

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBILLUS.

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

JONATHAN MARCELO VELASCO SALAZAR

jonathan.velasco@aguaquito.gob.ec

DIRECTOR: ING. LUIS ÁNGEL JARAMILLO SÁNCHEZ

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, noviembre 2017

DECLARACIÓN

Yo Jonathan Marcelo Velasco Salazar, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

JONATHAN MARCELO VELASCO SALAZAR

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jonathan Marcelo Velasco Salazar, bajo mi supervisión.

Ing. Luis Jaramillo
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mis más sinceros agradecimientos a:

A la Escuela Politécnica Nacional y a la Escuela de Formación de Tecnólogos por la formación entregada, a su planta de docentes por sus conocimientos y experiencias impartidas cada día en las aulas, al personal administrativo por todos los servicios prestados y a sus instalaciones por permitirme haber vivido grandes momentos de aprendizaje y compañerismo.

Al Ing. Luis Jaramillo por su disposición y vocación para guiarme en la elaboración de este proyecto.

Al Ing. Esteban Espinoza por ser una guía y por la dedicación de su tiempo para compartirme sus conocimientos de manera desinteresada.

A los amigos y compañeros, por su apoyo moral, su motivación y colaboración en cada momento difícil.

A mis profesores quienes me brindaron sus conocimientos y experiencias durante el transcurso de mi formación profesional.

Al personal del Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales, quienes colaboraron en la realización de este proyecto.

JONATHAN VELASCO

DEDICATORIA

A Dios por adoptarme como su hijo y demostrar su infinito amor, gracias por iluminar mi mente y dirigir mis pasos en pro de lograr mis objetivos.

“Todas las cosas por él fueron hechas y sin él nada de lo que ha sido hecho, fue hecho” (Juan 1:3)

A mis padres Marcelo y Teresa quienes han hecho todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por ser un ejemplo de perseverancia, paciencia, humildad, responsabilidad y por mostrarme siempre su infinito amor.

A mis hijos Marcelo Sebastián mi angelito del cielo, su hermano Josué que viene en camino y a su madre Valentina por demostrarme su apoyo, ayuda y amor en el desarrollo del presente proyecto.

A mis hermanos Andrés Fernando y Paul Alejandro, por su apoyo incondicional y su motivación que siempre me ha alentado a perseverar y seguir adelante.

A mis amigos y compañeros por su apoyo moral y por todos los momentos compartidos durante el transcurso de la carrera, me llevo lindos recuerdos y experiencias que pasaron en la Escuela Politécnica Nacional.

JONATHAN VELASCO

CONTENIDO

DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
PRESENTACIÓN	xiv
CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO II	5
MARCO CONCEPTUAL	5
2.1 AGUA RESIDUAL Y TIPOS	5
2.2 CARACTERÍSTICAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	5
2.3 PARÁMETROS DE CALIDAD: AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	6
2.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	10
2.4.1 Cribado	10
2.4.2 Reactor Fosa Séptica	11
2.4.3 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	13
2.4.4 Pozos de Infiltración	14
2.5 DISPOSICIÓN DE LODOS	15

2.5.1 Clasificación de los Lodos	15
Lodos primarios	15
Lodos secundarios.....	16
2.5.2 Lecho de Secado.....	16
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	17
2.6.1 Definiciones.....	17
CAPÍTULO III	20
METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LA PTAR UBILLUS	20
3.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE DE LA PTAR.....	20
3.2 RECONOCIMIENTO EN SITIO Y DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES QUE CONFORMAN LA PTAR.....	21
3.2.1 Cribado.....	22
3.2.2 Fosa Séptica	24
3.2.3 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).....	26
3.2.4 Pozos de Infiltración	28
3.2.5 Lecho de Secado de Lodos	30
3.3 FLUJOGRAMA DE LA PTAR	32
3.4 AFOROS DE CAUDALES	32
3.5 CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO/HIDRÁULICO EN LA FOSA SÉPTICA.....	36
3.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS OPERATIVOS EN LAS UNIDADES DE LA PTAR.....	37
3.6.1 Obstrucciones	37
3.6.2 Roturas	38
3.6.3 Taponamiento del cribado.....	40
3.6.4 Arrastre de sólidos	40

3.6.5	Baja cantidad de biopelícula	41
3.6.6	Saturación de los pozos de infiltración	42
3.6.7	Acumulación de lodos sin disposición.	43
3.6.8	Crecimiento de maleza y obstrucción de las tapas de las unidades	44
CAPÍTULO IV		45
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		45
4.1	ALCANCE	45
4.2	SIMBOLOGÍA.....	45
4.3	INICIO DE OPERACIÓN DE LA PTAR.....	46
4.3.1	Cribado.....	46
4.3.2	Fosa Séptica	50
4.3.3	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	57
4.3.4	Pozos de Infiltración	58
4.3.5	Lechos de Secado.....	58
4.3.6	Disposición Final de Lodos	62
4.3.7	RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	62
4.4	SEGURIDAD INDUSTRIAL Y EQUIPAMIENTO DE USO GENERAL	66
4.5	SALIDA DE OPERACIÓN DE LA PTAR.....	67
4.6	CONTROL DE CALIDAD.....	68
CAPÍTULO V		80
5.1	CONCLUSIONES.....	80
5.2	RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		84

CONTENIDO DE ANEXOS

ANEXO 1	87
PLANO EN PLANTA DEL CRIBADO	87
ANEXO 2	88
PLANO EN CORTE DE LA FOSA SÉPTICA	88
ANEXO 3	89
PLANO DEL FAFA EN CORTE Y PLANTA	89
ANEXO 4	90
PLANO DEI LECHO DE SECADO EN CORTE	90
ANEXO 5	91
PLANO DE LOS POZOS DE INFILTRACIÓN	91
ANEXO 6	92
VISTA EN GENERAL DE LA PTAR UBILLUS	92
DESCRIPCIÓN DE LA SIMBOLOGÍA DE LA PTAR UBILLUS	92
ANEXO 7	94
REGISTRO DE AFOROS DE CAUDAL	94
ANEXO 8	95
FORMULARIO DE CONTROL DE CALIDAD Y MEDICIÓN IN SITU	95
ANEXO 9	96
FORMULARIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	96
ANEXO 10	97
PLANIFICACIÓN ANUAL DEL MUESTREO	97
ANEXO 11	98
FICHA TÉCNICA DE LA CAL HIDRATADA	98
ANEXO 12	99
DATOS Y CURVAS DE AFOROS DE CAUDAL SEGÚN FECHAS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	99

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 REJILLA	11
FIGURA 2.2 FOSA SÉPTICA DE TRES COMPARTIMIENTOS	12
FIGURA 2.3 POZO DE INFILTRACIÓN.....	14
FIGURA 2.4 LECHO DE SECADO	16
FIGURA 3.1 SEPARADOR DE CAUDALES Y COMPUERTA DE INGRESO	22
FIGURA 3.2 REJILLA.....	23
FIGURA 3.3 FOSA SÉPTICA	24
FIGURA 3.4 FAFA Y VISTA DEL LECHO FILTRANTE.....	26
FIGURA 3.5 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN HACIA LOS POZOS DE INFILTRACIÓN	27
FIGURA 3.6 ROSETAS BIO PAC SF30.....	28
FIGURA 3.7 POZOS DE INFILTRACIÓN	29
FIGURA 3.8 VALLAS DE INFILTRACIÓN	30
FIGURA 3.9 VALLAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN	30
FIGURA 3.10 LECHO DE SECADO DE LODOS	31
FIGURA 3.11 FLUJOGRAMA DE LA PTAR.....	32
FIGURA 3.12 METODOLOGÍA DE AFORO DE CAUDAL.....	33
FIGURA 3.13 AFORO DE CAUDAL EN FECHAS DEL CRONOGRAMA	34
FIGURA 3.14 CURVA DE CAUDAL PROMEDIO HORARIO DE LOS VALORES REGISTRADOS EN UNA SEMANA.....	35
FIGURA 3.15 OBSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE REVISIÓN.....	37
FIGURA 3.16 DESTAPONAMIENTO DE UNA CAJA DE REVISIÓN	38
FIGURA 3.17 ROTURA DEL CODO DE SALIDA DE EL FAFA	39
FIGURA 3.18 ROTURA DE TUBERÍA A LA SALIDA DE LA FOSA SÉPTICA.....	39

FIGURA 3.19 TAPONAMIENTO DEL CRIBADO	40
FIGURA 3.20 FORMACIÓN DE NATAS POR EL ARRASTRE DE SÓLIDOS	41
FIGURA 3.21 ROSETAS BIOPAC SF30 SIN BIOPELÍCULA ADHERIDA	41
FIGURA 3.22 SATURACIÓN DE UN POZO DE INFILTRACIÓN	42
FIGURA 3.23 ESCURRIMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN EL TERRENO.....	43
FIGURA 3.24 ACUMULACIÓN DE LODOS PARA SU DISPOSICIÓN	43
FIGURA 3.25 MALEZA EN LA TAPA DEL POZO DE INFILTRACIÓN.....	44
FIGURA 3.26 LIMPIEZA DE LA TAPA DE INSPECCIÓN DEL POZO DE INFILTRACIÓN	44
FIGURA 4.1 VÁLVULA DE COMPUERTA VC-1	47
FIGURA 4.2 REJILLA Y CANAL DE CRIBA DESPUÉS DE SU LIMPIEZA	48
FIGURA 4.3 LIMPIEZA DEL CANAL DE CRIBA	49
FIGURA 4.4 LIMPIEZA DEL SEPARADOR DE CAUDALES.....	50
FIGURA 4.5 MEDICIÓN DE NIVEL DE LODOS.....	51
FIGURA 4.6 REMOCIÓN DE ESPUMAS Y NATAS.....	52
FIGURA 4.7 EXTRACCIÓN DE LODOS HACIA EL LECHO DE SECADO	54
FIGURA 4.8 LIMPIEZA DE ÁREAS VERDES	56
FIGURA 4.9 DESBROCE DE MALEZA	56
FIGURA 4.10 BIOPELÍCULA ADHERIDA AL LECHO FILTRANTE.....	57
FIGURA 4.11 TRANSPORTE DE LODOS PRIMARIOS DESDE CRIBADO	59
FIGURA 4.12 DISPOSICIÓN DE LODOS PRIMARIOS	60
FIGURA 4.13 DISPOSICIÓN DE LODOS SECUNDARIOS	61
FIGURA 4.14 LECHO DE SECADO PARA SU LIMPIEZA	61
FIGURA 4.15 MUESTREO AFLUENTE.....	71
FIGURA 4.16 MUESTREO EFLUENTE.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 CARACTERIZACIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA, CUANDO NO HA RECIBIDO NINGÚN TIPO DE TRATAMIENTO.....	6
TABLA 3.1 DIMENSIONES DEL CRIBADO.....	23
TABLA 3.2 DIMENSIONES DE LA FOSA SÉPTICA	25
TABLA 3.3 DIMENSIONES DEL FAFA.....	27
TABLA 3.4 DIMENSIONES DEL LECHO DE SECADO	31
TABLA 3.5 CRONOGRAMA DE MEDICIONES DE AFORO DE CAUDAL	33
TABLA 3.6 RESUMEN DE CAUDAL PROMEDIO SEGÚN CRONOGRAMA	36
TABLA 4.1 RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....	63
TABLA 4.2 RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE OPERACIÓN	65
TABLA 4.3 EQUIPOS DE SEGURIDAD	66
TABLA 4.4 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS PARA EL MUESTREO	69
TABLA 4.5 PARÁMETROS A ANALIZAR PARA AGUAS RESIDUALES Y MÉTODO DE ANÁLISIS	77
TABLA 4.6. EQUIPOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA MUESTREO	78

RESUMEN

Las aguas residuales, antes de ser vertidas en los cuerpos receptores, deben recibir un tratamiento adecuado, con el objetivo de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, para evitar que su disposición provoque problemas ambientales, sanitarios y en la salud de las personas.

En base a este principio, se propone recolectar y analizar toda la información técnica acerca de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR's) que contengan las siguientes operaciones unitarias; separador de caudales, cribado, fosa séptica, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y su disposición en el suelo mediante pozos de infiltración. Es importante mencionar el tratamiento y disposición de los lodos generados en el proceso de depuración, por lo que su estabilización se realiza mediante lechos de secado.

El objetivo de este Proyecto de Tesis es elaborar el Manual de Operación y Mantenimiento (O&M) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Ubillus, con el fin de detallar el proceso de tratamiento, identificar los problemas operativos que se han presentado, y en base a la bibliografía establecer las soluciones más idóneas y contrarrestar las causas que lo generan. De esta forma se puede optimizar el control del proceso mediante el uso de registros de control operativo, control de calidad y de igual manera se establecerá las frecuencias de mantenimiento en las unidades, para minimizar la aparición de cualquier problema que pueda presentarse en la normal operación.

Esta información será documentada en el Manual de Operación y Mantenimiento, con el fin de cumplir con el objetivo de tener una operación adecuada, óptima, continua y confiable.

PRESENTACIÓN

La presente tesis contiene cinco capítulos en los cuales se desarrolla el marco teórico, se describe las operaciones unitarias de la PTAR, el funcionamiento de la planta, la metodología para los aforos de caudal, la identificación de los problemas en la operación normal de la planta, con lo cual se puede desarrollar el Manual de Operación & Mantenimiento, para finalmente presentar las conclusiones y recomendaciones.

El Capítulo 1, describe la problemática encontrada y la justificación del presente proyecto, así como los objetivos propuestos.

El Capítulo 2, contiene el desarrollo del marco teórico, en el cual se describen conceptos técnicos sobre el tratamiento de las aguas residuales. Se revisará bibliografía específica en referencia a las unidades de tratamiento que tiene la PTAR Ubillus.

