

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES “UBILLUS”, EN LA PARROQUIA PINTAG E
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO**

CHIRIBOGA SISALEMA INDIRA JACKELINE

Trabajo previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil

Quito, 2016

Dedicatoria

A mi padre Wilson por ser mi guía y ejemplo, brindarme su sabiduría y amor.

A mi madre Jhakeline por ser mi apoyo incondicional y siempre alentarme con las palabras correctas cuando más lo necesito

A mi abuelito Jorge Chiriboga quien me inspira cada día para ser una mejor persona.

A mi tía Sor Consuelo por estar siempre conmigo, festejar mis alegrías y consolarme en mis derrotas.

A Mayra, Diana y Leonardo por permitirme compartir a lado de ellos momentos únicos, disfrutar de un abrazo, una sonrisa y una mirada.

A mi ángel Marina Sandoval de Chiriboga, aunque ya no estés conmigo sé que tu presencia nunca me abandonará. Este logro lo dedico especialmente a ti.

Agradecimiento

Gracias a Dios por la vida y por los padres que me dio, porque su amor y sacrificio me han permitido llegar donde estoy.

Gracias a todos mis profesores, amigos y compañeros a lo largo de la vida universitaria y de manera especial a mis profesores del área de hidráulica-sanitaria.

Al Ing. Luis Fernando Burbano por su ayuda en la realización de este trabajo.

Al Ing. Juan Esteban Espinoza por ser guía en el desarrollo del presente trabajo de disertación y compartir generosamente sus conocimientos.

A mi mejor amigo, cómplice, compañero de clases, laboratorios y estudios, mi lado cuerdo: Jonathan.

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE FOTOS.....	viii
INDICE DE GRÁFICOS	x
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE IMAGENES	xii
INDICE DE ECUACIONES	xiii
CAPÍTULO I GENERALIDADES	1
1.1 Descripción general del capítulo	1
1.2. Descripción del área y población donde se encuentra ubicada la PTAR.....	1
1.2.1. Ubicación	1
1.2.2. Clima	3
1.2.3. Hidrografía	5
1.2.4. Población	6
1.2.5. Actividad Económica.....	7
1.3. Aguas residuales	9
1.3.1. Aguas residuales domésticas.....	9
1.3.2. Aguas residuales industriales.....	10
1.4. Tratamientos de las aguas residuales.....	10
1.4.1. Procesos físicos	10
1.4.2. Procesos biológicos	11
1.4.3. Tratamiento anaerobio	11
1.4.3.1. Tratamiento aerobio	11
1.4.4. Procesos Físico – Químicos.....	12
1.5. Descripción de operaciones unitarias para el tratamiento de aguas residuales.....	12
1.5.1. Tratamiento Primario.....	12
1.5.1.1. Cribado.....	12
1.5.2. Tratamiento Secundario	13
1.5.2.1. Fosa Séptica	15
1.5.2.2. Sistema de filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA).....	16
1.5.3. Tratamiento Terciario	19
1.5.3.1. Sistema de infiltración	20
1.6. Descripción del Alcantarillado existente en el Barrio Ubillus de la parroquia Pintag.....	21
1.6.1. Descripción general del alcantarillado.....	21

CAPÍTULO II OPERACIONES UNITARIAS EXISTENTES PTAR UBILLUS.....	24
2.1 Descripción general del capítulo	24
2.2. Descripción del tren de tratamiento de aguas residuales de la PTAR de Ubillus	24
2.3. Cronograma de Visitas a la PTAR Ubillus.....	26
2.4. Tratamiento primario.....	27
2.4.1. Cribado.....	27
2.4.1.1. Situación actual	31
2.4.1.2. Resultados del diagnostico.....	33
2.4.1.2.1. Cámara 1	33
2.4.1.2.2. Cámara 2	34
2.4.1.2.3. Compuerta de control.....	35
2.4.1.2.4. Rejas de barras	36
2.5. Tratamiento Secundario	37
2.5.1. Fosa séptica	37
2.5.1.1. Situación actual	37
2.5.1.2. Resultados del diagnóstico.....	43
2.5.2. Sistemas de filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA).....	45
2.5.2.1. Situación actual	45
2.5.2.2. Análisis de resultados de muestras obtenidas	51
2.5.3. Gráficos comparativos de los resultados de los parámetros más representativos: DBO ₅ , DQO, Fósforo, Nitrógeno, Sólidos y Tensoactivos, de la toma de muestras entre el afluente y el ingreso a los pozos de infiltración de la PTAR de Ubillus.....	57
2.6. Resultados del diagnóstico Tratamiento Terciario	63
2.6.1. Sistema infiltración	63
2.6.1.1. Situación actual	63
2.6.1.2. Resultados del diagnostico.....	68
CAPÍTULO III CONTROL Y MANEJO DE LODOS.....	72
3.1 Descripción general del capítulo	72
3.2. Generalidades	72
3.2.1. Manejo lodos.....	75
3.2.1.1. Caracterización	75
3.2.1.2. Tratamiento de lodos.....	76
3.2.1.3. Disposición final.....	76
3.2.1.4. Capacitación y entrenamiento del personal	76
3.3. Clasificación biológica de lodos.....	76
3.4. Tratamientos para la depuración de lodos	78
3.4.1. Estabilización	78
3.4.1.1. Estabilización Química	78

3.4.1.1.1. Digestión alcalina	78
3.4.1.2. Estabilización Biológica	79
3.4.1.2.1. Digestión Aerobia	79
3.4.1.2.2. Digestión Anaerobia	79
3.4.2. Espesamiento	81
3.4.3. Desinfección.....	82
3.4.4. Secado	82
3.5. Situación actual y diagnóstico	83
CAPÍTULO IV RESULTADO Y DISCUSIÓN DE PARÁMETROS DE CONTROL OPERACIONAL; PARÁMETROS DE EFICIENCIA Y RENDIMIENTO DE REMOCIÓN	87
4.1 Descripción del capítulo	87
4.2. Parámetros de control operacional.....	87
4.2.1. Parámetros de control en campo	87
4.2.1.1. pH	88
4.2.1.2. Sólidos Disueltos Totales (SDT).....	89
4.2.1.3. Temperatura.....	90
4.2.1.4. Conductividad (CE)	92
4.2.2. Parámetros de control de eficiencia y remoción.....	92
4.2.2.1. Sólidos Suspendidos Totales.....	96
4.2.2.2. DBO ₅	99
4.2.2.3. Nitrógeno NTK.....	104
4.2.2.4. Fósforo	107
CAPÍTULO V OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UBILLUS.....	110
5.1 Descripción general del capítulo	110
5.2. Alternativas de optimización de los procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales.....	110
5.2.1. Cribado.....	110
5.2.2. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).....	120
5.2.3. Gestión de lodos	121
5.2.3.1. Estabilización de lodos	123
5.3. Determinación de caudales reales de proceso	126
5.4. Beneficios de la infiltración a suelo	127
5.5. Evaluación y reutilización de lodos.....	129
5.6. Análisis costo – beneficio de la implementación de la mejor alternativa para la optimización de los procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales.....	133
CAPÍTULO VI SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO	135
6.1 Descripción del capítulo	135

6.2.	Sistema Integrado de Gestión	135
6.3.	Procedimiento de mantenimiento de la PTAR de Ubillus.....	142
6.3.1.	Procedimiento: Aforo caudales	142
6.3.2.	Procedimiento: Mantenimiento separador de caudales.....	146
6.3.3.	Procedimiento: Mantenimiento de la fosa séptica	148
6.3.4.	Procedimiento: Limpieza de la fosa séptica	152
6.3.5.	Procedimiento: Mantenimiento del FAFA	154
6.3.6.	Procedimiento: Limpieza del lecho de secados de lodos	157
6.3.7.	Procedimiento: Recolección de muestras	160
6.4.	Formatos de registro	164
6.4.1.	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA PTAR DE UBILLUS	164
6.4.2.	CONTROL DE MUESTREO IN-SITU.....	165
6.4.3.	CONTROL DE MUESTREO IN-SITU.....	166
	CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ...	167
7.1.	Conclusiones	167
7.2.	Recomendaciones	169
	Anexos	172
	Anexo 1 Resultados de análisis de muestras obtenidas en la PTAR de Ubillus	172
	Anexo 2 Resultados de análisis de muestras obtenidas en la PTAR de Ubillus	173
	Anexo 3 Resultado del análisis de lodos obtenidos en la PTAR de Ubillus	174
	Anexo 4 Mapa uso del suelo de la parroquia Pintag	176
	Anexo 5 Resultado S.U.C.S del suelo de la PTAR de Ubillus.....	177
	Anexo 6 Resumen de valores de pH obtenidos in-situ en la PTAR de Ubillus	178

INDICE DE FOTOS

Foto 1 Separador de caudales, compuerta de ingreso y cribado	27
Foto 2 Rejilla del Cribado	28
Foto 3 Vista frontal - rejilla del Cribado	28
Foto 4 Personal de la EPMAPS, realizando la limpieza periódica del cribado	30
Foto 5 Personal de la EPMAPS transportando el lodo del cribado hacia el lecho de secado de lodos de manera manual	30
Foto 6 Compuerta de ingreso y separador de caudales	32
Foto 7 Reja del Cribado	32
Foto 8 Cámara 1	34
Foto 9 Cámara 1 y Cámara 2	34
Foto 10 Cámara 1 y Cámara 2	35
Foto 11 Compuerta manual de ingreso	36
Foto 12 Cribado	36
Foto 13 Fosa Séptica	38
Foto 14 Tapas de revisión, Fosa Séptica	38
Foto 15 Descarga del Cribado hacia la Fosa Séptica	40
Foto 16 Cámara 1	40
Foto 17 Cámara 1	40
Foto 18 Cámara 2	41
Foto 19 Cámara 2	41
Foto 20 Cámara 3	42
Foto 21. Descarga Fosa Séptica hacia el FAFA	43
Foto 22 Caja de revisión, descarga hacia el FAFA	44
Foto 23 Limpieza del ingreso del agua residual al FAFA	44
Foto 24. Losa del FAFA	46
Foto 25 Vista lateral del FAFA	46
Foto 26 Material Filtrante, Tipo BioPac SF30	49
Foto 27 Material Filtrante, Tipo BioPac SF30	49
Foto 28 Cajas de distribución hacia los pozos de infiltración al suelo	50
Foto 29 Cajas de distribución hacia los pozos de infiltración al suelo	50
Foto 30 Equipo multiparamétrico HQ40D	51
Foto 31 Medición de parámetros in – situ	52
Foto 32 Presencia de empaques de cuajo para la elaboración de quesos	62
Foto 33 Salida del FAFA hacia los pozos de infiltración	64
Foto 34 Cuarto pozo de infiltración	65
Foto 35 Tubería del Cuarto pozo	65
Foto 36 Respiradores	67
Foto 37 Agua retenida sobre la superficie del suelo	68
Foto 38 Tapa de un pozo de infiltración	69
Foto 39 Abertura de tapa del pozo de infiltración	69
Foto 40 Pozo de infiltración	70
Foto 41 Presencia de algas	70
Foto 42 Vista del terreno disponible para la infiltración	71
Foto 43 Cuarto pozo de infiltración	71

Foto 44 Colocación de los lodos en el lecho de secado	84
Foto 45 Lecho de secado de lodos	84
Foto 46 Fondo del lecho de secado de lodos	85
Foto 47 Fondo del lecho de secado de lodos	85
Foto 48 Transporte manual de los lodos del cribado hacia el lecho de secado	86
Foto 49 Alternativa de colocación de la rejilla fina	118
Foto 50 Cuarteo del lodo para análisis	129
Foto 51 Tamizado de las muestras	130

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución temporal de precipitación	4
Gráfico 2: Demografía de la Parroquia Pintag	6
Gráfico 3: Empleo – Oferta Laboral.....	7
Gráfico 4 Demanda bioquímica de Oxígeno.....	57
Gráfico 5 Demanda química de Oxígeno	57
Gráfico 6 Fósforo de Fosfatos	58
Gráfico 7 Nitrógeno Total Kjeldhal	58
Gráfico 8 Sólidos Suspendidos Gravimétricos	59
Gráfico 9 Sólidos Suspendidos Volátiles	59
Gráfico 10 Sólidos Totales	60
Gráfico 11 Tensoactivos.....	60
Gráfico 12 Temperatura de las muestras tomadas en campo.....	91
Gráfico 13 Eficiencia de remoción SST	98
Gráfico 14 Eficiencia de Remoción DBO ₅	100
Gráfico 15 Eficiencia de Remoción DQO	103
Gráfico 16 Eficiencia de Remoción N	106
Gráfico 17 Eficiencia de Remoción P.....	108
Gráfico 18 Clases de tamices usados en el tratamiento de aguas residuales	112

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Característica de la estación meteorológica La Tola:	4
Tabla 2: Censo Poblacional 2010, parroquia Pintag	6
Tabla 3. Cronograma de visitas a la PTAR Ubillus	26
Tabla 4 Información usual sobre las características y cantidades de residuos del tamizado grueso removidos con ayuda de rejillas.....	29
Tabla 5 Volumen de materias retenidas en Rejillas	29
Tabla 6 Características de las materias retenidas en rejillas	29
Tabla 7 Características de los Medios Filtrantes Artificiales	48
Tabla 8 Límites de descarga al alcantarillado público	53
Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	54
Tabla 10 Composición típica de las aguas residuales domésticas	56
Tabla 11 Comparación Resultados Ubillus vs Composición típica de las Aguas Residuales Domésticas	61
Tabla 12 Composición Característica de los lodos	72
Tabla 13 Procesos de recuperación y tratamiento de lodos	74
Tabla 14 Criterios Microbiológicos para catalogar a un lodo como Biosólido.	77
Tabla 15 Registro del pH en el afluente	88
Tabla 16 Parámetros y valores teóricos de la fosa séptica según varios autores	93
Tabla 17 Parámetros y valores teóricos del FAFA según varios autores.....	94
Tabla 18 Remoción SST en la PTAR	97
Tabla 19 Remoción DBO ₅ en la PTAR.....	100
Tabla 20 Remoción DQO en la PTAR	102
Tabla 21 Remoción N en la PTAR.....	105
Tabla 22 Remoción P en la PTAR	108
Tabla 23 Operaciones y procesos usados en el tratamiento preliminar de aguas residuales, junto con el tamaño de partícula afectado	111
Tabla 24 Resumen de los caudales aforados	127
Tabla 26 Criterio microbiológico para no catalogar a un desecho biológico como peligroso	131
Tabla 27 Metales pesados en base seca	132
Tabla 28 Total costos y beneficios.....	134
Tabla 29 Indumentaria de seguridad industrial	139
Tabla 30 Actividad y frecuencia de mantenimiento	141

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1 Mapa de Ubicación de la Parroquia Pintag.....	2
Imagen 2 División parroquial del Distrito Metropolitano de Quito	3
Imagen 3 Mapa de uso y cobertura del suelo de la parroquia de Pintag	8
Imagen 4: Esquema típico de una Fosa Séptica.....	16
Imagen 5: Tipos de Relleno frecuentemente utilizados en filtros.....	18
Imagen 6: Esquema típico de una fosa séptica con filtro.....	19
Imagen 7: Implantación de la PTAR de Ubillus.....	25
Imagen 8 Plano del Cribado y del Separador de Caudales	37
Imagen 9 Detalle de conexión entre la fosa séptica y el filtro anaerobio de flujo ascendente FAFA.....	39
Imagen 10 Fosa Séptica	39
Imagen 11 Plano Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA)	47
Imagen 12 Material Filtrante, tipo BioPac SF30	48
Imagen 13 Esquema distribución del sistema de infiltración al suelo	64
Imagen 14 Esquema pozo de infiltración	66
Imagen 15 Valla o zanja de infiltración	66
Imagen 16 Digestor de baja carga.....	80
Imagen 17 Digestor anaeróbico de contacto de alta carga	81
Imagen 18 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Varsovia	81
Imagen 19 Remoción teórica de SST	97
Imagen 20 Remoción Teórica DBO ₅	99
Imagen 21 Remoción Teórica DQO	102
Imagen 22 Remoción Teórica N.....	105
Imagen 23 Remoción Teórica P.....	107
Imagen 24 Rejilla fina.....	114
Imagen 25 Diseño actual de la rejilla	116
Imagen 26 Rediseño de la rejilla.....	116
Imagen 27 Cámara de filtrado para remover sólidos del efluente	119
Imagen 28 Elemento filtrante removido para limpieza.....	119
Imagen 29 Tubería para descarga de lodos mediante gravedad	123
Imagen 30 Separación del lecho de secados de lodos.....	125
Imagen 31 Ciclo de la estabilización de lodos del Cribado	125

INDICE DE ECUACIONES

Ec. 4.1	89
Ec.4.2	90
Ec.4.3	94
Ec.5.1	115
Ec.5.2	115
Ec.5.3	115
Ec.5.4	115
Ec.5.5	126
Ec.6.1	143

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 Descripción general del capítulo

El capítulo 1 trata de manera breve la información general geográfica, climatológica, hidrológica y poblacional de la parroquia de Pintag, así mismo como los fundamentos teóricos acerca del tratamiento de aguas residuales y de los distintos tratamientos primarios, secundarios y terciarios empleados para la depuración de aguas residuales en la PTAR de Ubillus

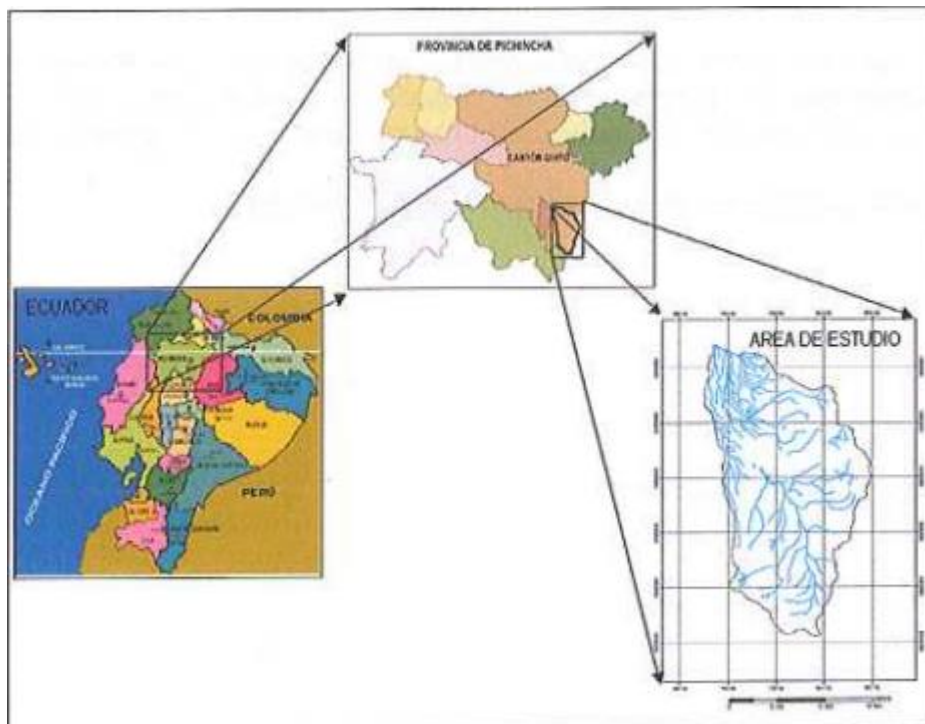
1.2. Descripción del área y población donde se encuentra ubicada la PTAR

1.2.1. Ubicación

La parroquia de Pintag, forma parte de las 33 parroquias rurales del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Se encuentra ubicada el sur oriente del DMQ, cerca del Valle de los Chillos, es la parroquia más extensa de las parroquias rurales del DMQ.

Pintag se identifica por la presencia del volcán Antisana y su amplia área de paramo, de ahí que la parroquia se caracteriza por la presencia de lagunas y arroyos.

Imagen 1 Mapa de Ubicación de la Parroquia Pintag



Fuente: (Chushig Collaguazo, 2012)

Se encuentra ubicada en la latitud: $0^{\circ}22'22.79''S$ y longitud: $78^{\circ}22'22.82''O$, posee una superficie igual a 492.92 km^2 y se encuentra en un rango altitudinal entre 2400 a 4500 msnm.

Pintag limita con las siguientes poblacione:

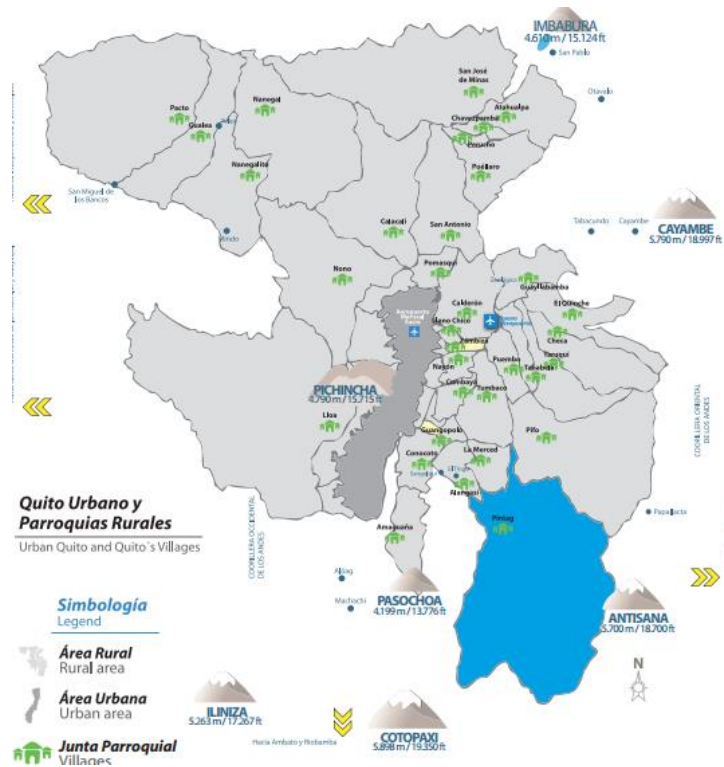
Norte: Parroquias: Pifo, Tumbaco, La Merced y Alangasí

Sur: Cantón Mejía

Este: Provincia Napo

Oeste: Cantones Mejía y Rumiñahui

Imagen 2 División parroquial del Distrito Metropolitano de Quito



Fuente: (Quito Turismo)

1.2.2. Clima

Los datos climatológicos de la parroquia Pintag, se obtienen a través de la Estación Meteorológica La Tola (M0002), que brinda además información del valle de los Chillos, Pifo, Puembo y Yaruquí. Las Características de la estación meteorológica La Tola se presentan en la Tabla 1.

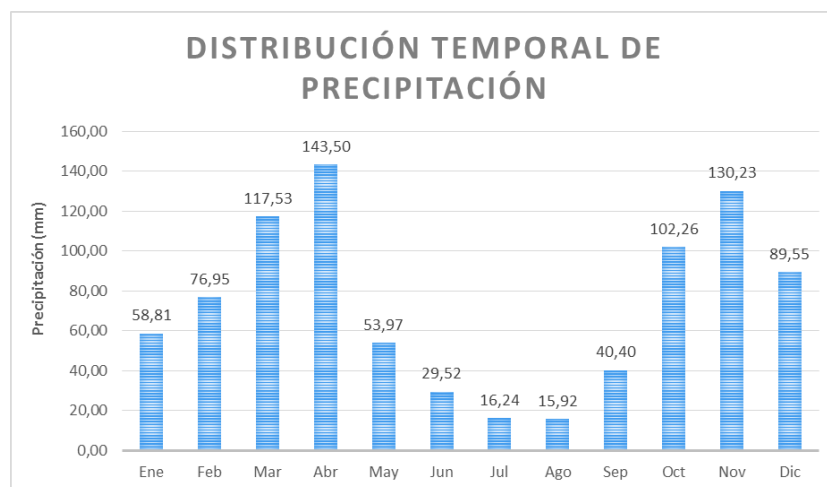
Tabla 1. Característica de la estación meteorológica La Tola:

Cantón	Quito
Elevación	2480 msnm
Fecha instalación	16/02/80
Nombre	La Tola
Tipo	AG (Agrometeorológicas)

Fuente: INAMHI

De acuerdo a los datos obtenidos de la Estación Meteorológica “La Tola”, durante el periodo de 10 años comprendido entre los años 2002 y 2012, se obtuvo los valores promedios de precipitación en el sector, los mismos que se presentan en el Gráfico 1.

Gráfico 1: Distribución temporal de precipitación



El clima de la zona es templado y frío, pero de alta variabilidad. Su temperatura promedio es de 13° C. Las fuertes lluvias se presentan entre los meses de octubre y abril como una fecha estimada del invierno, mientras que se podría indicar que el verano empieza desde el mes de junio hasta septiembre, la temperatura de esta estación climática oscila en promedio los 18° C

1.2.3. Hidrografía

Pintag cuenta con varios manantiales de agua, lagunas y ríos los cuales se emplean para el riego de sembradíos, ganadería, uso doméstico y recreacional.

La parroquia posee un complejo de lagunas destinadas como sitios turísticos y aventura:

- Laguna de la Mica
- Laguna Muertepungo
- Laguna de Secas o Tipo – Pugro

También cabe recalcar que Pintag posee fuente de agua termales cuya temperatura oscila entre los 48° y 50 ° C y fuentes de agua mineral del Antisana, las mismas que se clasifican en aguas minerales calientes (15° - 20° C) y aguas minerales frías (5° - 6° C)

A continuación se detallaran los principales ríos y quebradas que proveen de agua a los habitantes del lugar:

- Río Pita
- Río Guapal
- Quebrada de Calistoguaico
- Quebrada de Patasillí
- Quebrada de Panguí
- Quebrada de Caliguaico
- Quebrada de Ñála
- Quebradilla Molinuco

1.2.4. Población

La población total de acuerdo al último censo realizado por el INEC en el año 2010 es de 17.930 habitantes, distribuidos en una superficie de 492.92 km².

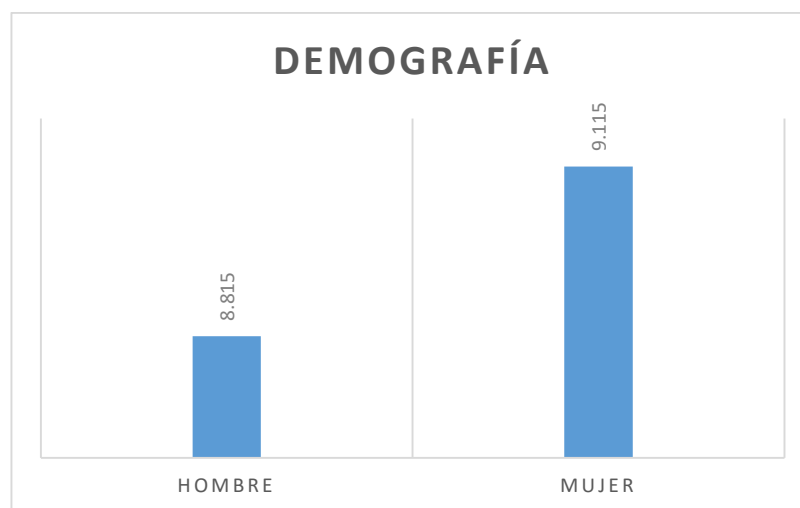
La distribución de la población entre hombres y mujeres en la zona se presenta en el Gráfico 2.

Tabla 2: Censo Poblacional 2010, parroquia Pintag

Nombre de la Parroquia	Hombre	Mujer	Total
Pintag	8.815	9.115	17.930

Fuente: INEC, Censo 2010

Gráfico 2: Demografía de la Parroquia Pintag



Fuente: Censo INEC, 2010

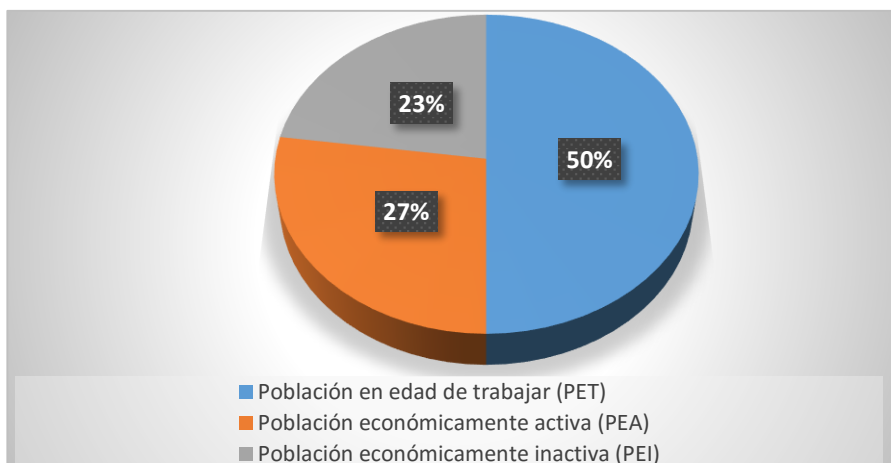
1.2.5. Actividad Económica

La economía pinteña gira entorno a la ganadería, agricultura y comercio. El sector turístico ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, aunque todavía son pocas las personas que se dedican a este tipo de actividades.

La agricultura de la zona se caracteriza por la producción de: maíz, haba, frejol, papas y hortalizas. La ganadería cuenta con ganado de leche y ganado de engorde, en la zona existen aún haciendas dedicadas a la crianza de ganado de lidia, en lugares donde existe la presencia de fuentes de agua naturales la población también se dedica a la cría de truchas con fines recreativos

De acuerdo al último censo 2010, la población en edad de trabajar es del 79% pero apenas es el 43% la población económicamente activa. Véase Gráfico 3.

Gráfico 3: Empleo – Oferta Laboral



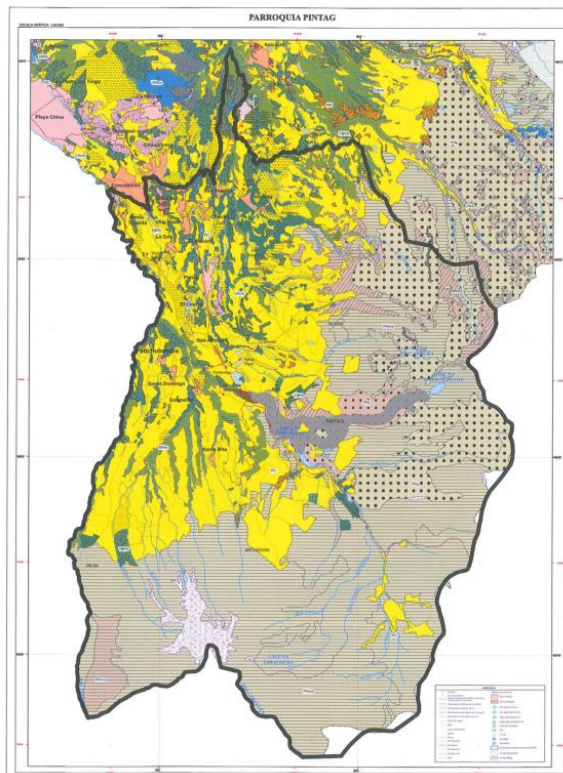
Fuente: INEC, censo 2010

La parroquia de Pintag se clasifica en tres zonas: alta, centro y baja. El barrio de Ubillus donde se encuentra localizada la PTAR pertenece a la zona alta de la parroquia se

caracteriza por poseer amplias extensiones de pasto cultivado, permitiendo la producción de ganado de engorde y lechero. Las poblaciones de Ubillus, Santo Domingo, El Carmen, Patichumba, San Agustín y Santa Teresita y Yurac son las principales zonas productoras de leche, su producción de leche oscila entre 9000 y 10000 litros diarios. (GAD Parroquial de Pintag).

Como se indica en la imagen 3, el mapa del uso y de cobertura del suelo de la parroquia de Pintag, se puede apreciar amplias zonas de color amarillo indicando el pasto cultivado destinado que existe en la parroquia lo que nos confirma que las actividades de la población pinteña se enfocan en un gran porcentaje a la ganadería y agricultura.

Imagen 3 Mapa de uso y cobertura del suelo de la parroquia de Pintag



Fuente: MAGAP

La población económicamente activa de la parroquia de Pintag se desempeña en un mayor porcentaje en actividades relacionadas a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca en un 18%, seguido por la construcción con 16% e industrias manufactureras en un 13%. (GAD Parroquial de Pintag)

1.3. Aguas residuales

Se denomina agua residual a la combinación de los residuos líquidos generados una vez que el agua ha sido empleada para los distintos fines. El agua residual tiene varios orígenes, tales como: viviendas, industrias, hospitales, camales, etc.

Las aguas residuales están compuesta material orgánicos e inorgánico de forma suspendida o disuelta.

A estas aguas pueden agregarse eventualmente aguas pluviales, en caso de existir sistemas combinados de alcantarillado donde se recolectan las aguas sanitarias y pluviales.

1.3.1. Aguas residuales domésticas

Son aquellas que se derivan de las actividades diarias que se realiza en un hogar como: lavar la ropa, baño, duchas, limpieza, elaboración de alimentos, etc. Las aguas residuales domésticas contienen altos niveles de materia orgánica, detergentes y grasas entre otros. Su composición varía de acuerdo a los hábitos de cada población.

1.3.2. Aguas residuales industriales

Proviene de los distintos procesos industriales, su composición varía de acuerdo al tipo de industria que los genere. El agua residual industrial puede ser alcalina o ácida, además pueden presentar distintas coloraciones e inclusive dentro de su composición pueden existir compuestos tóxicos. Su composición refleja el tipo de materia prima empleado por la industria para el proceso industrial.

1.4. Tratamientos de las aguas residuales

El objetivo de un tratamiento de aguas residuales es generar la posibilidad de reutilización del agua con las condiciones adecuadas para el medio ambiente y para la salud de las personas.

El tratamiento de aguas residuales demanda varios procesos por los cuales debe pasar el agua desde la llegada a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) hacia su descarga. Durante la depuración del agua residual ocurren procesos biológicos, químicos y físicos de acuerdo a la tecnología adoptada.

1.4.1. Procesos físicos

Los procesos físicos son aquellos donde los componentes no cambian en sus propiedades y son reversibles. Están destinados a la eliminación de sólidos de fácil remoción a través del cribado y también comprenden los procesos de sedimentación y tamizado. Los procesos físicos se encuentran en las primeras

fases del tratamiento de aguas residuales desde su llegada a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (tratamiento preliminar y tratamiento primario).

1.4.2. Procesos biológicos

Los procesos biológicos llevan a cabo reacciones químicas u otros eventos con el objetivo de eliminar la materia orgánica disuelta y en suspensión así como el resto de las partículas sólidas que no se han eliminado en los tratamientos anteriores, presente en el agua residual con la finalidad de degradarlas (tratamiento secundario).

1.4.3. Tratamiento anaerobio

Las reacciones que se producen en este tipo de tratamiento son producidas por organismos anaerobios (bacterias) que no utilizan oxígeno para la descomposición de la materia orgánica.

Las bacterias anaerobias al descomponer la materia orgánica generan Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4) y Biomasa. El gas Metano es un combustible de alto potencial energético y es recuperable. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

1.4.3.1. Tratamiento aerobio

Subsiste en presencia de oxígeno (O_2), el crecimiento de los microorganismos y su actividad degradativa crecen conforme aumenta la tasa de aireación, el tratamiento aerobio

generalmente requiere suministro de O₂. Como resultado se obtiene Dióxido de Carbono (CO₂), Agua (H₂O) y Biomasa. (Crites; Tchobanoglous, 2000)

1.4.4. Procesos Físico – Químicos

Los procesos físico – químico, dentro del tratamiento de aguas residuales, son un proceso complementario de depuración entre los tratamientos preliminares (proceso físico) y el tratamiento biológico. En esta etapa las aguas son sometidas a distintos procesos físico – químicos tales como:

- Coagulación
- Floculación

De acuerdo al tipo de planta de tratamiento de aguas residuales podremos observar distintos tipos de procesos físico – químicos. (Metcalf & Eddy, 1995)

1.5. Descripción de operaciones unitarias para el tratamiento de aguas residuales

1.5.1. Tratamiento Primario

El primer paso en el proceso para el tratamiento de aguas residuales reside en la separación de los sólidos gruesos, contenidos en el agua residual.

