salida: <input type="text"/> mm		Existe obstruccion a la salida?: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Existe aliviaderos? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Numero de aliviaderos <input type="text"/> Diametro: <input type="text"/> mm	
Observaciones: <input type="text"/>			

3.3. Tratamiento Secundario			
3.3.1. Estructuras de Entrada al tratamiento secundario			
Existe estructura de entrada? Si <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>	
Estado de la estructura: Bueno <input type="checkbox"/>		Medio <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>	
Estructura con aliviadero? Si <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/> Diametro: <input type="text"/> mm	
Estructura para distrubucion de caudales? Si <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>	



Observaciones: _____

3.3.2. Filtro Anaerobio

Tiene Filtro anaerobio: Si No Se encuentra funcionando el filtro? Si No

No, Porque? _____

Estado de la Estructura* Bueno * Medio * Malo Material de la estructura:* Mamposteria de piedra * Cemento y ladrillo * Cemento y bloque * Hormigon armado Existe By- Pass? Si No Material filtrante: * Grava * Arena * Carboncillo

Observaciones: _____

3.3.3. Humedal Artificial

Existe Humedal? Si No Numero de Humedales Tipo de flujo: Flujo Libre Flujo Subsuperficial

Estado fisico del humedal: Buen estado (un buen cuidado fisico del humedal, deforestacion en el perimetro del humedal) Estado medio (se refiere a falta de cuidado, geomembrana deteriorada, falta de cosecha de la vegetacion del humedal) deteriorada, Mal estado (falta de deforestacion de montes alrededor del humedal, efluente obstruido, geomembrana rota.

Tipo de vegetacion detro del humedal: Espadañas Carrizos Totoras Lechuguin Se realiza Matenimiento del humedal: Si No Si, cada cuanto? dias Fecha de la ultima cosecha de la vegetacion empleada para el tratami Quien se encarga de la cosecha de la vegetaci ETAPA _____



Tubos de drenaje Si No Numero de tubos unidad

Existe canal para distribucion de caudales? Si No

Numero de tuberías para distribucion de caudal en cada humed

Observaciones:

4. Efluente Final

Existe emanacion de malos olores en el efluente Si No

Cuerpo receptor de las aguas de la planta * Rio

* Quebrada

* Estero

* Infiltracion de terreno

Nombre del cuerpo receptor

Existe estructura para evitar la erosion? Si No

Observaciones:

Observaciones globales de la planta