El Capítulo 3, presenta una descripción de la PTAR, la metodología para los aforos de caudal, el tiempo de retención teórico/hidráulico de la fosa séptica, se identificará y analizará los problemas presentados en el normal funcionamiento de las operaciones unitarias de la PTAR Ubillus.

El Capítulo 4, desarrolla y describe de manera sistemática el Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubillus, el cual será un sustento técnico para una óptima operación de la planta.

Finalmente el Capítulo 5, muestra las conclusiones y recomendaciones del proyecto de titulación.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Ante un continuo y acelerado crecimiento demográfico, se genera una mayor cantidad de desechos líquidos provenientes del sistema de abastecimiento de agua potable. Antes de su descarga a los cuerpos receptores estos desechos deben ser tratados de manera adecuada y técnica con el fin de evitar la contaminación ambiental, ya que en la actualidad muchos cuerpos receptores se siguen deteriorando día a día.

En nuestro país, la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales es una realidad desde hace algunos años atrás tanto en el sector urbano y rural, debido a una falta de conciencia social, recursos económicos e incumplimiento de la legislación vigente para descargas de aguas residuales a cauces de agua dulce.

En el sector rural del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), se cuenta actualmente con una cobertura de agua potable del 94,82%, el alcantarillado llega al 82,21%, y el tratamiento de efluentes es de 0,1% (EPMAPS, 2015), por lo cual el Ilustre Municipio de Quito, a través de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), está ejecutando el Plan de Descontaminación de Ríos y Quebradas, que contempla la ejecución de obras para lograr un manejo adecuado e integral de los residuos líquidos generados, de manera que se minimicen los impactos derivados de su descarga directa a los ríos y quebradas de la ciudad.

En parroquias rurales la EPMAPS se encuentra operando plantas de tratamiento consideradas como pequeñas, debido al bajo caudal de agua residual que ingresan a dichos sistemas, entre las cuales se encuentra la PTAR Ubillus ubicada en la parroquia de Pintag.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubillus, en sus inicios fue construida por la Junta Parroquial de Pintag y la comunidad, en esta etapa la operación y las actividades de mantenimiento las realizaba la junta parroquial en coordinación con los moradores del barrio Ubillus a través de mingas comunitarias.

La EPMAPS, mediante convenio con el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Pintag (GADP-P), está ejerciendo la administración, el control y la operación de la PTAR Ubillus a través del Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales (DTAR). Como parte del Plan de Descontaminación de Ríos, la EPMAPS ejecutó la optimización de la PTAR con el fin de mejorar su funcionamiento, adicionando al tren de tratamiento existente las siguientes unidades: separador de caudales en el cribado, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), y su disposición en cuatro pozos de infiltración, y para la deshidratación del lodo generado, se cuenta con un lecho de secado de lodos y su respectivo pozo.

La problemática evidenciada en la PTAR Ubillus, fue el colapso de la planta debido al aumento de conexiones de aguas ilícitas provenientes de agua lluvia al sistema de alcantarillado, una inadecuada supervisión de la operación y ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo a las unidades de tratamiento.

Adicionalmente, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubillus no dispone de un Manual de Operación y Mantenimiento, que describa el proceso de depuración, indique las operaciones unitarias, contenga el levantamiento de los problemas existentes y sus causas, así como las soluciones más idóneas. Por lo cual es necesario que el personal encargado disponga de un Manual de O&M como sustento técnico y práctico que le facilite realizar las actividades de operación, control y mantenimiento en cada operación unitaria, siguiendo cronogramas y frecuencias, así como el uso de equipamiento indispensable para realizar las actividades, con el objetivo de precautelar la salud ocupacional del personal.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubillus, tienen la finalidad de recopilar toda la información para conocer el proceso de tratamiento, sus unidades e identificar las unidades más vulnerables donde se requiere mucha atención en la ejecución del plan de mantenimiento.

El objetivo es facilitar al personal técnico encargado de la planta, un Manual de Operación y Mantenimiento que les ayude a realizar las diferentes actividades con anticipación, siguiendo cronogramas, tiempos específicos y frecuencias, además del uso de equipos, materiales e instrumentos que se utilizarán en cada actividad, también el uso de equipos de protección personal y las recomendaciones sobre las medidas de seguridad que deben ser tomadas por el personal antes de realizar estos trabajos.

He aquí la justificación de tener un Manual de O&M, que describa las actividades a ejecutarse y el equipamiento necesario, de esta manera se garantizará un correcto funcionamiento de la PTAR con el fin de evitar que se produzcan paralizaciones intempestivas, debido a la falta de mantenimiento en las unidades y esto ayudará a prolongar la vida útil de las mismas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un Manual de Operación y Mantenimiento, que describa las actividades necesarias para una adecuada operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubillus, con el fin de tener una operación confiable, continua y eficiente.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubillus.
- Conocer la curva de caudal diaria y horaria que presenta el caudal de ingreso de la PTAR Ubillus.
- Verificar el tiempo de retención de la fosa séptica en base al caudal promedio de ingreso resultante de los aforos de caudal.
- Identificación de los problemas que se presentan en la PTAR Ubillus.
- Definir las actividades de operación y mantenimiento necesarias para el correcto funcionamiento de la PTAR.
- Establecer medidas de prevención de accidentes para el personal involucrado en las actividades de operación y mantenimiento.
- Determinar el uso adecuado de los equipos de protección personal para el personal involucrado en estas actividades.
- Sugerir normas de seguridad industrial para el personal encargado de la PTAR.
- Determinar la planificación de muestro de la PTAR.
- Establecer registros para el control, operación y mantenimiento de la PTAR.
- Dar sugerencias y recomendaciones que puedan aportar al mejoramiento operativo y el funcionamiento de la planta.
- Documentar el proceso de operación y mantenimiento para facilitar su funcionamiento y desarrollar sus actividades.
- Facilitar el proceso de operación y mantenimiento mediante el uso del manual para que el personal encargado lo ejecute.

CAPÍTULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1 AGUA RESIDUAL Y TIPOS

Las aguas residuales se pueden definir como las aguas de desecho provenientes de un sistema de abastecimiento de agua potable, después de haber sido modificadas sus condiciones físicas, químicas y biológicas por su uso en distintas actividades domésticas, industriales y agrícolas (Mara, 1976).

Tipos de agua residual

Según la fuente de generación, las aguas residuales se clasifican como:

Domésticas: son aquellas utilizadas para actividades de alimentación e higiene personal proveniente de inodoros, cocinas, lavanderías y duchas de una casa.

Industriales: son aquellas provenientes de procesos industriales, textiles, minería y de manufactura, entre otros.

Agrícolas: son aquellas esorrentías provenientes de la irrigación de pesticidas y fertilizantes hacia los suelos para uso agrícola.

Pluviales: son aquellas provenientes del escurrimiento superficial de la lluvia que fluyen por los techos, calles y otras superficies de terreno (Metcalf & Eddy, 1995, p. 18).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Estas aguas se caracterizan principalmente por la presencia de materia orgánica (heces fecales y orina), grasas, aceites y restos de productos de limpieza tales como detergentes, jabones, y productos de aseo (Fonseca, 2014, p. 16).

Características

El agua residual doméstica presenta una alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), lo que se traduce en una reducción del Oxígeno Disuelto (OD). Distintos autores han caracterizado la composición del agua residual doméstica, en base a estadísticas ponderadas con muestras tomadas en diferentes países (Metcalf & Eddy, 1995, p. 53).

TABLA 2.1 CARACTERIZACIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA, CUANDO NO HA RECIBIDO NINGÚN TIPO DE TRATAMIENTO.

Compuesto	Unidad	Concentración		
		Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Totales disueltos	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Suspendidos Totales	mg/l	350	220	100
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos Sedimentables	mg/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total	mg/l	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (Total como N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoníaco Libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (Total como P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad (como CaCo)	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50

Fuente: Metcalf & Eddy, (1995)

2.3 PARÁMETROS DE CALIDAD: AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica representa la contaminación que tiene el agua residual, es la encargada de agotar el oxígeno disuelto en los cuerpos hídricos (Orozco Jaramillo, 2005, p. 13).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno, se emplea para determinar el contenido de materia orgánica presente, su oxidación tiene lugar por vía química (Romero Rojas, 2010, p. 1042).

La DQO de una agua residual es generalmente mayor que la DBO debido a que muchos compuestos que pueden ser oxidados químicamente, no pueden serlo biológicamente (Metcalf & Eddy, 1995, p. 93).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno mide la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los microorganismos para oxidar o degradar (estabilizar biológicamente) la materia orgánica biodegradable existente en el agua residual (Romero Rojas, 2010, p. 38). El ensayo tiene un periodo de 5 días a 20 grados centígrados.

Sólidos

La materia orgánica a menudo está en forma de partículas en suspensión. Su análisis es importante en el control de los procesos de tratamiento biológico y físico de las aguas residuales y evaluar el cumplimiento de los límites que regulan su vertido (Orozco Jaramillo, 2005, p. 26).

Sólidos Totales (ST)

Es la característica física más importante del agua residual, el contenido de sólidos totales está formado por: sólidos en suspensión, sólidos sedimentables, materia coloidal y disuelta en el agua residual (Metcalf & Eddy, 1995, p. 59). Los sólidos totales son la suma de los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos.

Sólidos Suspendidos

Según el autor Rivas Mijares (1978); los sólidos suspendidos o no disueltos son considerados de un tamaño igual o mayor a 1 μm de diámetro, generalmente pueden ser removidos mediante la aplicación de tratamientos físicos como la sedimentación simple (p. 18).

Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, son aquellos con un tamaño menor de 1.2 μm (Barba Ho, 2016).

Sólidos Sedimentables

Los sólidos sedimentables son el grupo de sólidos cuyos tamaños de partícula corresponden a 10 micras o más, sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica llamado cono Imhoff, en un período de tiempo. Generalmente para ensayos se deja de 45 minutos a una hora. Los sólidos sedimentables de aguas residuales son expresados en función de un volumen (ml/l), (Metcalf & Eddy, 1995, p. 59).

Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es un gas de baja solubilidad necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida (Metcalf & Eddy, 1995, p. 101). La concentración de oxígeno disuelto sirve para controlar y mantener los procesos de tratamiento de aguas residuales (Jaramillo, 2013).

pH

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno (Romero Rojas, 2010, p. 66). Esta expresión numérica define la naturaleza ácida, neutra o alcalina del agua residual, y se define:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

Es necesario tener un intervalo de concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida biológica, caso contrario con un pH inadecuado se presenta dificultades en el tratamiento, durante los procesos biológicos.

Alcalinidad

La alcalinidad en un agua residual se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio o amoníaco (Metcalf & Eddy, 1995, p. 97). Según autor Romero Rojas (p. 29). La alcalinidad tiene la capacidad de neutralizar ácidos, con el fin de regular los cambios del pH.

Conductividad

La conductividad representa la capacidad de una solución para transmitir la corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, así como la temperatura de medición (Fonseca, 2014).

Temperatura

La temperatura es de vital importancia para estimar el comportamiento de los procesos anaerobios, en un sistema de tratamiento de aguas residuales. Además porque la mayor o menor intensidad de las reacciones químicas y procesos biológicos dependen de la temperatura del ambiente o el medio donde ellas se manifiestan (Rivas Mijares, 1978, p. 16). La temperatura del agua residual suele ser más elevada que del agua de suministro, debido principalmente a que se incorpora agua caliente procedente del agua en el uso doméstico. Sus valores oscilan entre los 10°C y 21°C (Metcalf & Eddy, 1995, p. 70).

Color

El color es un parámetro que refleja parcialmente la concentración de materia orgánica, el envejecimiento del agua residual, es decir su edad y la presencia de residuos industriales. Las aguas residuales domésticas frescas son generalmente de color gris y a medida que el agua envejece cambia a color gris oscuro y luego a negro, es decir aumenta su septicidad (Romero Rojas, 2010, p. 37).

Turbiedad

La turbiedad del agua es producida por material en suspensión, como: sólidos coloidales, sólidos en suspensión, arcilla, limo y materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, plankton y otros microorganismos (Rivas Mijares, 1978, p. 16).

Grasas y aceites

Se consideran grasas y aceites a los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causando iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar por las bacterias.

Generalmente provienen de la mantequilla, manteca, margarina, aceites vegetales, hidrocarburos y carnes. Los aceites y grasas son de origen vegetal y animal las cuales son comúnmente biodegradables (Romero Rojas, 2010, p. 59).

Efluente

Se entiende como el caudal de agua residual que sale de una unidad de tratamiento, (EPMAPS, 2014).

Afluente

Se entiende como el caudal de agua residual que ingresa a una unidad de tratamiento (EPMAPS, 2014).

2.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.4.1 CRIBADO

El cribado por lo general es la primera unidad de la PTAR, tiene la función de remover el material grueso, generalmente flotante contenido en las aguas residuales, que pueden obstruir tuberías de conducción y equipos de la planta de tratamiento o dificultar la operación de la PTAR (Romero Rojas, 2010, p. 287).

REJAS

Las rejas son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente separadas en claros libres entre 25 a 50 mm, colocadas en un ángulo de 30 a 60 grados respecto al plano horizontal. (Guerrero Hidalgo, 2014, p. 13)

Su finalidad es retener materiales gruesos, de dimensiones relativamente grandes, que estén en suspensión o flotantes los cuales podrían perjudicar el funcionamiento de la planta. Los materiales retenidos son principalmente papel, trapos, cáscaras de frutas, restos de vegetales, pedazos de madera y vidrio, materiales plásticos, y otros objetos que puedan pasar por los inodoros o en las aberturas de los pozos de inspección de la red de alcantarillado (Metcalf & Eddy, 1995, p. 509).

Las rejas se pueden clasificar según el tipo de limpieza existen dos tipos: rejas de limpieza manual y rejas de accionamiento mecanizado. Las rejas de limpieza manual son empleadas en instalaciones pequeñas (Metcalf & Eddy, 1995, p. 509).