1.5.1.1. Cribado

Es el proceso más común y consiste en que el afluente pase a través de rejas de barras o de tamices.

El espaciamiento entre las barras (s) debe ser mayor o igual a 15 mm, mientras que los diámetros de abertura de los tamices generalmente son menores a los 15 mm.

Los tamices son recomendados para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) de menor tamaño debido a su bajo caudal de entrada.

Es importante acotar que antes de decidir por cuál de las dos opciones nos podemos inclinar (barras o tamices), se debe hacer un estudio de las características de los residuos que van a llegar en el afluente a la PTAR.

1.5.2. Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario tiene por objetivo la remoción de materia orgánica mediante la degradación de la misma, además de la limpieza de partículas más pequeñas, las cuales han pasado a través del sistema de cribado, mediante la sedimentación, para ello se basa en métodos físicos y biológicos.

El tratamiento secundario que existe en la PTAR de Ubillus es un tratamiento anaerobio, lo cual nos indica que los procesos biológicos que se llevan a cabo dentro de PTAR se los realiza en ausencia de Oxígeno (O_2).

La injerencia de bacterias facultativas (aquellas que pueden adaptarse, crecer y metabolizarse en presencia o en ausencia del oxígeno) y bacterias anaerobias, trabajan en forma paralela para la digestión anaerobia de la materia orgánica presente en las aguas residuales, la cual se transforma en productos gaseosos como: metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), ácido sulfhídrico (H_2S), entre otros.

La composición teórica de los gases generados dentro del proceso anaerobio varía de acuerdo al sustrato digerido y del tipo de tecnología empleado, a continuación se presenta una composición estimada:

- 50 – 70% de metano (CH₄)
 - 30 – 40% de dióxido de carbono (CO₂)
 - Menor o igual 5% de hidrogeno (H₂), ácido sulfhídrico (H₂S) y otros gases.
- (IDAE), 2007: pág. 7

El tratamiento anaerobio cuenta con una serie de ventajas por lo cual es uno de los métodos frecuentemente utilizados, sus ventajas:

- Bajos costos de inversión, operación y mantenimiento
- Alta eficiencia del tratamiento en la remoción de microorganismos patógenos, 50 – 70%.
- Producción de energía que se puede emplear dentro del mismo proceso de tratamiento de aguas residuales, como generación de energía eléctrica o calor.
- Es ideal cuando existe una limitación de espacio físico
- Baja producción de lodos

Las desventajas de este proceso son las siguientes:

- Producen mal olor, al no tener oxígeno el azufre se convierte en ácido sulfhídrico (H₂S)
- Las bajas temperaturas afectan la cinética volviendo más lenta la digestión (el promedio de las temperaturas en invierno es de 13° y 18° en verano, en la parroquia de Pintag).

1.5.2.1. Fosa Séptica

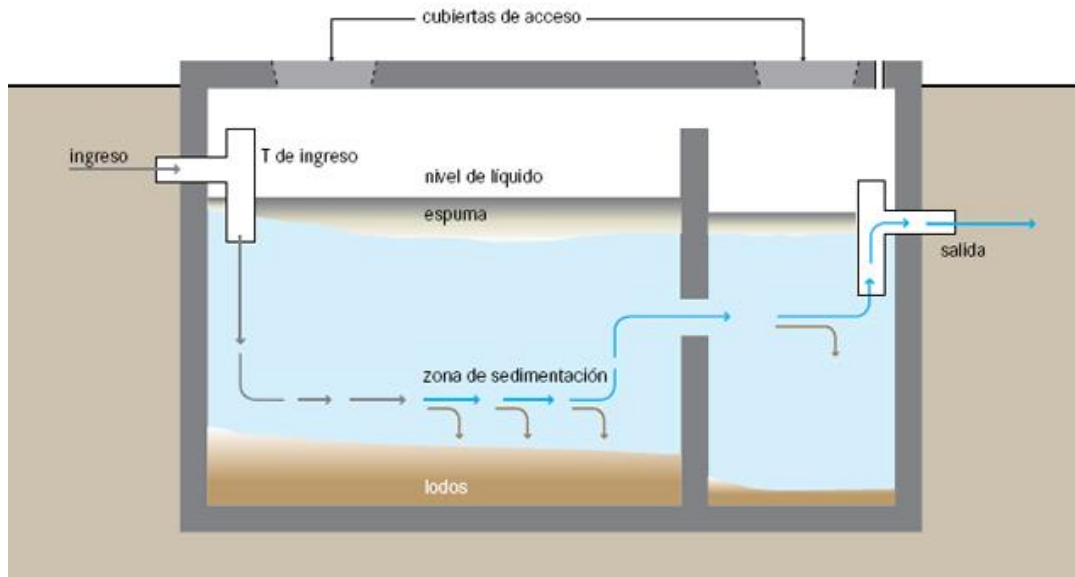
Una fosa séptica es una cámara hermética hecha de hormigón estructural, empleada para el almacenamiento y tratamiento de aguas residuales. La sedimentación de sólidos suspendidos se lleva a cabo dentro de la fosa séptica.

Pueden ser instaladas en cualquier tipo de clima pero su eficiencia disminuye mientras más frío sea el clima donde se encuentran localizadas, de igual manera se debe tener en cuenta una serie de consideraciones para determinar el sitio de construcción de la fosa séptica como: nivel freático, fácil accesibilidad para limpieza y mantenimiento y no encontrarse en zonas de riesgo.

Una fosa séptica cuenta generalmente con dos cámaras siendo la primera la más grande en donde la mayor parte de los sólidos suspendidos se sedimentan.

Las partículas de mayor tamaño y peso se van al fondo de la fosa séptica mientras que, la espuma generada, por aceites y grasas flotan hacia la superficie.

Imagen 4: Esquema típico de una Fosa Séptica



Fuente: Alianzaporelagua.org

La materia orgánica sedimentada se degrada mediante un proceso anaerobio formando así lodos instalados al fondo de la fosa séptica, los cuales deben ser retirados cada cierto tiempo esto debido a que la tasa de acumulación es mayor a la tasa de descomposición

La remoción de sólidos, de acuerdo a la bibliografía especializada, dentro de una fosa séptica está alrededor del 50%, mientras que de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) está entre 30% - 40%, para una fosa séptica bien diseñada y con las adecuadas condiciones de operación, clima y mantenimiento. (Alianza por el agua)

1.5.2.2. Sistema de filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA)

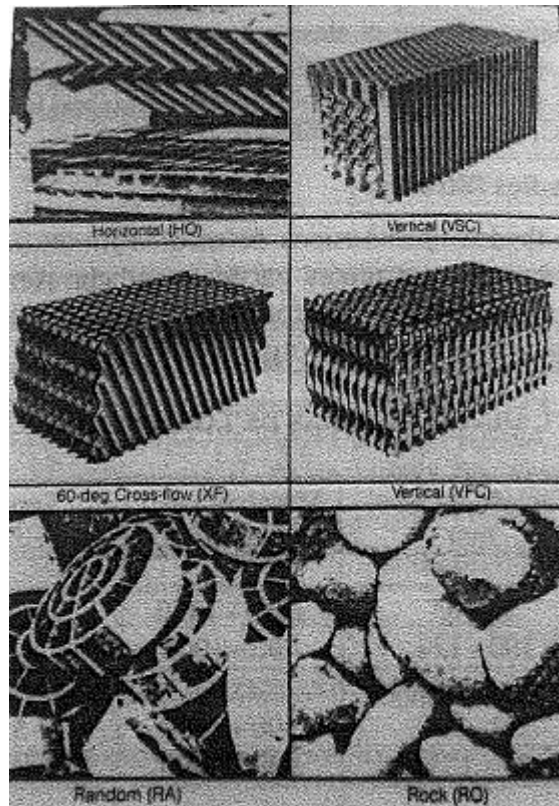
Los filtros son unidades de tratamientos físicos y biológicos, empleados para la depuración de agua residual durante varios años por el ser humano; los tipos de filtros existentes para aguas residuales son:

- Filtros de percoladores y de tasa alta
- Filtros de tasa alta con medio granular y poroso
- Filtros de tasa baja con medio granular y poroso (Ferrer & Seco Torrecillas, 2008)

En el presente capítulo trataremos los últimos filtros, ya que es el sistema utilizado en la PTAR de Ubillus. Este tipo de filtro se recomienda para viviendas aisladas o barrios pequeños, pero donde siempre exista el abastecimiento de agua residual para que el filtro esté en permanente funcionamiento.

El componente principal de un filtro es su medio filtrante, existen dos tipos de medios filtrantes naturales y artificiales, los medios filtrantes naturales son: grava, arena (más común), carbón activado, etc. Mientras que los medios filtrantes artificiales son de material plástico. (Imagen 5)

Imagen 5: Tipos de Relleno frecuentemente utilizados en filtros

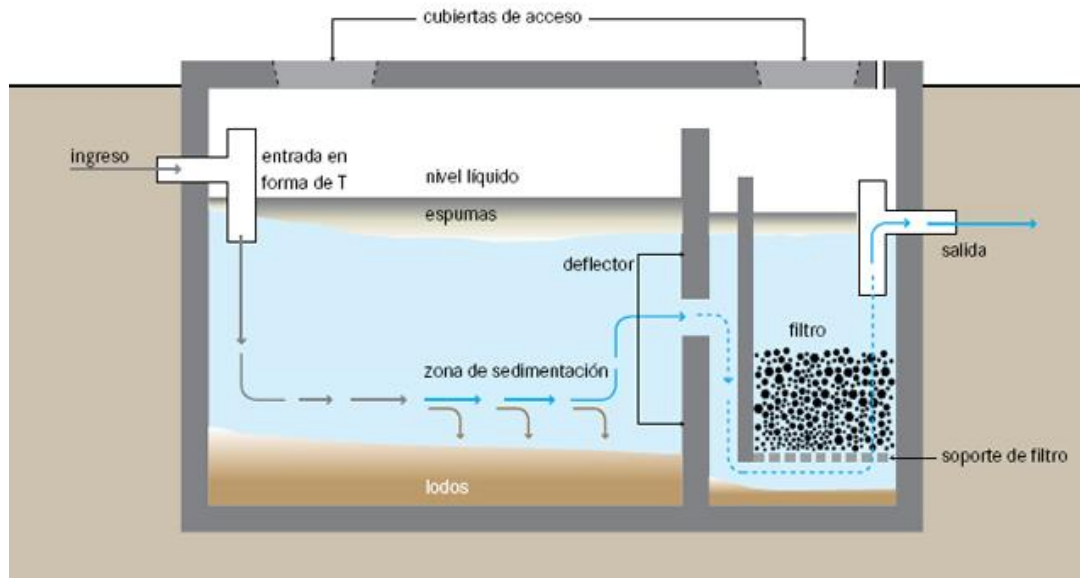


Fuente: (Ferrer & Seco Torrecillas, 2008)

La porosidad y la superficie específica son los parámetros más importantes de los medios filtrantes. La superficie específica nos permite conocer la cantidad de carga orgánica e hidráulica que pueda soportar el filtro, mientras mayor sea la superficie específica mayor será su capacidad de carga orgánica y con una mayor transferencia de oxígeno. Mientras que a mayor porosidad menos atascamiento.

La biomasa presente en el medio filtrante tarda alrededor de 6 meses para estabilizarse, pero una vez que se ha logrado estabilizar el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) requiere poco cuidado por parte del personal de mantenimiento.

Imagen 6: Esquema típico de una fosa séptica con filtro



Fuente: Alianzaporelagua.org

1.5.3. Tratamiento Terciario

El tratamiento terciario consiste en la eliminación total de pequeñas sustancias suspendidas o disueltas que han quedado aún luego de haber pasado por el sistema de filtración. Este tratamiento es un complemento en la depuración de aguas servidas, para que el resultado final cumpla con la normativa vigente.

Tipos de tratamientos terciarios avanzados:

- Tratamientos en sistemas naturales
- Desinfección
- Remoción de sólidos suspendidos
- Remoción de nitrógeno
- Remoción de fósforo
- Remoción de orgánicos refractarios
- Remoción de tóxicos específicos (CivilGeeks.com)

El tratamiento terciario en sistemas naturales, se ejecuta por medios naturales como: suelo, estanques, lagunas, etc. Se clasifica en:

- Sistemas naturales con aplicación en el terreno
 - Infiltración lenta
 - Infiltración rápida
 - Flujo superficial
- Sistemas acuáticos
 - Humedales
 - Lagunajes
 - Cultivos acuáticos (Instituto Geológico y Minero de España)

1.5.3.1. Sistema de infiltración

El sistema de infiltración al suelo es un tratamiento de sistemas naturales, donde la eliminación de sustancias contaminantes dentro del agua residual se produce por componentes naturales, sin emplearse ningún aditivo químico, tales como el suelo, en el caso de Ubillus. El agua residual después de haber pasado por todos los procesos previos a la infiltración se aplica al suelo.

Cuando el agua residual se encuentre en contacto con el suelo se procederá a la remoción de sobrantes que no han sido eliminados en procesos previos tales como: DBO₅, sólidos suspendidos, nitrógeno, organismos patógenos, etc.

El suelo posee gran cantidad de bacterias y microorganismos en los estratos tanto superiores como inferiores.

La cantidad estimada de microorganismos por gramo de suelo es: 107 bacterias, 106 actinomicetos y 105 hongos, estos últimos encargados de la absorción del DBO₅ sobrante dentro del agua residual. (Miller, 1973. Crites y Tchobanoglous, 2000: pág. 517).

También el suelo actúa como un filtro biológico de gran tamaño donde se retienen sólidos, adsorción y se origina la oxidación de la materia orgánica, cumpliendo de esta manera procesos físicos, químicos y bioquímicos respectivamente.

1.6. Descripción del Alcantarillado existente en el Barrio Ubillus de la parroquia Pintag

1.6.1. Descripción general del alcantarillado

El alcantarillado del barrio de Ubillus, se construyó en el año de 1998 como alcantarillado sanitario, siendo una red de tuberías y elementos complementarios los mismos que se han diseñado siguiendo normas específicas. Este tipo de sistema de alcantarillado es recomendado para poblaciones que dispongan de pocos recursos económicos, ya que en un principio se puede construir el alcantarillado sanitario y en un futuro optar por la construcción de un alcantarillado pluvial. A través del sistema de alcantarillado se recolecta, transporta y evacua de forma segura y rápida las aguas residuales domésticas, además del alcantarillado sanitario se construyó una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales que consistía en un cribado y una fosa séptica, para poder descargar de manera fiable las aguas residual sin que causen molestias a los moradores del lugar.

Una vez elegido el tipo de alcantarillado, las consideraciones para el diseño del mismo son las siguientes:

- Periodo de diseño
- Población futura
- Áreas tributarias
- Caudales
 - Caudal de aguas servidas
 - Caudal de infiltraciones
 - Caudal de aguas lluvias ilícitas
- Coeficiente de escurrimiento (Burbano Ortega, 1998)

Como se mencionó previamente el sistema del alcantarillado de Ubillus, se lo diseñó originalmente como un alcantarillado sanitario, pero el ingreso de aguas lluvias ilícitas al alcantarillado sanitario, por acción de los moradores del sector al realizar conexiones prohibidas a la red de alcantarillado. Según Burbano Ortega “Las conexiones prohibidas ubicadas dentro de patios, jardines, cubiertas e inclusive a través de las tapas de los pozos o cajas de revisión del alcantarillado sanitario”, (Burbano Ortega, 1998) Produjeron que la red de alcantarillado se convierta en un sistema de alcantarillado combinado, lo que significa que las tuberías no solamente evacuaran aguas residuales domésticas sino en días de lluvia tendrán un aumento significativo de su caudal. Esto ha provocado que las pequeñas instalaciones de tratamiento de aguas residuales diseñadas al inicio colapsen debido a la gran cantidad de agua residual que ingresa en la PTAR y al arrastre de basuras que genera el caudal pluvial, razón por la cual en el año 2012 se decide optimizar la PTAR de Ubillus, el proyecto de optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales consistió en la construcción de:

- Un Separador de Caudales
- Un Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)
- Pozos de infiltración al suelo
- Un Lecho de secado de lodos

CAPÍTULO II OPERACIONES UNITARIAS EXISTENTES PTAR

UBILLUS

2.1 Descripción general del capítulo

En el presente capítulo se realizará una evaluación de la situación actual de la PTAR Ubillus y de cada una de las operaciones existentes en la misma, con el objetivo de determinar el estado de operatividad de la PTAR.

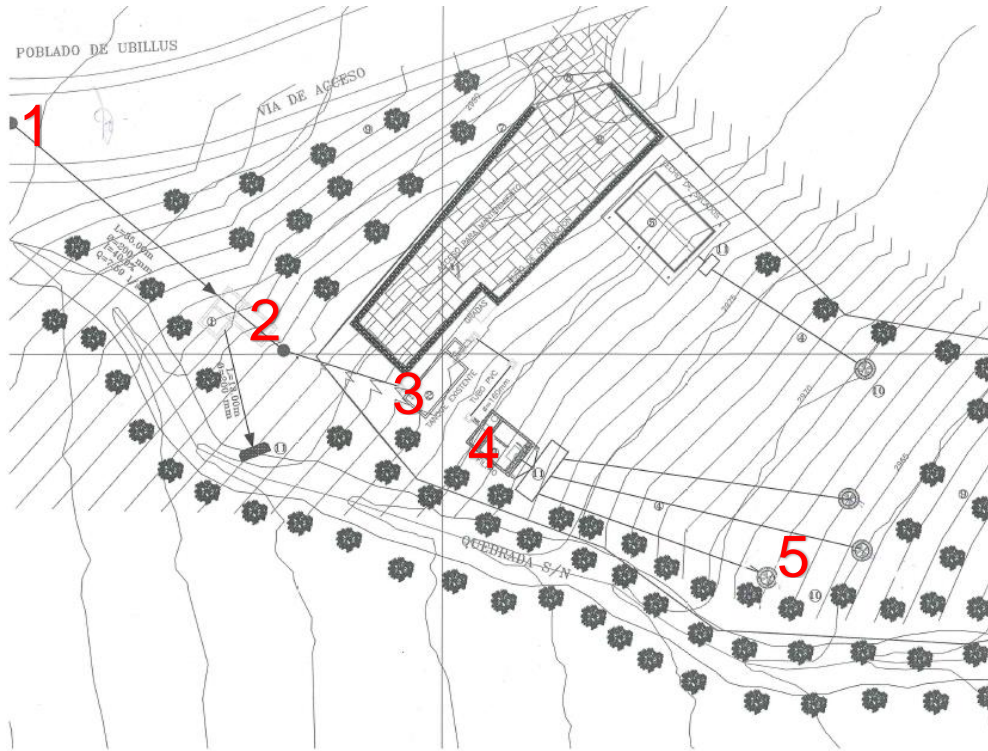
2.2. Descripción del tren de tratamiento de aguas residuales de la PTAR de Ubillus

En la actualidad las PTARs están conformadas por una serie de procesos unitarios integrados. (Ramalho, 2003). Cada una de estas operaciones tanto físicas como biológicas, se diseñan para tratar el agua residual de manera individualizada con el fin depurar el agua.

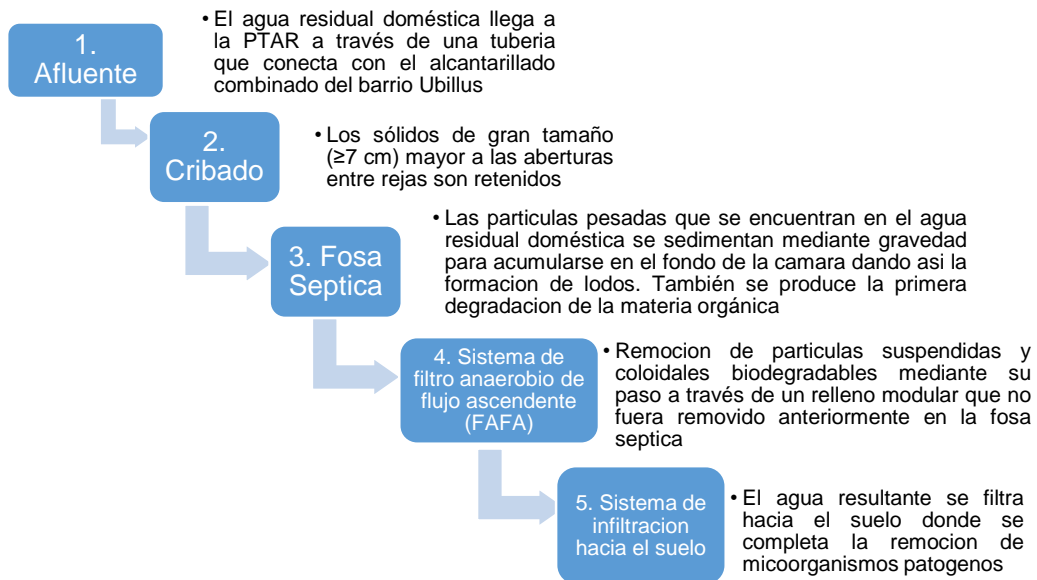
Con el propósito de satisfacer la depuración del agua residual doméstica que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), el agua pasa por una serie de procesos denominados tratamientos: primario, secundario y terciario, cuya única finalidad es la limpieza de microorganismos patógenos, materia orgánica biodegradable y sólidos suspendidos antes que el agua residual regrese al medio ambiente por medio de la infiltración al suelo, garantizando así la calidad del agua que sale de la PTAR proporcionando calidad de vida y bienestar para las personas del barrio de Ubillus.

Desde la llegada del afluente a la PTAR el agua residual doméstica pasa por los siguientes procesos:

Imagen 7: Implantación de la PTAR de Ubillus



Fuente: Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS)



2.3. Cronograma de Visitas a la PTAR Ubillus

Para realizar un diagnóstico del estado actual de la PTAR se hicieron cuatro visitas a la misma según el cronograma presentado en la Tabla 3.

Tabla 3. Cronograma de visitas a la PTAR Ubillus

Visita #	Fecha
1	21/01/2015
2	16/06/2015
3	31/06/2015
4	22/07/2015

2.4. Tratamiento primario

2.4.1. Cribado

El cribado es la primera operación unitaria que se lleva a cabo en las PTARs, es un proceso físico cuyo objetivo principal es la remoción de sólidos flotantes, sólidos gruesos (arenas), grasas y material inorgánico, cuya presencia en el efluente perturbaría la eficiencia del tratamiento. La PTAR de Ubillus posee rejillas en la sección del cribado, el espaciamiento entre reja es de 7 cm.

Los sólidos retenidos en la reja como se indica en la Foto 2, se conocen con el nombre de residuos o basura, mientras más pequeña sea la abertura de entre reja mayor será la cantidad de retención de residuos que tendrá el cribado. Los sólidos de tamaño grande ($\geq 7\text{cm}$) son generalmente: piedras, botellas plásticas, ramas, raíces de árboles, plásticos, trapos, etc.

Foto 1 Separador de caudales, compuerta de ingreso y cribado



Tomada en la visita 1. Fuente: Indra Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 2 Rejilla del Cribado



Tomada en la visita 1. Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 3 Vista frontal - rejilla del Cribado



Tomada en la visita 1. Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Los objetivos específicos del cribado son los siguientes:

- Evitar la obstrucción en la conducción
- Retener basuras de gran tamaño que puedan afectar al funcionamiento de las unidades posteriores
- Aumentar la eficiencia de las operaciones posteriores. (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán Martínez, 2000)

En la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6 se presenta las características de la materia sólida retenida en el cribado según distintos autores.

Tabla 4 Información usual sobre las características y cantidades de residuos del tamizado grueso removidos con ayuda de rejillas

Espaciamiento entre barras (pulg)	Contenido de humedad (%)	Peso específico (lb/pie ³)	Volumen de residuos del tamizado (pie ³ /Mgal)	
			Intervalo	Usual
0.5	60-90	40-68	5-10	7
1.0	50-80	40-68	2-5	3
1.5	50-80	40-68	1-2	1.5
2.0	50-80	40-68	0.5-1.5	0.75

Fuente: (Crites; Tchobanoglous, 2000, pág. 248)

Tabla 5 Volumen de materias retenidas en Rejillas

Separación libre entre barras (mm)	Volumen retenido (lt/hab*año)
3	15-25
20	5-10
40-50	2-3

Fuente: (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán Martínez, pág. 77)

Tabla 6 Características de las materias retenidas en rejillas

Características	%
Contenido de humedad	>30
Contenido de materia orgánica	75-80
Contenido de materia inerte	20-25

Fuente: (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán Martínez, pág. 77)

Foto 4 Personal de la EPMAPS, realizando la limpieza periódica del cribado



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

En la Foto 4 y Foto 5, se visualiza al personal de la EPMAPS realizando una visita periódica al barrio de Ubillus para dar mantenimiento habitual de la PTAR y de esta manera, evitar los taponamientos en el cribado por la basura acumulada. Los lodos primarios son retirados del cribado y llevados al lecho de secado de lodos de manera manual con las debidas protecciones de seguridad, al momento la EPMAPS no lleva ningún registro de la cantidad de basuras que se genera dentro del cribado, por lo que no es posible la comparación con los datos previamente mencionados.

Foto 5 Personal de la EPMAPS transportando el lodo del cribado hacia el lecho de secado de lodos de manera manual



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

2.4.1.1. Situación actual

En la PTAR Ubillus, perteneciente a la parroquia de Pintag, las aguas del alcantarillado combinado del barrio se descargan hacia una cámara donde inicia el proceso primario de tratamiento de aguas residuales.

El agua residual antes de ingresar al cribado llega a un separador de caudales, como se indica en la Foto 6, esto al ser un alcantarillado combinado, la lluvia tendrá una fuerte influencia en el correcto desenvolvimiento de la PTAR en los días de lluvia aumentando considerablemente el caudal que ingresa a la planta de tratamiento.

El afluente se descarga a un separador de caudales, luego ingresa por una compuerta de regulación manual y finalmente alcanza el cribado, que es una reja de barras que se indica en la Foto 7, la cual impide que los residuos o basura entren a la fosa séptica.

Dimensiones del cribado

Altura: 65 cm

Largo: 70 cm

Espaciamiento entre barras: 7 cm

Número de barras: 11

Foto 6 Compuerta de ingreso y separador de caudales



Tomada el día de la visita 2.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 7 Reja del Cribado



Fotografía tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

- Cámara 1: Recibe directamente las aguas provenientes del alcantarillado (Foto 6).
- Cámara 2: Cuando existe un exceso de caudal que llega al cribado, la cámara 1 se desborda haciendo así que el agua llegue a la cámara 2 y manda el excedente hacia una quebrada seca, cumpliendo su función de vertedero.

- Compuerta de control manual: esta compuerta permite controlar la cantidad de agua residual que ingresará a la cámara pasará a través de la rejilla.
- Rejas de barras: instaladas en la PTAR de Ubillus son de limpieza manual, este tipo de rejas se utilizan en pequeñas PTARs. Las barras de la Foto 7, van soldadas a unos elementos transversales para conseguir una forma rectangular.

2.4.1.2. Resultados del diagnostico

2.4.1.2.1. Cámara 1

El día de la visita 1, al fondo de la cámara se observó una gran cantidad de sedimentos como tierra, plásticos, empaques de distintos productos y también la formación de natas esto debido a las grasas y aceites que se descargan al alcantarillado. El flujo que llega a la cámara proveniente directamente del alcantarillado combinado permite que el agua ingrese sin complicaciones a través de la compuerta, al tener un flujo permanente cuando solo se trata de agua residual no existe un aumento del nivel del agua que rebase la altura de la cámara para que el agua se escurra hacia la cámara 2.

Foto 8 Cámara 1



Tomada en la visita 2.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

2.4.1.2.2. Cámara 2

La cámara 2 es un aliviadero que entra en funcionamiento cuando la cámara 1 se encuentra sobre su capacidad y el agua residual empieza a desbordarse y se dirige hacia la cámara 2, la desaloja el agua diluida a través de una tubería hacia una quebrada de cauce seco.

Foto 9 Cámara 1 y Cámara 2



Tomada en la visita 1. Fotografía anterior al cierre de compuerta.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

El día de la visita 1, debido a la situación de emergencia que se encontraba la PTAR por las fuertes lluvias propias de la temporada invernal había rebasado su capacidad y las aguas residuales se escurrían sobre la superficie sin ser tratadas siendo un foco infeccioso para la comunidad y la emanación de malos olores, el personal de la EPMAPS, en casos particulares como este deciden manipular la compuerta de ingreso, cerrándola; en la Foto 10 se observa al agua residual siendo evacuada a la cámara 2.

Foto 10 Cámara 1 y Cámara 2



Tomada el día de la visita 1. Fotografía después del cierre de compuerta.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

2.4.1.2.3. Compuerta de control

La compuerta de control manual permite el ingreso del caudal al cribado, que se encuentra a una altura establecida para que el agua residual ingrese sin mayores inconvenientes a la PTAR

Foto 11 Compuerta manual de ingreso



Tomada el día de la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

2.4.1.2.4. Rejas de barras

En la visita 1 se observó que en esta unidad operativa existe una cantidad considerable de sedimentos así como también ramas delgadas, a pesar de los sedimentos retenidos el agua residual seguía fluyendo a través de las rejas.

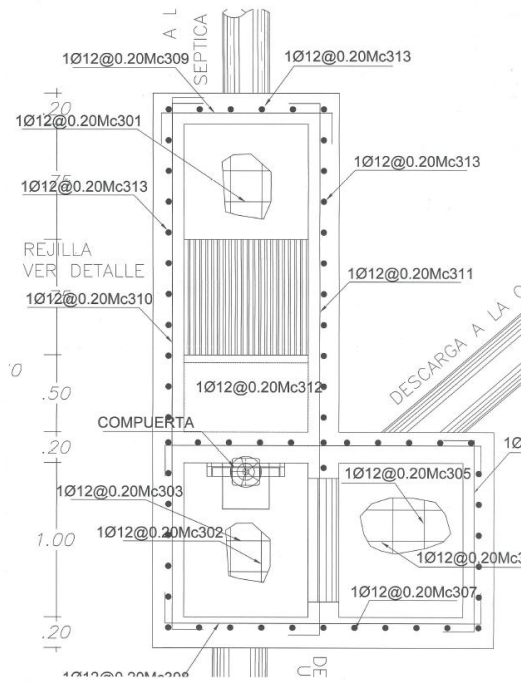
De igual manera en la visita 2 se observó la acumulación de sedimentos al fondo del cribado.

Foto 12 Cribado



Tomada en la visita 2.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Imagen 8 Plano del Cribado y del Separador de Caudales



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

2.5. Tratamiento Secundario

2.5.1. Fosa séptica

2.5.1.1. Situación actual

La PTAR de Ubillus cuenta con una fosa séptica, diseñada en un principio como una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales en el año 1998, cuando se construyó el sistema de alcantarillado en el barrio (Departamento de Ingeniería de Proyectos, 2011).

La fosa séptica de la PTAR de Ubillus, cuenta con cuatro cámaras, donde se produce la sedimentación de partículas que lograron pasar el cribado y también es

el lugar donde se origina la primera degradación de la materia orgánica presente en el agua residual.

Foto 13 Fosa Séptica



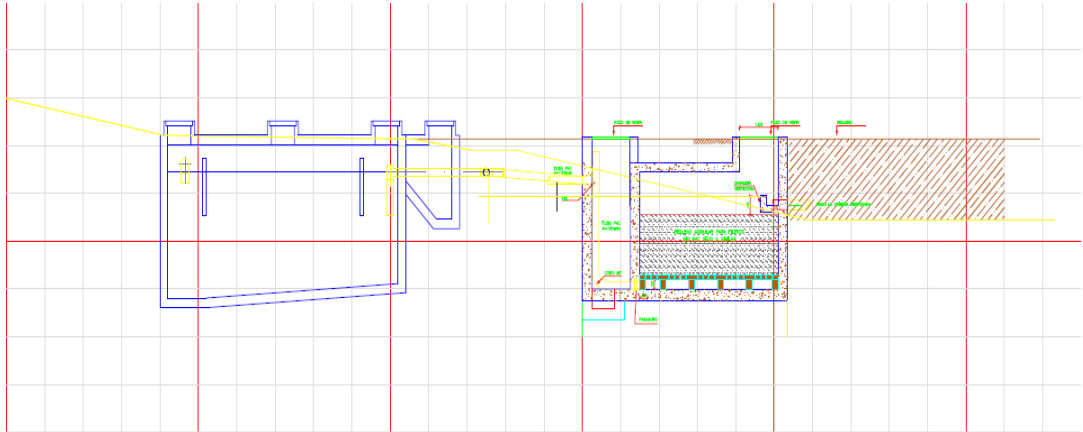
Tomada en la visita 1. De izquierda a derecha: caja 1, caja 2 y caja 3. Una cuarta caja se encuentra tapada con césped, no clara a simple vista.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 14 Tapas de revisión, Fosa Séptica



Tomada en la visita 2. De izquierda a derecha: caja 1, caja 2, caja 3 y caja 4.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Imagen 9 Detalle de conexión entre la fosa séptica y el filtro anaerobio de flujo ascendente FAFA



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

Características de la fosa séptica:

Longitud: 7.80 m

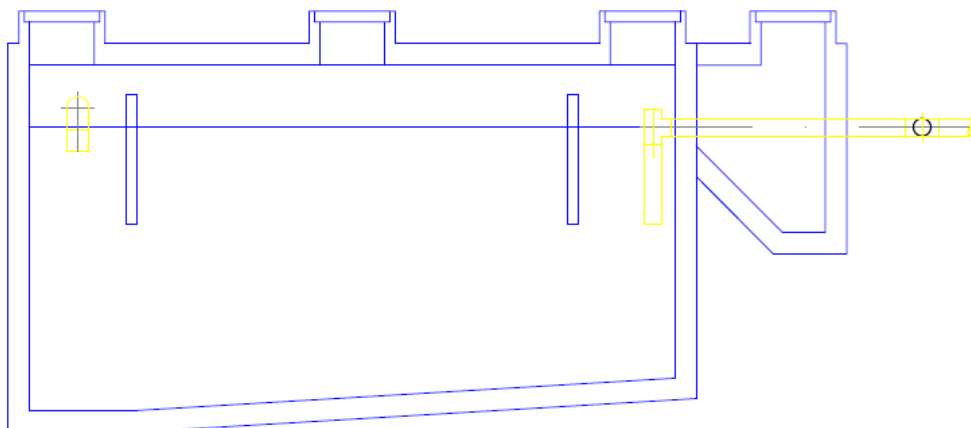
Ancho: 3 m

N.- cámaras: 4

Área: 21.16 m²

Volumen: 64.54 m³

Imagen 10 Fosa Séptica



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

Foto 15 Descarga del Cribado hacia la Fosa Séptica



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

CÁMARA 1

Foto 16 Cámara 1



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 17 Cámara 1



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Existe abundante presencia de materia orgánica e inorgánica flotando sobre el agua residual. La cámara 1 está trabajando en la retención de sólidos suspendidos y de gran tamaño que han logrado pasar el cribado.

CÁMARA 2

Foto 18 Cámara 2



Tomada en la visita 1.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 19 Cámara 2



Tomada en la visita 2.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

La cámara 2 es la cámara de mayor tamaño, donde se produce la mayor sedimentación de sólidos. Los sólidos suspendidos se han disminuido, se puede distinguir al agua residual.