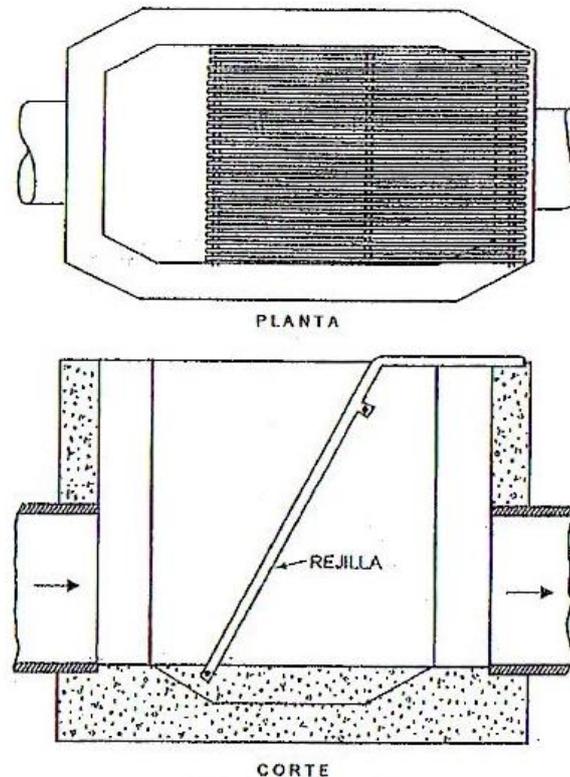


FIGURA 2.1 REJILLA

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño (2010)

2.4.2 REACTOR FOSA SÉPTICA

Pozo séptico o fosa séptica es un reactor para la descomposición anaerobia de las aguas residuales. Fue diseñado para retener, separar y tratar los sólidos sedimentables del agua residual. Se caracteriza porque combina los procesos de sedimentación y la digestión anaerobia de los lodos que ocurren dentro del mismo.

Funciones principales de la fosa séptica: (Romero Rojas, 2010, p. 688)

- Eliminar sólidos suspendidos y material flotante.
- Realizar el tratamiento anaerobio de los lodos sedimentados.
- Almacenar lodos y material flotante.

Características de la fosa séptica: (Romero Rojas, 2010, p. 693)

- Se construye generalmente de forma rectangular y. en la parte subterránea.
- Construcción de piedra, ladrillo, hormigón armado, plástico u otro material resistente a la corrosión.
- Se pueden construir de dos o más compartimientos que operan en serie, esto beneficia al rendimiento de la sedimentación de sólidos.
- El tanque debe ser completamente hermético, impermeable y de escurrimiento continuo.

En algunos diseños se los construye, con pantallas o deflectores colgantes tanto en la entrada y salida, con el fin de generar tres o más compartimientos para conseguir una distribución eficaz de agua y evitar altas velocidades en la salida para disminuir que se escape la espuma que se forma durante su funcionamiento.

En el primer y segundo compartimiento la materia más densa se sedimenta y se deposita en el fondo en forma de lodo; la materia más ligera forma en la superficie una espuma flotante, finalmente pasa al tercer compartimiento que permite disponer el efluente para su depuración biológica (Crites & Tchobanoglous, 2000).

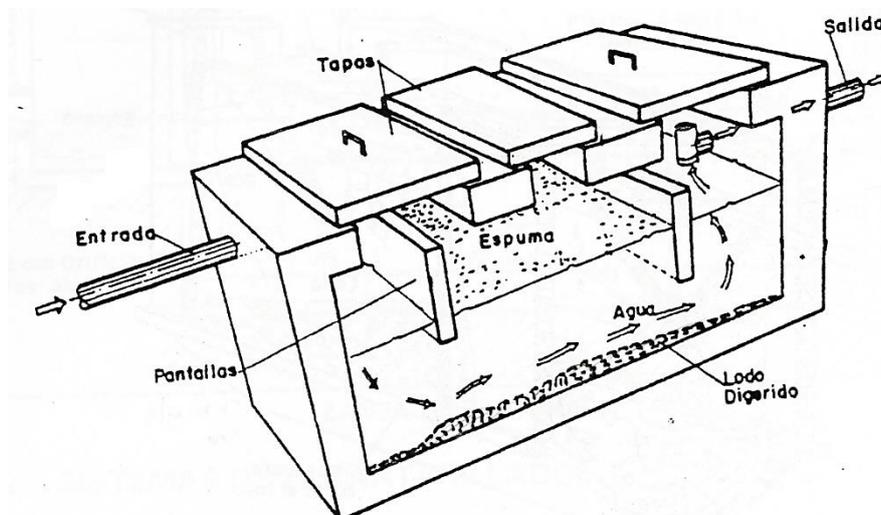


FIGURA 2.2 FOSA SÉPTICA DE TRES COMPARTIMIENTOS

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas Rurales de Disposición de Excretas (1994).

Según el autor Romero Rojas (p. 688), La remoción de DBO en una fosa séptica puede ser del 30% al 50%, de grasas y aceites de un 70% al 80%, de fósforo un 15% y de sólidos suspendidos (SS), de un 50% al 70% para aguas residuales domésticas típicas.

2.4.3 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Los filtros son unidades de tratamientos físicos y biológicos. Están constituido por una columna rellena de material filtrante (piedra, grava, arena, anillos de plástico u otro material) que generalmente tienen un tamaño de partícula de 3 a 5 centímetros, en el cual se desarrolla el crecimiento biológico anaerobio (EPMAPS, 2014).

Los parámetros más importantes del medio filtrante son la superficie específica y la porosidad, la superficie específica nos permite conocer la cantidad de carga orgánica que puede soportar el filtro, mientras mayor sea la superficie específica mayor capacidad de carga orgánica tendrá, mientras que a mayor porosidad se produce menos atascamientos (José & Seco Torrecillas , 2008).

El agua residual entra en contacto con el crecimiento bacterial adherido al medio filtrante, que degrada la DBO del afluente dando como resultado un efluente clarificado con una menor carga orgánica. La acumulación de biomasa es lenta pero constante. Esta biomasa que crece en el medio filtrante puede tardar alrededor de 6 meses para estabilizarse (Romero Rojas, 2010, p. 707).

Principales ventajas:

- Es sencillo de mantener, de fácil operación y mantenimiento.
- Requiere un área o terreno pequeña para su construcción.
- Posee un consumo energético nulo.
- El riesgo de taponamiento es mínimo, debido a que el flujo es ascensional.
- Permite una concentración de biomasa alta y un efluente clarificado.
- Altas concentraciones de biomasa y largos tiempos de retención celular.
- Eficacia de remoción de alrededor del 80 %, (Romero Rojas, 2010, p. 708).

La eliminación de sólidos suspendidos y de DBO puede llegar de 85 a 90% pero normalmente está dentro del rango de 50 a 80%, cuando la eliminación de nitrógeno esta alrededor del 50% en el mejor de los casos (José & Seco Torrecillas , 2008).

2.4.4 POZOS DE INFILTRACIÓN

Los sistemas de infiltración en el terreno es un tratamiento de sistemas naturales, donde existe una remoción de contaminantes por su paso a través del suelo. Este actúa como un filtro biológico de gran tamaño donde se retienen sólidos por absorción y se origina la oxidación de la materia orgánica (Chiriboga, 2016, p. 21).

Los pozos de infiltración tienen como propósito dar un tratamiento final y se garantiza una disposición adecuada del efluente, ya que los contaminantes y microorganismos patógenos del agua residual que no pudieron ser removidos en los procesos anteriores son eliminados a través de su paso por el suelo.

Los pozos de infiltración son excavaciones profundas, de diámetros y dimensiones variables, tienen una forma cilíndrica. Sus paredes son construidas de ladrillos, bloques o piedras espaciados entre sí para filtrar el agua residual en el suelo a través de sus paredes laterales. Para facilitar la filtración se coloca grava o piedra triturada en la parte exterior del pozo de infiltración (Romero Rojas, 2010, p. 737).

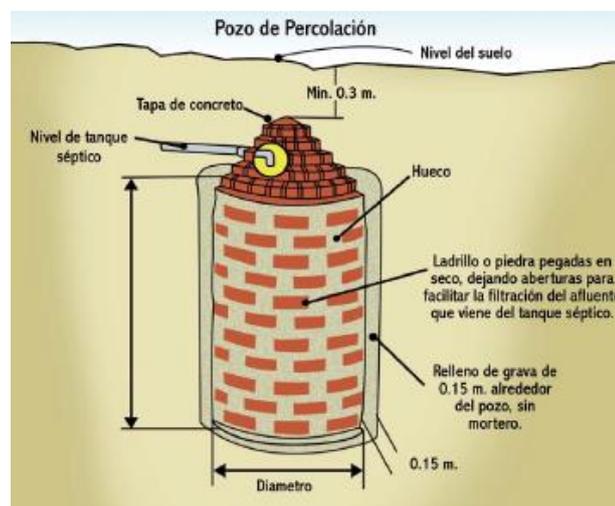


FIGURA 2.3 POZO DE INFILTRACIÓN

Fuente: Manual técnico de difusión Sistema de tratamiento de aguas residuales (2008).

2.5 DISPOSICIÓN DE LODOS

Los lodos generados en los procesos de una PTAR, necesitan transporte, tratamiento y una adecuada disposición final. Los lodos tiene un alto contenido de humedad alrededor del 80 al 90% de agua por peso, además están conformados de un alto contenido de materia orgánica y agentes patógenos (Romero Rojas, 2010, p. 759), por lo cual necesitan tratamiento o estabilización para:

- Disminuir la cantidad de agua para facilitar su manejo y disposición.
- Eliminar patógenos y olores ofensivos. (Metcalf & Eddy, 1995, p. 916)
- Acondicionar al lodo para su reutilización o disposición final.

El tratamiento de los lodos consiste en aplicar sustancias químicas o una combinación de tiempo/temperatura que aseguren la remoción o transformación de los patógenos y de los componentes orgánicos que pueden causar malos olores.

La finalidad del proceso normalmente es secarlos, esto puede ser natural en lechos de secado de lodos para reducir considerablemente su volumen y el material se torna manejable para su reuso o disposición final. Es importante indicar que el manejo del lodo se debe realizar con mucha precaución, puesto que todavía contiene gran cantidad de microorganismos (Crites & Tchobanoglous, 2000).

2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS LODOS

Los lodos residuales son materiales semilíquidos, los cuales se generan en el cribado y la fosa séptica, se almacenan en el fondo de los mismos, generalmente están constituidos de arena, aceites y grasas, sólidos y materia orgánica. Según varios autores Crites & Tchobanoglous, (2000).

LODOS PRIMARIOS

“Son lodos producto de la sedimentación de aguas residuales provenientes del cribado” (Romero Rojas, 2010, p. 757), es decir las partículas de materia orgánica particulada, en estado crudo.

LODOS SECUNDARIOS

“Son los lodos provenientes del tratamiento biológico de las aguas residuales” (Romero Rojas, 2010, p. 757), es decir la biomasa (partículas conglomerados con bacterias producto del tratamiento de las aguas residuales en la fosa séptica).

Los lodos provenientes de la fosa séptica, requieren una estabilización y deshidratación, antes de ser reutilizados o llevados a su disposición final.

2.5.2 LECHO DE SECADO

El lecho de secado es una plataforma rectangular que tiene una base de ladrillo, donde se tiene una capa de arena y piedra cuya función es filtrar el residuo líquido de los lodos. Al fondo de estos materiales se coloca un sistema de drenaje que recolecta los líquidos y los conduce hacia el punto de descarga o infiltración. Después por medio de radiación solar y evaporización de la superficie, se deshidrata los lodos hasta dejarlos en una forma sólida. Dependiendo del clima (temperatura solar, intensidad de lluvia, humedad de los suelos, etc.) el periodo de secado puede variar de 3 a 6 meses (Romero Rojas, 2010, p. 831).

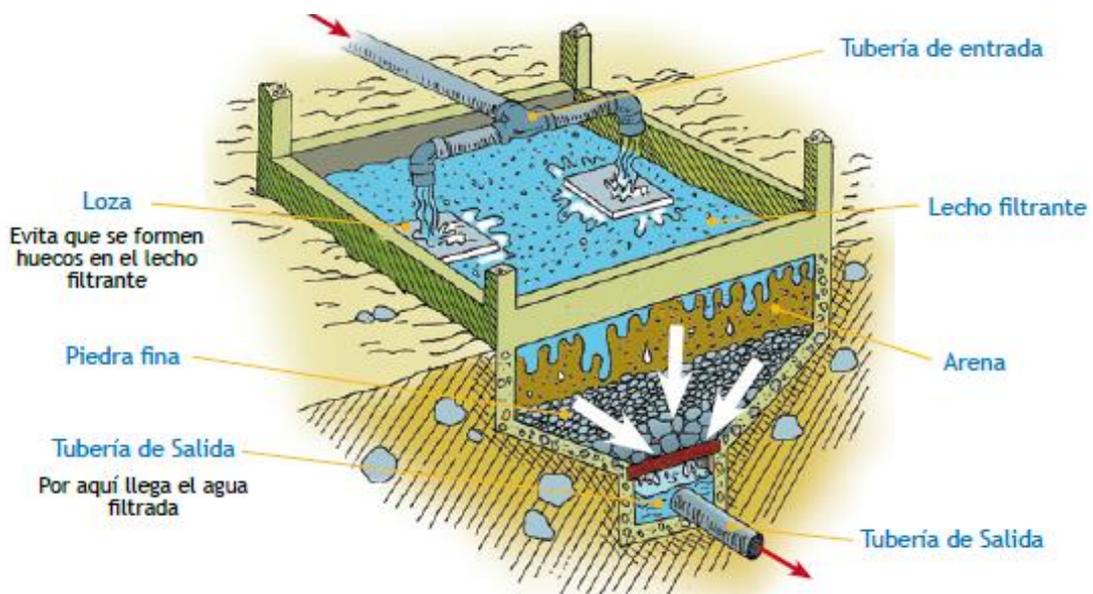


FIGURA 2.4 LECHO DE SECADO

Fuente: Manual Técnico de difusión Sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales (2008).

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

2.6.1 DEFINICIONES

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

La PTAR tiene por objeto evitar la contaminación de las aguas del cuerpo receptor, y por lo tanto disminuir el riesgo de afectar a la salud de la población. La PTAR reducirá la carga orgánica y los patógenos previos a su descarga.

La operación y mantenimiento de una planta de tratamiento son aspectos que conciernen al funcionamiento. Pues es importante que su operación y mantenimiento se lleve en forma organizada, sistemática y técnica, razón por la cual el presente manual define en forma clara y concisa las actividades principales a llevarse a cabo por el personal encargado de operar y mantener operativa la planta de tratamiento (EPMAPS, 2014, p. 10).

Operación

Es el conjunto de acciones externas que se efectúan en forma sistemática con una determinada antelación y frecuencia, para lograr el adecuado funcionamiento de la PTAR. La operación en la PTAR Ubillus, incluye: el registro de operación, registro de mantenimiento e inspecciones, la planificación del muestreo del efluente y afluente, con el objetivo de verificar la eficiencia de las operaciones unitarias.

Responsabilidades:

Estas acciones las realiza el operador siguiendo las indicaciones del Manual de O&M, aplicando los conocimientos adquiridos durante el adiestramiento y dando cumplimiento a las recomendaciones de este manual. Una responsabilidad importante del operador es verificar que no existan obstrucciones, roturas, y filtraciones, en la PTAR (EPMAPS, 2014, p. 16).

Las novedades que el operador encuentre en relación con el funcionamiento normal de la PTAR, las registrará en su bitácora y las comunicará vía radio a la Jefatura del Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales (DTAR).

Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en forma permanente y sistemática en las instalaciones y estructuras para mantenerlos, prevenir o reparar daños a fin de lograr un adecuado funcionamiento y mantener la capacidad del sistema (EPMAPS, 2014, p. 19).

El mantenimiento comprende básicamente las siguientes actividades:

- Prolongación de la vida útil de los diversos elementos.
- Limpieza y ordenamiento general.
- Sustitución, arreglo o reposición de elementos o procesos fuera de orden.

TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento Preventivo

Consiste en una serie de acciones de conservación que se realizan con una frecuencia determinada en las instalaciones y equipos de la planta, destinadas a evitar daños que pueden ser de difícil y costosa reparación o que ocasionen interrupciones en el tratamiento de las aguas residuales (EPMAPS, 2014, p. 20).

Responsabilidades:

El DTAR, preparará una programación para el mantenimiento preventivo de la PTAR, asignando responsabilidades a cada nivel y proporcionando los materiales y herramientas necesarias.

Esta programación contendrá un calendario y un cronograma de actividades. Las acciones de mantenimiento preventivo las planificará el Jefe de Mantenimiento con la aprobación del Jefe del DTAR y las realizará el grupo de operadores, personal de mantenimiento y peones.

Las acciones del mantenimiento preventivo en las operaciones unitarias constan en el presente Manual de O&M y servirán de consulta permanente al planificar el mantenimiento preventivo (EPMAPS, 2014, p. 20).

Mantenimiento Correctivo

Consiste en las reparaciones que se ejecutan para corregir cualquier daño que se produzca en las instalaciones, equipos y estructuras de la planta de tratamiento, y que no ha sido posible evitar con el mantenimiento preventivo.

El deterioro normal de los diferentes elementos de los sistemas, ocasiona la necesidad de efectuar reparaciones mayores e inclusive la reposición de algunas piezas, tuberías o equipos determinados. El DTAR contará con repuestos, equipos, herramientas, talleres y bodegas; además de personal adiestrado.

En base a los resultados obtenidos en el mantenimiento preventivo, el Jefe de la Planta en base a la experiencia, identificarán las actividades de mantenimiento correctivo que se necesite realizar en la planta de tratamiento.

Seguidamente se estimarán los costos y reposición de los materiales, equipos, etc. que serán necesarios y se planificará las fechas para su ejecución, con el personal que deba realizar dichas actividades (Romero Rojas, 2010, p. 184).

Mantenimiento de Emergencia

Es aquel que se realiza cuando los sistemas o equipos han sufrido daños por causas imprevistas, ocasionadas por el hombre o por la naturaleza y que requieren una solución inmediata (EPMAPS, 2014, p. 21). En este caso, las actividades a tomarse serán planificadas por el Jefe del DTAR en colaboración con el personal de la planta, así como con otras autoridades locales. De ser necesario, se planificará las acciones necesarias de reparación con otras instituciones como el COE Provincial, el Cuerpo de Bomberos y la Cruz Roja, con el objetivo de restablecer el tratamiento normal de la PTAR en el menor tiempo posible.

Responsabilidades:

Según los daños identificados, el DTAR, planificará las acciones necesarias para efectuar las reparaciones; dependiendo de la magnitud de los daños, podrá requerirse la colaboración de otras instituciones como el COE Provincial, Cuerpo Bomberos, GADP y demás instituciones públicas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LA PTAR UBILLUS

3.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE DE LA PTAR.

Para la recolección de información, es necesario conocer los antecedentes de la PTAR Ubillus y la situación actual en la que se encuentra operando.

En el año 1998 la junta parroquial de Pintag, construyó el sistema de alcantarillado combinado y una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio Ubillus, la cual contaba únicamente con una fosa séptica y mediante vallas de infiltración se transportaba el efluente hacia el cauce de la quebrada s/n.

Inicialmente la operación y las actividades de mantenimiento las realizó la junta parroquial en coordinación con los moradores, a través de mingas comunitarias.

Posteriormente en el año 2014 mediante convenio, el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Pintag (GADP-P), entrega la administración, control y operación de la PTAR Ubillus al Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales (DTAR) de la EPMAPS.

Como parte de la mejora continua, la EPMAPS ejecutó la optimización de la PTAR con el fin de mejorar su funcionamiento, construyendo las siguientes operaciones unitarias; separador de caudales, cribado, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), y su disposición en cuatro pozos de infiltración y para la deshidratación del lodo generado, se cuenta con un lecho de secado de lodos y su respectivo pozo de infiltración.

3.2 RECONOCIMIENTO EN SITIO Y DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES QUE CONFORMAN LA PTAR.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ubillus cuenta actualmente con las siguientes operaciones unitarias: separador de caudales, cribado, fosa séptica, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y para su disposición en el suelo se cuenta con vallas de infiltración y cinco pozos de infiltración.

El ingreso del agua residual se lo realiza a través del sistema de alcantarillado con una tubería de PVC de 200 mm de diámetro hacia el separador de caudales.

El separador de caudales tiene el objetivo de conducir el exceso de agua (producto de precipitaciones entre otros) mediante un bypass hacia una quebrada seca sin nombre punto de descarga final, esta se encuentra a 50 metros de la planta.

El caudal de ingreso es regulado por la compuerta de ingreso, el agua residual atraviesa una rejilla y fluye hacia la fosa séptica de cuatro cámaras, donde tenemos el tratamiento para la remoción de sólidos suspendidos, grasas y aceites así; como el almacenamiento y la formación de lodos.

De la fosa séptica, ingresa el agua residual mediante tubería de 160 mm de diámetro al filtro anaerobio (FAFA), para la complementación del tratamiento biológico con la degradación de la materia orgánica en el lecho bacteriano.

Del FAFA, a través de tres tuberías de 160 mm de diámetro se distribuye el agua residual que se recolecta en un canal, hacia cuatro cajas de distribución y posteriormente se dispone en cuatro pozos de infiltración que se encuentran interconectados entre sí, existe un pozo adicional que es del lecho de secado; en total cinco pozos de infiltración. El transporte del agua residual desde las cajas de distribución hacia los pozos es a través de vallas de infiltración.

En los pozos de infiltración garantizamos una mayor remoción de contaminantes por su paso a través del suelo, y una adecuada disposición del agua residual.

Finalmente dentro del sistema de tratamiento, para la gestión de los lodos se realiza su deshidratación mediante un lecho de secado, el flujo producto de la deshidratación es llevado a través de una tubería de recolección hacia un pozo de infiltración.

Una vista general de la PTAR se detalla en el **Anexo 6**.

3.2.1 CRIBADO

El cribado es la primera operación unitaria que se lleva a cabo en la PTAR Ubillus, es un proceso físico utilizado para separar el material grueso del agua residual, mediante el paso de ella por una rejilla. El cribado consta de un separador de caudales, compuerta de ingreso, rejilla y el canal de criba.

SEPARADOR DE CAUDALES

El separador de caudales, tiene dos cámaras: la cámara No. 1 la cual recibe directamente el agua residual proveniente del alcantarillado y la cámara No. 2 es un aliviadero que se llena cuando existe un exceso de caudal en la cámara No. 1, que desborda a través de un vertedero rectangular, ubicado entre estas cámaras; este aliviadero desaloja el excedente de caudal mediante una tubería de 200 mm de diámetro, hacia una quebrada de cauce seco. Ver Figura 3.1.



FIGURA 3.1 SEPARADOR DE CAUDALES Y COMPUERTA DE INGRESO

La compuerta de ingreso permite regular manualmente el caudal de ingreso, el agua residual ingresa al cribado atravesando la compuerta y la rejilla. Figura. 3.2.

REJILLA

La rejilla evita el ingreso de materiales gruesos y reduce el riesgo de taponamiento de tuberías y estructuras, evitando la reducción de la efectividad de los procesos de tratamiento posteriores. Su limpieza es de modo manual.

La PTAR Ubillus, cuenta con una rejilla en la sección del cribado, el espaciamiento entre ejes de las barras es de 7 cm, el marco exterior es de 1,5 cm a cada extremo de la pared del canal. **Anexo 1** Plano Vista en Planta del Cribado.



FIGURA 3.2 REJILLA

TABLA 3.1 DIMENSIONES DEL CRIBADO

DIMENSIONES DE LA REJILLA	
Altura	65 cm
Ancho	80 cm
Número de espaciamentos	11
Número de barras	10

Fuente: EPMAPS - Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

CANAL DE CRIBA

Se podría considerar como un pequeño sedimentador que permite la retención de sólidos sedimentables y arena mediante gravedad. El agua residual ingresa hacia el separador de caudales, atravesando el canal de criba y la rejilla, donde de acuerdo a la velocidad ascensional que se tiene en el canal, se depositan gradualmente los sólidos en el fondo.

Para la salida del caudal, la unidad cuenta con una cámara de aforo y un pozo de revisión que se conecta a la fosa séptica mediante una tubería de PVC de 200 mm de diámetro.

3.2.2 FOSA SÉPTICA

La fosa séptica está compuesta de cuatro cámaras separadas por dos deflectores. En la primera y segunda cámara se produce gran parte de la sedimentación y entre la segunda y tercera cámara comienza el proceso biológico donde se produce la digestión de los lodos o formación de biomasa en el fondo de la fosa. Figura 3.3.



FIGURA 3.3 FOSA SÉPTICA

El agua residual pasa por la caja de revisión C1 e ingresa a la fosa séptica a través de una tubería de PVC de 200 mm de diámetro. El caudal al chocar con el primer deflector, permite dar una distribución uniforme y la dirección al flujo, con el fin que en la cámara No. 1 se sedimenten los sólidos suspendidos de gran tamaño que han logrado pasar el cribado.

La cámara No. 2 es la de mayor tamaño de las 4 que tiene la fosa séptica, en esta cámara se produce la mayor sedimentación de sólidos, la iniciación y proliferación de la actividad biológica de los lodos sedimentados en el fondo. Además en esta zona, entre los deflectores se produce la flotación de natas y espumas que deben ser removidas según el mantenimiento de grasas de la fosa séptica.

En la cámara No. 3, el agua residual sale de la unidad mediante una T de PVC de 160 mm de diámetro instalada a 1,5 metros de altura desde el fondo, utilizada para la descarga del agua residual hacia el siguiente proceso unitario.

La cámara No. 3 no registra gran cantidad de sólidos 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. La gran parte de sólidos han quedado sedimentados en las dos primeras cámaras de la fosa séptica.

TABLA 3.2 DIMENSIONES DE LA FOSA SÉPTICA

DIMENSIONES DE LA FOSA SÉPTICA	
Longitud	7,5 m
Ancho	3 m
Área	21,16 m ²
Volumen	64,5 m ³

Fuente: EPMAPS - Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

Adicionalmente como se ve en el **Anexo 2** Vista en corte de la fosa séptica, se puede constatar una cámara adicional o cámara No. 4, que se la diseñó según los planos como un filtro descendente pero no se le dio este uso. Actualmente se encuentra deshabilitado este filtro y funciona como una cámara de paso.

3.2.3 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)

El filtro anaerobio de flujo ascendente es un reactor biológico de forma rectangular, está construido semienterrado en la tierra con hormigón armado y su diseño es de manera hermética (EPMAPS, 2014, p. 5).

Está compuesto de dos cámaras, una cámara inferior vacía con un fondo falso que garantiza una distribución del flujo a través del lecho filtrante y una cámara superior con un relleno de material filtrante sólido (rosetas de plástico) que sirve de soporte para el crecimiento biológico y degradación de la materia orgánica mediante una biopelícula que crece en el medio filtrante en la que actúan los microorganismos facultativos y anaerobios. **Anexo 3** Plano en planta y corte del FAFA.

El agua residual proveniente de la fosa séptica, ingresa por la parte inferior del FAFA mediante una tubería de PVC "D" de 160 mm de diámetro, en su interior posee un fondo falso que cuenta con perforaciones de 1 pulgada de diámetro, las cuales se encuentran separadas cada 15 cm en forma de cuadrícula.