CÁMARA 3

Foto 20 Cámara 3

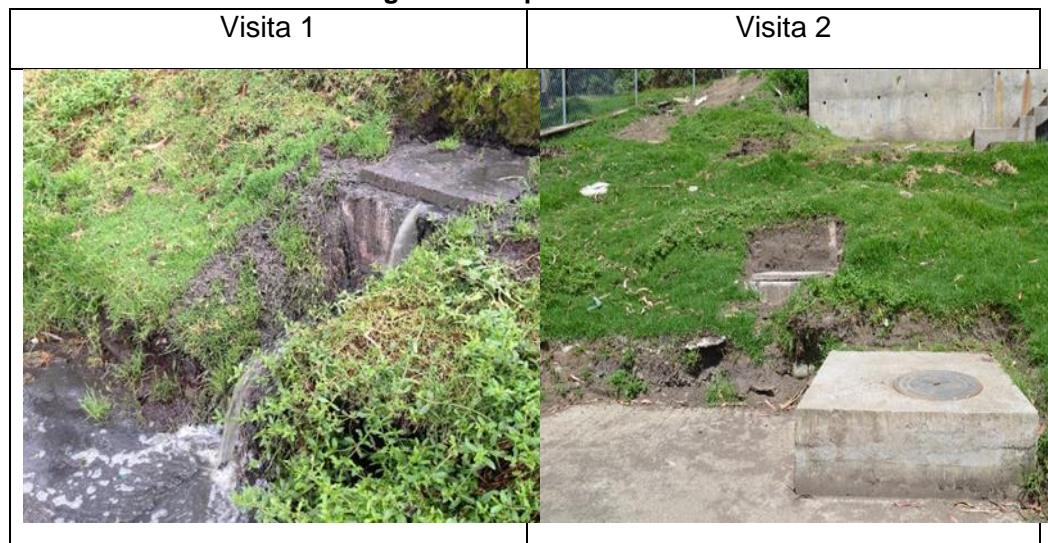


Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

La cámara 3 se encuentra libre de partículas de gran tamaño, este es el afluente que ingresará al FAFA para continuar con el proceso de degradación de la materia orgánica presente en el agua residual, luego de que la mayoría de sólidos han quedado sedimentados en las dos primeras cámaras de la fosa séptica.

El caudal que ingresa a la fosa séptica es mayor del que puede recibir y la acumulación de materia inorgánica ha provocado un taponamiento en la tubería que lleva el agua a al FAFA, por ende el agua residual ha empezado a desbordarse por los costados y sobre la losa de hormigón que forma parte del FAFA.

Foto 21. Descarga Fosa Séptica hacia el FAFA



Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

2.5.1.2. Resultados del diagnóstico

El principal problema radica en el ineficiente proceso de cribado, ya que partículas de gran tamaño de materia inorgánica pasan a través de la rejilla, haciendo que las cámaras que conforman la fosa séptica se llenen de basura y no realicen eficientemente, su labor que consiste en la sedimentación y degradación de la materia orgánica. Además se puede palpar una notable diferencia de la situación de la fosa séptica entre la visita 1 y la visita 2, esto se debe a dos factores:

- La PTAR antes de la visita 2 tuvo un proceso de limpieza total mediante equipos hidroneumáticos
- La estación invernal, época en la que se realizó la primera visita, aumenta el nivel de agua que ingresa a la PTAR, mientras que en verano las precipitaciones disminuyen considerablemente.

Foto 22 Caja de revisión, descarga hacia el FAFA



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

En la visita 1, la acumulación de basuras (trapos, botellas plásticas, etc.) provocaron taponamiento de la tubería de conducción desde la fosa séptica hacia el FAFA tal como se muestra en la Foto 22.

Para que el agua circule normalmente, el personal de la EPMAPS procedió a destapar manual (utilizando una tubería de PVC de 6m ejercen presión para que la basura que está obstruyendo salga de la tubería de circulación del agua residual).

Foto 23 Limpieza del ingreso del agua residual al FAFA



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

2.5.2. Sistemas de filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA)

2.5.2.1. Situación actual

El Sistema de Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) de la PTAR de Ubillus es un reactor biológico de aguas residuales de flujo ascendente, construido semi-enterrado en la tierra con hormigón armado y de manera hermética. (Departamento de Ingeniería de Proyectos, 2011)

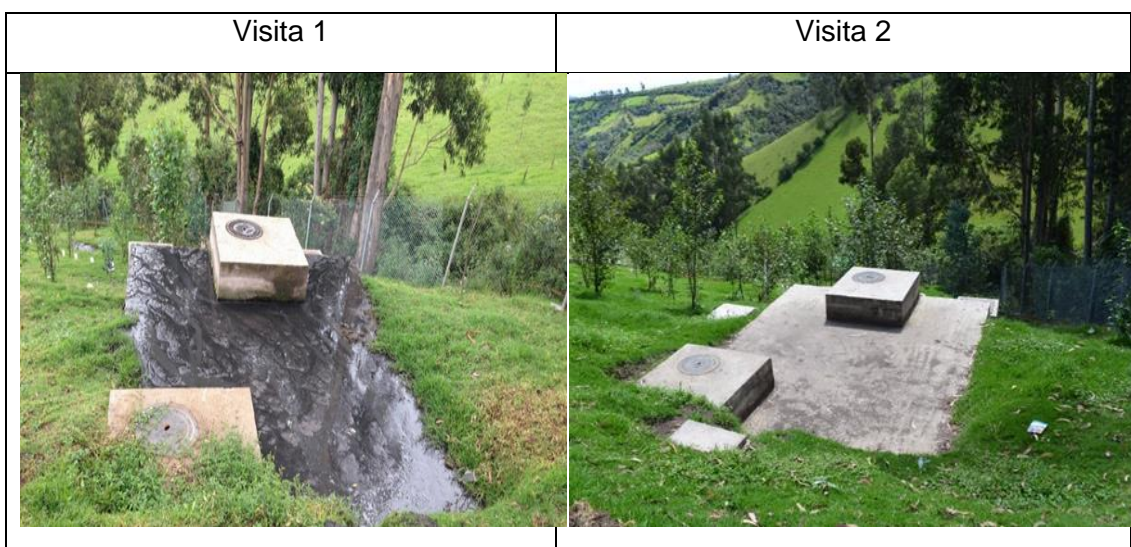
Al fluir las aguas residuales por el filtro, se atrapan las partículas y se degrada la materia orgánica por la biomasa que se ha generado en el medio filtrante, está compuesto de una cámara inferior vacía y una cámara superior con un relleno de material filtrante artificial sumergido donde actúan microorganismos facultativos y anaerobios, responsables por la estabilización de la materia orgánica.

El flujo ascendente implica un menor riesgo que la biomasa fijada sea arrastrada, también se recomienda que el nivel del agua esté 0.3 (m), sobre el material filtrante para garantizar un régimen de flujo regular. Este parámetro no se cumple dentro de la PTAR ya que al momento de las visitas se observó el medio filtrante con facilidad comprobando así que no existían los 30 cm recomendables sobre el material filtrante.

La eliminación de sólidos suspendidos y de DBO₅ puede llegar hasta 85 – 90% pero normalmente está dentro del rango de 50 – 80%, en cuando a la eliminación de nitrógeno, está alrededor del 50% en el mejor de los casos.

Para el adecuado desarrollo del filtro es importante considerar un tiempo de residencia hidráulico (THR – el tiempo que el agua permanece dentro del filtro biológico), entre 0.5 – 1.5 días. (Ferrer, José; Seco Torrecillas, Aurora, 2008)

Foto 24. Losa del FAFA



Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 25 Vista lateral del FAFA



Tomada en la visita 1.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Características Física del FAFA

Longitud: 5.35 m

Altura: 4.10 m

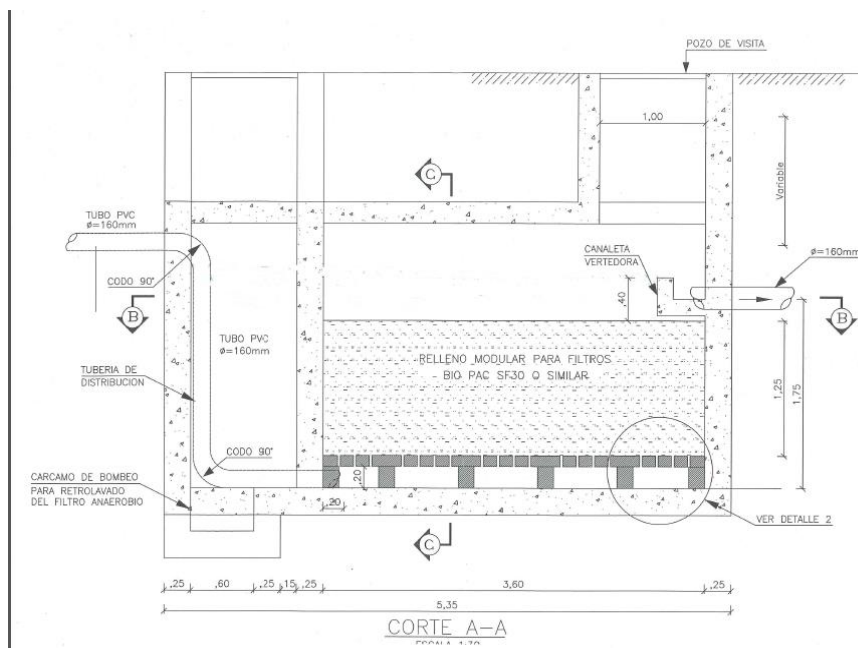
Ancho: 4.10

N.- cámaras: 2

Área: 21.94 m²

Volumen: 90 m³

Imagen 11 Plano Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA)



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

El FAFA de la PTAR Ubillus cuenta con un medio filtrante artificial de material plástico, los medios filtrantes artificiales de plásticos tienen una mayor porosidad y superficie específica en relación a los medios filtrantes naturales como la grava o la arena.

Al poseer una alta porosidad y superficie específica permite al filtro soportar cargas hidráulicas altas conservando sus condiciones anaerobias. (Ferrer, José; Seco Torrecillas, Aurora, 2008)

Tabla 7 Características de los Medios Filtrantes Artificiales

Características de los Medios Filtrantes Artificiales				
Medio	Tamaño nominal (mm)	Masa/Volumen Kg/m³	Superficie Específica m²/m³	Porosidad
Plástico Convencional	600x600x1200 ^a	30 – 100	80 – 100	94 – 97
Plástico de alta superficie específica	600x600x1200 ^a	30 – 100	100 – 200	94 – 97

Fuente: (Ferrer, José; Seco Torrecillas, Aurora, 2008, pág. 157)

El material filtrante que se encuentra dentro del FAFA son rosquetas de material plástico del tipo BioPac SF30 colocadas aleatoriamente.

Características del medio filtrante plástico, BioPac SF30:

- Área superficial específica (30 ft²/ft³ - 100 m²/m³)
- Fabricados de polipropileno
- Relación de área vacía: 95 %
- Peso del material en seco: 30 Kg/m³
- Aproximadamente 400 unidades/m³ (Servicio Nacional de Contratación Pública, 2013)

Imagen 12 Material Filtrante, tipo BioPac SF30



Fuente: Servicio Nacional de Contratación de Obra Pública (SERCOP)

En la Foto 26 durante la visita 1, se puede observar que se ha empezado a formar la capa de biomasa sobre las rosquetas, donde las partículas quedan retenidas para producir la degradación de la materia orgánica.

Mientras que en la Foto 27 correspondiente a la visita 2, la biopelícula ya se ha formado sobre el material filtrante artificial, al tomar un color blanco se evidencia que los microorganismos adheridos a las paredes del BioPac se encuentran trabajando en la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual

Foto 26 Material Filtrante, Tipo BioPac SF30



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 27 Material Filtrante, Tipo BioPac SF30



Tomada en la visita 2.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 28 Cajas de distribución hacia los pozos de infiltración al suelo



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

En la visita 1, se observó que el agua residual se evacua a través de tuberías y pasa a 3 cajas de distribución para ser filtradas al suelo en distintas direcciones, mediante 3 pozos de infiltración. En la visita 2 se pudo observar un cuarto pozo de infiltración construido, el mismo que ayuda a evitar el rebosamiento de agua en los 3 pozos antes mencionados.

Foto 29 Cajas de distribución hacia los pozos de infiltración al suelo



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

2.5.2.2. Análisis de resultados de muestras obtenidas

El proceso de depuración del agua residual dentro de la PTAR de Ubillus concluye con la infiltración al suelo, donde los microorganismos patógenos que no pudieron ser removidos en la Fosa Séptica y en el FAFA, son eliminados a través del suelo. Los análisis de muestras se realizan dentro de la PTAR en el Afluente y en el Efluente (el agua residual que sale del FAFA hacia los pozos de infiltración).

Los parámetros obtenidos in situ son medidos con un equipo multiparamétrico HQ40D (Foto 30) y se obtienen los siguientes parámetros: pH, temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos (STD).

Foto 30 Equipo multiparamétrico HQ40D



Tomada en la visita 2.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

La foto 31 muestra al personal de la EPMAPS participando en la recolección de muestras, para comprobar si el agua que se recibe en la PTAR cumple con los parámetros determinados en el Acuerdo Ministerial N.- 028, el cual sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.

Foto 31 Medición de parámetros in – situ



Tomada en la visita 2.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Los valores obtenidos de las muestras tomadas en campo, son comparados con los límites permisibles del Acuerdo Ministerial N.- 028, proporcionados en las Tabla N.- 8: Límites de descarga al alcantarillado público y Tabla N.- 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 8 Límites de descarga al alcantarillado público

PARAMETROS	EXPREADO COMO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
ACEITES Y GRASAS	SUSTANCIAS SOLUBLES HEXANO	mg/l	70
Explosivos e Inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
ALKIL MERCURIO		mg/l	no detectable
ALUMINIO	Al	mg/l	5
ARSENICO TOTAL	As	mg/l	0,1
CADMIO	Cd	mg/l	0,02
CIANURO TOTAL	CN ⁻	mg/l	1
COBALTO TOTAL	Co	mg/l	0,5
COBRE	Cu	mg/l	1
CLOROFORMO	extracto carbon cloroformo(ECC)	mg/l	0,1
CLORO ACTIVO	Cl	mg/l	0,5
CROMO HEXAVALENTE	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
COMPUESTOS FENOLICOS	expresado como fenol	mg/l	0,2
DEAMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	D.B.O ₅	mg/l	250
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	D.Q.O.	mg/l	500
DICLOROETILENO	Dicloroetileno	mg/l	1
FOSFORO TOTAL	P	mg/l	15
HIERRO TOTAL	Fe	mg/l	25
HIDROCARBUROS TOTALES DE PETROLEO	TPH	mg/l	20
MANGANESO TOTAL	Mn	mg/l	10
MERCURIO(TOTAL)	Hg	mg/l	0,01
NIQUEL	Ni	mg/l	2
NITROGENO TOTAL KJEDAH	N	mg/l	60
PLATA	Ag	mg/l	0,5
PLOMO	Pb	mg/l	0,5
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH	mg/l	6-9,
SOLIDOS SEDIMENTALES		mg/l	20
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES		mg/l	220
SOLIDOS TOTALES		mg/l	1600
SELENIO	Se	mg/l	0,5
SULFATOS	SO ₄ ⁼	mg/l	400
SULFUROS	S	mg/l	1
TEMPERATURA	°C		<40
TENSOACTIVOS	sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2
TRICLOROETILENO	tricloroetileno	mg/l	1
TETRACLORURO DE CARBONO	tetracloruro de carbono	mg/l	1
COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS (TOTALES)	concentracion de organoclorados totales	mg/l	0,05
ORGANOFOSFORADOS	especies Totales	mg/l	0,1

Fuente: Acuerdo Ministerial N.- 028

Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARAMETROS	EXPREADO COMO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
ACEITES Y GRASAS	SUSTANCIAS SOLUBLES EN HEXANO	mg/l	30
ALKIL MERCURIO		mg/l	no detectable
ALUMINIO	Al	mg/l	5
ARSENICO TOTAL	As	mg/l	0,1
BARIO	Ba	mg/l	2
BORO TOTAL	B	mg/l	2
CADMIO	Cd	mg/l	0,02
CIANURO TOTAL	CN ⁻	mg/l	0,1
CLORO ACTIVO	Cl	mg/l	0,5
CLOROFORMO	extracto carbon cloroformo ECC	mg/l	0,1
CLORUROS	Cl ⁻	mg/l	1000
COBRE	Cu	mg/l	1
COBALTO	Co	mg/l	0,5
COLIFORMES FECALES	NMP	NMP/100ml	10000
COLOR REAL	color real	unidades de color	**inapreciable en dilucion 1/20
COMPUESTOS FENOLICOS	Fenol	mg/l	0,2
CROMO HEXAVALENTE	CR ⁺⁶	mg/l	0,5
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (5 dias)	D.B.O5.	mg/l	100
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	D.Q.O.	mg/l	250
ESTAÑO	Sn	mg/l	5
FLUORUROS	F	mg/l	5
FOSFORO TOTAL	P	mg/l	10
HIERRO TOTAL	Fe	mg/l	10
HIDROCARBUROS TOTALES DE PETROLEO	TPH	mg/l	20
MANGANESO TOTAL	Mn	mg/l	2
MATERIA FLOTANTE	visibles	mg/l	ausencia
MERCURIO TOTAL	Hg	mg/l	0,005
NIQUEL	Ni	mg/l	2
NITROGENO AMONIACAL	N	mg/l	30
NITROGENO TOTAL KJEDAHN	N	mg/l	50
COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS	organoclorados totales	mg/l	0,05
COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS	concentracion de organofosforados totales	mg/l	0,1
PLATA	Ag	mg/l	0,1
PLOMO	Pb	mg/l	0,2
POTENCIAL DE HIDROGENO	pH		6-9,
SELENIO	Se	mg/l	0,1
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES		mg/l	130
SOLIDOS TOTALES		mg/l	1600
SULFATOS	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
SULFUROS	S	mg/l	0,5
TEMPERATURA	°C	°C	<35
TENSOACTIVOS	Sustancias activas de azul de metileno	mg/l	0,5
TETRACLORURO DE CARBONO	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente: Acuerdo Ministerial N.- 028

El análisis de resultados se obtuvo en las siguientes fechas:

- Noviembre, 2013
- Diciembre, 2013
- Enero, 2014
- Febrero, 2014
- Marzo, 2014
- Abril, 2014
- Junio, 2014
- Julio, 2014
- Agosto, 2014
- Septiembre, 2014
- Octubre, 2014
- Noviembre, 2014
- Diciembre, 2014

Se establece límites permisibles para la descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado público, como se indica en la tabla 8, con el fin de cumplir los siguientes objetivos:

- Evitar alteraciones y/o daños en el sistema de alcantarillado, para no afectar la eficiencia del mismo.
- Salvaguardar la salud de los trabajadores y la calidad ambiental impidiendo el ingreso al sistema de público de elementos desagradables y peligrosos.

- No permitir el ingreso de sustancias que bloqueen las tuberías del alcantarillado público, generen vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

La concentración del agua residual doméstica depende principalmente del consumo de agua y la cantidad de residuos generados a diario por habitante así mismo la composición del agua residual doméstica se ve influenciada por una serie de factores tales como: estilo de vida, tipo de alimentación, actividades económicas, etc. Metcalf & Eddy presenta una composición típica del agua residual doméstica que se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10 Composición típica de las aguas residuales domésticas

Constituyente	Unidad	Concentración		
		Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales	mg/lt	1200	720	350
Disueltos SD	mg/lt	850	500	250
SD fijo SDF	mg/lt	525	300	145
SD volátiles SDV	mg/lt	325	200	105
En suspensión SS	mg/lt	350	220	100
SS fijos SSF	mg/lt	75	55	20
SS volátiles SSV	mg/lt	275	165	80
Sólidos Sedimentables	ml/lt	20	10	5
DBO5	mg/lt	400	220	110
COT	mg/lt	290	160	80
DQO	mg/lt	1000	500	250
Nitrogeno (Total como N)	mg/lt	85	40	20
Orgánico	mg/lt	35	15	8
Amoniaco Libre	mg/lt	50	25	12
Nitritos	mg/lt	0	0	0
Nitratos	mg/lt	0	0	0
Fosforo (Total como P)	mg/lt	15	8	4
Orgánico	mg/lt	5	3	1
Inorgánico	mg/lt	10	5	3
Cloruros	mg/lt	100	50	30
Alcalinidad	mg/lt	200	100	50
Grasa	mg/lt	150	100	50

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

2.5.3. Gráficos comparativos de los resultados de los parámetros más representativos: DBO₅, DQO, Fósforo, Nitrógeno, Sólidos y Tensoactivos, de la toma de muestras entre el afluente y el ingreso a los pozos de infiltración de la PTAR de Ubillus.

Gráfico 4 Demanda bioquímica de Oxígeno

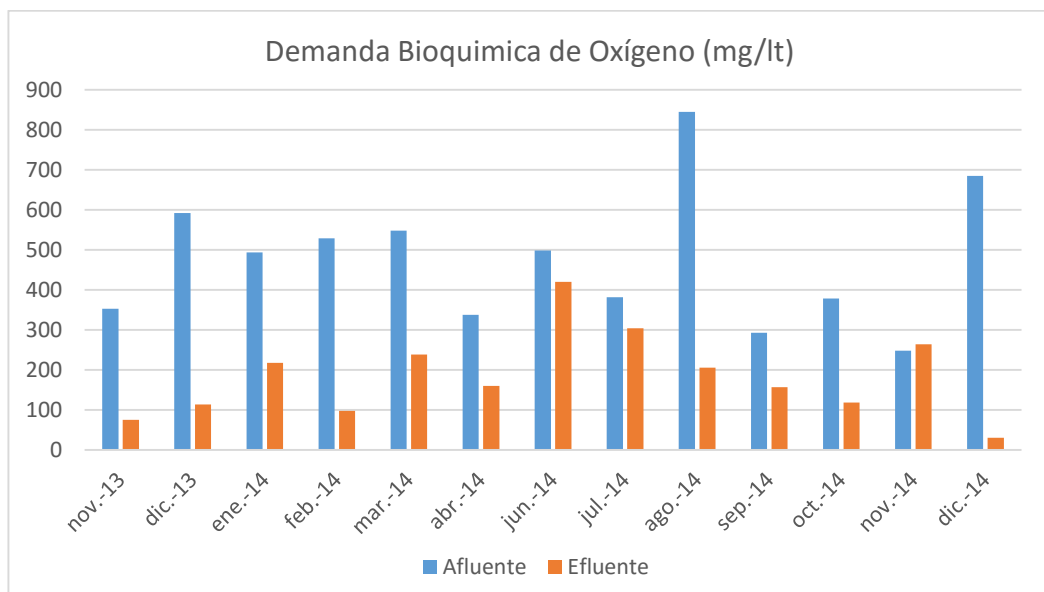


Gráfico 5 Demanda química de Oxígeno

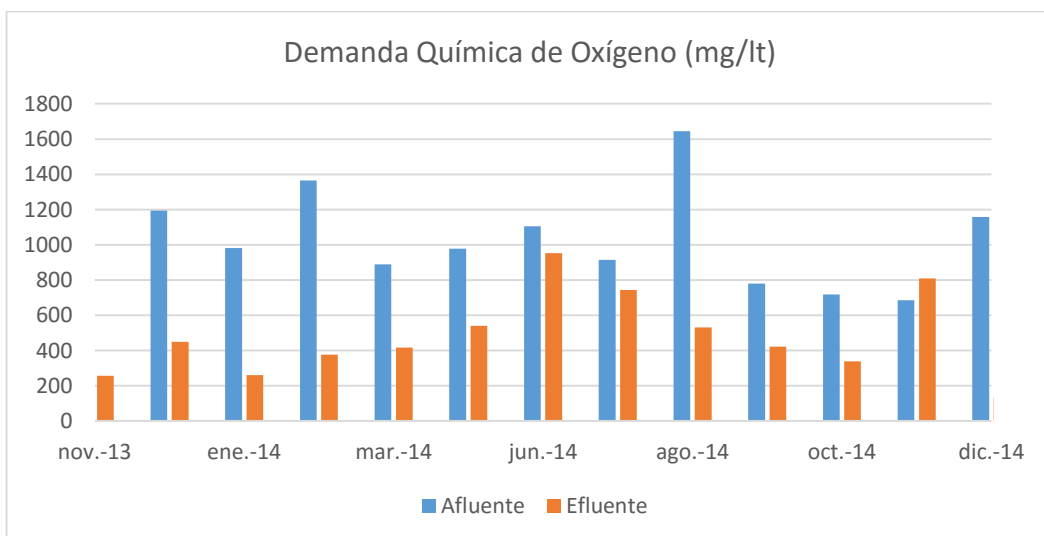


Gráfico 6 Fósforo de Fosfatos

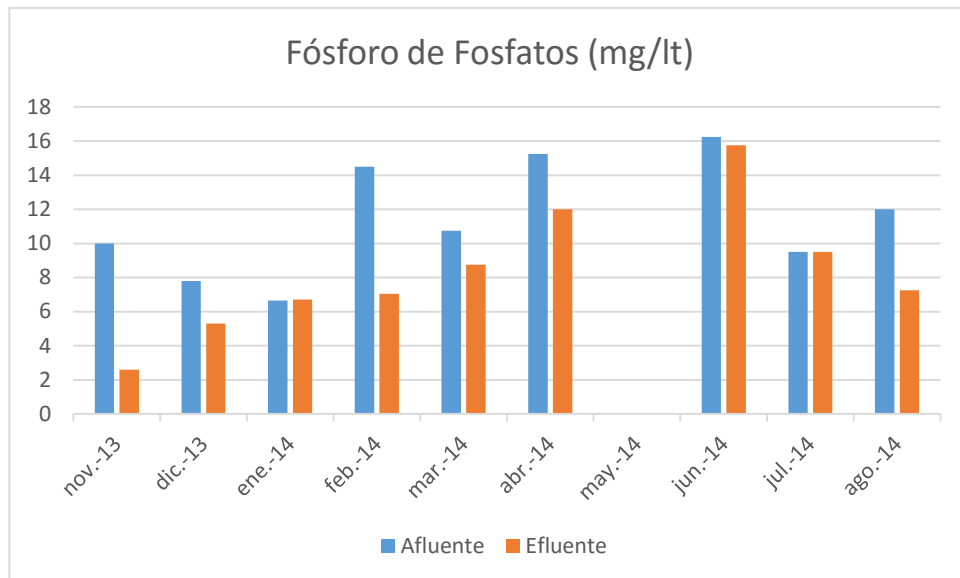


Gráfico 7 Nitrógeno Total Kjeldhal

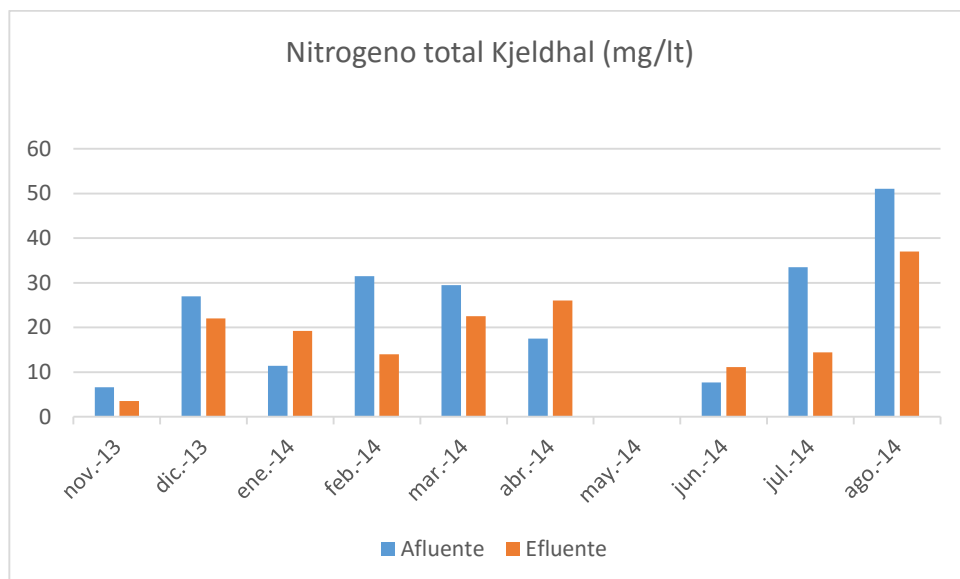


Gráfico 8 Sólidos Suspendidos Gravimétricos

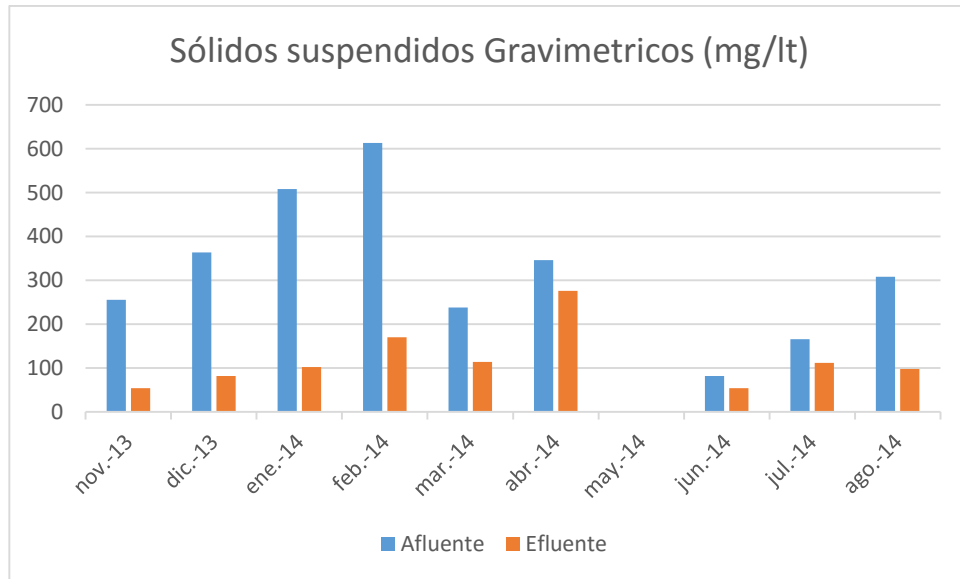


Gráfico 9 Sólidos Suspendidos Volátiles

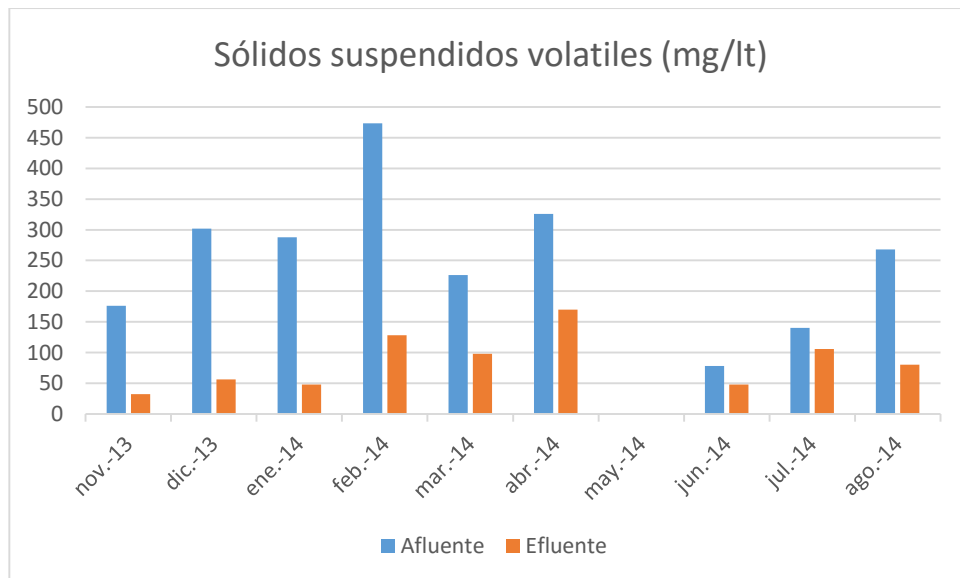


Gráfico 10 Sólidos Totales

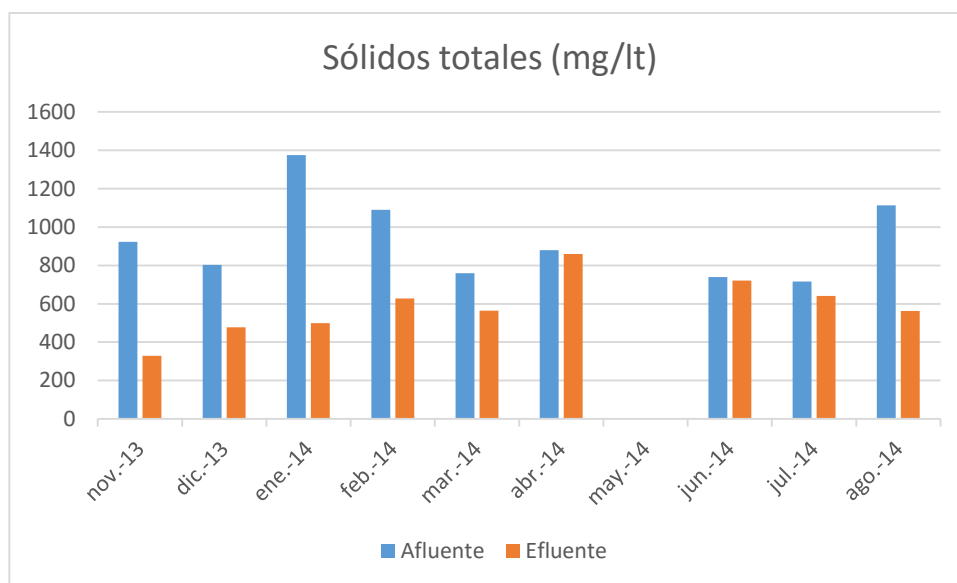
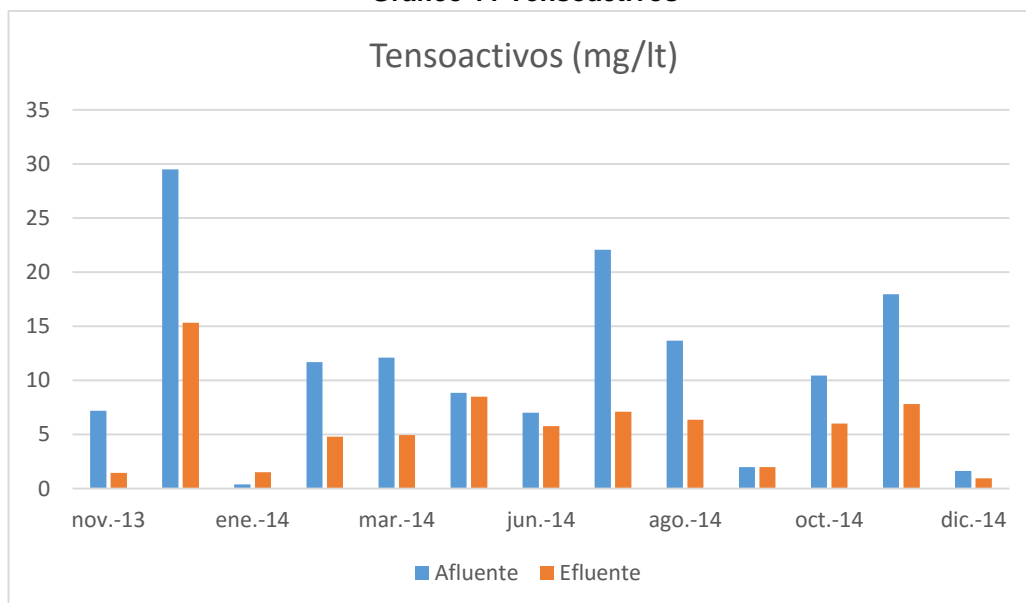


Gráfico 11 Tensoactivos



De acuerdo a los resultados referidos en el Anexo 1, los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las muestras de campo llevadas a pruebas de laboratorio arrojan valores que sobrepasan los límites dados en la tabla 8, los límites permisibles para ambos parámetros son de 250 y 500 mg/lit respectivamente. Al encontrarse la PTAR

ubicada en una parroquia rural del DMQ con un estilo de vida distinto al de las grandes urbes, se presenta a continuación en la tabla 11 una comparación entre la concentración media de la composición típica de las aguas residuales domésticas y los resultados obtenidos en Ubillus.