FIGURA 3.4 FAFA y VISTA DEL LECHO FILTRANTE

El agua residual sube a través del filtro poniéndose en contacto con el medio filtrante y la biopelícula, permitiendo la degradación de la materia orgánica.

El efluente es recogido mediante un vertedero rectangular, en un canal donde se evacua a través de tres tuberías de PVC de 160 mm de diámetro, para descargarlo en cuatro cajas de distribución (Figura. 3.5). Para finalmente ser dispuestas en el suelo por infiltración mediante las vallas y los 5 pozos de infiltración.



FIGURA 3.5 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN HACIA LOS POZOS DE INFILTRACIÓN

TABLA 3.3 DIMENSIONES DEL FAFA

DIMENSIONES DEL FAFA	
Longitud	5,35 m
Ancho	4,10 m
Altura	4,10 m
Área	21,94 m ²
Volumen	90 m ³
Número de Cámaras	2

Fuente: EPMAPS - Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

LECHO FILTRATE

El medio filtrante del FAFA, es de material plástico porque éstos tienen una mayor porosidad y superficie específica que permiten un área de contacto mayor (EPMAPS, 2014, p. 6). Su lecho filtrante está compuesto por rosetas de polipropileno del tipo BioPac SF30 colocadas aleatoriamente en la cámara superior.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ROSETAS BIOPAC SF30

- Área superficial específica ($100\text{m}^2/\text{m}^3$)
- Fabricado en polipropileno
- Relación de área vacía: 95%
- Peso del material en seco: $30\text{ Kg}/\text{m}^3$
- Aproximadamente $400\text{ unidades}/\text{m}^3$ (SERCOP, 2013)



FIGURA 3.6 ROSETAS BIO PAC SF30

Fuente: <http://www.raschig.de/>

3.2.4 POZOS DE INFILTRACIÓN

El proceso final de depuración concluye con la infiltración del agua residual en el suelo por medio de vallas y pozos de infiltración.

El pozo de infiltración tiene una forma circular, está construido lateralmente de ladrillo colocados a junta abierta, usando como soporte vigas, su exterior está relleno con una capa de grava por donde el agua residual puede infiltrarse lateralmente. El fondo del pozo de infiltración está construido de una capa de piedra bola sobre un relleno de grava Ver Figura 3.7.

El ingreso del agua residual se lo realiza desde las cajas de distribución del FAFA mediante las vallas hacia los pozos de infiltración. Se cuenta con cinco pozos, de los cuales cuatro de ellos se encuentran interconectados entre sí, mediante el pozo No.4 y sus tuberías, las cuales recolectan los desbordes de los pozos No. 1-2-3.

En esta etapa se ejecutó los cambios con la construcción de una nueva caja de distribución que interconecta la salida del FAFa con el pozo de infiltración No. 5, el cual está destinado para el lecho de secado de lodos.



FIGURA 3.7 POZOS DE INFILTRACIÓN

VALLAS DE INFILTRACIÓN

El agua residual es transportada a través de vallas de infiltración que son tuberías perforadas sobre una cama de grava con el objetivo de transportar y airear el agua residual, ver Figura 3.8.

Las vallas de infiltración tienen respiradores, estos permiten el ingreso de oxígeno (O_2) para airear el agua residual, a través de sus desfogues, que desembocan en la superficie. (EPMAPS, 2014, p. 6)

Las vallas de infiltración son tuberías perforadas de PVC con un diámetro de 200 mm. Existen siete vallas de infiltración en la PTAR Ubillus. En la Figura 3.9 se muestran los pozos y vallas de infiltración de la planta.

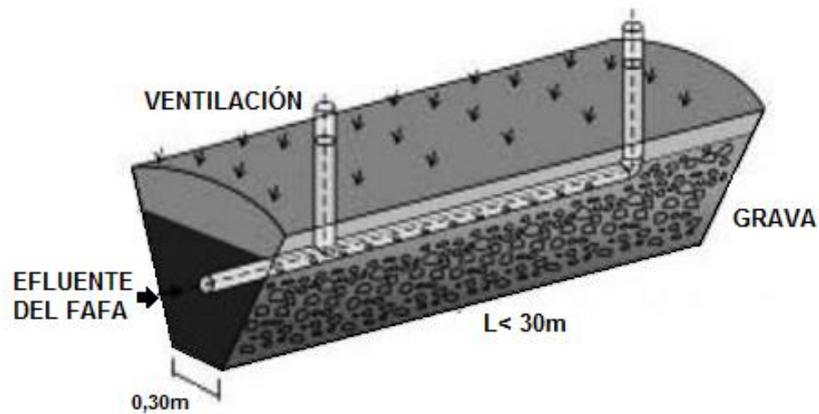


FIGURA 3.8 VALLAS DE INFILTRACIÓN

Fuente: EPMAPS – Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales



FIGURA 3.9 VALLAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN

3.2.5 LECHO DE SECADO DE LODOS

Los lechos de secado se utilizan para dar un secado natural o deshidratación del contenido de humedad de los lodos producidos en la PTAR. Tienen el objetivo de reducir el contenido de agua de los lodos a menos del 85%. La PTAR Ubillus posee un lecho de secado de forma rectangular (Figura 3.10), construido de hormigón armado, con piso de ladrillo mambrón, sobre una capa de arena con un espesor de 10 cm y esta sobre una capa de grava graduada con un espesor de 20 cm, estas capas conforman el lecho como fondo poroso.

El agua del lodo se filtra en el fondo poroso, por evaporación de la superficie mediante acción del sol y del viento para finalmente ser recolectada por una tubería de PVC perforada de 200 mm de diámetro, que llevará el contenido líquido de los lodos hacia el pozo de infiltración No. 4. Por las fuertes precipitaciones de lluvias en el sector, el lecho de secado tiene una cubierta metálica para su protección.



FIGURA 3.10 LECHO DE SECADO DE LODOS

El lodo generado de las diferentes unidades operativas que llegan hacia el lecho de secado por medio de carretillas, baldes y la bomba de succión (extracción de lodos de la fosa séptica), su disposición es netamente manual.

El lodo seco resultante de la PTAR es considerado como un lodo no peligroso, al cumplir con los parámetros establecidos en las Tablas No. 2 y 3, del Art. 10 Norma Técnica de Desechos Peligrosos y Especiales de la Ordenanza Municipal 404, el lodo es catalogado como un Biosólido, ya que no presenta un peligro según su análisis y evaluación en la Tesis de Grado (Chiriboga, 2016, pp. 133-134).

TABLA 3.4 DIMENSIONES DEL LECHO DE SECADO

DIMENSIONES DEL LECHO DE SECADO	
Ancho	3 m
Largo	5 m
Área	15 m ²

Fuente: EPMAPS - Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales

3.3 FLUJOGRAMA DE LA PTAR

La Planta de Tratamiento de Ubillus cuenta con el siguiente diagrama de flujo:

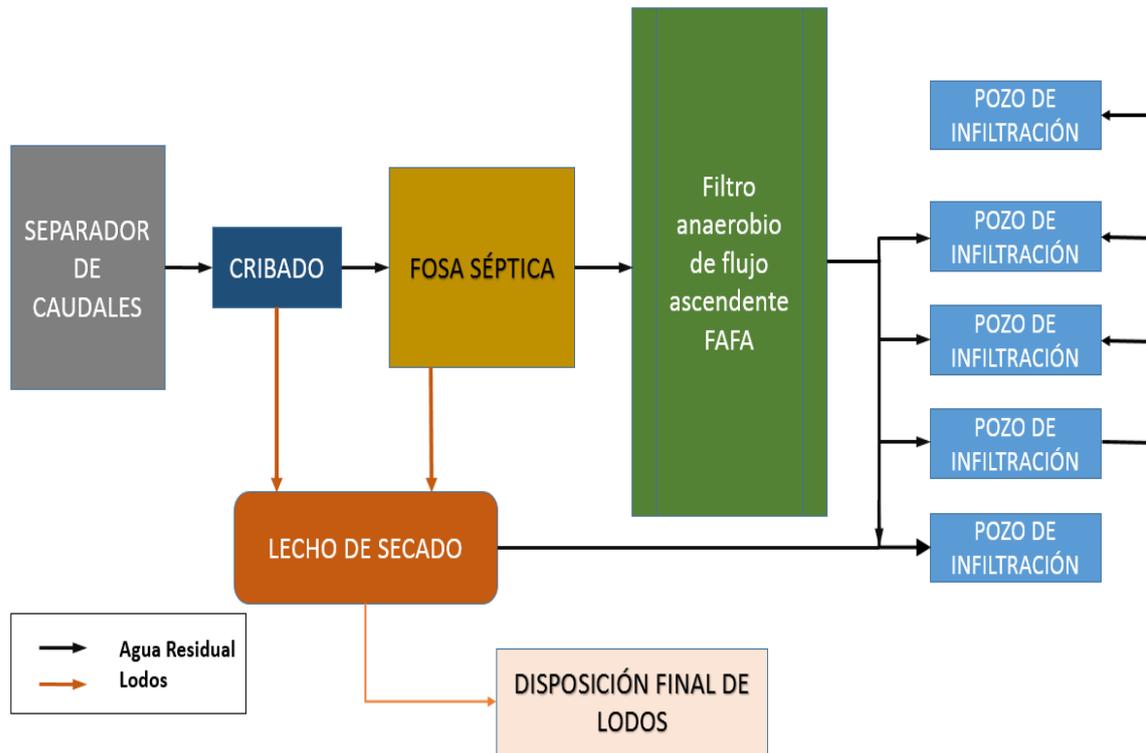


FIGURA 3.11 FLUJOGRAMA DE LA PTAR

3.4 AFOROS DE CAUDALES

Para el análisis de la curva de caudal de ingreso se realizó aforos volumétricos de caudal en un período de una semana, 7 días aleatorios de diferentes semanas y meses, con el fin de tener mayor cantidad de datos y conocer mejor la curva de su comportamiento, además se justifica esto por motivos personales como disponibilidad de tiempo y transporte.

La Tabla No. 3.5 muestra el cronograma de los días donde se realizó los aforos de caudal. La frecuencia establecida fue cada media hora, en el horario de 08H00 hasta las 19H00, según las fechas establecidas. En el **Anexo 12** se muestran los datos de los aforos de caudal y las curvas diarias obtenidas según el cronograma de mediciones realizado.

TABLA 3.5 CRONOGRAMA DE MEDICIONES DE AFORO DE CAUDAL

CRONOGRAMA DE FECHAS
Domingo, 26 de junio del 2016
Miércoles, 29 de junio del 2016
Lunes, 04 de julio del 2016
Sábado, 09 de julio del 2016
Viernes, 19 de agosto del 2016
Martes, 30 de agosto del 2016
Jueves, 1 de septiembre del 2016

Fuente: Autor

METODOLOGÍA PARA EL AFORO DE CAUDAL

La metodología para el aforo de caudal, consiste en determinar el tiempo necesario medido con el cronómetro en centésimas de segundo, que toma en llenar un volumen de agua residual en una jarra graduada (2l), con lo cual se tomarán cuatro muestras, y de las cuales se registrarán las tres similares descartando los valores que estén fuera del rango de los valores típicos de las muestra. Los valores de tiempo y volumen se registrarán en el formulario de aforo de caudal. El punto de aforo de caudal es la cámara de salida del cribado, Ver Figura 3.13.

**FIGURA 3.12 METODOLOGÍA DE AFORO DE CAUDAL**



FIGURA 3.13 AFORO DE CAUDAL EN FECHAS DEL CRONOGRAMA

MATERIALES

- Jarra graduada volumétricamente de 2l.
- Cronómetro.
- Esfero.
- Calculadora.
- Formulario de Aforos de Caudal.
- Equipos de Protección Personal (EPP).

El objetivo principal de los aforos, es conocer la curva horaria de caudal de ingreso que se tiene en la PTAR Ubillus, con el fin de conocer su comportamiento en los diferentes días de la semana y evidenciar los picos de caudal y las horas en las que se presentan. Con el valor promedio de estos valores se puede descartar un ingreso superior al caudal de diseño y por ende verificar el tiempo de retención teórico/hidráulico de la fosa séptica, que garantizará su eficiencia.

Con esta información se puede determinar el tiempo de retención de la fosa séptica y determinar si cumple el tiempo necesario para permitir una buena sedimentación de sólidos en suspensión y una digestión anaerobia en buenas condiciones. La curva de caudal promedio horaria evidenciado en los 7 días de la semana se muestra en la Figura 3.14, en lapsos de 30 minutos.

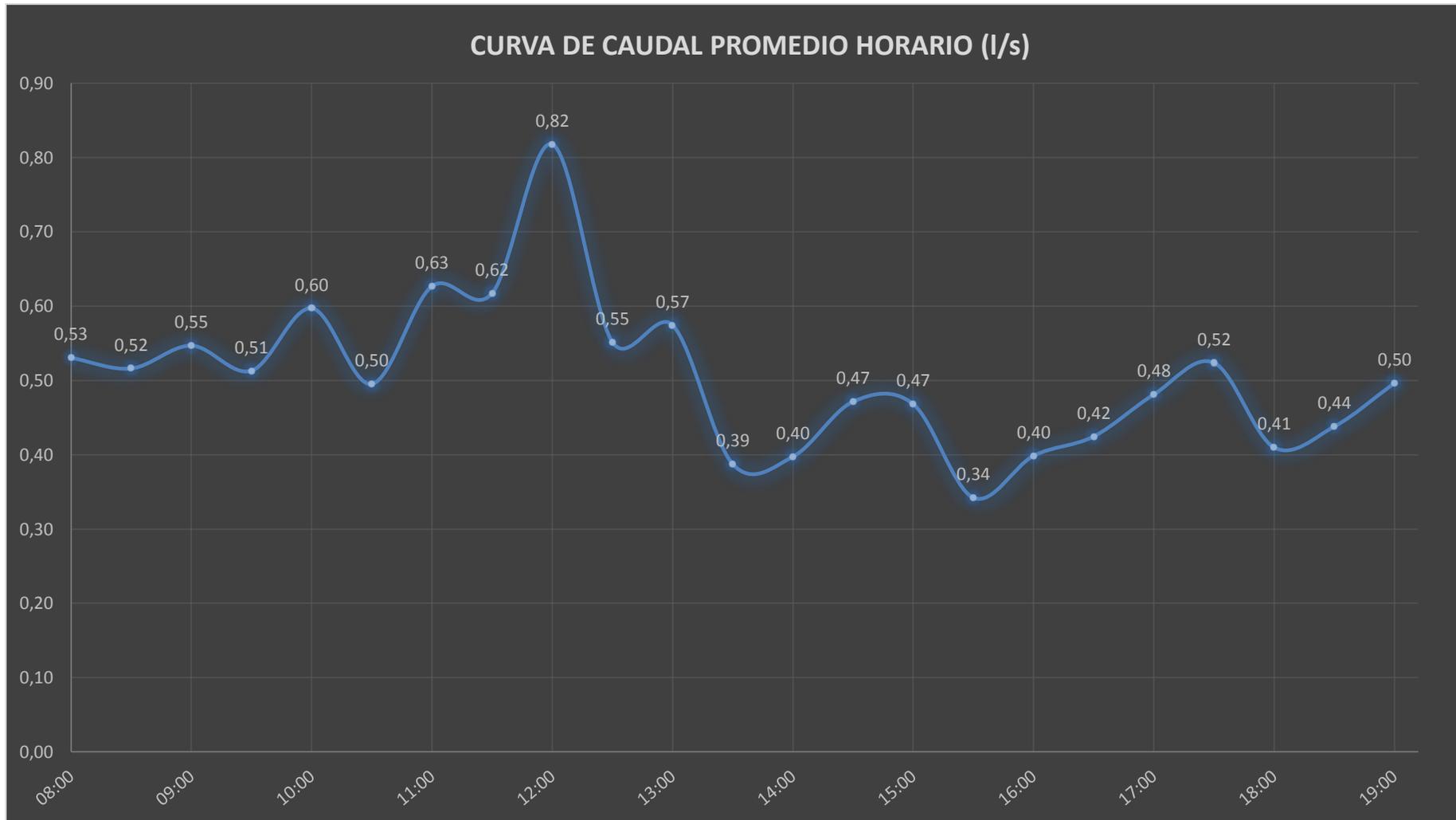


FIGURA 3.14 CURVA DE CAUDAL PROMEDIO HORARIO DE LOS VALORES REGISTRADOS EN UNA SEMANA

3.5 CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO/HIDRÁULICO EN LA FOSA SÉPTICA

Según el autor Romero Rojas (2010), estima un tiempo de retención en la fosa séptica mayor a 24 horas y sugiere de uno a tres días (p. 689).

Para el cálculo del tiempo de retención se tomó en cuenta, el valor promedio del caudal de ingreso de cada día, en un periodo de una semana (7 días) aleatorios de diferentes fechas en los meses de junio, julio, agosto y septiembre del 2016, con lo cual se define un caudal promedio de 0,50 l/s, este caudal promedio resultante está dentro del caudal de diseño de la PTAR Ubillus que es 1,04 l/s.

TABLA 3.6 RESUMEN DE CAUDAL PROMEDIO SEGÚN CRONOGRAMA

FECHAS	CAUDAL DE INGRESO PROMEDIO
Domingo 26 de junio del 2016	0,420 l/s
Miércoles 29 de junio del 2016	0,460 l/s
Lunes 04 de julio del 2016	0,510 l/s
Sábado 09 de julio del 2016	0,636 l/s
Viernes 19 de agosto del 2016	0,401 l/s
Martes 30 de agosto del 2016	0,504 l/s
Jueves 1 de septiembre del 2016	0,596 l/s
CAUDAL PROMEDIO	0,50 l/s

Fuente: Autor

Para el control del tiempo de retención hidráulico, se realiza el siguiente cálculo:

$$TR_H = \frac{Vol}{Q_{pro}}$$

Ec 3.1

De donde:

- TR_H:** Tiempo de retención en horas
- Vol:** Volumen (m³)
- Q_{pro}:** Caudal promedio (m³/h)

Según la ecuación 3.1 se tiene los siguientes datos; el volumen de la fosa séptica es 64,54 m³. El caudal promedio de los aforos de caudal, durante el periodo medido según la Tabla 3.5, se obtiene como caudal promedio (1,8 m³/h).

$$TRH = \frac{Vol}{Q_{pro}} = \frac{64,54 \text{ m}^3}{1,8 \frac{\text{m}^3}{h}} = 35,8 \text{ h}$$

Se obtiene un tiempo de retención de 35,8 horas, tiempo que se encuentra dentro del valor recomendado en el marco teórico según el autor Romero Rojas,(2010).

3.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS OPERATIVOS EN LAS UNIDADES DE LA PTAR

El operador y el personal de mantenimiento deberán estar familiarizados con los problemas más frecuentes que ocurren en la PTAR y como saber solucionarlos. Estos inconvenientes generalmente ocasionan obstrucciones, taponamientos roturas, desbordes del agua residual y suspensión del proceso de la PTAR.

3.6.1 OBSTRUCCIONES

Las obstrucciones producen taponamientos en tuberías a corto y mediano plazo, sus causas más frecuentes son: acumulación de arena y sólidos en los codos, presencia de trapos, plásticos y material flotante que no fue removido en el cribado.



FIGURA 3.15 OBSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE REVISIÓN

Al ejecutar las actividades de mantenimiento en la fosa séptica como: la remoción de natas, espumas y la extracción de lodos, se evitará taponamientos en las tuberías de conducción; por lo cual se recomienda no descuidar la frecuencia de la ejecución de las actividades de mantenimiento en la fosa séptica.



FIGURA 3.16 DESTAPONAMIENTO DE UNA CAJA DE REVISIÓN

En el caso de taponamientos de las tuberías de conducción, se utilizará para su destaponamiento una varilladora o un tubo de 6 metros de $\frac{3}{4}$ de pulgada para empujarla en sentido contrario al flujo, hasta que el caudal fluya normalmente.

3.6.2 ROTURAS

La principal causa de roturas en las instalaciones de la PTAR son las obstrucciones por sólidos, arenas y material flotante que logran atravesar el cribado, el deterioro de las tuberías y la presencia de raíces de árboles dentro de la planta.

Las roturas se pueden evitar ejecutando las actividades de mantenimiento en el cribado y en la fosa séptica, para minimizar el arrastre de sólidos en las tuberías de conducción posteriores. En el caso de roturas se debe suspender el tratamiento e intervenir cortando y reponiendo el área de la tubería que tiene la fisura Figura 3.18.

Raíces: Si las raíces de los arboles cercanos a la planta son lo suficientemente grandes, estos pueden llegar a fracturar tuberías, cajas de revisión, la fosa séptica, el FAFA y las paredes de los pozos de infiltración. El personal de mantenimiento deberá extraer los arboles con raíces muy profundas, que estén cercanas a los procesos unitarios y al sistema de infiltración al suelo.

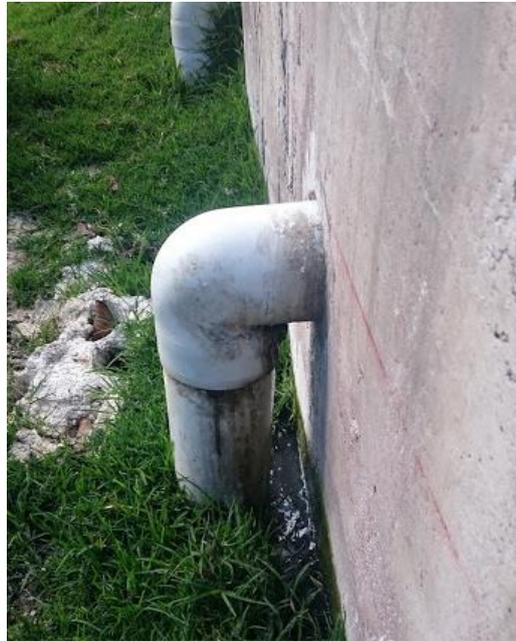


FIGURA 3.17 ROTURA DEL CODO DE SALIDA DE EL FAFA



FIGURA 3.18 ROTURA DE TUBERÍA A LA SALIDA DE LA FOSA SÉPTICA

3.6.3 TAPONAMIENTO DEL CRIBADO

El mal uso del sistema de alcantarillado por parte de los usuarios, que envían gran cantidad de desechos de la preparación de comida, trapos, vidrios y plásticos, un descuido en la limpieza del cribado y eventualidades no programadas como derrumbes y altas precipitaciones pueden generar un colapso en el cribado.

El taponamiento del cribado se puede evitar ejecutando la limpieza periódica de la rejilla y la remoción de lodos sedimentados en el fondo del canal de criba y el separador de caudales, esto según la propuesta de mantenimiento de esta unidad.



FIGURA 3.19 TAPONAMIENTO DEL CRIBADO

3.6.4 ARRASTRE DE SÓLIDOS

En la fosa séptica se produce el arrastre de sólidos en la salida, esto ocasiona la reducción en la capacidad de asimilación de la carga hidráulica en las subsiguientes unidades como: el FAFA y los pozos de infiltración, principalmente en estos últimos, se puede ocasionar la colmatación prematura del suelo. De igual manera el arrastre de sólidos produce taponamientos en tuberías y roturas en codos.

El arrastre de sólidos se produce por no retirar periódicamente las natas y espumas flotantes que se forma en la superficie de la fosa séptica, así como la excesiva acumulación de los lodos sedimentados en el fondo de la fosa. Ver Figura 3.20

El arrastre de sólidos se evita ejecutando las actividades de mantenimiento en la fosa séptica según la frecuencia propuesta, se sugiere la revisión trimestral de todas las cámaras de inspección y distribución posteriores a la fosa séptica para verificar si existe o no la presencia de sólidos sedimentables.



FIGURA 3.20 FORMACIÓN DE NATAS POR EL ARRASTRE DE SÓLIDOS

3.6.5 BAJA CANTIDAD DE BIOPELÍCULA

En el FAFA se presenta este inconveniente, cuando se ha lavado o cambiado el lecho filtrante (Ver Figura 3.21), por lo que es recomendable tomar una pequeña cantidad de biomasa de la fosa séptica y añadirlos sobre las rosetas de plástico (BioPac SF30), con el fin de acelerar el crecimiento de la película bacteriana.



FIGURA 3.21 ROSETAS BIOPAC SF30 SIN BIOPELÍCULA ADHERIDA

3.6.6 SATURACIÓN DE LOS POZOS DE INFILTRACIÓN

En los pozos de infiltración se observa la saturación del suelo por problemas operativos como: un arrastre de sólidos de las unidades anteriores que llegan al suelo limitando su capacidad de absorción. En épocas invernales se observó que el suelo de la PTAR impedía la absorción del agua residual que se encontraba en los pozos de infiltración y esta se escurría en la superficie del terreno (Figura 3.23). Se dedujo que las causas que provocaban la saturación del suelo son: una fuerte intensidad en las precipitaciones o un mayor ingreso de caudal a la planta, por lo cual se verificó la regulación de la compuerta de ingreso, mediante aforos se evidenció un leve aumento del caudal de ingreso, pero este se encontraba dentro del caudal de diseño de la PTAR, también se observó la buena capacidad del separador de caudales para controlar el exceso de caudal en invierno.



FIGURA 3.22 SATURACIÓN DE UN POZO DE INFILTRACIÓN

El Departamento de Tratamiento de Aguas Residuales de la EPMAPS, en la etapa constructiva de los pozos de infiltración, indicó que no se hizo un estudio donde se analice las características del terreno de la PTAR para conocer el tipo de suelo, su porosidad y el índice de permeabilidad. Esta información es necesaria para conocer si el uso del suelo es apto para la infiltración del agua residual.

En el caso del escurrimiento superficial del agua residual en los pozos de infiltración se sugiere como medida preventiva abrir una pequeña zanja a mano que permita el desfogue del agua residual hacia otro cause. Como medida correctiva se sugiere instalar una unidad de desborde en el pozo de infiltración No. 4, con el fin de evacuar el caudal del efluente al cauce de la quebrada cercana.



FIGURA 3.23 ESCURRIMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN EL TERRENO

3.6.7 ACUMULACIÓN DE LODOS SIN DISPOSICIÓN.

El lecho de secado se satura cuando no se dispone del lodo seco, ya que al extraer un lodo nuevo de otras unidades y no tener espacio suficiente para disponerlos ocasiona un problema, por tal razón se debe informar inmediatamente al Jefe de Mantenimiento del DTAR, para que personal que gestiona los residuos sólidos intervenga para extraerlos y depositarlos temporalmente en costales.



FIGURA 3.24 ACUMULACIÓN DE LODOS PARA SU DISPOSICIÓN

3.6.8 CRECIMIENTO DE MALEZA Y OBSTRUCCIÓN DE LAS TAPAS DE LAS UNIDADES

El crecimiento de maleza y hierba provoca la obstrucción de las bocas de vista de los pozos de infiltración, tapas de las cajas de inspección y cubre las áreas cercanas a las estructuras de hormigón de las unidades. Es importante mantener limpia el área de la planta, realizar el desbroce de maleza y recolectar los residuos sólidos que se generen, esto ayudará a alargar la vida útil de las tapas de inspección, evitar la proliferación de mosquitos y roedores, en fin contribuirá a dar un mejor aspecto visual del proceso de tratamiento del agua residual.