Tabla 11 Comparación Resultados Ubillus vs Composición típica de las Aguas Residuales Domésticas

Parámetro	Unidad	Concentración media estimada de aguas residuales domésticas	Resultados obtenidos en Ubillus (Valor más alto)	
			Afluente	Ingreso pozos de infiltración
DBO ₅	mg/lt	220	844.86	420.28
DQO	mg/lt	500	1644.5	952.25
Fósforo	mg/lt	8	16.25	15.75
Nitrógeno	mg/lt	40	51.07	37.04
Sólidos totales	mg/lt	720	1376	859
Orgánico (tensoactivos)	mg/lt	3	29.5	15.32

Los valores de DBO₅ y DQO, son parámetros indicativos de la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual que recibe la PTAR, las aguas residuales que ingresan a la PTAR tienen un alto contenido de materia orgánica la cual tendrá una oxidación química o bioquímica. La porción materia orgánica existente se puede determinar por la cantidad de oxígeno que se consumirá durante la oxidación. Al pertenecer Ubillus a la zona alta de la parroquia Pintag, cuya principal actividad económica es la ganadería, se podría suponer que la población estaría arrojando desechos de la elaboración de productos lácteos al alcantarillado sanitario público sin recibir ninguna clase de tratamiento previo. En la Foto 32 se puede apreciar

empaques de cuajo (color verde), producto utilizado para la elaboración de quesos de manera artesanal.

Foto 32 Presencia de empaques de cuajo para la elaboración de quesos



Tomada en la visita 2.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Otro de los parámetros que obtuvieron un valor alto en los análisis fueron el de Tensoactivo ABS componente principal de los detergentes, el límite permisible es de 2 de acuerdo a la tabla 9, pero en el afluente se pudo observar valores como 29.5 mg/lit, más que el límite máximo mientras en el efluente valores de 15.32, este valor es obtenido una vez que el agua residual ya ha recibido tratamiento para su depuración, pero aun así sobrepasa el máximo permitido. Este valor se aumenta considerablemente debido a las actividades derivadas de la ganadería como lo es la limpieza de caballerizas y chancheras empleando normalmente detergentes y desinfectantes.

El resto de valores de encuentra por debajo del límite permisible y algunos parámetros pueden pasar desapercibidos, esto indicando claramente que no existe ninguna industria cercana a la zona de la descarga de aguas residuales hacia la

PTAR. A pesar de ser una zona agrícola, la caracterización de metales pesado debido a los fertilizantes utilizados en la agricultura presentaron valores muy bajos.

En el anexo 2, analizando los resultados obtenidos y de manera especial enfocándonos en el efluente que es el agua residual que el suelo receptorá; de acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que los parámetros de DBO₅ y DQO al igual que los resultados anteriores sobrepasan los límites permitidos para la descarga de a un cuerpo de agua dulce, esto se debe en gran parte a las aguas que ingresan a la PTAR desde el alcantarillado por los motivos previamente expuestos. Además Tensoactivos ABS presente en los detergentes muestra valores casi cien veces más de lo permitido en el efluente.

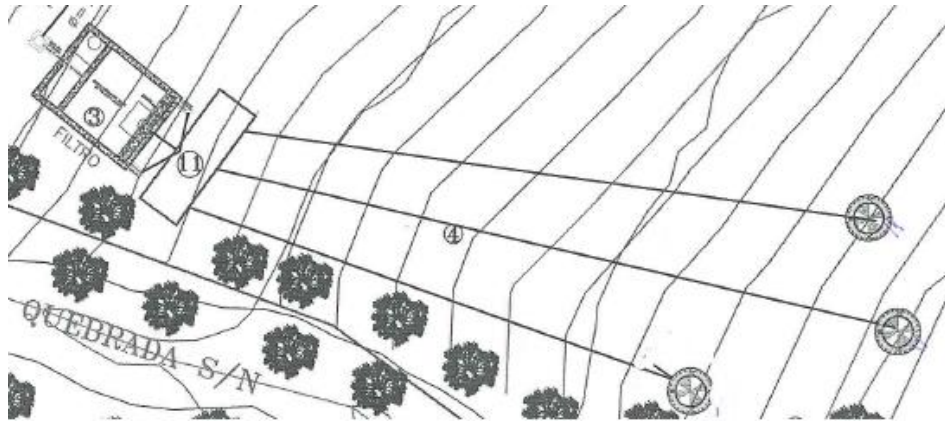
2.6. Resultados del diagnóstico Tratamiento Terciario

2.6.1. Sistema infiltración

2.6.1.1. Situación actual

El sistema presente en la PTAR de Ubillus es un sistema de infiltración rápida donde una vez que el agua residual ha salido del FAFA se distribuye a cuatro pozos los cuales irrigarán el agua en distintas direcciones hacia el suelo a través de tuberías colocadas favorablemente para la dispersión del agua residual; para la colocación de una zanja de infiltración nos debemos basar en cuatro parámetros primordiales que son: topografía del sitio donde queremos implantar las zanjas de infiltración, área disponible, capacidad requerida y la tasa de infiltración del suelo (velocidad con la que el agua es absorbida en el suelo).

Imagen 13 Esquema distribución del sistema de infiltración al suelo



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

Foto 33 Salida del FAFA hacia los pozos de infiltración



Tomada en la visita 1.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 34 Cuarto pozo de infiltración



Tomada en la visita 2.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

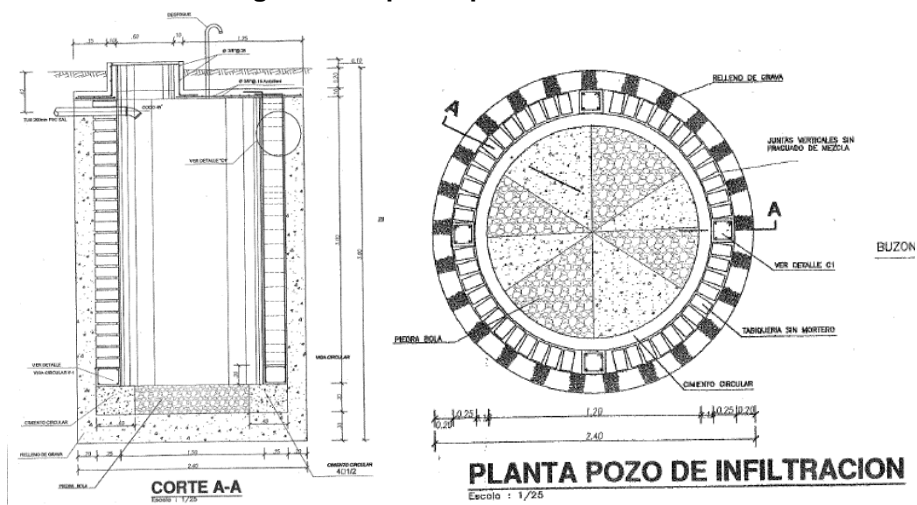
Foto 35 Tubería del Cuarto pozo



Tomada en la visita 3.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

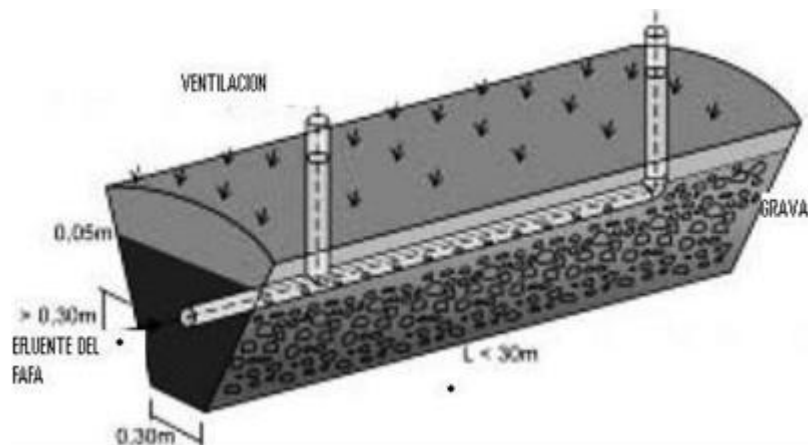
Imagen 14 Esquema pozo de infiltración



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

El agua residual es transportada a través de vallas de infiltración o zanjas de infiltración, las cuales son excavaciones largas y angostas donde se coloca una tubería sobre una cama de grava, este sistema de infiltración es recomendable para lugares con pendiente de alrededor del 15%.

Imagen 15 Valla o zanja de infiltración



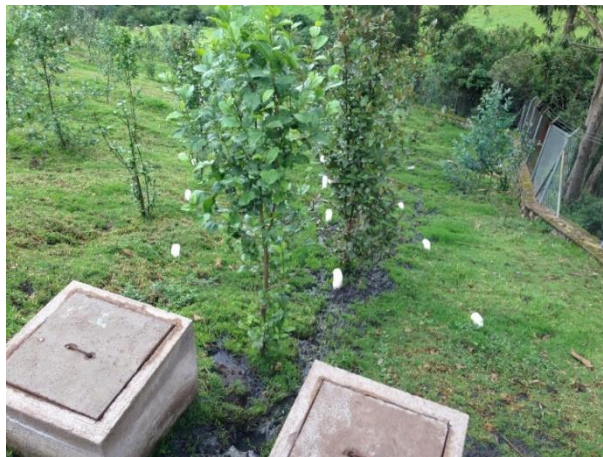
Fuente: www.revistasbolivianas.org.bo

La existencia de respiradores permite el ingreso de oxígeno (O₂) para favorecer el proceso de remoción, de las distintas formas de presentación del nitrógeno (N). Se debe recordar que ningún de los procesos previos removerá el nitrógeno presente en el agua residual.

Características de la zanja de infiltración:

- Longitudes de la tubería: 36m, 33m y 21m
- Diámetros de la tubería: 200mm
- Material de la tubería PVC

Foto 36 Respiradores



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

El suelo en la parroquia de Pintag de acuerdo a sus características formativas y de manejo está formado por: entisoles, histosoles, inceptisoles y molisoles, según la clasificación de Sistemas Taxonómicos Internacionales; suelos los cuales se han ido formando en el transcurso de años geológicos debido a las erupciones volcánicas de los volcanes Antisana y Sincholagua cercanos a la parroquia. (Gobierno de Pichincha , 2012)

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el suelo de la Parroquia de Pintag está conformado por una arcilla inorgánica de baja plasticidad CL. Los suelos arcillosos presentan ciertas características como:

- Tamaño de partículas inferior a 0.002 mm
- Baja porosidad = alta retención de agua (baja permeabilidad)
- Pequeños espacios entre partículas evitando de esta manera que el agua circule sin obstrucciones.

2.6.1.2. Resultados del diagnostico

Debido a las lluvias registradas en días previos a la visita 1, el suelo se encontraba sobresaturado impidiendo así la absorción del agua residual que fluía a través de las tuberías. Permittiéndonos observar el agua residual, sin ningún tratamiento sobre la superficie del terreno, lo que significa un peligro para la salud de la población de Ubillus además generando un grave impacto ambiental y paisajístico.

Foto 37 Agua retenida sobre la superficie del suelo



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema.

Foto 38 Tapa de un pozo de infiltración



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Al destapar la tapa durante la visita 1, se observó gran cantidad de lodo dentro de la caja de revisión indicando que existe taponamiento.

Foto 39 Abertura de tapa del pozo de infiltración



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 40 Pozo de infiltración



Tomada en la visita 2.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

En el agua residual y lodos que se encontraban sobre la superficie, durante la visita 1, se pudo advertir la formación de larvas de moscas y la presencia de algas en tonalidades verdes

Foto 41 Presencia de algas



Tomada en la visita 1.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

La visita 1 se realizó durante la estación de invierno y se apreció que el agua se infiltra solamente en una pequeña porción del terreno disponible donde se

encuentra la PTAR, convirtiendo a ese sitio literalmente en un pantanal por la cantidad de lodos y agua residual que se escurre sobre la superficie.

Foto 42 Vista del terreno disponible para la infiltración



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

Foto 43 Cuarto pozo de infiltración



Tomada en la visita 3.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

CAPÍTULO III CONTROL Y MANEJO DE LODOS

3.1 Descripción general del capítulo

Se presentará el análisis de la gestión de lodos producidos en la PTAR y como son tratados los mismos, así como también se indicarán conceptos generales acerca de los lodos que se generan en los distintos tratamientos unitarios y clasificación de los mismos.

3.2. Generalidades

Como resultado de los procesos de tratamiento de aguas residuales (tratamientos primario, secundario y terciario) se obtienen los lodos residuales que son un material semilíquido que se generan en el cribado y el tanque séptico dentro de la PTAR de Ubillus almacenándose al fondo de los mismos, generalmente está constituidos de arena, aceites y grasas, sólidos y materia orgánica. (Crites; Tchobanoglous, 2000).

De acuerdo al tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales empleado en la PTAR la composición característica de los lodos puede variar en su cantidad, la Tabla 12 presenta la composición típica de los lodos:

Tabla 12 Composición Característica de los lodos

Componente	Unidad	Primario sin tratar	Biosólidos de exceso de lodos activados
Sólidos totales	%	5	0.83 – 1.16
Sólidos volátiles	% de ST	6.5	59 – 88
Nitrógeno como N	% de ST	2.5	2.4 – 5.0
Fósforo como P ₂ O ₅	% de ST	1.6	2.8 – 11.0
Potasio como K ₂ O	% de ST	0.4	0.5 – 0.7
pH		5.0 – 8.0	6.5 – 8.0
Hierro	% de ST	2.5	

(Crites; Tchobanoglous, 2000)

Los lodos provenientes de los tanques sépticos se definen por su gran contenido de agua de aproximadamente del 95%, mientras que el 5% restante es apenas materia sólida, compuesta de sólidos fijos (minerales) y sólidos volátiles (orgánicos). (Crites; Tchobanoglous, 2000)

Los tipos de lodos se clasifican de acuerdo al tratamiento donde se hayan generado:

- Lodo crudo: es aquel lodo que no ha sido tratado ni estabilizado son los responsables de la acidificación de la digestión y producción de olores.
- Lodo primario: es el lodo que se recoge del cribado, generalmente contiene materia orgánica, papel, envoltorios de productos, botellas plásticas, papel, fundas plásticas, vegetales, frutas, etc., en un estado inicial de descomposición. La principal característica de este lodo es su alto contenido de agua entre el 93 – 97%. (Ramos Leal & Hernández Moreno, 2007)
- Lodo secundario: es un lodo constante para que la biomasa pueda ser degradada en la planta biológica de la PTAR. El lodo secundario es rico en lodo activo.
- Lodo terciario: se produce en los tratamientos posteriores en los cuales se empleen agentes floculantes
- Lodo activo: es el resultado del tratamiento biológico donde se produce la eliminación de la materia orgánica y nutrientes presentes en el agua residual con la ayuda de bacterias y microorganismo aerobios. Este lodo tienen un alto contenido de biomasa viva y muerta así como también minerales.
- Lodo activo de retorno: es el lodo que proviene del tanque de aireación biológica al clarificador final y se encuentra al fondo del tanque de aireación, debido a su consistencia puede separarse del agua residual limpia.
- Fango o lodo digerido: procede de los tratamientos aerobios, sus características físicas son un color negro y olor a tierra; su contenido de materia orgánica es alrededor del 45 – 60% (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Los lodos deben ser estabilizados, espesados (concentración) y desinfectados antes de ser colocados en su disposición final ya sean reutilizados o no.

Los objetivos de la estabilización de lodos son: reducir el contenido de agua y de materia orgánica presente en los lodos y también acondicionar al lodo para su reutilización o su disposición final, para que de esta manera el lodo no represente peligro para el medio ambiente y para las personas.

En el proceso de recuperación y tratamiento de los lodos residuales se realizan los siguientes procedimientos indicados en la Tabla 13:

Tabla 13 Procesos de recuperación y tratamiento de lodos

Proceso	Objetivo
Estabilización	Remoción de patógenos, eliminación de malos olores y eliminar o reducir la putrefacción del lodo
Espesado (concentración)	Aumentar la fracción sólida de los lodos
Desinfección	Eliminación de patógenos
Secado	Disminuir la humedad para facilitar su manejo y disposición

Fuente: (Crites; Tchobanoglous, 2000)

El tratamiento de las aguas residuales se lo realiza en un porcentaje menor alrededor del mundo en comparación a la potabilización del agua para consumo humano, y el porcentaje de tratamiento de lodos para su recuperación y reutilización es aún menor y menos conocido, pero existen algunos países que se han preocupado del tratamiento de lodos como Argentina, Chile en Latinoamérica y en Europa como son Dinamarca y España, países en cuya legislación se han establecido

normas acerca del tratamiento de lodos para disminuir el impacto que estos producen en el medio ambiente. (García, 2006)

La ordenanza 404 en su artículo 10. Norma Técnica de Desechos Peligrosos y Especiales, se encuentra en vigencia dentro del DMQ dicta una serie de parámetros que los lodos obtenidos dentro una PTAR, deben cumplir para ser catalogados como residuo peligroso o residuo no peligroso con el propósito de determinar la posibilidad de reutilización y el manejo adecuado para su disposición final. Los posibles usos para la reutilización de lodos se los encuentra principalmente en la agricultura, por su alto contenido de materia orgánica son considerados grandiosos fertilizantes para la recuperación de terrenos que han perdido sus nutrientes así como también se los puede emplear como relleno de terrenos, escombreras, pantanos, etc.

3.2.1. Manejo lodos

3.2.1.1. Caracterización

Existen tres procedimientos que se aplican para la caracterización de lodos residuales:

- Análisis de componentes
- Análisis de Lixiviados (TCLP)
- Análisis de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico infecciosos (CRETIB)

3.2.1.2. Tratamiento de lodos

De acuerdo a la caracterización de los lodos y a la disponibilidad de tecnología, se determinara el tipo de tratamiento a emplearse con el fin de cumplir todos los requisitos necesarios ya sea para su reuso, revalorización y darle un uso favorecedor. El tratamiento escogido deberá cumplir con los siguientes requisitos: efectividad, fácil aplicación y bajos costos operativos.

3.2.1.3. Disposición final

La disposición final será la última alternativa que se contempla dentro del manejo de lodos, de igual manera de acuerdo al tipo de lodo, se determinara el lugar y la manera en la que se dispondrá. Se deberá contar con sistemas técnicos de operación y diseños sencillos.

3.2.1.4. Capacitación y entrenamiento del personal

El personal encargado de retirar los lodos deberá ser competente y estar en permanente capacitación en el manejo de lodos con el propósito de cumplir exigencias básicas de operación, control, supervisión y mantenimiento. (Municipio Metropolitano de Quito, Dirección de Medio Ambiente, 1999)

3.3. Clasificación biológica de lodos

Como se mencionó previamente los lodos serán clasificados en:

- Lodos peligrosos: son todos aquellos que cumplan con algunas de las siguientes características:
 - Ser generados dentro de industrias que elaboren productos evaluados como peligrosos, ejemplo: petróleo y petroquímica, acabados de metales y galvanoplastia, plaguicidas, explosivos, etc.
 - Contener características de acuerdo al análisis CRETIB
 - Ser declarados por su generador como peligrosos
- Lodos no peligrosos: son aquellos que no poseen ninguna de las características previamente mencionadas. Los lodos no peligrosos se subclasifican de la siguiente manera:
 - Lodos asimilables como biosólidos: aquellos que cumplen con los criterios de la tabla 14, ya sea antes o después del tratamiento.
 - Lodos asimilables como residuos urbanos: Las fuentes que los generan no realizan ningún tratamiento para convertirlo en biosólido o revalorizarlo.
 - Lodos no asimilables como residuos urbanos: aquellos que no cumplen los requerimientos mínimos para ser considerados biosólidos ni residuos urbanos, pero tampoco se clasifican como lodos peligrosos. (Municipio Metropolitano de Quito, Dirección de Medio Ambiente, 1999)

Tabla 14 Criterios Microbiológicos para catalogar a un lodo como Biosólido.

Parámetro	Concentración
Coliformes fecales	Media geométrica de 7 muestras ≤ o igual a 2×10^6 NMP o UFC/g ST
Huevos de Helmintos	15/g
Salmonella sp	10^3 /g

(Municipio Metropolitano de Quito, Dirección de Medio Ambiente, 1999)

3.4. Tratamientos para la depuración de lodos

Previo a la disposición o reutilización de los lodos deben tratarse para determinar cuál sería la mejor opción. Como se menciona en la Tabla 13, el tratamiento de lodos sigue una serie de procesos cada uno cumpliendo un objetivo específico.

Los lodos residuales no pueden ser depositados directamente sin previo tratamiento esto se debe principalmente a dos de sus características: alto contenido de materia orgánica y elevado contenido de agua.

3.4.1. Estabilización

La estabilización tiene el objetivo de impedir que la materia orgánica inicie el proceso de putrefacción de esta manera se evita la emanación de malos olores y la atracción de vectores. (Guía Ambiental , 2010)

3.4.1.1. Estabilización Química

3.4.1.1.1. Digestión alcalina

Es un tratamiento químico en el cual se emplea bactericidas como el cloro o cal cuya acción bloquea temporalmente las fermentaciones ácidas. Por su costo y alcalinidad la cal es el reactivo más empleado. La cal se utiliza para la reducción de la emanación de olores, incrementar el pH y para la remoción de fósforo en el tratamiento avanzado de las aguas residuales. (Torres, 2015). Según la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, la relación de cal:lodo es de 1:3.

Los objetivos de la digestión alcalina es elevar el pH a 12 y mantenerlo así durante al menos 2 horas, generando de esta manera las condiciones impropias para el crecimiento de microorganismo y evitando así su putrefacción. El lodo estabilizado químicamente presenta mejores características para su deshidratación que los lodos de estabilización biológica, además que presenta un aumento en su masa total. (Guía Ambiental , 2010)

3.4.1.2. Estabilización Biológica

3.4.1.2.1. Digestión Aerobia

La digestión de la materia orgánica se realiza en presencia del oxígeno con el propósito de desarrollar microorganismos aerobios que sobrepasen el periodo de síntesis de las células y llevar a cabo su propia auto-oxidación. Este tipo de digestión se la emplea en plantas pequeñas por su operación simple y costos bajos pero entre sus desventajas se encuentra el alto consumo de energía asociada al consumo de oxígeno requerido, el líquido sobrenadante tienen una considerable concentración de nitratos y el prolongado tiempo de exposición de los lodos entre 10 – 25 días.

3.4.1.2.2. Digestión Anaerobia

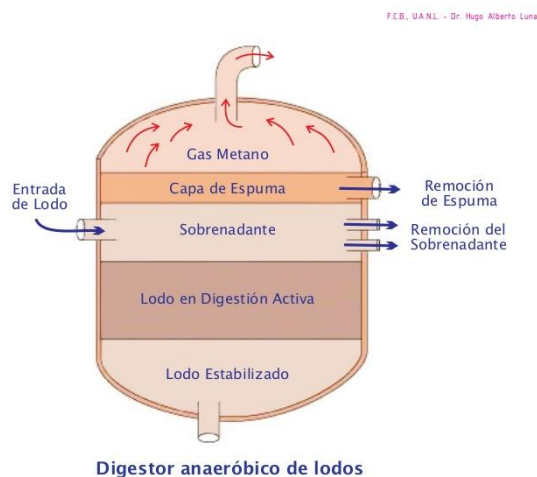
La degradación de la materia orgánica se lleva en ausencia del oxígeno, este tipo de tratamiento es uno de los más antiguos en lo respecta al tratamiento de lodos. La materia orgánica presente en los lodos primarios y secundarios se convierte en gas metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), este proceso se lleva a cabo dentro de reactores cerrados, donde el lodo ingresa continuamente o de manera intermitente, el lodo permanece dentro del rector

durante un tiempo considerable, una vez que se extrae el lodo este posee bajo contenido de materia orgánica y de microorganismos patógenos vivos. (Hammeken & Romero, 2005)

Características de la digestión anaerobia: a) se recomienda para grandes plantas, b) bajo requerimiento de energía, c) requieren calefacción d) producen metano, e) el lodo digerido es de difícil sedimentación y f) el sobrenadante (fase líquida superior de la centrifugación de una muestra) posee altos contenidos de DBO₅, amonio y sólidos suspendidos. (Guía Ambiental , 2010)

Los tipos más comunes de digestores anaerobios son los de bajo y alta carga, en los digestores de baja carga no se permite mezclar ni calentar el contenido del digestor, el tiempo de retención es alrededor de 30 – 60 días. (Hammeken & Romero, 2005)

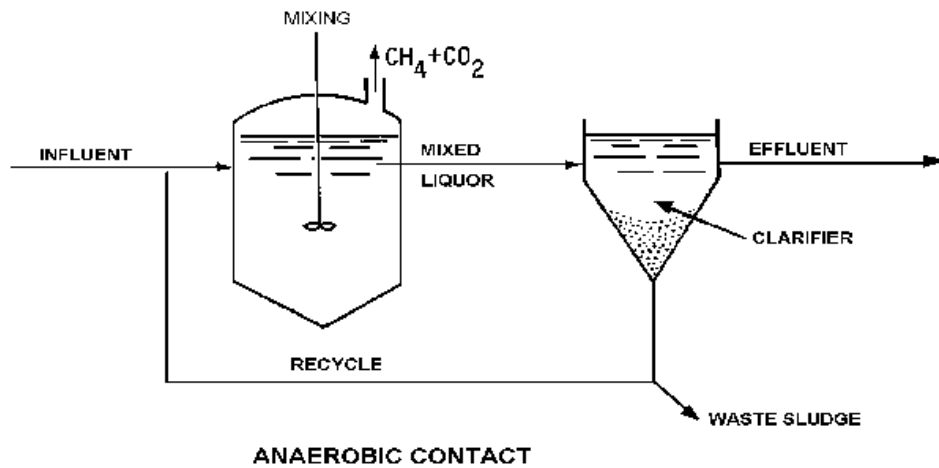
Imagen 16 Digestor de baja carga



Fuente: (Luna, 2011)

Mientras que en los digestores de alta carga el contenido se calienta para optimizar la velocidad de digestión y a través de la recirculación de gas, mezcladores mecánicos o bombeo, el contenido de lodos se mezcla completamente. El tiempo de retención en esta clase de digestores es menor a los 15 días (Hammeken & Romero, 2005). Este tipo de digestor se lo encuentra generalmente en plantas de tratamiento grandes.

Imagen 17 Digestor anaeróbico de contacto de alta carga



Fuente: (Irwin)

Imagen 18 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Varsovia



Digestores anaerobios de lodos.
Fuente: www.iagua.es

3.4.2. Espesamiento

El objetivo del espesamiento de lodos es reducir su volumen entre el 30 – 80%, previo a recibir algún otro tratamiento. En las plantas de menor tamaño el espesamiento se

lleva a cabo en el mismo tanque de almacenamiento de lodos, mediante gravedad los lodos se ubican al fondo, mientras que el agua que se encuentra en la parte superior se extrae y recircula permanentemente. En las plantas de mayor tamaño el lodo es extraído para realizar este proceso en tanques destinados especialmente para el espesamiento de lodos equipados con rodillos de rotación vertical. El espesamiento es importante cuando se corre el riesgo de que los lodos no estabilizados empiecen el proceso de putrefacción. (Lenntech)

3.4.3. Desinfección

Este proceso busca eliminar la mayor cantidad de organismos patógenos, la desinfección no es un proceso generalizado pero si existen países que lo realizan sobre todo en Europa. El método más común es la pasteurización donde los lodos son expuestos a temperaturas de 70°C durante 30 minutos. (Torres Carranza)

3.4.4. Secado

El objetivo del secado de lodos es disminuir la cantidad de agua presente en los mismos permitiendo así su fácil manejo y disposición. El secado puede ser natural (lecho de secado de lodos) o mecánico (playas de secado).

El secado natural se realiza a los lodos estabilizados, no requiere que se agreguen productos químicos tampoco elementos mecánicos, pero si requieren de mano de obra permanente. De acuerdo a la cantidad de lodos que obtengamos será la superficie que vayamos a necesitar además son muy sensibles a las condiciones climáticas. (Guía Ambiental , 2010)

3.5. Situación actual y diagnóstico

Los lodos generados dentro de la PTAR de Ubillus son del cribado y de la fosa séptica; el mantenimiento y limpieza de la PTAR se lo realiza una vez al mes, el mantenimiento periódico consiste en evacuar permanente los lodos generados en el cribado para evitar su acumulación para que de esta manera no afecte al correcto desempeño de la PTAR. Al ser la fosa séptica un sistema de tratamiento anaerobio, la limpieza de los lodos se los realiza una o dos veces al año.

La frecuencia con la que se limpia la fosa séptica depende de:

- La capacidad de la fosa séptica
- La cantidad de agua que ingresa
- La cantidad de sólidos presentes en las aguas residuales

Para la limpieza de fosas sépticas que permiten el acceso de vehículos, se emplea un camión hidrosuccionador. El camión deberá tener el siguiente equipamiento: una bomba de tipo triplex con una potencia mínima 65 HP, un caudal de mínimo de 35 GPM y 2000 PSI con manómetro para medir presión, carrete manual con 80 m mínimo de longitud de manguera de poliuretano de alta presión de ½", tanque de tol de forma cilíndrica con capacidad mínima de 4 m³. (SERCOP, 2015). En la PTAR de Ubillus la limpieza se realiza mediante una bomba portátil a gasolina de 2 hp y una manguera de 4 pulgadas de forma manual.

La recolección de lodos generados en el cribado se realiza de manera manual (pala y carretilla) y la correcta vestimenta de protección para el personal encargado de la ejecución de dicha actividad.

Se toma los lodos provenientes del cribado, se los coloca en una carretilla y se los lleva al lecho de secados de lodos que consiste en una cámara elaborada de hormigón armado con piso de ladrillo y con una cubierta metálica.

Foto 44 Colocación de los lodos en el lecho de secado



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

Las dimensiones del lecho de secado de lodos son: 3m de ancho, 5m de largo y la altura de la cubierta es de 3.45m.

Foto 45 Lecho de secado de lodos



Tomada en la visita 1.

Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

En la visita 1 el lecho de secado de lodos se encontraba vacío y se divisaba una pequeña cantidad de lodo acumulado al final y la presencia de materia vegetal entre las hendiduras del ladrillo colocado en el piso.

Foto 46 Fondo del lecho de secado de lodos



Tomada en la visita 1.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

En la foto 47 se observa el crecimiento de capa vegetal sobre la superficie de los lodos. Días previos a la visita 2 se mencionó que en la PTAR se realizó una limpieza total y los lodos obtenidos fueron depositados en el lecho.

Foto 47 Fondo del lecho de secado de lodos



Tomada en la visita 3.
Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

El trabajo de desalojo de los lodos se lo realiza de manera manual, como se indica en la foto 48, exponiendo al personal con los lodos residuales, los cuales a pesar de provenir de un alcantarillado sanitario, que sirve a una comunidad rural no significando esto que sean aún menos tóxicos.

Foto 48 Transporte manual de los lodos del cribado hacia el lecho de secado



Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

Para el transporte de los lodos desde el cribado hasta el lecho de secado no existe ningún camino o sendero marcado por el cual pueda transitar el personal con los lodos llevados en una carretilla, el personal lo hace sobre el césped lo cual puede ocasionar que la carretilla se voltee y los lodos se rieguen sobre el suelo o sobre algún miembro del personal de la EPMAPS

La distancia desde el cribado hasta el lecho de secado de lodos es de aproximadamente 20m. Una vez colocados los lodos dentro del lecho de secados de lodos no reciben ningún tratamiento adicional, sucede que el lodo se deshidrata al estar a la intemperie y el viento será el encargado de transportar los residuos del lodo que exista.

CAPÍTULO IV RESULTADO Y DISCUSIÓN DE PARÁMETROS DE CONTROL OPERACIONAL; PARÁMETROS DE EFICIENCIA Y RENDIMIENTO DE REMOCIÓN

4.1 Descripción del capítulo

En el capítulo 4 se analizarán las eficiencias teóricas de las operaciones unitarias de la PTAR de Ubillus y se realizará una comparación con los resultados de las muestras de laboratorio obtenidas durante el año 2014

4.2. Parámetros de control operacional

4.2.1. Parámetros de control en campo

El control de parámetros realizados en campo sirve para comprobar que el agua residual que ingresa a la PTAR cumple con los parámetros de un agua residual doméstica típica, establecidos en la Tabla 8 descrita en el capítulo 2: Límites descarga al alcantarillado público.

De acuerdo a las características del agua residual que ingresa a la PTAR se puede determinar si los procesos unitarios empleados para su depuración son los apropiados.

La toma de muestras para el control operacional in situ se las realiza periódicamente, estas muestras son puntuales o también llamadas muestras simples son

una representación de la composición del agua residual para el lugar, tiempo y circunstancias particulares. (Laboratorio de Química Ambiental Ideam, 1997)

4.2.1.1. pH

El pH es el parámetro universal más usado para la determinación de la alcalinidad del agua residual, es decir la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos y evitar cambios bruscos del pH, en el caso de Ubillus el pH se evalúa en el agua residual doméstica cruda que ingresa a la PTAR. El intervalo adecuado de pH que permite la existencia de vida microbiología dentro del agua residual se encuentra entre 5 - 9, las aguas residuales con un pH menor a 5 y mayor a 9, son más difíciles de tratar mediante procesos biológicos tradicionales. Si el agua residual ingresara a la PTAR con un pH fuera del rango establecido se recomienda un tratamiento previo con el objetivo de estabilizar el mismo. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

De acuerdo al análisis de las muestras tomadas en campo (referirse al Anexo #6), se obtuvo el pH un valor máximo y mínimo de 7.84 y 6.3 respectivamente así como una media de 7.28, indicativo que el agua residual se encuentra dentro del intervalo establecido para aguas residuales domésticas crudas.

Tabla 15 Registro del pH en el afluente

Fecha	pH Afluente
dic-13	7,14
ene-14	6,81
feb-14	7,29
abr-14	7,51
jun-14	6,3
jul-14	7,55
oct-14	7,08
nov-14	7,84

La importancia de mantener el pH dentro del intervalo recomendado, se debe principalmente a su influencia, en el proceso de depuración del agua residual tanto en los tratamientos químicos y biológicos empleados para la remoción de nutrientes y amoníaco. (Romero Rojas, 2010)

4.2.1.2. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

El agua residual contiene una variedad de material sólido desde hilachas hasta material coloidal, los sólidos de gran tamaño son generalmente removidos antes de realizar el análisis de la muestra. Los sólidos disueltos totales (SDT) están constituidos, por sales presentes en el agua y que no pueden ser separadas del agua a través de ningún proceso físico como: filtración, sedimentación, etc., no pueden ser apreciados a simple vista.

Los SDT están conformados por sólidos fijos y sólidos volátiles, comprenden coloides y sólidos disueltos. Los coloides son de tamaño 0.001 a 1µm. (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Por intermedio de la conductividad eléctrica del agua también es posible determinar la cantidad estimada de SDT, los mismos se encuentran dentro del agua residual en forma de cationes y aniones, los cuales como partículas de carga pueden conducir la corriente eléctrica (Facultad de Ciencias Químicas Universidad Autónoma de Chihuahua); para la determinación de la concentración se puede emplear las siguientes ecuaciones de acuerdo a dos autores:

$$SDT(mg/lt) \approx CE \left(\frac{umho}{cm} \text{ o } \frac{dS}{m} \right) \times (500 - 700)$$

Ec. 4.1

En donde

SDT = Sólidos Disueltos Totales

CE = Conductividad Eléctrica

La Ec.4.1 según Crites & Tchobanoglous, no se aplica necesariamente a aguas residuales crudas ni para aguas residuales industriales con alta carga orgánica.

$$SDT(mg/lt) = (0,5 - 0,8) CE \left(\frac{umho}{cm} \right)$$

Ec.4.2

En donde:

SDT = Sólidos Disueltos Totales

CE = Conductividad Eléctrica

La Ec.4.2 de acuerdo a Romero Rojas nos indica que los SDT calculados deben ser iguales a un 50 – 80% de la conductividad eléctrica.

Para cuantificar los SDT que ingresan a la PTAR de Ubillus emplearemos la Ec.4.2 con un valor escogido dentro del intervalo de 0.80. El promedio de SDT que ingresan a la PTAR es de 460.34 mg/lt. De acuerdo a la Tabla 10 indicada en el Capítulo 2, según Metcalf & Eddy, la concentración media de SDT es de 500 mg/lt, por lo tanto los SDT descargados a la PTAR están dentro de los valores establecidos.

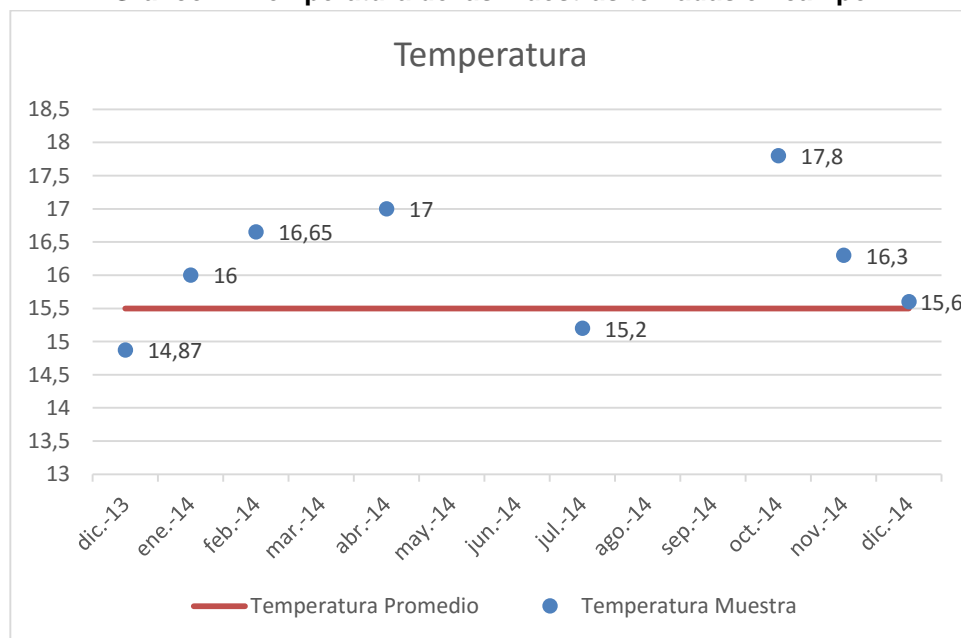
4.2.1.3. Temperatura

Para el presente estudio, en base a la información presentada por bibliografía especializada, se ha tomado la media de 15.5°C como un valor representativo que

nos permita comparar los valores obtenidos en campo dentro de la PTAR de Ubillus.

La temperatura del agua residual es generalmente más alta que la del agua de suministro esto debido a la incorporación de agua caliente procedente de domicilios y los diferentes usos comerciales e industriales. El calor específico del agua residual es más alto que la temperatura del aire; al registrar la temperatura del agua esta será mayor a la temperatura ambiente durante la mayor parte del año, excepto en verano donde son ligeramente menores. La temperatura del agua residual se encuentra entre 10° - 21°C. La temperatura influye de manera directa sobre la vida acuática así como en las reacciones químicas y velocidades de reacción. (Metcalf & Eddy, 1995)

Gráfico 12 Temperatura de las muestras tomadas en campo



4.2.1.4. Conductividad (CE)

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad que tiene el agua residual para conducir la corriente eléctrica la cual es transportada por iones en solución, el aumento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad. Como se mencionó en el literal 4.1.1.2, el valor de la medida de la CE es usado como un parámetro sustituto de la concentración de SDT.

La CE es el parámetro más importante para determinar la posibilidad de uso de una agua para riego, a través de esta medición, se establece la salinidad presente en determinada agua para emplearla posteriormente en actividades de riego. (Crites & Tchobanoglous, 2000).

El promedio de CE en el afluente es de 574,3 umho/cm = 0.6 mmho/cm, de acuerdo a la Tabla 5: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego que se encuentra en el Acuerdo Ministerial N.- 28, que sustituye al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, el valor obtenido no representa ningún riesgo para su uso como agua de riego de acuerdo a su conductividad.

4.2.2. Parámetros de control de eficiencia y remoción

La correcta depuración de las aguas residuales y la disposición final de los elementos generados a través de los distintos procesos unitarios, solo es posible si hemos escogido el tratamiento correcto de acuerdo a las características que presenta el agua residual cruda.

De acuerdo a distintos estudios se ha determinado que la cantidad de excretas humanas es aproximadamente de 80 a 270 gr/hab*d, el agua residual cruda es putrescible, olorosa y representa un alto riesgo para la salud de las persona. Si el agua residual sin tratar se arroja a un cuerpo receptor cualquiera y éste excede su capacidad de asimilación de contaminantes es posible que se vea afectado en su calidad y aptitud para usos en beneficios del ser humano. (Romero Rojas, 2010)

El objetivo del presente capítulo es establecer eficiencias teóricas con el soporte bibliográfico (Véase Tabla 16 y Tabla 17) respectivo para la comparación de dichas eficiencias con los valores obtenidos en laboratorio de las muestras tomadas periódicamente en la PTAR de Ubillus para cotejar el funcionamiento de las unidades operacionales con los datos teóricos obtenidos, siendo la fosa séptica y el FAFA nuestras unidades de análisis.

Parámetros y valores teóricos de la fosa séptica y FAFA.

Tabla 16 Parámetros y valores teóricos de la fosa séptica según varios autores

	Unidad Operacional (% Remoción teórico)	Autor
Parámetro	Fosa Séptica	
Sólidos Suspendidos Totales	50 - 70	Jairo Alberto Romero Rojas
DBO ₅	30 - 50	Jairo Alberto Romero Rojas
DQO	$\frac{DBO_5}{DQO} = 0.4 - 0.8$	Metcalf & Eddy
Fósforo	15	Jairo Alberto Romero Rojas
Nitrógeno	10 - 30	Campus Learning & Research Group Tar/EIA

Tabla 17 Parámetros y valores teóricos del FAFA según varios autores

	Unidad Operacional (% Remoción teórico)	Autor
Parámetro	FAFA	
Sólidos Suspendidos Totales	--	--
DBO ₅	61 - 90	Jairo Alberto Romero Rojas
DQO	80	Jairo Alberto Romero Rojas
Fósforo	10 - 30	(Campus Learning & Research Group Tar/EIA, 2011)
Nitrógeno	10 - 30	(Campus Learning & Research Group Tar/EIA, 2011)

Tiempo de retención en la Fosa Séptica

El intervalo del tiempo de retención (Tr) dentro de una fosa séptica es 12 - 72 horas, el tiempo mínimo de retención es de 12h. (Moeller, y otros, 2011). Para el control del Tr en la Fosa Séptica de la PTAR de Ubillus empleamos la siguiente fórmula:

$$Tr = Vol/Q$$

Ec.4.3

Donde:

Tr: tiempo de retención (horas)

Q: Caudal (m³/h)

Vol: Volumen

De acuerdo a lo indicado en el numeral 2.3.1.1 el volumen de la Fosa Séptica es de 64.54 m³. El promedio de los caudales aforados durante las visitas realizadas a la PTAR es 0.57 lt/seg = 2.05 m³/h.

$$Tr = \frac{Vol}{Q} = \frac{64.54}{2.05} = 31h$$

El valor obtenido se encuentra dentro del intervalo establecido para una fosa séptica, por lo tanto el Tr es satisfactorio.

Tiempo de retención en el FAFA

El intervalo de diseño del Tr mínimo del FAFA es 4 - 8 horas, sus eficiencias para la remoción de materia orgánica del 60 - 80% mientras que el porcentaje de remoción de patógenos es del 60 - 80%. (Moeller, y otros, 2011).

Volumen del material filtrante del FAFA: 23.33 m³

$$Tr = \frac{Vol}{Q} = \frac{23.33}{2.05} = 11h$$

A pesar que el Tr de retención se encuentra fuera del intervalo de diseño no existe ningún inconveniente porque mientras mayor sea su Tr existirá mayor degradación de la materia orgánica.

Análisis de Eficiencia

El análisis de eficiencia dentro de la PTAR de Ubillus se tratará como un solo conjunto a las operaciones unitarias de la fosa séptica y del FAFA, ya que las muestras puntuales se las realiza a la salida del cribado (afluente) y en la salida del FAFA hacia los pozos de infiltración. Para el análisis de eficiencia de los procesos unitarios se emplearán los valores de los resultados de las muestras tomados durante el año 2014.

El proyecto de optimización de la PTAR Ubillus incluye la construcción de un FAFA (sistema complementario a la fosa séptica ya existente), pozos de infiltración al suelo y lecho de secado de lodos fue recibido provisionalmente el 02/08/2013 y definitivamente el 15/04/2014, desde la fecha hasta la actualidad la PTAR de Ubillus se encuentra funcionando normalmente.

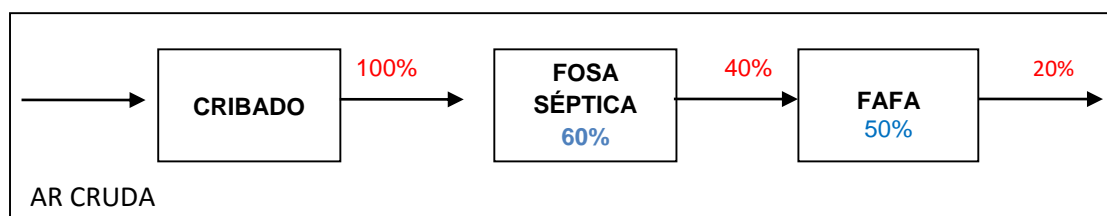
Las muestras analizadas fueron tomadas en Enero 2014, 5 meses después de terminada la obra civil; el tiempo de arranque para un sistema biológico es de alrededor de seis meses, hasta que se estabilice para obtener resultados reales.

Con estos antecedentes se procede al análisis de eficiencia de los procesos unitarios existentes en Ubillus considerando como punto de inicio la entrada a la Fosa Séptica y como punto final la salida del FAFA.

4.2.2.1. Sólidos Suspendidos Totales

El porcentaje escogido de acuerdo al intervalo dado por Romero Rojas para la evaluación de la eficiencia en la remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) es de 60% para la fosa séptica (Tabla 16) mientras que en el FAFA no se tiene datos teóricos, por lo que se asumió el 50%, para mantener concordancia en el porcentaje de remoción de ambas unidades operacionales.

Imagen 19 Remoción teórica de SST



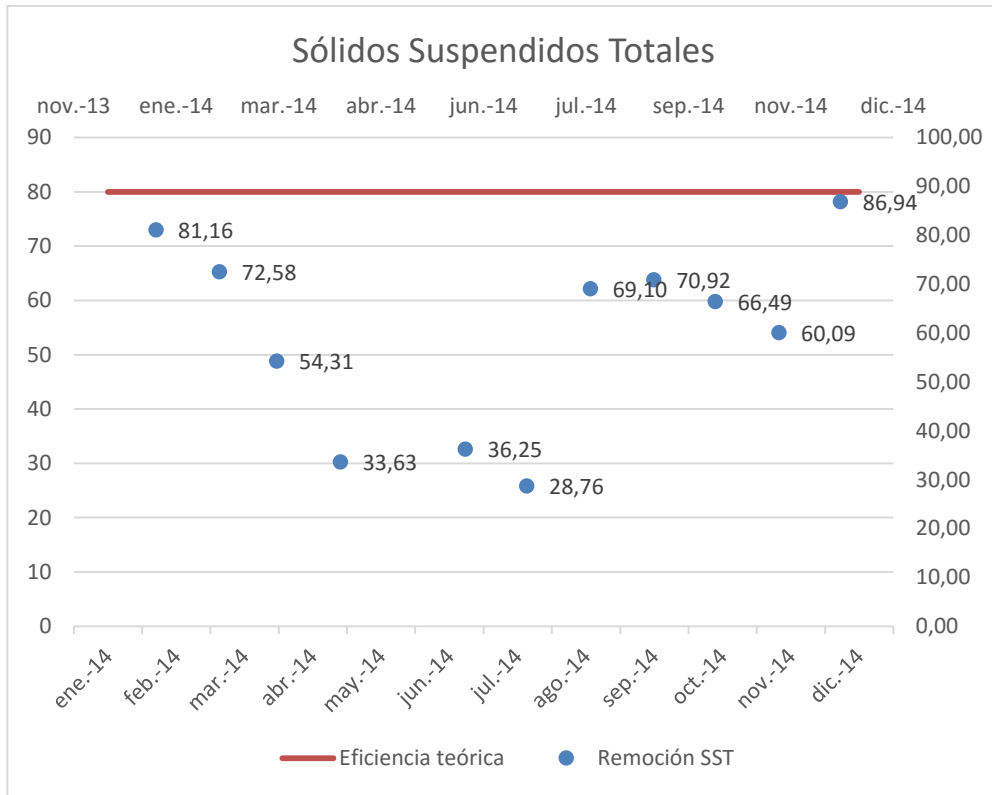
El porcentaje teórico de eficiencia de SST es el 80%.

Con base en la Imagen 19, la eficiencia teórica para la remoción de SST en el sistema es del 80%. En la tabla 18 se presenta el % de remoción de SST obtenido en la PTAR durante el año 2014.

Tabla 18 Remoción SST en la PTAR

Fecha	Unidad	Afluente	Efluente	%Remoción
ene-14	mg/lt	796	150	81,16
feb-14	mg/lt	1086,6	298	72,58
mar-14	mg/lt	464	212	54,31
abr-14	mg/lt	672	446	33,63
jun-14	mg/lt	160	102	36,25
jul-14	mg/lt	306	218	28,76
ago-14	mg/lt	576	178	69,10
sep-14	mg/lt	564	164	70,92
oct-14	mg/lt	370	124	66,49
nov-14	mg/lt	466	186	60,09
dic-14	mg/lt	490	64	86,94

Gráfico 13 Eficiencia de remoción SST



De acuerdo a la tabla 10 del capítulo 2 el estimado de SST para el agua residual doméstica típica para una concentración media es de 220 mg/lit, según se observa en la tabla 18 la cantidad de sólidos suspendidos sedimentables del afluente que ingresa a la PTAR se encuentra sobre lo estimado provocando taponamiento en la compuerta de ingreso al cribado así como en el FAFA.

En abril del 2014 se reportó un taponamiento en el ingreso al FAFA y como se refleja en el gráfico 13, la eficiencia en la remoción de SST empezó a disminuir considerablemente desde marzo siendo un indicativo que algo sucedía dentro de la PTAR, en el mes mayo se colocó una malla plástica en la tubería de salida de la fosa séptica esperando que dicha estructura retenga en mayor cantidad los sólidos sedimentables para que estos no afecten a los procesos biológicos que se llevan a

cabo dentro del FAFA. En el mes de julio se procede con los trabajos de limpieza para destapar el mismo, observándose a partir de este mes una notable mejoría en la remoción de SST dentro de la PTAR, la rejilla del cribado sufrió un rediseño para que la misma retenga en mayor cantidad la basura que llega desde la descarga del alcantarillado público.

Se puede concluir que los trabajos realizados para mejorar el funcionamiento de la PTAR han dado resultado, lo cual se reflejan en el gráfico 13, mostrando una mejora considerable en la remoción de SST.

4.2.2.2. DBO₅

La DBO₅ es un parámetro indicativo de la cantidad de oxígeno, que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable, es una medida del componente orgánico presente en el agua residual, que puede ser eliminado a través de procesos biológicos convencionales.

El porcentaje teórico escogido, de acuerdo al intervalo dado por Romero Rojas, para la evaluación de la eficiencia en la remoción de DBO₅ es de 40% para la fosa séptica (Tabla 16) mientras que en el FAFA el porcentaje de remoción es del 80% (Tabla 17).

Imagen 20 Remoción Teórica DBO₅



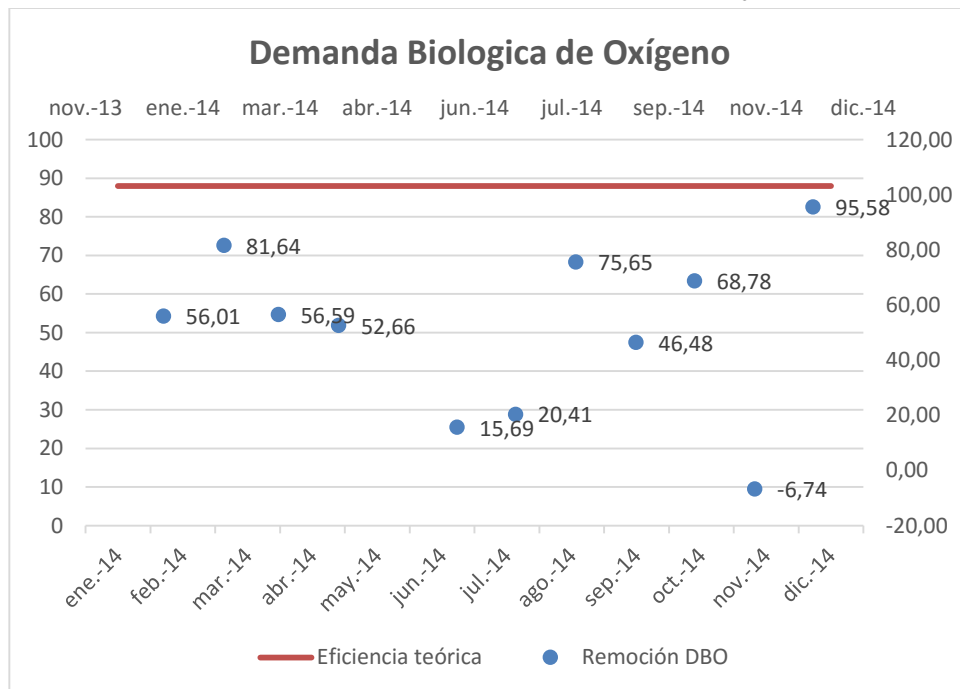
En base a la Imagen 20, el porcentaje teórico de eficiencia de DBO₅ es de 88%.

A continuación se presenta la remoción de DBO₅, de acuerdo a los valores obtenidos durante el año 2014

Tabla 19 Remoción DBO₅ en la PTAR

Fecha	Unidad	Afluyente	Efluente	% Remoción
ene-14	mg/lt	494	217,3	56,01
feb-14	mg/lt	528,75	97,07	81,64
mar-14	mg/lt	548,43	238,09	56,59
abr-14	mg/lt	337,79	159,9	52,66
jun-14	mg/lt	498,51	420,28	15,69
jul-14	mg/lt	381,8	303,86	20,41
ago-14	mg/lt	844,86	205,72	75,65
sep-14	mg/lt	292,63	156,62	46,48
oct-14	mg/lt	378,6	118,2	68,78
nov-14	mg/lt	247,56	264,24	-6,74
dic-14	mg/lt	684,85	30,24	95,58

Gráfico 14 Eficiencia de Remoción DBO₅



Según se observa el gráfico 14, la eficiencia real de la PTAR se encuentra por debajo de la eficiencia teórica, existiendo una considerable disminución desde el mes de marzo y recuperándose a partir del mes de julio, esta variación no es hecho aislado sino que se encuentra directamente relacionado con la limpieza del sistema.

También se observa que en el mes de noviembre existe un porcentaje negativo. Este valor no se considera dentro del análisis de este estudio, pueden existir varios factores que lleven a este resultado, tales como muestreo, manejo de la muestra, etc. Al realizarse el muestreo solamente una vez al mes no existe suficiente base de datos de campo para corregir este valor.

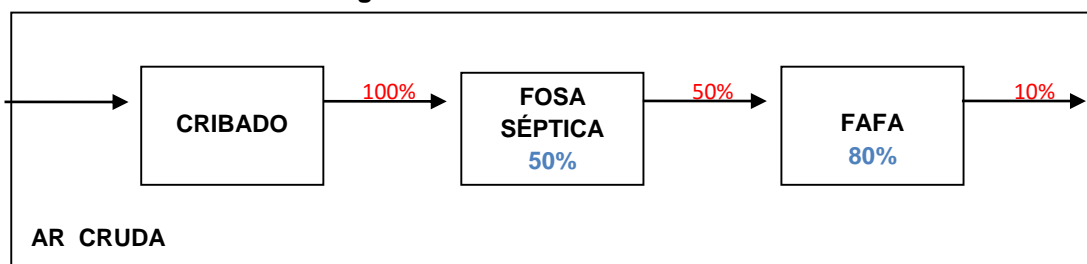
Además se debe tomar en cuenta que la concentración media estimada de DBO_5 para aguas residuales domésticas es de 220 mg/lit mientras que en Ubillus los valores que ingresan a la PTAR sobrepasan este límite; los tratamientos unitarios presentes en la PTAR de Ubillus son tratamientos biológicos diseñados para cargas típicas de aguas residuales domésticas, la alta carga orgánica presente en el agua residual afecta a la eficiencia de los procesos unitarios, a pesar de aquello existen valores muy cercanos a la eficiencia teórica y en el mes de diciembre la remoción dentro de la PTAR sobrepasó la remoción esperada.

4.1.1.1. DQO

La DQO es una medida que abarca el valor máximo de la DBO_5 además de otras necesidades de oxígeno del agua con el propósito de buscar la oxidación completa de la materia orgánica presente en la misma. Al no existir un determinado porcentaje teórico de remoción de DQO para la fosa séptica, Metcalf & Eddy nos

presenta una relación para determinar el porcentaje de DQO, $DBO_5/DQO= 0.8$, en base a ésta el porcentaje de remoción de la DQO en la fosa séptica es del 50%. De acuerdo al intervalo presentado por Romero Rojas (Tabla 17) el porcentaje de remoción en el FAFA es del 80%.

Imagen 21 Remoción Teórica DQO



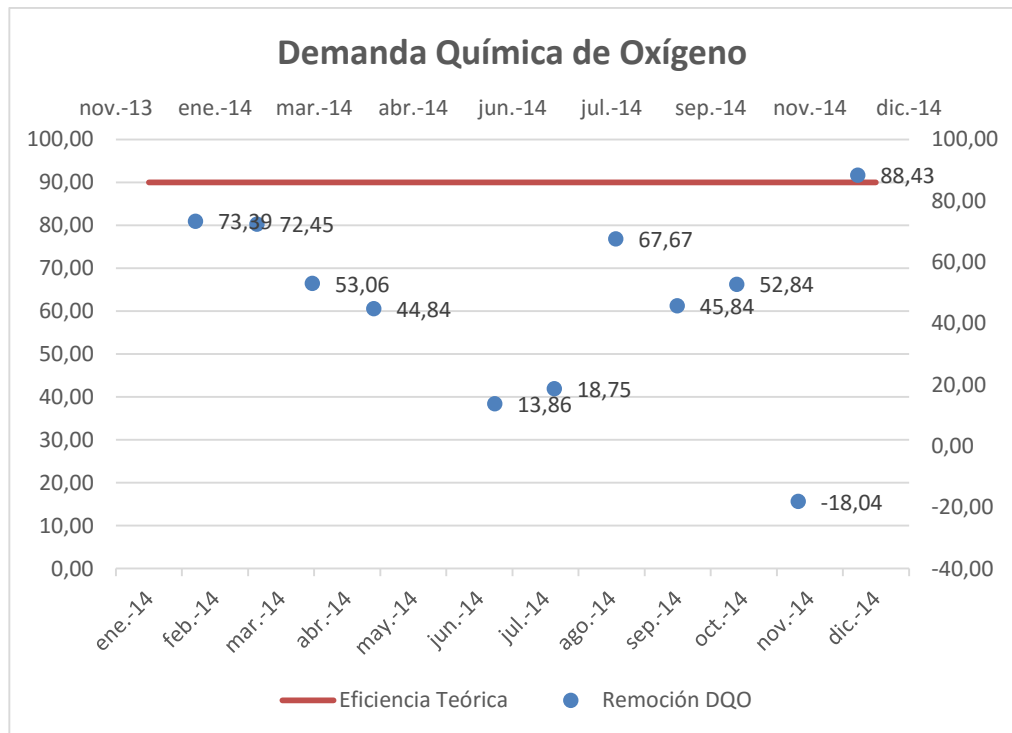
El porcentaje teórico de eficiencia de DQO es de 90%.

A continuación se presenta la remoción de DQO, de acuerdo a los valores obtenidos durante el año 2014.

Tabla 20 Remoción DQO en la PTAR

Fecha	Unidad	Afluente	Efluente	% Remoción
nov-13	mg/lt	736	257	65,08
dic-13	mg/lt	1194,95	449,85	62,35
ene-14	mg/lt	981	261	73,39
feb-14	mg/lt	1364,75	376	72,45
mar-14	mg/lt	889,95	417,7	53,06
abr-14	mg/lt	978,5	539,75	44,84
jun-14	mg/lt	1105,5	952,25	13,86
jul-14	mg/lt	914,5	743	18,75
ago-14	mg/lt	1644,5	531,65	67,67
sep-14	mg/lt	780,05	422,5	45,84
oct-14	mg/lt	719,1	339,1	52,84
nov-14	mg/lt	685,3	808,9	-18,04
dic-14	mg/lt	1157,5	133,9	88,43

Gráfico 15 Eficiencia de Remoción DQO



La DQO representa la materia orgánica biodegradable y no biodegradable, por lo cual es común que los valores de DQO sean mayores a los de la DBO₅. La remoción de DQO está estrechamente ligada con la remoción con la DBO₅ ambos son parámetros indicativos de la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual. La remoción de DQO de acuerdo al gráfico 15 sufre la misma variación que la DBO₅ explicado en el numeral 4.1.2.2.

De acuerdo a la tabla 10 del capítulo 2, la concentración media típica para aguas residuales domésticas de DQO es de 500 mg/lit, en la PTAR de Ubillus, durante el año 2014, ingresó en el afluente concentraciones de DQO mayores a los 500 mg/lit. Como se mencionó previamente la DQO contiene materia orgánica biodegradable y no biodegradable, para la remoción de la materia orgánica no biodegradable se requiere de tratamiento físico – químicos como: coagulación y floculación que son excelentes

métodos para la remoción de la materia orgánica no biodegradable, los cuales incluyen reactores aireados que ayudan a la rápida oxidación de la materia no biodegradable, cuando se tiene cargas altas de DQO valores que superan 1000 mg/lit se puede optar por la implementación de procesos alternativos como tratamiento con ozono, electrocoagulación, etc. (Hidritec).

En Ubillus existe solamente tratamiento biológico para la depuración de las aguas residuales, así como también las altas cargas de DQO que recibe la PTAR, esto representa un limitante para alcanzar la eficiencia teórica.

El proceso de depuración del agua residual en Ubillus culmina en la infiltración al suelo, donde se remueve la DQO, DBO₅, SST y nutrientes que no han podido ser removidos en procesos previos; a través de mecanismos biológicos, físicos y químicos como: filtración, degradación biológica, intercambio iónico, precipitación y adsorción física se complementa el tratamiento de depuración de aguas residuales. (Espinoza & Herrera, 2000)

4.2.2.3. Nitrógeno NTK

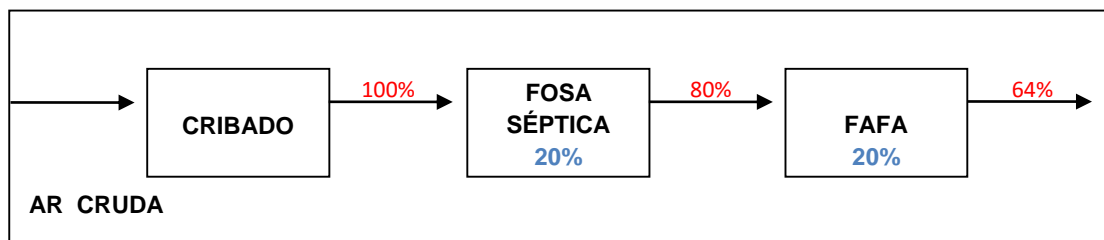
El nitrógeno en el afluente proviene principalmente de las excretas humanas (urea y proteína), a través de las conversiones metabólicas de los compuestos de las mismas. Es el nutriente orgánico principal para el crecimiento de protistas y plantas. Se denomina nitrógeno total Kjeldhal (NTK) al nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal. El control de la cantidad de nitrógeno es importante, para determinar la viabilidad de tratamientos biológicos en la depuración de las aguas residuales; un agua residual con bajas cantidades de nitrógeno puede requerir la adición del mismo para una adecuada biodescomposición. Cuando se exige control de eutrofización de las fuentes receptoras como ríos, lagunas, etc.

La remoción de nitrógeno es una condición especial del tratamiento de aguas residuales. (Romero Rojas, 2010).

En tratamientos biológicos anaerobios la remoción de nitrógeno total no excede el 50%. (Campus Learning & Research Group Tar/EIA, 2011)

De acuerdo al intervalo de porcentaje de remoción de nitrógeno en tratamientos secundarios dado por Campus Learning & Research Group Tar/EIA para la determinación de remoción teórica de nitrógeno se ha optado por la media de 20% tanto para la fosa séptica como para el FAFA (Tabla 16 y Tabla 17)

Imagen 22 Remoción Teórica N

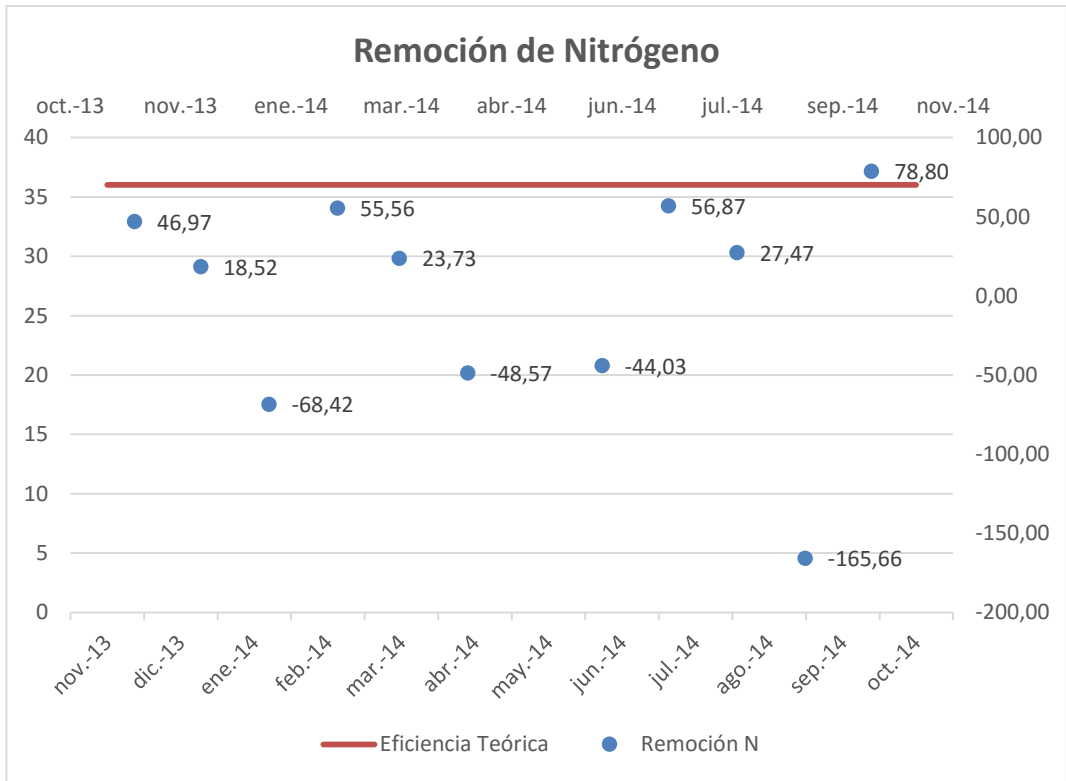


La eficiencia en remoción de N es del 36%

Tabla 21 Remoción N en la PTAR

Fecha	Unidad	Afluente	Efluente	%Remoción
nov-13	mg/lt	6,6	3,5	46,97
dic-13	mg/lt	27	22	18,52
ene-14	mg/lt	11,4	19,2	-68,42
feb-14	mg/lt	31,5	14	55,56
mar-14	mg/lt	29,5	22,5	23,73
abr-14	mg/lt	17,5	26	-48,57
jun-14	mg/lt	7,7	11,09	-44,03
jul-14	mg/lt	33,5	14,45	56,87
ago-14	mg/lt	51,07	37,04	27,47
sep-14	mg/lt	18,87	50,13	-165,66
oct-14	mg/lt	23,59	5	78,80

Gráfico 16 Eficiencia de Remoción N



Nutrientes como el nitrógeno y el fósforo pueden presentar un aumento en su concentración final en relación a la concentración que ingresa en el efluente, este es un comportamiento normal en procesos anaerobios (Ríos Montes).

En la PTAR de Ubillus la degradación biológica del nitrógeno se realiza bajo condiciones anaerobios en las cuales se lleva a cabo el proceso de desnitrificación, la cual consiste en la transformación biológica del nitrato en gas nitrógeno, óxido de nítrico y óxido nitroso, gases que posteriormente serán liberados a la atmosfera.

La velocidad de reacción de desnitrificación es inversamente proporcional a la cantidad de oxígeno molecular disuelto en el agua residual, siendo más rápida mientras menor sea la presencia del oxígeno disuelto para que las bacterias consuman el nitrato en lugar del oxígeno. (Selva Vida Sostenible).

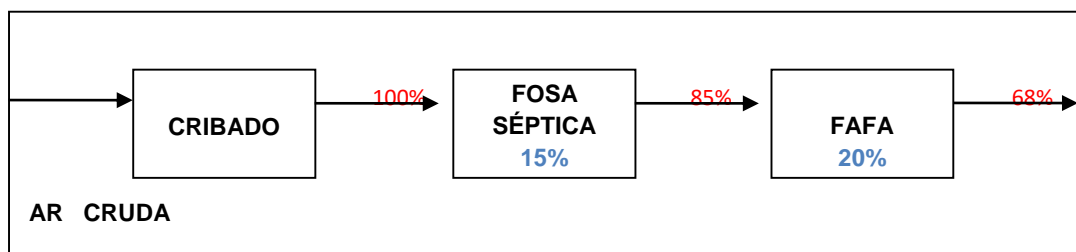
El tratamiento biológico secundario no tiene una alta eficiencia en la remoción de Nitrógeno se recomienda utilizar un tratamiento terciario para la remoción del mismo o emplear un proceso combinado de nitrificación (condiciones aerobias) y desnitrificación (condiciones anaerobias). El tratamiento final en Ubillus termina con la infiltración al suelo donde los nutrientes son asimilados con el mismo.