FIGURA 3.25 MALEZA EN LA TAPA DEL POZO DE INFILTRACIÓN



FIGURA 3.26 LIMPIEZA DE LA TAPA DE INSPECCIÓN DEL POZO DE INFILTRACIÓN

CAPÍTULO IV

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

4.1 ALCANCE

El Manual de Operación y Mantenimiento (O&M), abarca todos los procedimientos e instrucciones concernientes a la operación, mantenimiento y la planificación del muestreo de la PTAR Ubillus. El presente Manual de O&M será aplicable como documento de referencia para la ejecución de cada actividad de control y su verificación a través de sus registros de operación y mantenimiento.

4.2 SIMBOLOGÍA

En la PTAR se ha detallado la siguiente simbología para unidades y válvulas:

C-1:	Caja de revisión ingreso a la fosa séptica
C-2:	Caja de revisión salida de la fosa séptica
C-3:	Caja de revisión conducción al FAFA
C-4:	Caja de revisión ingreso al FAFA
C-5:	Caja de revisión hacia Pozo de infiltración No. 1
C-6:	Caja de revisión hacia Pozo de infiltración No. 3
C-7:	Caja de revisión hacia Pozo de infiltración No. 2
C-8:	Caja de revisión hacia Pozo de infiltración No. 5
C-9:	Caja de revisión de salida del lecho de secado
PI-1:	Pozo de infiltración No. 1
PI-2:	Pozo de infiltración No. 2
PI-3:	Pozo de infiltración No. 3
PI-4:	Pozo de infiltración No. 4 (nuevo)
PI-5:	Pozo de infiltración No. 5 (lecho de secado)
P-1:	Pozo de alcantarillado
P-2:	Pozo de salida del cribado
VC-1:	Válvula de compuerta de ingreso

Anexo 6. Descripción de la simbología de la PTAR Ubillus

4.3 INICIO DE OPERACIÓN DE LA PTAR

4.3.1 CRIBADO

Para el inicio de operación de la PTAR, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que la rejilla no se encuentre saturada de material grueso, si fuera el caso realizar la limpieza de la rejilla.
2. Medir el nivel de lodos adecuado para la operación de la fosa séptica, es decir por debajo de **1,10 metros**, se puede iniciar el proceso de operación de la PTAR, caso contrario realizar la extracción de lodos en la fosa séptica.
3. Verificar visualmente el estado de los cuatro pozos de infiltración, es decir que no se encuentren saturados. Si se tiene un nivel adecuado de lodos en la fosa séptica y los pozos de infiltración no presentan problemas se debe iniciar la operación o puesta en marcha de la PTAR.
4. Abrir lentamente la válvula de ingreso VC-1, (Válvula de compuerta metálica con tornillo sin fin.), Figura 4.1 Válvula de compuerta VC-1.
5. Regular la válvula de ingreso VC-1, para un caudal de 0,50 l/s, aproximadamente esto se consigue con una regulación de 4 a 6 vueltas de la válvula VC-1, esto dependerá del estado y la limpieza de la rejilla. El caudal excedente se conducirá por el by-pass hacia la quebrada s/n.
6. Realizar la inspección del separador de caudales, verificar que no exista acumulación de lodos que puedan obstruir la tubería del by-pass.
7. Realizar el aforo del caudal de ingreso, en la cámara de salida del cribado) según la metodología para el aforo de caudal y utilizando los equipos de protección personal (EPP).
8. Registrar el caudal aforado y la fecha de inicio de operación de la PTAR en el Formulario de Control Operativo.
9. En el cribado para el control de calidad se toma como punto de muestreo del afluente de la PTAR, la cámara de salida del cribado, en la cual se afora el caudal y mensualmente se receptorá las muestras, con lo que se analizarán los parámetros in situ y los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el Laboratorio de Control de Calidad (L3C).



FIGURA 4.1 VÁLVULA DE COMPUERTA VC-1

LIMPIEZA DE LA REJILLA

Para la limpieza de la rejilla se debe seguir los siguientes pasos:

1. Cerrar lentamente la válvula de ingreso VC-1.
2. Utilizar los equipos de protección personal, y las herramientas necesarias para realizar esta actividad (rastrillo, balde y una pala cuadrada).
3. Utilizar el rastrillo y la pala cuadrada para desprender el material retenido en la rejilla, recoger en un balde y colocar para su disposición en fundas de basura. La basura recogida en su gran parte son plásticos, piedras, maderas, etc. Por lo cual este material puede ser dispuesto por el carro recolector de basura.
4. Se pesará la cantidad de material recolectado con una balanza de mano romana.
5. La basura recolectada será llevada por el personal de operación.
6. Esta actividad se la debe realizar diariamente. Figura 4.2. Rejilla y canal de criba después de la limpieza.
7. Registrar en el Formulario de Control Operativo PTAR Ubillus la ejecución de esta actividad en las fechas que se realizó, de igual manera cualquier novedad presentada.



FIGURA 4.2 REJILLA Y CANAL DE CRIBA DESPUÉS DE SU LIMPIEZA

LIMPIEZA DEL CANAL DE CRIBA

1. Realizar semanalmente una inspección visual del canal de criba.
2. Cerrar la válvula VC-1, ingreso de caudal de agua residual.
3. Contar con los equipos de protección necesarios para realizar esta actividad y los materiales para su limpieza manual (carretilla, balde y pala cuadrada).
4. Realizar esta actividad a continuación de la limpieza de la rejilla, se recomienda realizar todos los días lunes de cada semana.
5. Utilizar una pala cuadrada para desprender los sólidos retenidos en el piso antes y después de la rejilla, recoger en un balde de 10l.
6. Determinar el volumen de lodos recogidos en el balde de 10l.
7. Descargar el balde en la carretilla hasta extraer un volumen considerable de lodos y transportarlo hacia el lecho de secado, tener precaución en realizar esta actividad.
8. Ubicar en la parte superior del lecho de secado de lodos, esta sección está destinada para los lodos primarios.
9. Una vez retirado el lodo, abrir gradualmente y cuidadosamente la VC-1, para realizar una auto limpieza con el caudal de ingreso.
10. Registrar la ejecución de la actividad en el Formulario de Control Operativo.



FIGURA 4.3 LIMPIEZA DEL CANAL DE CRIBA

LIMPIEZA DE CÁMARAS DEL SEPARADOR DE CAUDALES

1. Realizar quincenalmente una inspección visual del separador de caudales en épocas de verano y semanalmente en épocas de invierno.
2. Contar con los equipos de protección necesarios para realizar esta actividad, y los materiales para su limpieza manual (carretilla, balde, escoba y pala cuadrada).
3. Utilizar una pala cuadrada para desprender el material retenido en el fondo, recoger el material en un balde de 10l.
4. Determinar el volumen de lodos recolectados en el balde de 10l.
5. Tomar el balde y colocarlo en una carretilla hasta extraer un volumen considerable para transportarlo cuidadosamente al lecho de secado.
6. Ubicar en la parte superior del lecho de secado, esta sección es destinada para los lodos primarios.
7. Cerrar lentamente la VC-1, para realizar una auto limpieza con el caudal de ingreso en las dos cámaras del separador de caudales.
8. Cepillar con una escoba el piso y paredes del separador de caudales.
9. Regular la válvula de ingreso VC-1, según inicio de operación de la PTAR.
10. Registrar la fecha y su ejecución en el Formulario de Control Operativo.



FIGURA 4.4 LIMPIEZA DEL SEPARADOR DE CAUDALES

4.3.2 FOSA SÉPTICA

OPERACIÓN DE LA FOSA SÉPTICA

1. Realizar la inspección de la cámara de revisión C-1, observando que esta se encuentre sin acumulación de lodos y tenga un fluido constante de caudal.
2. Destapar las tapas de ingreso y salida de las cámaras de inspección de la fosa.
3. Dejar que se ventilen las cámaras por unos 10 minutos, ya que el gas acumulado en la fosa séptica es tóxico e inflamable. **Nota 1.** No encender fósforos.
4. Medir el nivel de lodos en la cámara No. 3 de la fosa séptica para verificar que su nivel se encuentre por debajo de **1,10 metros** para una operación óptima.
5. Tapar las bocas de inspección y verificar que se encuentren bien colocadas.
6. Realizar el inicio de la operación del cribado en la PTAR, en su literal 4.
7. Registrar cualquier novedad en caso de taponamientos, fisuras en su estructura que produzca escurrimiento del agua residual y la acumulación de natas y lodos.

MEDICIÓN DE NIVELES DE LODOS

La determinación del nivel de lodos, es una medida para conocer la capacidad volumétrica de la fosa séptica, además de ser un indicativo cuando se debe realizar una limpieza de la fosa, la medición se debe realizar trimestralmente, siguiendo la ejecución de estos pasos:

1. Para medir el nivel de lodos, es necesario utilizar los equipos de protección personal (EPP) y las herramientas necesarias.
2. Destapar las tapas de inspección y dejar que se ventile por unos 10 minutos. Para la medición de lodos se obtendrá la medida en la cámara 3. **Nota 2.** No encender fósforos o cigarrillos, ya que el gas de la fosa es tóxico e inflamable.
3. Medir el nivel de lodos utilizando una vara de madera o plástico de una altura de 3,5 metros forrada con una franela blanca tipo felpa de una longitud de 1,2 metros para determinar la profundidad de la capa de lodo.
4. Sumergir la vara perpendicularmente hasta rozar el fondo de la fosa séptica.
5. Mantener la vara sumergida por 30 segundos, Figura 4.5 Medición de nivel.
6. Retirar cuidadosamente, ya que las partículas quedaran adheridas a la franela.
7. Medir con un flexómetro la distancia machada en la franela de la vara.
8. Registrar la fecha y las lecturas del nivel de lodo en cada cámara, en el formulario correspondiente.



FIGURA 4.5 MEDICIÓN DE NIVEL DE LODOS

REMOCIÓN DE ESPUMAS Y NATAS

En la superficie de la cámara No. 2 de la fosa séptica, se forma una capa flotante producida principalmente por grasas, aceites, material ligero y burbujas de gas generadas en el proceso de descomposición. Es necesario realizar la remoción de espumas y natas, ya que el arrastre de sólidos suspendidos y grasas afectan a las siguientes unidades de proceso, principalmente limitan la capacidad de infiltración del suelo. La capa de espumas y natas se removerá mensualmente, siguiendo la ejecución de estos pasos:

1. Utilizar los equipos de protección individual personal (EPP) y las herramientas.
2. Destapar las tapas de las cámaras de inspección y dejar que se ventile por unos 10 minutos. **Nota 3.** No encender fósforos o cigarrillos, ya que el gas de la fosa séptica es tóxico e inflamable pudiendo causar asfixias.
3. Retirar la espuma y natas que estén flotando sobre el agua con un cernidero de malla fina de plástico o madera. El mismo debe estar provisto de un mango largo, su material de construcción debe ser liviano y debe tener una forma ergonómica para facilitar el trabajo de desalojo.
4. Arrojar la espuma sobre la carretilla y esperar que se llene completamente.
5. Transportar cuidadosamente la carretilla, hacia el lecho de secado.
6. Tapar bien las tapas de inspección de la fosa séptica.
7. Registrar la ejecución de esta actividad en el formulario de control operativo.

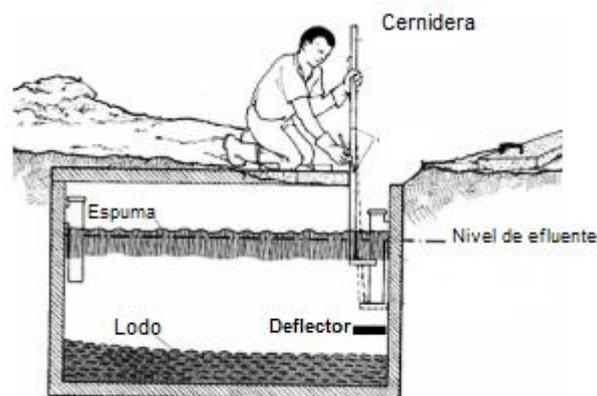


FIGURA 4.6 REMOCIÓN DE ESPUMAS Y NATAS

Fuente: Guía para la Operación y Mantenimiento de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización (2005).

EXTRACCIÓN DE LODOS

En el fondo de la fosa séptica se acumula una capa de lodos, formada principalmente por sólidos sedimentables y materia orgánica. A largo plazo la acumulación de lodos hace que se reduzca la capacidad volumétrica de la fosa séptica, por lo que disminuye su eficiencia y genera el arrastre de sólidos.

La frecuencia con la que se realiza la extracción de lodos en la fosa séptica depende principalmente de la capacidad de la fosa, la cantidad de caudal que ingresa y la cantidad de sólidos presentes en el agua residual.

El criterio técnico para realizar la extracción de lodos es: después del primer año de funcionamiento o después que haya transcurrido un año desde la última limpieza de lodos (MIDUVI Subsecretaria de Saneamiento Ambiental Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo Internacional, 1994). Cabe recalcar que contamos con lecturas trimestrales del nivel de lodos, las cuales son indicadores para realizar la actividad de extracción de lodos con anticipación, por lo que a una altura de **1.10 metros**, es necesario realizar su limpieza. Es recomendable hacer esta actividad en época de verano, donde existe menor presencia de lluvias y un bajo caudal de aguas servidas, para lo cual se deben realizar estos pasos:

1. Una vez que en la cámara No. 3 el nivel de lodos llegue o esté por encima de 1,10 metros, se procede a realizar su extracción.
2. Definir la fecha de la extracción y verificar la disponibilidad de equipos, materiales y herramientas necesarias para la extracción, se debe contar con dos peones y un operador como mínimo.
3. Suspender el proceso de tratamiento en la PTAR.
4. Utilizar los equipos de protección personal y las herramientas necesarias.
5. Destapar las tapas de inspección y dejar que se ventile por lo menos unos 20 minutos. **Nota 4.** No encender fósforos o cigarrillos ya que el gas de la fosa séptica es tóxico e inflamable. Por ningún motivo se debe acercarse a la fosa séptica hasta que se hayan ventilado todos los gases a fin de prevenir riesgos de explosiones o asfixia de los trabajadores.