4.2.2.4. Fósforo

Al igual que el nitrógeno el fósforo es esencial para el desarrollo de protistas y plantas, el principal interés en la remoción del fósforo en las aguas residuales para evitar el desmesurado crecimiento de algas.

El aporte de fósforo orgánico en aguas residuales domésticas ocupa un segundo plano de importancia dentro del tratamiento de aguas residuales ya que los detergentes sintéticos aportan alrededor del 50% de fósforo y el resto proviene de la materia fecal humana, no así en aguas residuales industriales y lodos industriales donde la cantidad de nutrientes es baja; la concentración de N y P debe cumplir con la relación mínima $DBO_5/N/P = 100/5/1$. (Romero Rojas, 2010)

Imagen 23 Remoción Teórica P



La eficiencia en remoción de P es del 32%

Gráfico 17 Eficiencia de Remoción P

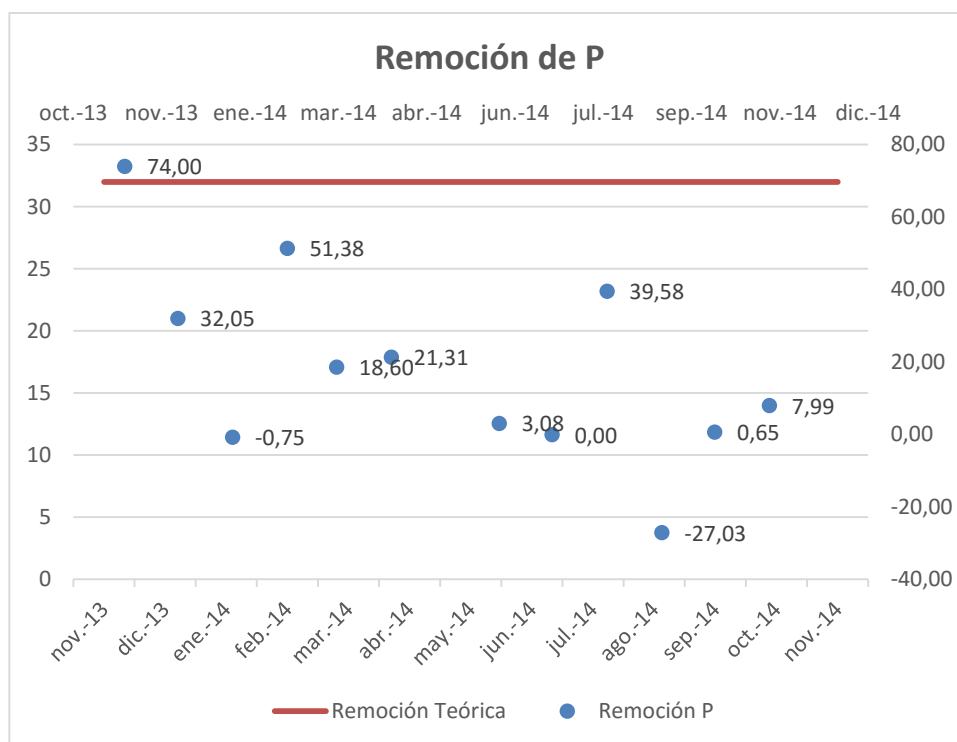


Tabla 22 Remoción P en la PTAR

Fecha	Unidad	Afluente	Efluente	%Remoción
nov-13	mg/lt	10	2,6	74,00
dic-13	mg/lt	7,8	5,3	32,05
ene-14	mg/lt	6,65	6,7	-0,75
feb-14	mg/lt	14,5	7,05	51,38
mar-14	mg/lt	10,75	8,75	18,60
abr-14	mg/lt	15,25	12	21,31
jun-14	mg/lt	16,25	15,75	3,08
jul-14	mg/lt	9,5	9,5	0,00
ago-14	mg/lt	12	7,25	39,58
sep-14	mg/lt	9,25	11,75	-27,03
oct-14	mg/lt	7,65	7,6	0,65
nov-14	mg/lt	2,88	2,65	7,99

El estimado de Fósforo que ingresa a la PTAR es de 10,20 mg/lt, de acuerdo a la tabla 10 del capítulo 2 la concentración media típica de fósforo para las aguas residuales domésticas es de 8 mg/lt. La concentración de fósforo presente supera este valor y esto se debe principalmente al aporte de fósforo por parte de los

detergentes sintéticos (Tensoactivos ABS) como se señala en el numeral 2.3.2.2 la concentración de Tensoactivos presentes en el afluente que ingresa a la PTAR se encuentra sobre el límite permisible de 2 mg/lit al que se refiere la tabla 8 del capítulo 2.

La remoción de fósforo en el agua residual se puede realizar de dos maneras: química y biológicamente, la remoción química suele ser más costosa y genera mayor cantidad de lodos por lo cual no es muy usada a diferencia de la remoción biológica, cuyos costos de operación y mantenimiento son bajos.

La remoción biológica de fósforo, bajo condiciones anaerobias emplean ácidos grasos volátiles generados durante la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual, bacterias defosfatantes emplean estos ácidos para transformar los polifosfatos en fosfatos disueltos. Al igual que el nitrógeno la remoción de fósforo requiere de un tratamiento biológico tanto en condiciones aerobias y anaerobias, donde exista una circulación de los microorganismos presentes. (Redacción Ambientum, 2002).

CAPÍTULO V OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UBILLUS

5.1 Descripción general del capítulo

Se analizarán las propuestas de optimización para la PTAR con el objetivo de aumentar la eficiencia del sistema en el tratamiento de aguas residuales, al aplicar mejoras a ciertas operaciones unitarias y un análisis de costo beneficio de la implementación de las mismas. Además se considerará nuevas alternativas para la gestión de los lodos generados dentro de la PTAR de Ubillus.

5.2. Alternativas de optimización de los procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales

5.2.1. Cribado

El tratamiento preliminar consiste en una serie de procesos unitarios cuyo objetivo es la retención de partículas de gran tamaño que puedan afectar a los procesos posteriores al cribado. En la actualidad la presencia de piezas plásticas y elementos profilácticos exigen una mayor eficiencia en el cribado para que dichos elementos sean retenidos y no sea necesario la tamización de los lodos curados. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

De acuerdo a lo indicado en el capítulo 2, el cribado se compone de rejas metálicas las cuales impiden el paso de basura a la fosa séptica, también se indica que existe una gran acumulación de ramas, basura, así como también acumulación de

sedimentos al fondo del mismo; la tabla 23 presenta los diseños propuestos en la PTAR de Ubillus para la optimización del cribado:

Tabla 23 Operaciones y procesos usados en el tratamiento preliminar de aguas residuales, junto con el tamaño de partícula afectado

Operación / proceso	Aplicación/Ocurrencia	Tamaño de partícula afectada
Homogeneización de caudales	Empleado para mantener constante el caudal y las características del agua residual	≥ 15 mm
Tamizado grueso	Utilizado en la remoción de palos, trapos y demás escombros presentes en el agua residual cruda	≥ 15 mm

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Homogeneización de caudales

La homogeneización de caudales es una medida empleada para superar los problemas de tipo operacional que se presentan en las PTAR, debido a las variaciones tanto de caudal como de carga. Esta práctica se recomienda para PTAR pequeñas que presenten variaciones entre el promedio y valores máximos obtenidos entre caudales y la carga orgánica contaminante. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

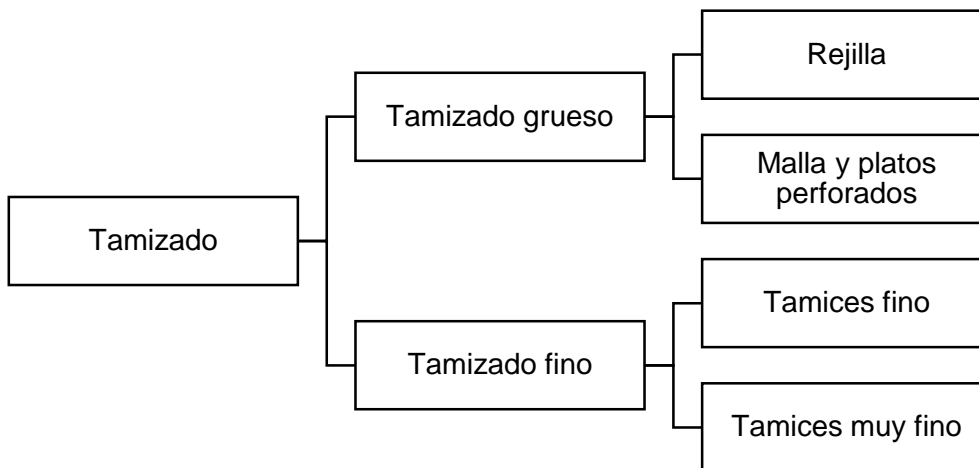
El uso de una unidad homogeneización es recomendable por razones económicas, cuando la relación entre el caudal máximo y el caudal promedio es mayor a 2. En la PTAR Ubillus se registró durante las visitas efectuadas un caudal promedio de 0.57 lt/seg, mientras que el mayor caudal registrado fue de 0.65 lt/seg, al realizar la relación indicada por Crites & Tchobanoglous se obtuvo una relación de 1.14 por debajo de la recomendación de los autores, por lo tanto que no se recomienda la implementación de una unidad de homogeneización para la PTAR de Ubillus.

Tamizado grueso

El tamizado grueso siempre es considerado como la primera opción para el cribado de una PTAR, ya que es un sistema de bajo costo, de fácil operación y mantenimiento. El tamiz grueso presenta una serie de opciones además de las clásicas rejillas, las cuales tienen mayor eficiencia de retención pero demandarán un control de limpieza más frecuente por parte del operador, como es el caso de mallas y platos perforados.

En el gráfico 18 se presenta las clases de tamices usados en el pretratamiento de aguas residuales.

Gráfico 18 Clases de tamices usados en el tratamiento de aguas residuales



Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Como se mencionó en el Capítulo 2, el tamizado existente en la PTAR Ubillus es grueso, tipo rejilla de limpieza manual cuya separación entre barras es de 7 cm, dicho cribado está especialmente diseñado para la retención de partículas con un

tamaño mayor a 7 cm tales como: rocas, hojas, raíces y ramas de árboles, papeles, trapos y plásticos pero en la realidad, durante la realización de este trabajo se pudo observar que dicha separación no es suficiente para la retención de todos los sólidos que puedan generar obstrucciones en las siguientes operaciones unitarias y que puedan causar algún inconveniente en su correcto desenvolvimiento. Analizando las condiciones y demandas que se presenta en el cribado se recomienda la implementación de tamices de rejilla fina posterior al tamizado grueso.

Para ser considerado un tamiz de rejilla fina se recomienda que el espaciamiento entre barras se encuentre entre 3.2 mm y 12.5 mm, en los últimos años se ha incrementado el usos de tamices de secciones finas en conjunto con tamices de secciones gruesas para el pretratamiento de aguas residuales debido a la alta eficiencia en la retención de basuras presentes en el agua residual cruda, ambos tipos de tamices operaran dentro del canal transportador de agua. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Entre los materiales que generalmente son retenidos por el tamizado fino se encuentran: papel, pequeños trozos de tela, materiales plásticos de distintas clases, residuos de comida, restos de heces, etc. En comparación con las basuras retenidas por el tamizado grueso, el contenido de humedad es ligeramente mayor y el peso específico de los residuos del tamizado fino es ligeramente menor. Los residuos retenidos en el tamizado fino tienden a descomponerse, poseen un alto contenido de organismos patógenos de origen fecal, además como la acumulación de grasas de natas exigen que el manejo y disposición final de los mismos sea realizada de manera adecuada con el fin de evitar la generación de malos olores y contaminación al personal encargado de evacuar los lodos del cribado. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Imagen 24 Rejilla fina



Fuente: (SERECO, 2012)

Considerando los datos existentes se podría plantear el rediseño de la rejilla, la abertura frecuentemente utilizada en rejillas es de 25 mm, analizando el caso de la PTAR de Ubillus de acuerdo al caudal promedio de ingreso es de 0.57 lt/seg y un ancho de canal de 0.7 m, se asume una velocidad de flujo de 0.5 m/s, con los datos dados procedemos al rediseño de la rejilla:

Diseño de una rejilla de limpieza manual

Selección de barrotes

Escogemos:

t: 8 mm

s: 25 mm

Donde:

t: ancho del barrote

s: espaciamiento entre barrotes

Velocidades

$$A = Q/V$$

Ec.5.1

Donde:

Q: caudal promedio de ingreso a la PTAR (m³/seg)

V: velocidad aproximada (m/s)

A_t: área total proyectada (m²)

$$A_t = \frac{Q}{V} = \frac{0.00057 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.5 \text{ m}/\text{seg}} = 0.00114 \text{ m}^2$$

$$A_n = \frac{s}{s+t} \times A_t = \frac{25 \text{ mm}}{(25+8) \text{ mm}} \times 0.00114 \text{ m}^2 = 0.00086 \text{ m}^2$$

Ec.5.2

Donde:

A_n: Área neta proyectada (m²)

$$V_{\text{paso}} = \frac{Q}{A_n} = \frac{0.00057 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.00086 \text{ m}^2} = 0.66 \text{ m}/\text{seg}$$

Ec.5.3

Donde:

V_{paso}: Velocidad de paso (m/seg)

a) Ancho del canal

Seleccionamos un ancho del canal = 0.7 m

$$(n + 1) \times s + n(t) = b_{\text{canal}}$$

Ec.5.4

Donde:

n : número de barrotes

b_{canal} : ancho del canal (m)

$$(n + 1) \times 0.025 \text{ m} + n(0.008\text{m}) = 0.7 \text{ m}$$

$$n = 20.45 \cong 21$$

$$b_{canal} = (21 + 1) \times 0.025 + 21(0.008) = 0.718 \text{ m}$$

La nueva rejilla rediseñada consta de: 21 barrotes de 8 mm de espesor cada uno, espaciamiento entre barras de 25 mm, una altura de 650 mm y un ancho de 700 mm.

Imagen 25 Diseño actual de la rejilla

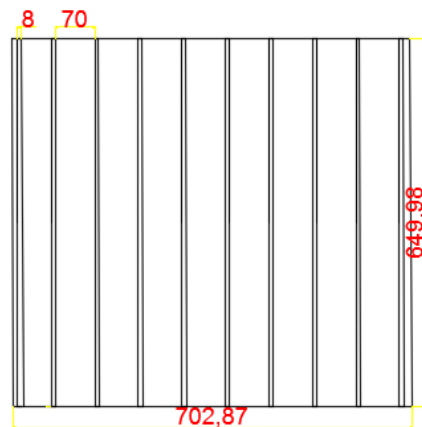
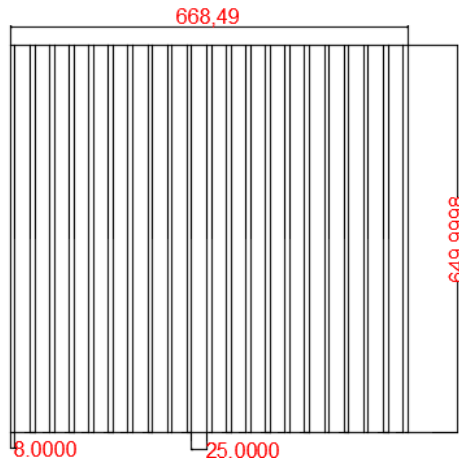


Imagen 26 Rediseño de la rejilla



5.1.1. Fosa séptica

La fosa séptica es el tratamiento biológico secundario que se encuentra en la PTAR de Ubillus, la fosa séptica tiene la doble función de sedimentar y producir la primera degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Todo el proceso de tratamiento de aguas residuales en la PTAR se realiza en secuencia y como se ha mencionado previamente cualquier acción que se realice en un proceso unitario previo a otro, afectará directamente al siguiente, al colocar la rejilla de tamizado grueso rediseñada en el cribado ayudará a disminuir el ingreso de basuras a la fosa séptica para que el funcionamiento de la misma no se vea afectado.

De acuerdo a lo indicado en el literal 2.3.1.2 el principal problema que se detectó en la fosa séptica dentro de las visitas realizadas por la autora era la acumulación de basuras, que afectan directamente en la eficiencia de la fosa séptica, se mostró también como las primeras cámaras, cuya función es la de sedimentar las partículas que han logrado pasar el cribado, se encontraban llenas de basura que obstruían el libre flujo del agua residual dentro de la fosa séptica.

Ante ésta situación y si la colocación de una rejilla fina en el cribado no presentara los resultados esperados, se surgiere como parte del proceso de optimación de la PTAR de Ubillus, la posibilidad de colocación de dispositivos de retención de basuras, o también conocidos como trampas, que permitan detener el ingreso de basuras e hilachas a la fosa séptica, el sitio de colocación de esta trampa sería a la salida del cribado.

Foto 49 Alternativa de colocación de la rejilla fina

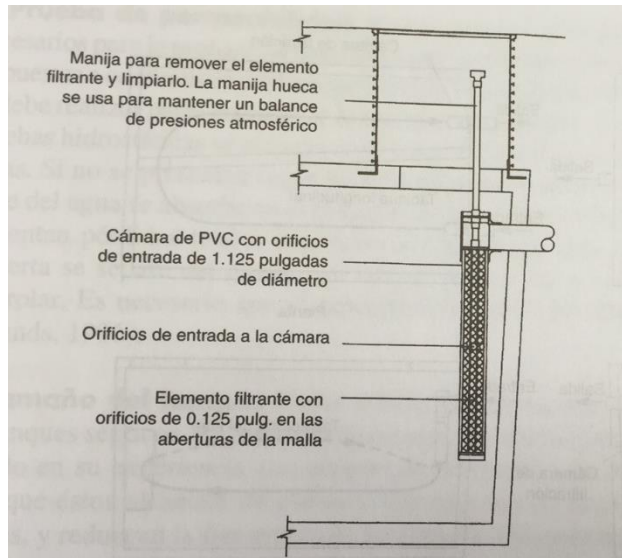


Fuente: Indira Jackeline Chiriboga Sisalema

El arrastre de material sólido, grasas y aceites es el problema que más aqueja la operatividad de una fosa séptica, ocasionando una reducción en la capacidad de asimilación de carga hidráulica en el sitio de disposición del efluente, generando zonas húmedas en los alrededores de la fosa séptica, como se indica en la Foto 22. Para evitar estos inconvenientes se propone la colocación de una rejilla fina de limpieza manual con un espaciamiento entre aberturas aproximado de 12.5 mm, solo de manera preventiva. Durante las visitas periódicas se efectuarán inspecciones visuales, con el objetivo de determinar si la rejilla fina requiere limpieza o no; las basuras, hilachas, etc. Retenidas serán removidas de la malla y llevadas al lecho de secado de lodos, al compartimiento correspondiente a lodos primarios.

Con el fin de reducir la cantidad de sólidos del efluente hacia la fosa séptica, se recomienda la instalación de un filtro, durante la operación el agua residual fluye dentro del filtro a través de los orificios de entrada localizados en la cámara para filtrado de efluente, lo cual beneficia de manera directa al FAFA. (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Imagen 27 Cámara de filtrado para remover sólidos del efluente



Fuente: Crites & Tchobanoglous, 2000

Imagen 28 Elemento filtrante removido para limpieza



Fuente: Crites & Tchobanoglous, 2000

Además se considera un correcto mantenimiento periódico para que la eficiencia de la fosa séptica no se vea afectada durante su vida útil, las consideraciones que se debe tomar en cuenta para el mantenimiento de una fosa séptica son las siguientes:

Inspección de rutina: los operadores de la PTAR, durante sus visitas periódicas con el propósito de mantener informados de cualquier novedad que presente la fosa séptica para ser corregidos con tiempo, deberán realizar las siguientes actividades:

- Revisión de la impermeabilidad
- Revisión del ingreso de aguas extrañas a la fosa séptica
- Revisión de empaques en las conducciones
- Revisión de la acumulación de lodo y espuma

Extracción de lodos de la fosa séptica: la acumulación de lodos, en el fondo de la fosa séptica generan una reducción en la capacidad volumétrica efectiva del tanque, esto exige una limpieza de los lodos mediante bombeo, el cual se efectúa con equipo hidroneumáticos, se recomienda realizar dicha actividad de extracción dos veces al año (una vez cada seis meses) o mínimo una vez al año.

5.2.2. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

La conexión de un filtro anaerobio a la fosa séptica es una alternativa común para obtener mayores resultados en el tratamiento de aguas residuales. El FAFA es el último proceso unitario en la cadena operativa de la PTAR para el tratamiento de aguas residuales antes de culminar el tratamiento con la infiltración del agua residual al suelo.

El FAFA tarda alrededor de 6 meses en estabilizarse. Como se indica en la foto 21, se nota una incipiente formación de película biológica, mientras que en la foto 22 con un tono blanquizco podemos ver que la película biológica se encuentra trabajando adecuadamente en la degradación de la materia; es muy importante mantener dicha película biológica y se recomienda tener cuidado durante la

limpieza de la PTAR de no eliminarla, ya que su remoción nos trasladará al principio y se deberá esperar los 6 meses mínimo para que el proceso biológico dentro del FAFA arranque de manera correcta.

En el tratamiento terciario (FAFA), se debe mantener un control permanente del efluente y control visual externo e interno del FAFA, a continuación se recomienda las siguientes acciones para cada una de las situaciones que se puedan presentar en el filtro:

- Aumento de la turbiedad: una vez que se ha observado que existe un aumento en la turbiedad del efluente del FAFA, se recomienda:
 - Realizar un lavado superficial solo con agua.

Si continúa el aumento en la turbiedad del efluente se debe realizar:

- Lavado del material filtrante: el mismo que consiste en un lavado a presión de agua en la cámara de ingreso; el agua limpia ascenderá a través del material filtrante y saldrá a superficie el lodo retenido en el fondo del FAFA. En caso de persistencia se recomienda el cambio del material filtrante. (Domínguez Moreira, 2009)

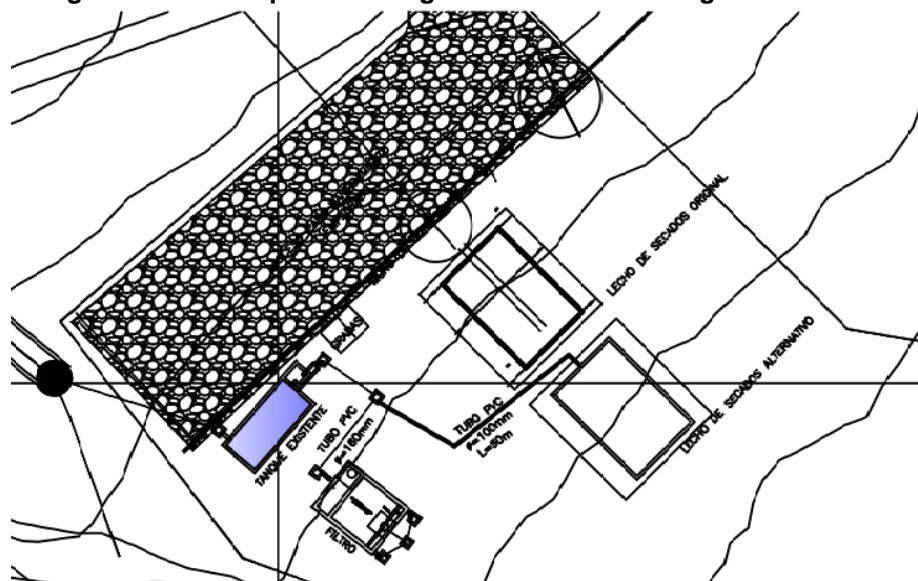
Se debe considerar también que todas las acciones que se tomen en relación a los procesos previos como el cribado y fosa séptica afectarán directamente en la eficiencia del FAFA.

5.2.3. Gestión de lodos

Los lodos de la PTAR de Ubillus se obtienen de tres tratamientos:

- Tratamiento preliminar (cribado): En esta etapa se obtiene lodo crudo sin tratar y con alto contenido de patógenos, además dicho lodo genera emanación de malos olores por su estado de putrefacción, su peso específico es menor por la alta humedad que presentan los mismos. Los lodos del cribado son removidos de manera manual y con las debidas (caretilla y pala) para ser transportados hacia el lecho de secado de lodos donde son depositados, tal y como se muestra en las fotos 45 y 48.
- Tratamiento secundario (fosa séptica) como se menciona en el numeral 5.1.2 la limpieza de la fosa séptica se realiza mediante equipo hidroneumático, una vez que la bomba ha extraído a presión el lodo del fondo de la fosa séptica se deposita en el lecho de secados de lodos, lodos ya tratados son depositados en el lecho de secado de lodos.
- Implementación de una tubería para descarga de lodos mediante gravedad, siguiendo las recomendaciones de la entrada y salida de la fosa séptica deberá hacerse por medio de tubos en forma de "T", una tapa removible de 0.60x0.60 m (mínimo), que permita eliminar cualquier obstrucción. El diámetro mínimo de la tubería de desfogue de lodos será de 100 mm así como también se recomienda la pendiente de la tubería de 1.5% (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

Imagen 29 Tubería para descarga de lodos mediante gravedad



- Instalación de una tubería desde el cuarto pozo de infiltración hacia la quebrada, la tubería funcionará cuando el pozo de infiltración se encuentre sobre su capacidad y el agua residual tratada sea evacuada a través de la misma, hacia la quebrada con el propósito de no saturar el suelo.

5.2.3.1. Estabilización de lodos

El lodo generado durante el proceso de depuración de aguas servidas debe ser estabilizado antes de su disposición final o reutilización. El objetivo de la estabilización de lodos es la remoción de patógenos, eliminación de malos olores y eliminar o reducir la putrefacción del lodo. En Ubillus se realiza la deshidratación de los lodos al ser colocados en el lecho de secado de lodos, este método es el más común en PTAR pequeñas por sus bajos costos, facilidad de manejo y por no requerir mucha atención. Dentro del proceso de estabilización de lodos como tal no existe ningún método específico que se emplee dentro de la PTAR, por lo que se procede a realizar las siguientes recomendaciones:

- Estabilización de lodos mediante el uso de cal; es uno de los métodos comunes por su sencillez y cortos tiempos de retención, el proceso de estabilización se da cuando al colocar la cal sobre el lodo crudo los microorganismos presentes en el lodo son eliminados y por consiguiente la materia orgánica logra ser estabilizada al elevar su pH a 12. En una relación de 1:3 se debe colocar la cal por un mínimo de dos horas. Se puede colocar cal viva (CaO) y cal apagada [Ca(OH)₂]. Para PTAR pequeñas es frecuente el uso de cal apagada porque se puede mezclar con agua y aplicar directamente. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

La aplicación de cal genera un aumento en el volumen del lodo, revelando que el tiempo de deshidratación será mayor, en el caso de Ubillus la deshidratación se realiza en el lecho de secados de lodos de forma natural no existe algún impedimento del tipo económico que evite la colocación de cal al lodo dentro del proceso de estabilización.

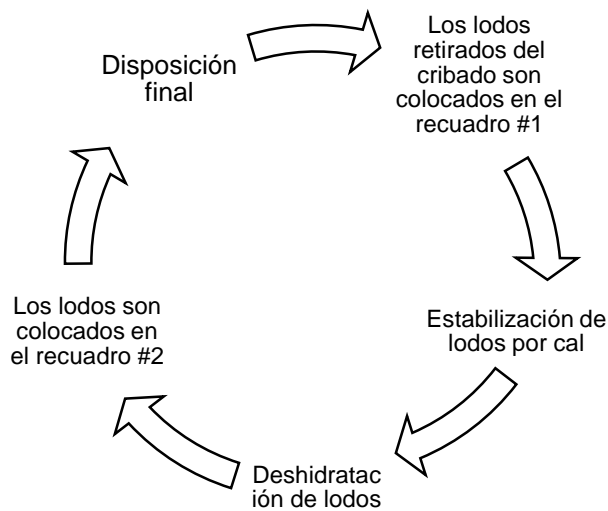
- Se menciona en el literal 5.1.4 que el lodo proviene de varias partes dentro de la PTAR de Ubillus, por lo tanto se recomienda separar el lecho de secados en cuatro compartimientos de iguales dimensiones, los primero dos compartimientos será ocupados para los lodos obtenidos del cribado y los otros dos para los lodos de la fosa séptica y del FAFA, esta división se realiza con el propósito que los lodos no se mezclen, el lodo del cribado tienen alto contenido de patógenos y de humedad, mientras que el lodos del tratamiento secundario es un lodo ligeramente tratado y su contenido de patógenos es menor.

Imagen 30 Separación del lecho de secados de lodos

Recuadro #1	Recuadro #2	Recuadro #3	Recuadro #4
Lodos del cribado	Lodos del cribado	Lodos de la fosa séptica y FAFA	Lodos de la fosa séptica y FAFA

En el recuadro #1 se colocaran los lodos recibidos de la limpieza del cribado, una vez que hayan recibido el tratamiento de cal y se haya reducido el contenido de humedad los mismos serán colocados en el recuadro #2 para continuar con la deshidratación, los nuevos lodos retirados del cribado serán colocados en el recuadro #1 para continuar con el ciclo de estabilización.

Imagen 31 Ciclo de la estabilización de lodos del Cribado



De igual manera ocurre con los lodos generados en la fosa séptica y el FAFA pero con la variante que los mismos serán colocados en el recuadro #3 y #4

5.3. Determinación de caudales reales de proceso

La determinación de caudales permite llevar un registro del caudal que ingresa a PTAR, el aforo de caudales se realiza a la salida del cribado.

Materiales

- Jarra plástica graduada en litros
- Cronómetro
- Guantes plásticos

Procedimiento

- Llenar la jarra con el efluente hasta donde marque la medida determinada
- Una segunda persona tomara el tiempo que se demore en llenar cada jarra
- Se tomara 5 muestras

Calculo de caudales

- Se descartara las muestras erróneas
- Se promedia los tiempos anotados
- Se emplea la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{Vol}{t} = \frac{lt}{seg}$$

Ec.5.5

Donde:

Q: caudal (lt/seg)

Vol: volumen (lt)

t: tiempo (seg)

Tabla 24 Resumen de los caudales aforados

#Muestra	Hora	Volumen (lt)	Tiempo (Seg)	Observaciones	Caudal lts/seg
1	11:20	9	16,2	Muestra aceptada	0,56
2	11:25	9	18,53	Muestra aceptada	0,49
3	11:30	9,5	5,88	Muestra descartada	1,62
4	11:35	10	15,36	Muestra aceptada	0,65
5	11:40	9,5	14,88	Muestra aceptada	0,64
6	10:30	2	4,2	Muestra aceptada	0,48
7	10:35	2	3,74	Muestra aceptada	0,53
8	10:40	2	3,53	Muestra aceptada	0,57
9	10:45	2	3,48	Muestra aceptada	0,57

Nota: Caudales aforados durante las visitas realizadas por la autora

De acuerdo a los datos obtenidos el caudal promedio que ingresa a la PTAR es de 0.57 lt/seg.

5.4. Beneficios de la infiltración a suelo

La infiltración al suelo es el último escalón del proceso de depuración de aguas residuales existente en la PTAR de Ubillus, este método es recomendado para pequeños núcleos poblados cuyos vertidos no presenten componentes industriales y por lo tanto son biodegradables, por su viabilidad técnica, económica y fácil mantenimiento, la infiltración al suelo es empleado frecuentemente en municipios pequeños (Moreno, Gómez, Murillo, & Rubio).

A través de la infiltración al suelo es posible la eliminación de compuestos orgánicos biodegradables, sólidos suspendidos y organismos patógenos presentes en el agua residual

doméstica. (Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrología y Aguas Subterráneas N.- 4, 2003).

La importancia de este tipo de tratamiento ha ido tomando fuerza en los últimos años por la difusión de algunos países sobre la reutilización de las aguas residuales y la protección de las aguas subterráneas. El agua que se infiltra a través del suelo para la recarga de acuíferos es ampliamente utilizada en la agricultura, es una agua que es apta para el riego, se debe tener cuidado que no exista ninguna captación para agua potable cerca de donde se esté infiltrando el agua residual.

De acuerdo a la capacidad de asimilación del suelo se han presentado casos donde se alcanza porcentajes de remoción considerables, por ejemplo: eliminación de sólidos en suspensión de 90%, turbidez de 80%, DBO₅ mayor al 90% y DQO del 70%, por lo tanto se entiende al suelo trabajando como un filtro mecánico.

Los beneficios de la infiltración al suelo son:

- Depuración del agua residual
- Recarga de acuíferos subyacentes
- Reutilización del agua en agricultura
- Mejora la calidad de acuíferos altamente degradados
- Incremento del caudal de los ríos o manantiales relacionados con el acuífero recargado
- Se evita la contaminación de aguas superficiales
- Método con bajo costos
- Fácil mantenimiento y operación

5.5. Evaluación y reutilización de lodos

Los lodos generados durante el proceso de depuración de aguas residuales deben cumplir con una serie de requerimientos antes de su disposición final o posible reutilización, los lodos concentran contaminantes presentes en el agua residual transformados o mezclados con otros componentes pueden o no afectar al medio ambiente.

Los lodos provenientes de PTAR poseen características muy diversas y es importante conocer sus componentes para clasificarlos como lodos peligrosos o no peligrosos.

La evaluación de lodos, se realizó tomando muestras dentro del lecho de secado de lodos, con el siguiente procedimiento:

1. Cuarteo del lodo: se lo realiza con el objetivo de homogeneizar las muestras

Foto 50 Cuarteo del lodo para análisis



Foto tomada por la autora en la visita 4

2. Se selecciona una muestra de 200 gr para la determinación de metales pesados, indicado en el Art. 10 Norma Técnica de Desechos Peligrosos y Especiales, tabla N.- 2 Límites máximos permisibles para extracción de metales pesados en base seca, de la ordenanza Municipal 404
3. Se toma 7 muestras en frascos herméticos y debidamente señalados para el análisis de acuerdo a la tabla N.-3 Criterio microbiológico para no catalogar a un desecho biológico como peligroso, perteneciente de igual manera al Art. 10 de la ordenanza 404.
4. De acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-15-1985, se indica que cada muestra debe ser tamizada con el objetivo de evitar basuras, piedras y material que puedan intervenir en la fiabilidad de los resultados obtenidos, siguiendo las recomendaciones de esta normativa, las muestras son tamizadas en un tamiz N.- 200.
5. El transporte de las muestras se lo realizaran en compartimientos cerrados para que no se vean afectados por la temperatura externa.

Foto 51 Tamizado de las muestras



Foto tomada por la autora en la visita 4

La clasificación biológica de lodos se da de acuerdo a los diferentes procesos productivos en Ubillus, se podría presentar las siguientes alternativas:

- a) Lodo No peligroso: el lodo debe cumplir con las tablas N.- 2 y 3 del Art. 10 de la ordenanza Municipal 404, para ser clasificado como un Biosólido. Las muestras tomadas en Ubillus, dieron los siguientes resultados:

Tabla 26 Criterio microbiológico para no catalogar a un desecho biológico como peligroso

Parámetro Microbiológico	Media geométrica de 7 muestras	Ordenanza 404 tabla N.- 3
Coliformes Fecales NMP/g	3.3×10^1	2×10^6 NMP o UFC/g ST
Huevos de Helmintos	Ausencia	15/g
Salmonella	Ausencia	$10^3/g$

Una vez que se ha determinado que el lodo generado dentro de la PTAR es no peligroso y al cumplir con los parámetros descritos en la tabla 26, es catalogado como un Biosólido. Las opciones para la disposición del lodo también se basara en la prueba de metales (se debe considerar que en el afluente de la PTAR se ha realizado pruebas para determinar la presencia de metales pesados en el agua residual cruda y se han obtenido valores muy bajos como se indica en los Reportes de Análisis elaborados por el Laboratorio "GRUTEC Environmental Services" por lo tanto se descarta la presencia de metales pesados), la cual debe ser realizada a pesar que en el historial de la PTAR no existe la presencia de metales pesado con el fin de determinar su reutilización como mejoradores de suelo.

Tabla 27 Metales pesados en base seca

Metales pesados en seco	Resultados obtenidos	Ordenanza 404 tabla N.- 2
Arsénico mg/kg ^(1.3)	1.6	75
Cadmio mg/kg ^(1.3)	0.2	85
Cromo mg/kg ^(1.3)	13	3000
Mercurio mg/kg ^(1.3)	0.3	840
Níquel mg/kg ^(1.3)	9	57
Plomo mg/kg ^(1.3)	14	4300
Zinc mg/kg ^(1.3)	134	420

Una vez que se ha determinado que el lodo obtenido es no peligroso se considera como Biosólidos y al cumplir los parámetros establecidos en la tabla N.- 2 de la Ordenanza Municipal 404, se puede disponer del lodo para las siguientes alternativas:

- El lodo puede ser reutilizado como mejorador de suelos en jardines públicos, aeropuertos, cementerios, etc.
- Uso agrícola
- Forestal
- Restauración de suelos
- No necesita ninguna atención especial para su disposición final
- Se autoriza su disposición en rellenos sanitarios de tipo municipal

5.6. Análisis costo – beneficio de la implementación de la mejor alternativa para la optimización de los procesos unitarios de tratamiento de aguas residuales

El análisis costo beneficio es la tentativa de llevar al máximo posible la cuantificación de beneficios y costos en términos monetarios, con el objetivo de determinar la viabilidad de los posibles cambios recomendados para la PTAR de Ubillus

Pasos para la realización de un Análisis Costo Beneficio (ACB)

1. Definir la unidad de costo del ACB
 - a. Optimización de la PTAR Ubillus
2. Costos directos para la optimización de PTAR de Ubillus
 - a. Rejilla de limpieza manual: \$75
 - b. Rejilla fina de limpieza manual en el ingreso de la fosa séptica: \$50
 - c. Filtro para remover sólidos (fosa séptica): \$350
 - d. Cal para estabilización de lodos: \$100
 - e. Tubería de descarga de lodos de la fosa séptica mediante gravedad: \$1500
 - f. Tubería de descarga hacia la quebrada desde el pozo de infiltración: \$75
 - g. Mamparas de división del lecho de secado de lodos: \$250
3. Costos indirectos
 - a. Mano de obra de adecuaciones: \$720
 - b. Sueldo operador permanente de la PTAR: \$354

4. Beneficios

- a. Funcionamiento efectivo durante todo el período de vida útil de la PTAR: \$1000
- b. Menos gastos en mantenimientos emergentes: \$ 1500
- c. Garantía de cumplimiento de normativas: \$ 2500
- d. Evitar inundaciones del terreno debido a la saturación del suelo: \$500

5. Analizar los costos y beneficios de la optimización del proyecto

Tabla 28 Total costos y beneficios

Total Costos (Por única vez)	Total Beneficios	Beneficio/Costo
\$ 3020	\$ 5500	1.82

6. Determinar si es viable la ejecución de la optimización de la PTAR

Cuando la relación obtenida entre el beneficio y el costo es igual o mayor a 1, se considera viable la ejecución del proyecto, de acuerdo a la relación $B/C=1.82$ significa que por cada dólar invertido, se recuperó el mismo y además se generó la ganancia de 0.82 ctvs.

CAPÍTULO VI SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO

6.1 Descripción del capítulo

Para un buen funcionamiento y mantenimiento de la PTAR de Ubillus se propone la implementación de un Sistema Integrado de Gestión de manera breve y amigable para los operadores a cargo de la PTAR conozcan cómo se debe realizar el mantenimiento periódico de la misma.

6.2. Sistema Integrado de Gestión

La implementación de un Sistema Integrado de Gestión hará que todas las actividades que ocurren en Ubillus, estén relacionadas directamente entre sí; el objetivo es gestionar integralmente las diferentes variables de interés para el buen funcionamiento de la PTAR.

Su finalidad es establecer parámetros para la operación y mantenimiento de la PTAR, para alcanzar buenas eficiencias en la remoción de parámetros contaminantes como: DBO₅, DQO, SST, etc., con el fin de garantizar el cumplimiento de la normativa nacional vigente.

Un correcto mantenimiento periódico evitará emergencias o descuidos imprevisibles. Para la aplicación del Sistema Integrado de Gestión se debe considerar tres factores: diseño, construcción y operación.

El diseño de la PTAR de Ubillus es común emplearle para poblaciones pequeñas, y el proceso constructivo se fiscalizó a través de la EPMAPS por lo tanto consideramos que el estudio y diseño, así como la calidad de materiales empleados para la construcción han sido de excelente calidad; la operación de la PTAR debe llevarse a cabo con un mínimo de mantenimiento para su correcto desempeño.

Los registros periódicos son auxiliares necesarios para el control de procedimientos y sirven como un respaldo de la cronología de la PTAR durante su tiempo de operación ayudando así para la interpretación de los resultados de depuración de las aguas residuales.

Seguridad y prevención

Factores de riesgo dentro de la PTAR de Ubillus

La PTAR de Ubillus es una planta de tratamiento del tipo anaeróbico, esta clase de plantas de tratamiento de aguas residuales se caracterizan por la producción de gas metano, el cual al mezclarse con el aire puede ser explosivo. Además produce ácido sulfhídrico, es un gas toxico caracterizado por su olor desagradable, el ácido sulfhídrico en presencia de oxígeno y humedad es altamente corrosivo, por lo cual se debe prever un debilitamiento prematuro de las tapas metálicas de las áreas de acceso de los distintos procesos unitarios dentro de la PTAR. (Domínguez Moreira, 2009)

Las aguas residuales representan un foco de riesgo biológico por las bacterias, hongos, parásitos y virus que se encuentran en las mismas, por lo que es importante que el personal, que trabaje directamente con las aguas residuales, lleve la protección adecuada a fin de salvaguardar su integridad y salud.

El personal técnico y operativo deberá conocer las particularidades y riesgos de la PTAR, así como también se incluirán en el presente Sistema de Gestión Integrado, las medidas de seguridad para el personal que labore.

El operador deberá tener cuidado al momento de interactuar con material fecal, la mayoría de los agentes biológicos que son dañinos para el ser humano se encuentra dentro de este tipo de materia. Respetar los procesos de mantenimiento como también la vestimenta indicada para cada tipo de actividad dentro de la PTAR de Ubillus.

Los distintos agentes biológicos que se encuentran en el agua residual no tratada generan distintas reacciones en el ser humano:

- Bacterias
 - Fiebre tifoidea
 - Cólera
 - Shigelosis
- Hongos
 - Sistemas alérgicos
 - Infecciones en los pulmones
- Parásitos
 - Disentería
 - Infecciones estomacales
 - Oclusión intestinal
- Virus
 - Hepatitis A (Sánchez, 2014)

El riesgo de infección se da por el contacto con:

- Agua residual: afluyente y efluente.

- Material retenido en el separador de caudales.
- Lodos generados en la fosa séptica.
- Limpieza de natas superficiales dentro de la fosa séptica.

Recomendaciones para minimizar el riesgo de infección en la PTAR de Ubillus

- Evitar el ingreso de alimentos y bebidas a la PTAR.
- Utilizar estrictamente el equipo de protección personal asignado para cada actividad.
- Evitar el contacto directo con agua residual o residuos sólidos.
- Usar overoles de silicón para trabajos en espacios confinados.
- Lavarse manos con jabón desinfectante, agua limpia y alcohol una vez terminada la jornada de mantenimiento de la PTAR.
- Proteger heridas abiertas del agua residual o lodo
- Informar inmediatamente a jefatura de cualquier lesión o síntoma de malestar

Obligaciones de la EPMAPS con el personal de la PTAR Ubillus

El empleador debe proveer a los trabajadores las siguientes condiciones de trabajo:

- Capacitación y educación sobre los peligros de las aguas negras y desechos.
- Contar con lavabos dentro de la PTAR.
- Determinar un sitio para el aseo del personal después de las jornadas de mantenimiento y toma de muestras.
- Proveer al personal del equipo de protección personal (PPE).
- Lavar la ropa de trabajo del personal.




- Capacitación y familiarización del Sistema de Gestión Integrado de la PTAR de Ubillus

Equipo de protección personal (PPE)

A continuación se presenta la vestimenta de seguridad para el personal que labore dentro de la PTAR de Ubillus, que se deberá utilizar rigurosamente:

Tabla 29 Indumentaria de seguridad industrial

Nombre	Descripción	Imagen de referencia	Actividades
Overol desechable	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborado de poliéster y polipropileno • Protección contra agentes biológicos, químicos, partículas radioactivas y electrostática • Retardante a la llama (EDIFIK, 2015) 		<ul style="list-style-type: none"> • Aforo de caudales • Recolección de muestras
Botas de punta de acero	<ul style="list-style-type: none"> • Bota de PVC • Caña alta • Suela antideslizante • Punta de acero 		<ul style="list-style-type: none"> • Aforo de caudales • Recolección de muestras • Mantenimiento general de la PTAR de Ubillus

<p>Guantes de hule</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborado de latex • Especial para trabajos de limpieza • Evita contacto directo con agentes biológicos y químicos • Material flexible • Funcional y práctico para trabajos 		<ul style="list-style-type: none"> • Aforo de caudales • Recolección de muestras
<p>Uniforme de trabajo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborado de algodón • Brindan protección industrial 		<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento general de la PTAR de Ubillus
<p>Mascarilla</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evita riesgos biológicos • Desechable • Resistente a salpicaduras de fluidos 		<ul style="list-style-type: none"> • Aforo de caudales • Recolección de muestras

El aseo de utensilios y equipo debe ser realizado antes y después de la jornada de mantenimiento.

Mantenimiento de la PTAR de Ubillus

Para un correcto mantenimiento de la PTAR de Ubillus se realizan una serie de actividades periódicas:

Tabla 30 Actividad y frecuencia de mantenimiento

Actividad	Frecuencia
Aforo de caudales	Un día a la semana
Mantenimiento separador de caudales	Por lo menos un día a la semana*
Mantenimiento de la fosa séptica	Por lo menos un día a la semana
Limpieza de la fosa séptica	Procedimiento 6.3.4
Mantenimiento del FAFA	Por lo menos un día a la semana
Limpieza del lecho de secados de lodos	Procedimiento 6.3.6
Recolección de muestras	Por lo menos un día a la semana

*Aplica también para condiciones especiales

Recolección de muestras

Muestro compuesto

Se determina como muestreo compuesto, a la combinación de muestras individuales de agua residual tomadas en un mismo punto en distintos intervalos regulares de tiempo con el objetivo de minimizar los efectos de variabilidad de la concentración que se presentan en una muestra puntual, permitiéndonos tener datos más reales de la eficiencia de la PTAR de Ubillus en la depuración de aguas residuales.

El volumen de las muestras individuales que componen la muestra compuesta puede ser idénticos o proporcionales al caudal al momento de la recolección de la

muestra. Cada muestra individual se analiza independientemente y se promedian los resultados o se combinan con las otras muestras individuales para obtener una sola muestra.

El muestro está diseñado para ser representativo de las condiciones del efluente, reflejando las condiciones generales durante la jornada de muestreo. Una muestra compuesta se toma con el objetivo de evaluar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa nacional vigente (Acuerdo Ministerial N.- 028) siempre y cuando los límites sean promedios diarios, semanales o mensuales. (Aguamarket, 2000)

6.3. Procedimiento de mantenimiento de la PTAR de Ubillus

6.3.1. Procedimiento: Aforo caudales

- a. **Objetivo:** Establecer un procedimiento para determinar el caudal de ingreso que será tratado en la PTAR de Ubillus
- b. **Responsable:** Técnico encargado de la operación de la planta
- c. **Materiales**
 - i. Recipiente de 1 lt graduado
 - ii. Cronometro
 - iii. Libreta de campo
 - iv. Esferográfico
- d. **Observaciones**
 - i. El caudal se determinara a la salida del sistema de cribado de la PTAR

- ii. Se deben realizar los aforos de caudales cada hora de preferencia en los siguientes horarios: 6:00 am – 9:00, 11:00 am – 13:00 pm y 15:00 pm – 18:00 pm, se recomienda el aforamiento de caudales en estos intervalos de tiempo para poder evaluar las distintas condiciones que presenta el caudal en el transcurso del día.

e. Procedimiento:

- i. Tomar el tiempo que tarda en llenarse el recipiente hasta la marca establecida (1 ltr)
- ii. Medir el volumen exacto de agua recogido en el recipiente y anotarla en la hoja de control
- iii. Anotar el tiempo, con centésimas de segundo, registrado en el cronómetro
- iv. Calcular y registrar en la hoja de control el caudal mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{Vol}{t} = \frac{lt}{seg}$$

Ec.6.1

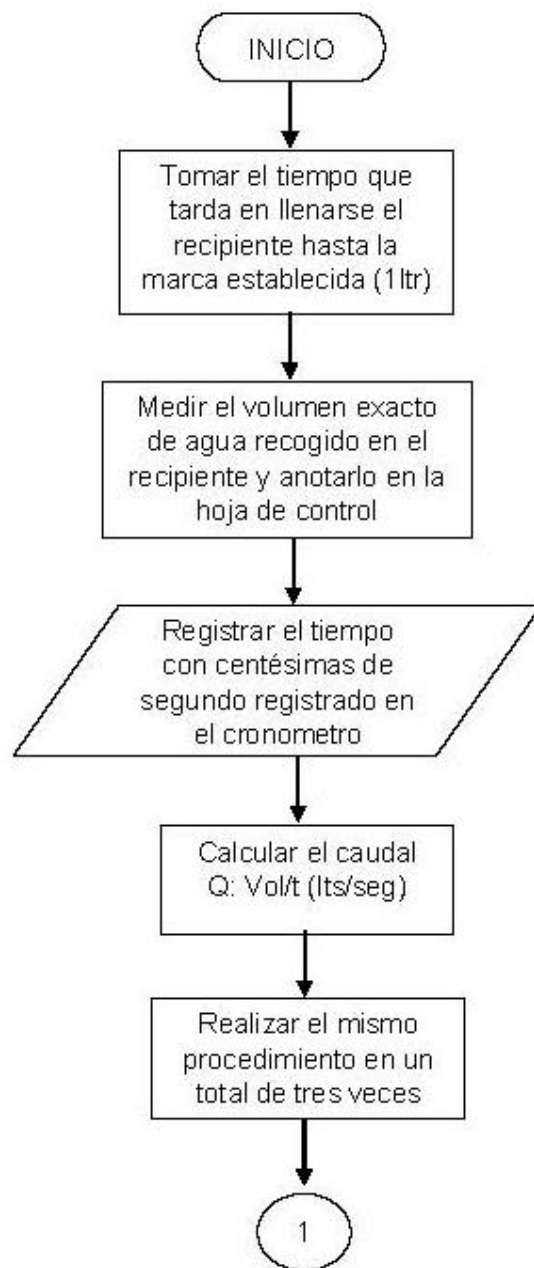
Donde:

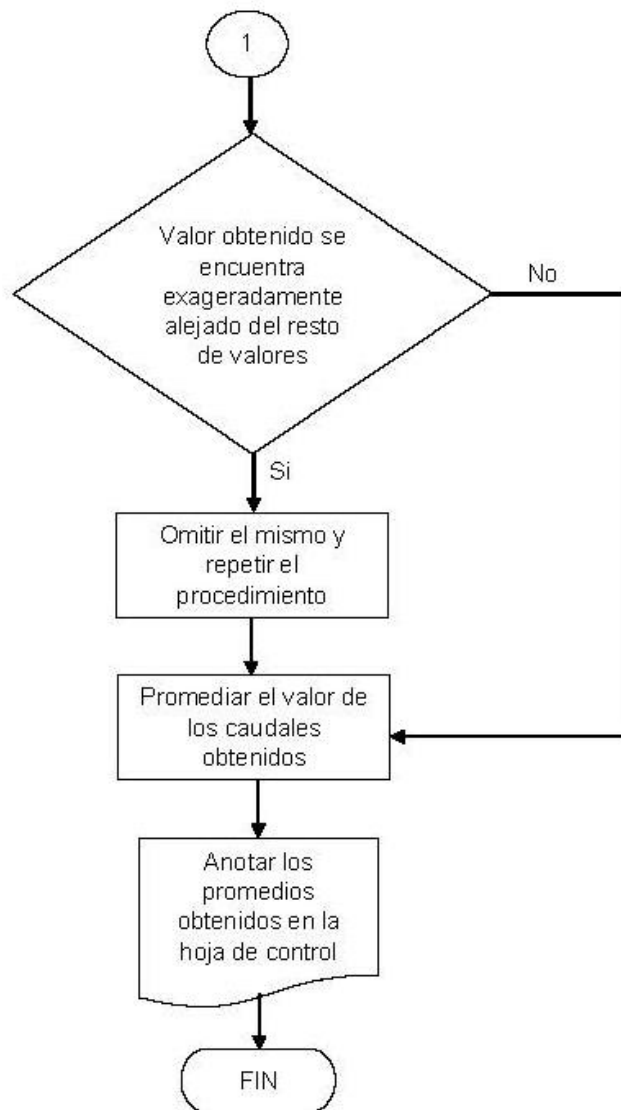
Q: caudal (lt/seg)

Vol: volumen (lt)

t: tiempo (seg)

- v. Realizar el mismo procedimiento tres veces
- vi. En caso de que uno de los valores obtenidos se encuentre exageradamente alejado de los otros valores se debe omitirlo y realizar nuevamente el procedimiento
- vii. Promediar el valor de caudales obtenidos y anotarlo en la hoja de control





6.3.2. Procedimiento: Mantenimiento separador de caudales

f. Objetivo: Establecer el procedimiento para la realización del mantenimiento preventivo del separador de caudales de la PTAR de Ubillus

g. Responsable: Técnico encargado de la operación de la planta

h. Materiales:

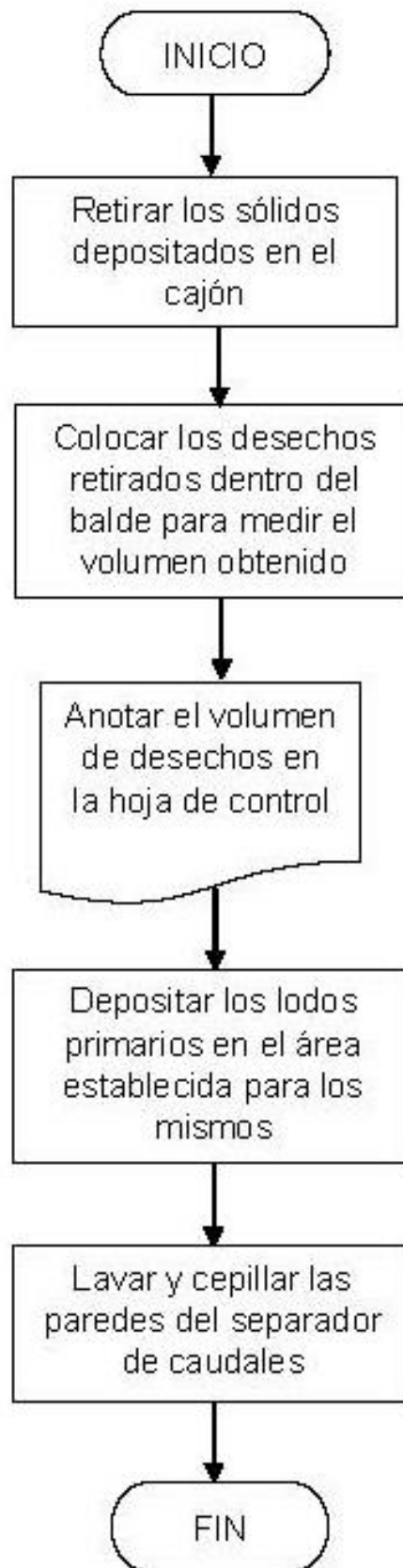
- i. Balde de 10 lt
- ii. Hoja de control
- iii. Esfero
- iv. Escobilla
- v. Guantes

i. Observaciones:

- i. La limpieza del separador de caudales se debe realizar mínimo una vez por semana y obligatoriamente después de cada evento fuerte de lluvia.

j. Procedimiento

- i. Sacar los sólidos depositados en el cajón
- ii. Depositar los desechos en un balde de 10 lt para medir el volumen obtenido
- iii. Anotar la cantidad de desechos que se obtenga de la limpieza en la hoja de control
- iv. Depositar los lodos primarios en el lecho de secados de lodos en la parte asignada para lodos primarios
- v. Lavar las paredes de la caja del afluente



6.3.3. Procedimiento: Mantenimiento de la fosa séptica

k. Objetivo: Generar una guía para el correcto mantenimiento de la fosa séptica de la PTAR de Ubillus

l. Responsable: Técnico encargado de la operación de la planta

m. Materiales

- i. Balde 10 lt
- ii. Regleta graduada 3.50 m
- iii. Hoja de control
- iv. Esfero
- v. Gancho (levantar tapas)
- vi. Combo
- vii. Red de limpieza para piscinas (nasa)

n. Observaciones

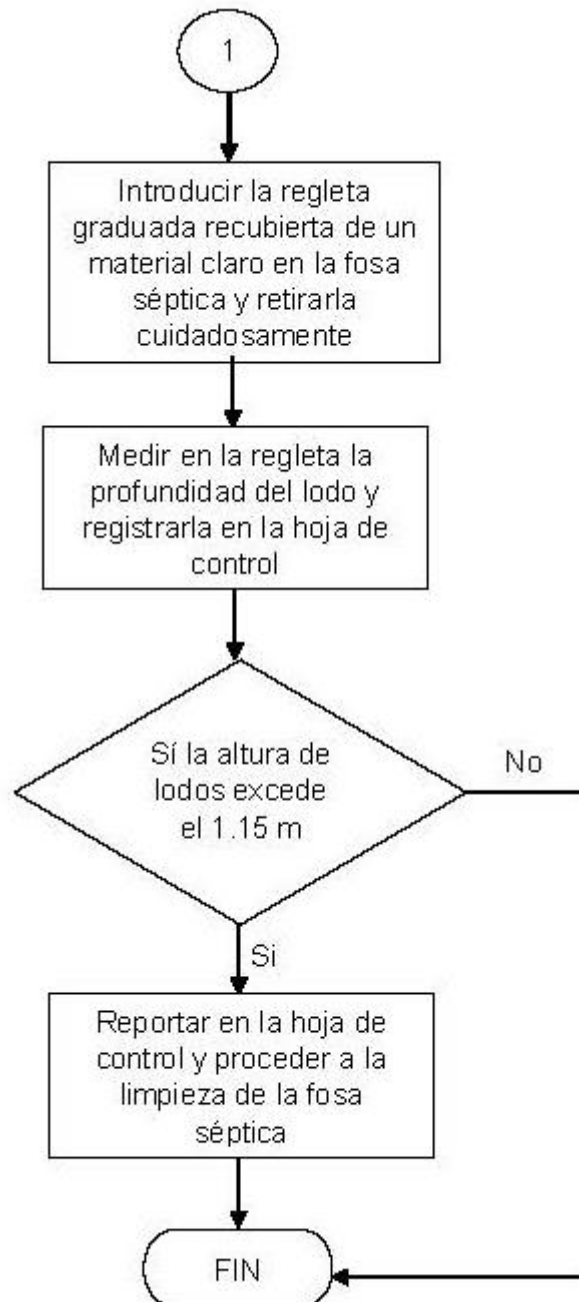
- i. Para prevenir riesgos de asfixia, levantar las tapas de acceso a la fosa séptica y dejarlo ventilar unos minutos hasta que los gases se hayan desalojado
- ii. Este procedimiento debe ser realizado mínimo una vez a la semana

o. Procedimiento

- i. Levantar las tapas de la fosa séptica y esperar unos minutos
- ii. Verificar visualmente la presencia de natas sobre la superficie de la fosa séptica, en caso de existencia de natas o diversos cuerpos flotantes retirarlos mediante el uso de la nasa
- iii. Depositar el producto extraído en un balde para medir el volumen que se obtenga

- iv. Registrar en la hoja de control el volumen de natas obtenido
- v. Depositar los mismos en la zona destinada para lodos primarios
- vi. Introducir la regleta graduada de 4 m, la misma que debe ir recubierta por un material claro (tela, toalla, etc.), desde la mitad hacia abajo, hasta que toque el fondo del tanque y retirarla cuidadosamente
- vii. Medir en la regleta la profundidad del lodo y registrar en la hoja de control
- viii. Sí la profundidad excede de 1,15 m se debe seguir las indicaciones del “LIMPIEZA DE LAS FOSAS SEPTICAS”, presentadas en este trabajo, se recomienda la limpieza de la fosa séptica.





6.3.4. Procedimiento: Limpieza de la fosa séptica

p. Objetivo: Establecer un procedimiento para la limpieza de la fosa séptica de la PTAR de Ubillus

q. Responsable: Técnico encargado de la operación de la planta

r. Materiales:

- i. Bomba de succión portátil sumergible para aguas residuales de 2 HP
- ii. Gasolina
- iii. Tubería de paso hacia el lecho de secado de lodos
- iv. Herramientas menores

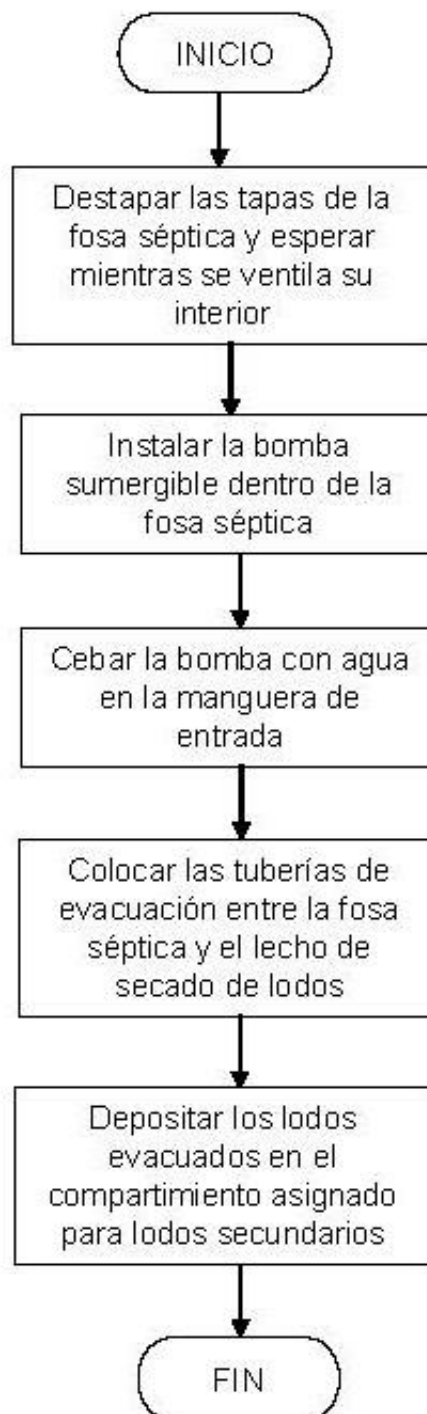
s. Observaciones

- i. Este procedimiento se debe realizar una vez que la altura de lodos excede los 1.15m, o cuando el encargado de la PTAR lo considere pertinente.
- ii. El personal que va a maniobrar la bomba debe contar con la protección respectiva, material y herramientas necesarias previamente mencionadas para el correcto funcionamiento de la misma.
- iii. Mantener una cantidad mínima entre el 10 – 20% de lodo para agilizar el nuevo arranque de la fosa séptica

t. Procedimiento

- i. Destapar las tapas y esperar unos minutos para la aireación del interior de la fosa séptica
- ii. Instalar la bomba y ajustar las abrazaderas de las mangueras de tal manera que los lodos evacuados caigan en el lecho.

- iii. Cebear la bomba con agua en la manguera de entrada
- iv. Depositar el lodo obtenido en el compartimento respectivo del lecho de secados.



6.3.5. Procedimiento: Mantenimiento del FAFA

u. **Objetivo:** Establecer un proceso para el mantenimiento preventivo del FAFA de la PTAR de Ubillus

v. **Responsable:** técnico encargado de la operación de la planta

w. **Materiales**

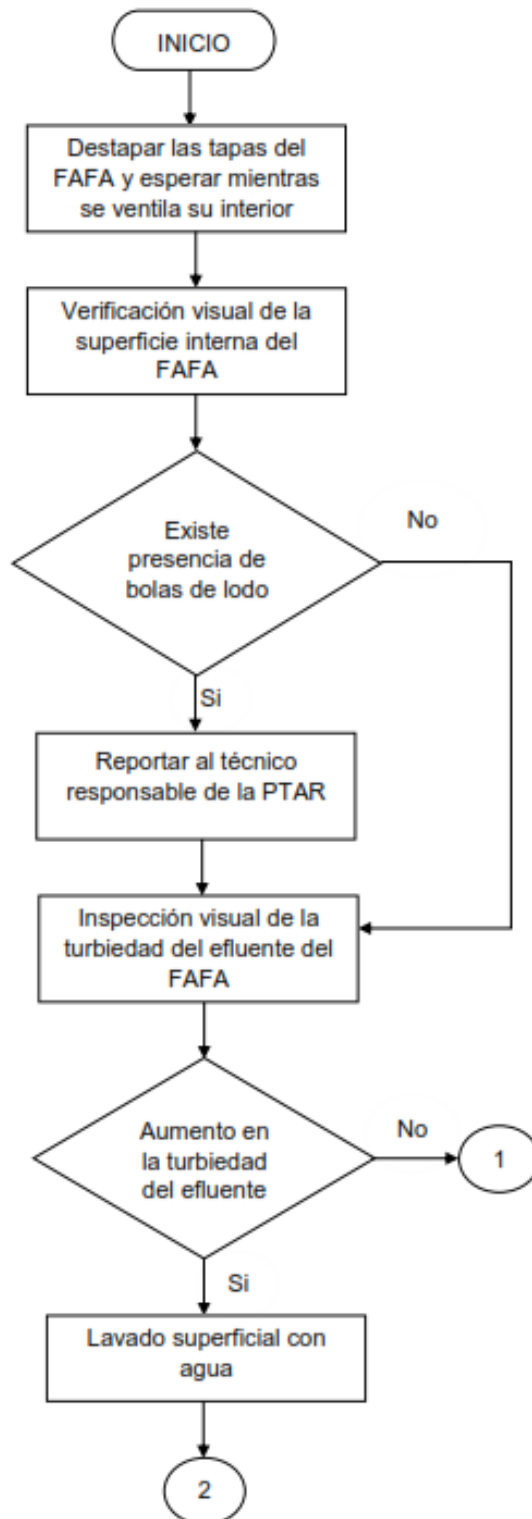
- i. Hoja de control
- ii. Esfero
- iii. Herramientas menores

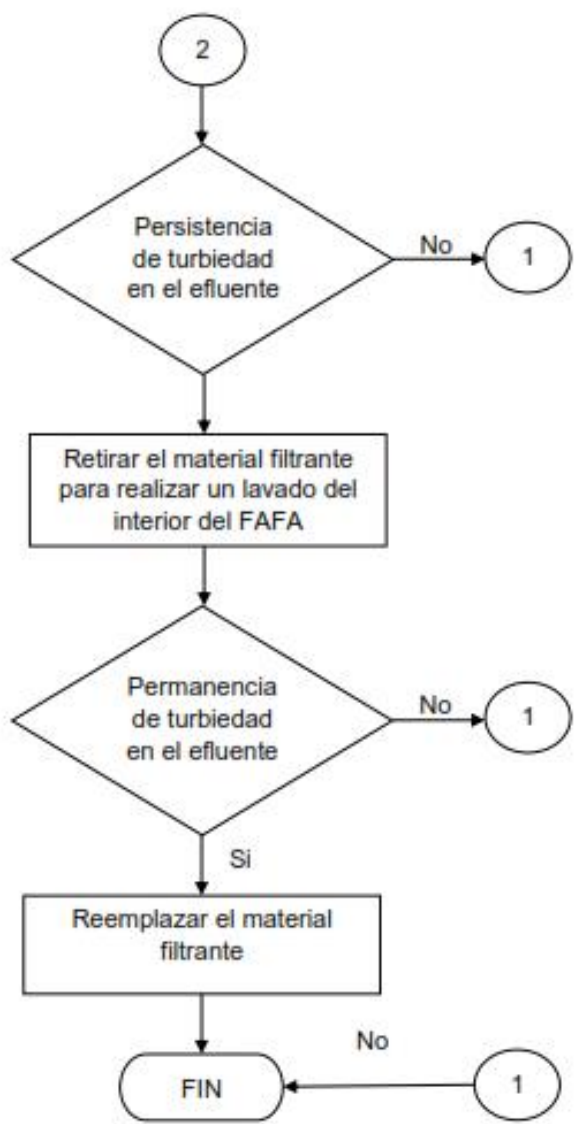
x. **Observaciones:**

- i. Para prevenir riesgos de asfixia, levantar las tapas de acceso a la fosa séptica y dejarlo ventilar unos minutos hasta que los gases se hayan desalojado

y. **Procedimiento**

- i. Destapar las tapas y esperar unos minutos para la aeración del interior del FAFA
- ii. Observar si existe la presencia excesiva de bolas de lodos en la parte superior del filtro y registrar en la hoja de control
- iii. En caso de existir la presencia de bolas de lodos, reportar al técnico responsable de la PTAR
- iv. En caso de un incremento fuerte de turbiedad del efluente de la PTAR, se recomienda lo siguiente
 - 1. Lavado superficial solamente con agua
 - 2. En caso de persistencia se debe sacar el material filtrante y lavarlo
 - 3. Si esto no funciona, se debe reemplazar el lecho





6.3.6. Procedimiento: Limpieza del lecho de secados de lodos

a. **Objetivo:** Establecer un proceso la limpieza del lecho de secados de lodos de la PTAR de Ubillus

b. **Responsable:** Técnico encargado de la operación de la planta

c. **Materiales**

- i. Pala
- ii. Escoba
- iii. Balde de 10 lt
- iv. Fundas de basura negras
- v. Balanza
- vi. Cal

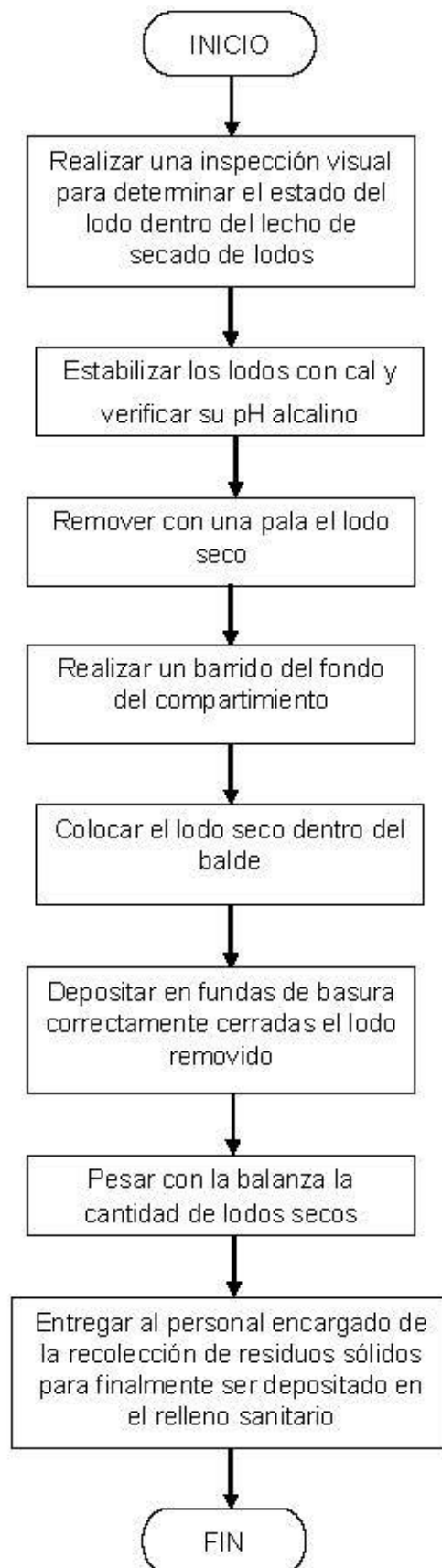
d. **Observaciones:**

- i. Previo a la limpieza determinar el estado de utilización del lecho de secado, de la siguiente manera:
 - 1. O = Operación, el lecho contiene lodo en proceso de secado
 - 2. L = Limpieza, el lodo en su interior se ha secado y se procede a su retiro
 - 3. C = Carga, el lecho está listo para recibir nuevamente lodo para ser secado.

e. **Procedimiento**

- i. Realizar una inspección visual para determinar en qué estado se encuentra el lodo en el interior del lecho de secado e identificar cuáles son los compartimientos listos para proceder a la limpieza
- ii. Estabilizar los lodos con cal y verificar su pH alcalino

- iii. Remover con una pala el lodo seco
- iv. Realizar un barrido del fondo del compartimiento
- v. Colocar el lodo seco dentro del balde
- vi. Depositar en fundas de basura correctamente cerradas el lodo removido
- vii. Pesar con la balanza la cantidad de lodos secos
- viii. Entregar al personal encargado de recolección de residuos sólidos para finalmente ser depositado en el relleno sanitario



6.3.7. Procedimiento: Recolección de muestras

a. **Objetivo:** Establecer una guía para el procedimiento de muestreo que se lleva a cabo en la PTAR de Ubillus

b. **Responsable:** Técnico encargado de la operación de la planta

c. Materiales

- i. Equipo multiparamétrico HQ40D
- ii. Balde de 10 lt
- iii. Hoja de control
- iv. Esfero
- v. Envases esterilizados
- vi. Etiquetas para identificar las muestras
- vii. Envase térmico (hielera)
- viii. Preservantes para las muestras

d. Observaciones

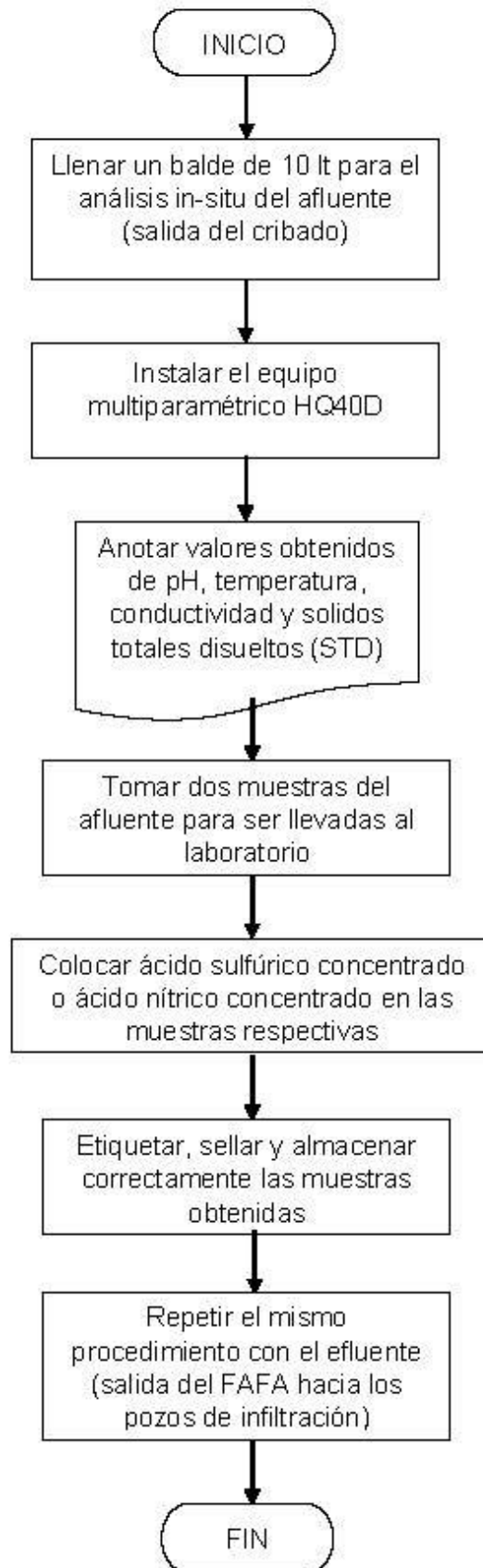
- i. El personal designado para la recolección de muestras dentro de la PTAR de Ubillus deberá usar las protecciones correspondientes, tales como:
 - a. Overol
 - b. Guantes de hule
 - c. Mascarilla
 - d. Botas de trabajo
- ii. Además deberá llevar alcohol en gel, jabón líquido y agua limpia para la limpieza de manos una vez concluidas la jornada de recolección

- iii. Las muestras trasladadas al laboratorio deben ser colocadas en un envase térmico, con el propósito de mantenerlas en la oscuridad y a una temperatura baja, se recomienda a $\leq 4^{\circ}$ C (sin congelar) (Laboratorio de Química Ambiental Ideam, 1997).
- iv. Una vez obtenida la muestra se procederá a etiquetarla inmediatamente con el fin de que no existan confusiones de origen y sitio de la muestra, la etiqueta deberá llevar la siguiente información mínima:
 - a. Número de muestra
 - b. Nombre del recolector
 - c. Fecha, hora y lugar de recolección
 - d. Preservación realizada
- v. La muestra debe estar correctamente sellada con el fin de evitar alteraciones de la misma
- vi. Se recomienda que el muestreo en la PTAR de Ubillus se realice una muestra compuesta, los horarios de muestreo se recomienda realizarlos en los intervalos de tiempo dado para el aforo de caudales: 6:00 am – 9:00, 11:00 am – 13:00 pm y 15:00 pm – 18:00 pm y mínimo una vez a la semana, para tener un estudio más completo de la situación de la PTAR
- vii. Los parámetros in-situ son los siguientes: pH, temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos (STD), el resto de parámetros como DBO₅, DQO, Tensoactivos, etc. Serán

obtenidos de los resultados de laboratorio, tanto del afluente como del efluente de la PTAR de Ubillus

e. Procedimiento

- viii. Para los parámetros in-situ se procede a llenar el balde de 10 lt con el agua residual del afluente (en la salida del cribado)
- ix. Instalar el equipo multiparamétrico HQ40D
- x. Anotar los valores obtenidos de pH, temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos (STD)
- xi. Tomar dos muestras del afluente de 2lt cada una, para ser llevadas a laboratorio
- xii. Colocar preservantes en las muestras, de acuerdo al tipo de muestra que se va a recolectar se pueden colocar:
 - a. Ácido sulfúrico concentrado para muestras de aceites y grasas, nitrógeno total, nitrógeno de amonio, fósforo total.
 - b. Ácido nítrico concentrado para muestras de metales
- xiii. Etiquetar, sellar y almacenar correctamente a las muestras.
- xiv. Se repite el mismo procedimiento con el efluente (salida del FAFA hacia los pozos de infiltración)



6.4. Formatos de registro

6.4.1. SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA PTAR DE UBILLUS

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA PTAR DE UBILLUS										
RESPONSABLE _____						Chiriboga 2016				
FECHA (dd/mm/aa) _____										
Aforo de caudales					Cribado					
HORA	# MUESTRA	TIEMPO (SEG)	VOLUMEN (LT)	CAUDAL (LT/SEG)	Q prom	LIMPIEZA	SI	NO		
6:00 AM	1					LIMPIEZA				
	2					PESO	_____ kg			
	3					HORA	_____			
7:00 AM	1					MANTENIMIENTO FOSA SÉPTICA				
	2					Inspeccion visual	Hora: _____			
	3					NATAS	SI	NO		
8:00 AM	1					VOLUMEN DE NATAS	_____ lt			
	2					ALTURA DE LODO	_____ m			
	3					REQUIERE LIMPIEZA	SI	NO		
9:00 AM	1					INFORMO A JEFATURA	SI	NO		
	2					FECHA PROGRAMADA DE LIMPIEZA (dd/mm/aa)	_____			
	3					LIMPIEZA FOSA SÉPTICA				
11:00 AM	1					SE REALIZO LIMPIEZA	SI	NO		
	2					MANTENIMIENTO FAFA				
	3					Inspeccion visual	Hora: _____			
12:00 PM	1					PARTÍCULA FLOTANTE	SI	NO		
	2					AGUA TURBIA	SI	NO		
	3					Indique la turbiedad presente en el efluente del FAFA				
1:00 PM	1					1. CLARA		3. LIGERAMENTE OPACA		
	2					2. LIGERAMENTE CLARA		4. OPACA		
	3					5. MUY OPACA				
3:00 PM	1					INFORMO A JEFATURA	SI	NO		
	2					REQUIERE LIMPIEZA	SI	NO		
	3					*Nota: la ficha se llenará con esferográfico, letra legible; opción multiple, encerrar en un círculo				
4:00 PM	1									
	2									
	3									
5:00 PM	1					LIMPIEZA LECHO DE SECADO DE LODOS				
	2					Inspección visual	Hora: _____			
	3					Compartimiento				
6:00 PM	1					LODOS PRIMARIOS		LODOS SECUNDARIOS		
	2					ESTADO	#1	#2	#3	#4
	3					OPERACIÓN				
						LIMPIEZA				
						CARGA				
						Observaciones Generales: _____				

FIRMA DEL RESPONSABLE

6.4.3. CONTROL DE MUESTREO IN-SITU

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN
CONTROL MENSUAL

Chiriboga 2016

RESPONSABLE _____
 MES _____

FECHA	Afluente						Efluente					
	DBO5	DQO	Aceites y Grasas	Detergentes	Fósforo	Nitrógeno NKT	DBO5	DQO	Aceites y Grasas	Detergentes	Fósforo	Nitrógeno NKT
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												

 FIRMA DEL RESPONSABLE

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- El sistema de tratamiento para la depuración de aguas residuales en Ubillus es un tratamiento, empleado para poblaciones pequeñas por sus altos porcentajes de remoción teórico de cada uno de los procesos que lo componen: separador de caudales, cribado, fosa séptica, filtro anaerobio de flujo ascendente e infiltración al suelo.
- Al evaluar el diseño existente de la rejilla de cribado se concluyó que no satisface con la retención de material de arrastre que ingresa a la PTAR, el espaciamiento entre barra del cribado en la actualidad es de 7 cm, considerándose un tamizado grueso, que permite el ingreso de basuras a la fosa séptica, generando así problemas como obstrucciones en la misma.
- Durante el período de evaluación se evidenció el ineficiente proceso de cribado dentro de la PTAR, permitiendo que partículas de gran tamaño de materia inorgánica pasen a través de la rejilla, haciendo que las cámaras que conforman la fosa séptica se llenen de basura, afectado su eficiencia en sus principales objetivos como: sedimentación y degradación de la materia orgánica
- Se determinó que la concentración de parámetros como DBO₅, DQO y fósforo supera la concentración media estimada de aguas residuales domésticas establecidas por Metcalf & Eddy, este incremento de concentración de materia orgánica, se intuye que se debe a actividades como ganadería y elaboración de productos lácteos, propias de la zona alta de Pintag.

- Al analizar los resultados de laboratorio, de las muestras del afluente y lodos secundarios en base seca, se evidenció una nula concentración de metales pesados, factor indicativo que no existe industrias cercanas.
- De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación del Suelo, el suelo se catalogó como una arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), suelo caracterizado por su pobre drenaje, saturando el área aledaña a los pozos de infiltración; causando problemas paisajísticos y ambientales: emanación de olores y presencia de vectores.
- El intervalo recomendado de pH en aguas residuales domésticas para la existencia de vida microbiología se encuentra entre 5 – 9, la media de la PTAR es de 7.8.
- La temperatura del afluente varía desde los 15°C hasta los 18°C, encontrándose cerca de la media de 15.5°C, recomendada por autores especializados.
- El porcentaje teórico de eficiencia de DBO₅ y de DQO es de 88% y 90% respectivamente, al analizar los valores obtenidos de las muestras de laboratorio se comprobó que la eficiencia real de la PTAR se encuentra por debajo de la eficiencia teórica.
- El análisis de lodos generados durante el proceso de depuración del agua residual, se determinó como lodo no peligroso y clasificado como un Biosólido. Se recomienda colocarlo en fundas de basura para ser depositados en un relleno municipal sanitario.
- Se propone la implementación de un Sistema Integrado de Gestión que permita de una manera corta y sencilla a los operadores y técnicos encargados del mantenimiento y funcionamiento de la PTAR conocer cómo se debe realizar el mantenimiento de la misma.

7.2. Recomendaciones

- Implantar el rediseño de la rejilla del cribado: 21 barrotes de 8 mm de espesor cada uno, espaciamiento entre barras de 25 mm, una altura de 650 mm y un ancho de 700 mm, un diseño que permite mayor porcentaje de retención.
- Es importante la realización de charlas para la concientización sobre los desechos que se arroja al alcantarillado y las consecuencias que se genera en la PTAR, cuando existe una alta concentración de material orgánica.
- Efectuar un análisis detallado de las características del suelo en la PTAR: estratos, permeabilidad, límites de Atterberg, etc. Con el objetivo de conocer las propiedades físicas y mecánicas que presenta el suelo de Ubillus y poder establecer nuevas mejoras al proceso de infiltración.
- Mediante ensayos geotécnicos y estudios geológicos, demostrar la presencia o ausencia de acuíferos, que puedan ser afectados debido a la infiltración al suelo.
- Instalar una tubería de desfogue desde el cuarto pozo hacia la quebrada aledaña a la PTAR, con el objetivo de evitar la formación de vectores, emanación de malos olores y escorrentía superficial del agua residual.
- Implementar un sistema de descarga mediante gravedad de lodos secundarios, desde la fosa séptica hacia el lecho de secado de lodos.
- Realizar la estabilización química de lodos primarios y secundarios, mediante la digestión alcalina, se recomienda una relación de cal:lodo de 1:3, por un tiempo mínimo de 2 horas. El proceso eliminará los microorganismos presentes en el lodo crudo y la materia orgánica logrará ser estabilizada al elevar su pH a 12.

- Instalar un filtro en la entrada de la fosa séptica con el fin de retener la mayor cantidad de sólidos que se encuentran en el efluente, el agua residual fluye dentro del filtro a través de los orificios de entrada localizados en la cámara para filtrado de efluente.
- Dividir en cuatro compartimientos iguales el lecho de secados y destinar los primero dos compartimientos para los lodos primarios obtenidos del cribado y los dos restantes para lodos secundarios de la fosa séptica y del FAFA, con el propósito de que los lodos no se mezclen; los lodos primarios contienen un alto número de patógenos así como mayor porcentaje de humedad, mientras que el lodos del tratamiento secundario es un lodo ligeramente tratado y su contenido de patógenos es menor. Se recomienda una división del lecho de secado de lodos como se indica en la Imagen 30.
- Contratar un operador permanente en la PTAR que vigile diariamente su funcionamiento, conozca del Sistema de Gestión Integrado y esté pendiente a cualquier evento, que se presente en la PTAR. Además el operador deberá realizar, mantenimientos preventivos como limpieza, inspecciones visuales, etc. en la PTAR para evitar situaciones de emergencia.
- La institución se deberá comprometer a impartir charlas de adaptación del Sistema de Gestión Integrada al personal técnico y operadores dispuestos para la PTAR de Ubillus así como de brindar todas las facilidades para el desarrollo de las actividades que se requiera en la PTAR.
- Establecer jornadas de muestreo compuesto (por lo menos una vez a la semana) de acuerdo a lo establecido en el Sistema de Gestión Integrado con el propósito de contar en el historial de Ubillus con datos reales de la eficiencia de los tratamientos existentes dentro de la PTAR.

- Implantar jornadas de aforo de caudales dentro de la PTAR para establecer las distintas variaciones de caudal que se puedan presentar.

Anexos

Anexo 1 Resultados de analisis de muestras obtenidas en la PTAR de Ubillus

Parámetros de Evaluación del Agua Residual de acuerdo a la Tabla 11, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria (TULSMA), Libro VI de la Calidad Ambiental																																													
PARÁMETROS DE CALIDAD				ALCALINIDAD	ALDRIN Y DIELDRIN	ALUMINIO	ARSENICO	CADMIO	COLOR-PYRIFOS	COBRE	COLIFORMES TOTALES	COLOR	CROMO HEXA-VALENTE	DDT y metabolitos (DDE,DDD)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO 5)	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	DIMETHOATE	ENDRIN	ESCHERICHIA COLI	FENOLES	FOSFORO DE FOSFATOS	GRASA Y ACEITE	HIERRO TOTAL	LINDANO	MANGA-NESO	MERCURIO	NIQUEL	NITRATOS	NITRITOS	NITROGENO DE AMONIACO	NITROGENO DE AMONIO	NITROGENO TOTAL KIELDHAL	pH	PLOMO	SELENIO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS (GRAVIMÉTRICOS)	SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES (GRAVIMÉTRICOS)	SÓLIDOS TOTALES (GRAVIMÉTRICO)	SOLIDOS VOLATILES	SULFATOS	TEMPERATURA MUESTRA	TENSO-ACTIVOS ABS			
Unidad				mg/l	µg/l	mg/L			µg/l	mg/L	NMP/100ml	UC	mg/L	µg/l		µg/l		NMP/100ml		mg/l		mg/l	µg/l	mg/L			mg/l	mg/L	mg/l			--	mg/L		mg/l			°C	mg/l						
LÍMITES PERMISIBLES						5	0,1	0,02		1				0,5		250	500				0,2	15	100	25		10	0,01	2	10	10			40	5-9	0,5	0,5	220		1600		400	40	2		
AÑO	MUESTRA	FECHA	Ubicación																																										
2013	ERIME-04713	29/11/2013	AFLUENTE	<0.002	<0.03	<0.001	<0.002	<0.02	<0.01			0,034	0,027	353	736	<0.02	0,533				10	1,61	1,581	0,152	0,141	<0.001	0,038	0,829	0,05		6	6,6		0,647	<0.001	256	176	923		125		7,19			
2013	ERIMF-04714	29/11/2013	EFLUENTE											75	257						2,6	0,29						<0.001		3,5	3,5												1,438		
2013	ERIME-04953	18/12/2013	AFLUENTE	1265							198630000			592,3	1194,95			173250000		7,8	46,27							0,03		24	27													29,5	
2013	ERIMF-04954	18/12/2013	EFLUENTE	1155							364000000			113,7	449,85			9800000		5,3	99,19							0,04		17	22													15,324	
2014	ERIME-00129	15/01/2014	AFLUENTE	1316							387300000			494	981			11260000		6,65	2,2397							<0.001		6,2	11,4													0,381	
2014	ERIMF-00130	15/01/2014	EFLUENTE	1170							387300000			217,3	261			11260000		6,7	<0.01							<0.001		16,1	19,2													1,495	
2014	ERIME-00437	12/02/2014	AFLUENTE	358,2							387300000			528,75	1364,75			69700000		14,5	15,623							0,02		29,5	31,5												8,5	11,69	
2014	ERIMF-00438	12/02/2014	EFLUENTE	310,9							4884000			97,07	376			3255000		7,05	2,0092							0,01		13,1	14													4,8	
2014	ERIME-00918	19/03/2014	AFLUENTE	191,04										548,43	889,95					10,75	18,5569							2,076		11	29,5													12,09	
2014	ERIMF-00919	19/03/2014	EFLUENTE	263,47							410600000			238,09	417,7			33200000		8,75	5,5776							1,501		21,5	22,5														4,94
2014	ERIME-01343	16/04/2014	AFLUENTE	212							148300000			337,79	978,5			15800000		15,25	3,2592							2,206		17	17,5													8,84	
2014	ERIMF-01344	16/04/2014	EFLUENTE	493							19700000			159,9	539,75			8400000		12	2,865							1,683		25,5	26													8,48	
2014	ERIME-02275	25/06/2014	AFLUENTE	298,89										498,51	1105,5					16,25	10,94							1,668		7,37	7,7													7	
2014	ERIMF-02276	25/06/2014	EFLUENTE	310,44							9330000			420,28	952,25			3450000		15,75	5,08							1,222		9,64	11,09													5,78	
2014	ERIME-02536	16/07/2014	AFLUENTE	175,12										381,8	914,5					9,5	2,6588							1,938		12,07	33,5													22,07	
2014	ERIMF-02537	16/07/2014	EFLUENTE	271,44							35500000			303,86	743			12200000		9,5	0,07							0,9		10,58	14,45													7,1	
2014	ERIME-02972	20/08/2014	AFLUENTE	228,85										844,86	1644,5					12	13,3771							1,817		24,55	51,07													13,68	
2014	ERIMF-02973	20/08/2014	EFLUENTE	291,336							43520000			205,72	531,65			10120000		7,25	11,3658							1,559		36,09	37,04													6,35	

Anexo 2 Resultados de analisis de muestras obtenidas en la PTAR de Ubillus

Parámetros de Evaluación del Agua Residual de acuerdo a la Tabla 12, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria (TULSMA), Libro VI de la Calidad Ambiental																			
Parámetros de Calidad					ALCALINIDAD	COLIFORMES TOTALES	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO 5)	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	ESCHERICHIA COLI	GRASA Y ACEITE	NITRATOS	NITROGENO DE AMONIO	NITROGENO TOTAL KJELDHAL	pH	SÓLIDOS SUSPENDIDOS (GRAVIMÉTRICOS)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (GRAVIMÉTRICOS)	SÓLIDOS TOTALES (GRAVIMÉTRICO)	TEMPERATURA A MUESTRA	TENSOACTIVOS ABS
Unidad					mg/l	NMP/100ml			NMP/100ml			mg/l	--	mg/l			°C	mg/l	
Límites permisibles						3000	100	250	3000	0,3			15	5--9	100		1600	35	0,5
AÑO	ORDEN	MUESTRA	FECHA TOMA	DIRECCIÓN															
2014	R-00608	ERIME-02972	20/08/2014	AFLUENTE	228,85	-	844,86	1644,5	-	13,3771	1,817	24,55	51,07	7,1	308	268	1114	18	308
2014	R-00608	ERIMF-02973	20/08/2014	EFLUENTE	291,336	43520000	205,72	531,65	10120000	11,3658	1,559	36,09	37,04	7,02	98	80	563	15,5	98
2014	R-00680	ERIME-03381	17/09/2014	AFLUENTE	239,2		292,63	780,05		26,17	1,175	11,37	18,87	6,9	326	238	816	19	1,99
2014	R-00680	ERIMF-03382	17/09/2014	EFLUENTE	328	67000000	156,62	422,5	41700000	11,21	0,822	41,15	50,13	7	84	80	523	16,2	1,97

Parámetros de Evaluación del Agua Residual de acuerdo a la Tabla 10, del Acuerdo Ministerial N.- 028																			
Parámetros de Calidad					ALCALINIDAD	COLIFORMES TOTALES	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO 5)	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	ESCHERICHIA COLI	GRASA Y ACEITE	NITRATOS	NITROGENO DE AMONIO	NITROGENO TOTAL KJELDHAL	pH	SÓLIDOS SUSPENDIDOS (GRAVIMÉTRICOS)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (GRAVIMÉTRICOS)	SÓLIDOS TOTALES (GRAVIMÉTRICO)	TEMPERATURA A MUESTRA	TENSOACTIVOS ABS
Unidad					mg/l	NMP/100ml			NMP/100ml			mg/l	--	mg/l			°C	mg/l	
Límites permisibles						3000	100	250	3000	30			50	5--9	100		1600	35	0,5
AÑO	ORDEN	MUESTRA	FECHA TOMA	DIRECCIÓN															
2014	R-00608	ERIME-02972	20/08/2014	AFLUENTE	228,85	-	844,86	1644,5	-	13,3771	1,817	24,55	51,07	7,1	308	268	1114	18	308
2014	R-00608	ERIMF-02973	20/08/2014	EFLUENTE	291,336	43520000	205,72	531,65	10120000	11,3658	1,559	36,09	37,04	7,02	98	80	563	15,5	98
2014	R-00680	ERIME-03381	17/09/2014	AFLUENTE	239,2	-	292,63	780,05		26,17	1,175	11,37	18,87	6,9	326	238	816	19	1,99
2014	R-00680	ERIMF-03382	17/09/2014	EFLUENTE	328	67000000	156,62	422,5	41700000	11,21	0,822	41,15	50,13	7	84	80	523	16,2	1,97

Anexo 3 Resultado del análisis de lodos obtenidos en la PTAR de Ubillus



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: CHIRIBOGA SANDOVAL WILSON EDISON
ULPIANO PÁEZ 370 Y ROBLES
Telf: (02) 2507082

Atn: Ing. Wilson Chiriboga

Proyecto: Análisis de Desecho Sólido

Muestra Recibida: 27-jul-15

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Desecho Sólido

Análisis Completado: 04-ago-15

Número reporte Grúntec: 1507343-DS008

Rotulación Muestra:	METALES	Límite Máximo Permissible	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	22-jul-15	Tabla 2. Ordenanza 404 ^{a)}	
No. Reporte Grúntec:	1507343-DS008		

Parámetros Generales en Suelos:			
Humedad % ^(1,3)	<5	N/A	ASTM-4959-07

Metales en peso seco:			
Arsénico mg/kg ^(1,3)	1.6	75	EPA 6020 A
Cadmio mg/kg ^(1,3)	0.2	85	EPA 6020 A
Cromo mg/kg ^(1,3)	13	3000	EPA 6020 A
Mercurio mg/kg ^(1,3)	0.3	840	EPA 6020 A
Níquel mg/kg ^(1,3)	9	57	EPA 6020 A
Plomo mg/kg ^(1,3)	14	4300	EPA 6020 A
Zinc mg/kg ^(1,3)	134	420	EPA 6020 A

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽³⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

⁽²⁾ Acreditación CALA No. A3154

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

a) Límites máximos permisibles para extracción de metales pesados en base seca

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; Humedad = 0.05

Cálculo: $C \pm U_xC$ en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: CHIRIBOGA SANDOVAL WILSON EDISON
ULPIANO PAEZ 370 Y ROBLES
Tel: (02) 2507082

Atn: Ing. Wilson Chiriboga

Proyecto: Análisis de Desecho Sólido

Muestra Recibida: 27-jul-15

Tipo de Muestra: 7 Muestras de Desecho Sólido

Análisis Completado: 31-jul-15

Número reporte Grüntec: 1507343-DS001; 1507343-DS002; 1507343-DS003; 1507343-DS004; 1507343-DS005; 1507343-DS006; 1507343-DS007

Rotulación Muestra:	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6	MUESTRA 7	Media geométrica de 7 muestras	Ordenanza 404 Tabla 3 ^{a)}	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	22-jul-15	22-jul-15	22-jul-15	22-jul-15	22-jul-15	22-jul-15	22-jul-15			
No. Reporte Grüntec:	1507343-DS001	1507343-DS002	1507343-DS003	1507343-DS004	1507343-DS005	1507343-DS006	1507343-DS007			
Parámetros Microbiológicos:										
Coliformes Fecales NMP/g	<3.0x10 ¹	4.0x10 ¹	4.0x10 ¹	<3.0x10 ¹	<3.0x10 ¹	<3.0x10 ¹	<3.0x10 ¹	3.3x10 ¹	2x10 ⁶ NMP ó UFC/g ST ^{b)}	SM 9223 A,B
Huevos de Helmintos *	Ausencia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Ausencia	Ausencia	Método Interno
Salmonella *	Ausencia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Ausencia	Ausencia	AOAC 967 (25-26-27)

a) Criterios microbiológicos para no catalogar a un residuo biológico como peligroso.

b) Media geométrica de 7 muestras < o igual a 2x10⁶ NMP ó UFC/g ST.

N/A= No Aplica.



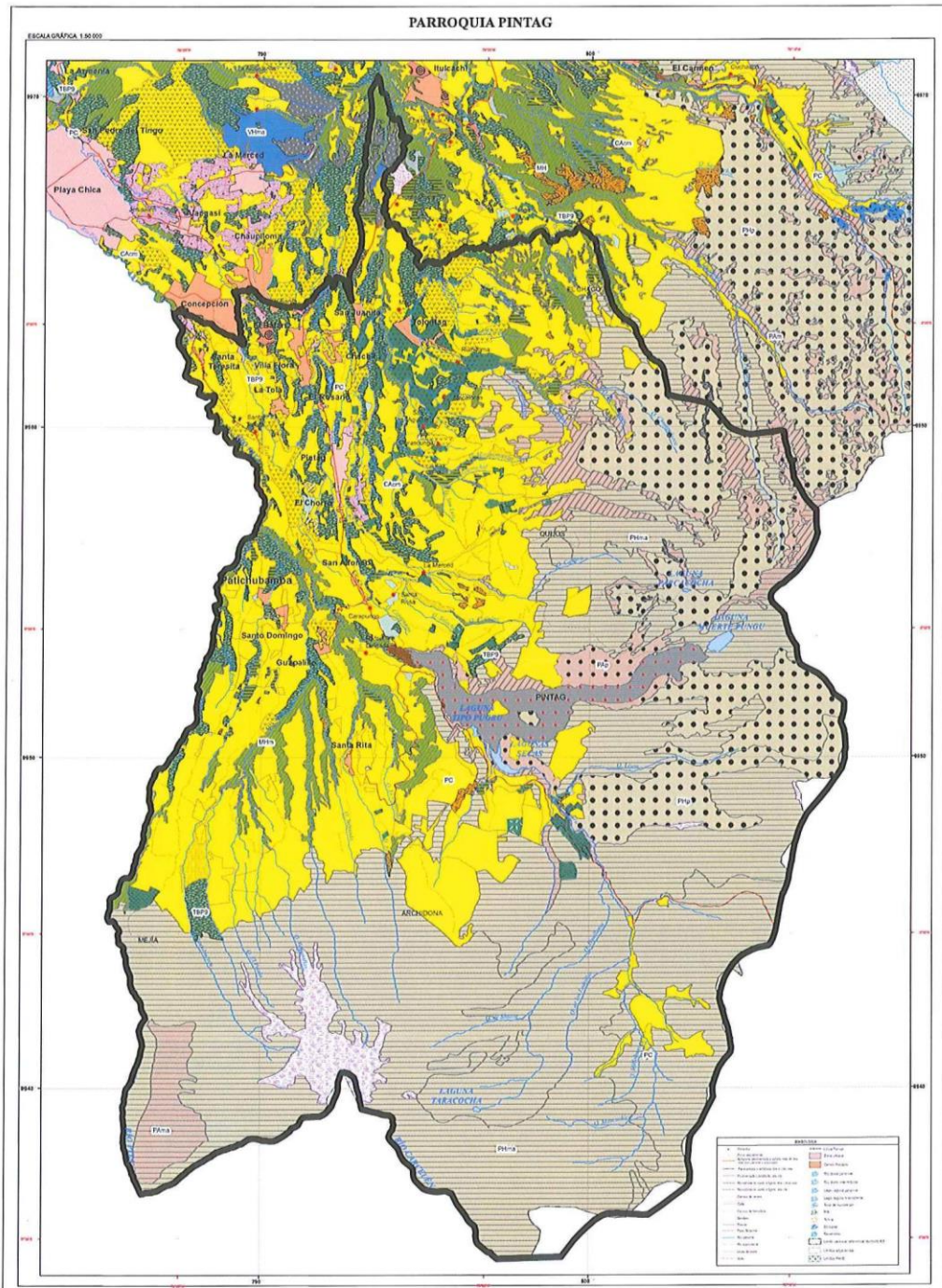
Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Anexo 4 Mapa uso del suelo de la parroquia Pintag



Anexo 5 Resultado S.U.C.S del suelo de la PTAR de Ubillus



TOPOGRAFIA, CALCULOS ESTRUCTURALES
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS,
ENSAYOS SPT, DENSIDADES NUCLEARES,
EXTRACCIONES DE NUCLEOS, TOMA DE
TESTIGOS, ENSAYOS ESCLEROMETRICOS,
ADITIVOS PARA EL HORMIGON,
ALISADO DE PISOS, IMPERMEABILIZACIONES

LABORATORIO DE SUELOS Y HORMIGONES

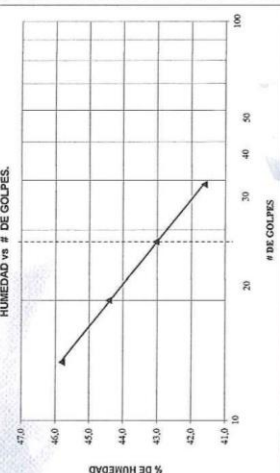
CLIENTE: **ING. WILSON CHIRIBOGA**
OBRA: **PTAR UBILLUS**

UBICACIÓN: **PARROQUIA PINTAG BARRIO UBILLUS**

MUESTRA: **1.00**
PROFUN : **2.00 METROS**

LABORATORISTA: **SAMUEL ANASI**
REVISADO POR: **ING. MARCELO GALLARDO**
FECHA: **22 de Julio de 2015**
ORDEN DE TRABAJO: **O.T. 07-006114-01**

TAMIZ	GRANULOMETRIA (ASTM D421)			HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)			
	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% QUE PASA	Nº TAPAS	PESO HUMEDO	PESO SECO	% DE HUMEDAD PROMEDIO
3"							
2 1/2"					51.62	45.00	22.87
2"					54.85	47.70	22.76
1 1/2"							
1"			100	14	26.11	24.34	45.81
3/4"			100	20	27.67	24.52	44.43
1/2"			100	28	29.51	25.46	43.04
3/8"			100	39	28.59	24.99	41.62
Nº4	0.89		99				
< Nº4							
Nº8							
Nº10	1.17	2.06	2		22.15	21.08	21.15
Nº40	1.613	18.19	16		22.35	21.27	16.35
Nº50			84		22.68	21.56	21.95
Nº100							21.05
Nº200	28.11	46.30	41				
< Nº200		59					
TOTAL							
Teoig		0					
T. +Suelo		112.19					
P. HUM.		112.19					
		DESPUES					
		112.19					
		112.19					
		g/m ³					
		g/m ³					
GRAVA	1 %						
ARENA	40 %						
FINOS	59 %						
CLASIFICACION:							
SUCS	CL						22.82 %
AASTHO	A-7-6						43.47 %
							22.09
							10



PRINCIPAL: **Quito**
Isla Genovesa N° 4282 y Tomás de Berlanga Telf.: 6042-160
Telefax: (02) 2243-407 Cels.: 0987-349-445 / 0997-027-170
E-mail: info@labscotest.com / www.labscotest.com

SUCURSAL 1: **Sucumbios**
Av. 9 de Octubre 113 entre Av. Colombia
y Manabí. Telfs: (06)2831-486 / (06)2835223
Cels.: 0997-027-170 / 0987-349-445

OBSERVACIONES:
LABSCOTEST Cía. Ltda.
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS
ING. MARCELO GALLARDO
LP: 175644

**Anexo 6 Resumen de valores de pH obtenidos in-situ en la PTAR
de Ubillus**

Fecha	pH Afluente	
dic-13	7,14	
ene-14	6,81	
feb-14	7,29	
abr-14	7,51	
jun-14	6,3	min
jul-14	7,55	
oct-14	7,08	
nov-14	7,84	max