6. Colocar una manguera de presión en la cámara No. 2 de la fosa séptica y la otra manguera de descarga en el lecho de secado.
7. Cebear con agua la succión vertical de la bomba.
8. Vaciar la fosa séptica, bombear los lodos mediante el uso de una succionadora de lodos a gasolina de 2HP, el lodo se envía hacia el lecho de secado.
9. Retener dentro de la fosa séptica una capa de lodo de entre unos 10 a 20 cm, para mantener y facilitar el desarrollo de la digestión anaerobia.
10. Terminada la extracción de lodos NUNCA se debe desinfectar las paredes con la adición de desinfectante y otras sustancias químicas que perjudiquen su funcionamiento.
11. Tapar las cámaras de inspección de la fosa séptica.
12. Registrar la fecha de la ejecución de esta actividad y las observaciones presentadas.

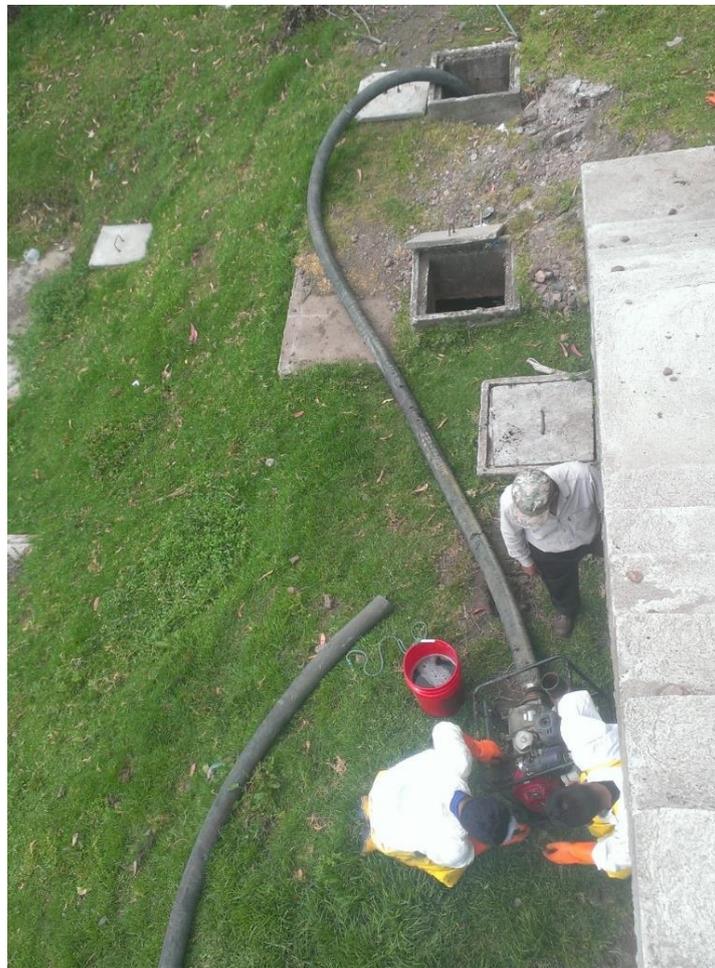


FIGURA 4.7 EXTRACCIÓN DE LODOS HACIA EL LECHO DE SECADO

CONTROL DE OLORES

La fosa séptica por la descomposición anaerobia genera gas, si la fosa séptica está bien operada y mantenida no deben generarse olores fuertes (MIDUVI Subsecretaria de Saneamiento Ambiental Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo Internacional, 1994, p. 30).

Sin embargo si se presentan fuertes olores, debido a problemas en la fosa, se realizará un análisis de su acidificación para comprobar su estado. Revisar en la sección Control de Calidad páginas 75-76, la determinación de la alcalinidad.

Si el proceso presenta fuertes olores y se verifica su acidificación, es necesario dosificar una base como la cal hidratada, para lo cual se procederá con la preparación de una solución acuosa con cal y se realizará lo siguiente:

1. Determinar el pH del agua residual presente en la fosa séptica.
2. Pesar 300 gramos de cal hidratada Tipo N. **Anexo 11**. Ficha Técnica de la Cal Hidratada.
3. En un balde graduado volumétricamente, tomar 10 litros de agua.
4. Mezclar la cal con el agua, dejar reposar por unos 5 minutos.
5. Arrojar poco a poco esta solución en la cámara No.1 de la fosa séptica.
6. Determinar la concentración de pH, hasta que se tenga un valor de $\text{pH} \geq 7$ en la salida de la fosa séptica (cámara No. 3).

CONTROL DE VECTORES

Con el fin de evitar la proliferación de vectores, se recomienda ejecutar trimestralmente jornadas de desbroce de la maleza, limpieza de las áreas verdes y mantenimiento de las tapas de inspección de las unidades. Mantener las áreas verdes de la PTAR contribuye a mejorar su aspecto visual y su ornato.

Se puede tomar en cuenta una campaña de fumigación anual, esta puede realizarse a inicios de cada año con el fin de atacar insectos y roedores.



FIGURA 4.8 LIMPIEZA DE ÁREAS VERDES



FIGURA 4.9 DESBROCE DE MALEZA

4.3.3 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Para la operación del FFAA es indispensable que en las rosetas de BioPac SF30 utilizadas como material filtrante se constate la presencia de la biopelícula adherida.

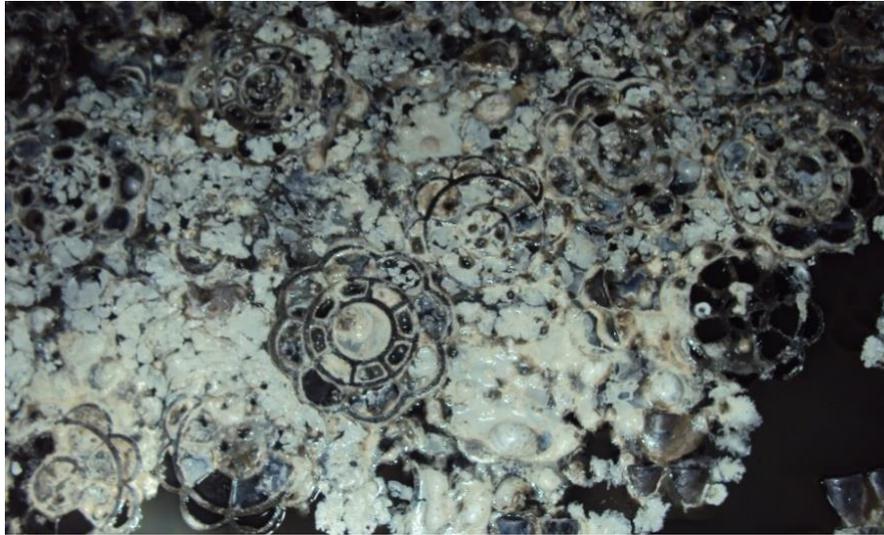


FIGURA 4.10 BIOPELÍCULA ADHERIDA AL LECHO FILTRANTE

Se recomienda revisar semestralmente las cajas de distribución del efluente del FFAA para observar que no exista acumulación de agua residual esta es una señal que el sistema está funcionando correctamente caso contrario si se observa la presencia de bolas; terrones de biopelícula se debe analizar la limpieza del material filtrante, para lo cual se debe hacer lo siguiente:

1. Utilizar los equipos de protección personal y las herramientas necesarias.
2. Destapar las tapas de inspección utilizando un pico, dejar que se ventilen por unos 15 minutos hasta que todos los gases se hayan desalojado.
3. Vaciar el filtro anaerobio de flujo ascendente, mediante el cierre de la válvula de compuerta VC-1.
4. Lavar superficialmente las rosetas con el uso de agua a presión, se deberá introducir el agua por la parte superior del lecho haciendo que fluya hacia abajo, se puede utilizar una manguera con buena presión o una hidrolavadora.
5. En caso de persistencia sacar el material filtrante y lavarlo manualmente.
6. Si esto no funciona se debe reemplazar las rosetas de BioPac SF30, que constituyen el material del lecho filtrante (Chiriboga, 2016, p. 123).

4.3.4 POZOS DE INFILTRACIÓN

Para la operación de los pozos se debe medir quincenalmente los niveles del agua residual y se realizará la inspección visual del terreno para evidenciar que no haya escorrentía del agua residual sobre la superficie del suelo, si se presentarán novedades se las registrarán en el Formulario de Control Operativo.

Realizar trimestralmente la limpieza y desbroce de maleza en los alrededores de las tapas de inspección de los pozos de infiltración.

4.3.5 LECHOS DE SECADO

El lodo primario (cribado) y secundario (fosa séptica) obtenido de las diferentes unidades operativas de la PTAR, deben depositarse en el lecho de secado. Es importante cada vez que se vaya a descargar lodo hacia el lecho de secado, este se encuentre adecuadamente acondicionado para su descarga.

Los lodos secundarios productos del proceso de la fosa séptica requieren una estabilización, antes de ser dispuestos. Estos lodos se deben estabilizarlos con cal para elevar su pH por encima de 9, ya que esta condición no favorece a la supervivencia de microorganismos. Para estabilizar los lodos se puede emplear cal hidratada así como cal viva, aunque preferentemente se utilizará cal hidratada, una vez colocados los lodos en el lecho de secado se dosificará una cantidad de cal hidratada Tipo N (Metcalf & Eddy, 1995, pp. 917, 918).

EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE DE LODOS DE LAS DIFERENTES UNIDADES HACIA LECHOS DE SECADO.

La extracción de lodos primarios se realizará con una pala cuadrada, para su recolección y transporte se usará una carretilla.

El transporte de los lodos primarios es manual por lo que debe realizarse por dos o tres personas como mínimo debido a las irregularidades y topografía del terreno de la PTAR, el lodo debe ser depositado en la parte superior del lecho de secado.

Esta actividad debe realizarse con mucho cuidado debido a que no se cuenta con un sendero para el traslado de la carretilla, ya que el contenido de los lodos puede voltearse y derramarse, por lo que esta actividad se hace compleja y peligrosa.



FIGURA 4.11 TRANSPORTE DE LODOS PRIMARIOS DESDE CRIBADO

OPERACIÓN DEL LECHO DE SECADO

Para la operación del lecho de secado se debe seguir estos pasos:

1. Se dividirá el lecho de secado en dos secciones: la sección superior destinada para lodos primarios y la sección inferior para lodos secundarios.
2. Se escarificará la superficie de arena del lecho de secado con rastrillo o cualquier otro dispositivo antes de la adición de lodo.
3. Remover todo el lodo antiguo cuando haya alcanzado el nivel de deshidratación que permita su manejo. **Nota 5**, Nunca añadir lodo a una sección del lecho de secado que ya contenga lodo.
4. Descargar el lodo en un espesor de capa de lodo de 30 a 40 cm.
5. Acondicionar y distribuir uniformemente el lodo en el área designada en el lecho.
6. El lodo primario del cribado se lo llevará manualmente cada semana y se lo dispersará de manera uniforme sobre la parte superior del lecho de secado.

7. El lodo secundario de la fosa séptica se lo llevará por bombeo y se lo dispensará en toda el área del lecho de secado ya que tiene un volumen considerable, se recomienda que la extracción y secado de los lodos se deben realizar en verano por su radiación y el bajo caudal de ingreso que se presenta en esta época.
8. Después de la disposición del lodo se deben estabilizarlos con cal hidratada, para una carretilla se debe usar aproximadamente 1 kg de cal hidratada y para los lodos secundarios se utilizará 25 kg de cal hidratada, esta actividad se realizará con el fin de evitar que la biomasa se active y pueda haber un crecimiento de las bacterias, el lodo estabilizado puede ser dispuesto.
9. Se debe realizar semanalmente un reacomodo del lodo primario y secundario mediante un rastrillo metálico, de tal manera de poder cubrir la superficie total del lecho y dar mayor capacidad de deshidratación al lodo depositado.
10. Todas estas actividades se deberá registrar en el Formulario de Control Operativo PTAR Ubillus. El formato presenta las fechas para la disposición inicial del lodo y su reacomodo superficial, se podrá determinar el peso/volumen del lodo.



FIGURA 4.12 DISPOSICIÓN DE LODOS PRIMARIOS



FIGURA 4.13 DISPOSICIÓN DE LODOS SECUNDARIOS

MANTENIMIENTO DEL LECHO DE SECADO

El mantenimiento del lecho de secado consiste en remover el lodo deshidratado para darle una disposición final.

1. El lodo deshidratado es seco, quebradizo y fácilmente manejable.
2. Utilizar una pala cuadrada y rastrillo para la remoción de los lodos.
3. Empacar el lodo seco en costales para entregarlos al personal encargado para su disposición final.
4. Remover las hierbas u otros restos vegetales que puedan proliferar en la capa del lecho de secado.
5. El personal encargado de los residuos sólidos dispondrá del lodo seco según la disposición final que se lleve a cabo.



FIGURA 4.14 LECHO DE SECADO PARA SU LIMPIEZA

4.3.6 DISPOSICIÓN FINAL DE LODOS

La disposición final de los lodos deshidratados inicialmente el DTAR los depositaba en el suelo, tomando en cuenta que el caudal de ingreso de la PTAR es una agua residual doméstica y en los ensayos del afluente no se encontró la presencia de metales pesados y compuestos tóxicos, este lodo teóricamente contiene gran cantidad de materia orgánica, nitrógeno y fósforo por lo que puede ser utilizado en la agricultura como fertilizante para cultivos (Romero Rojas, 2010, p. 848).

El DTAR determinaba el peso del lodo seco y los enterraba en una zanja de 3 m², posteriormente se recubría el lodo con tierra, el objetivo era disponer el lodo adecuadamente en el suelo de implantación de la PTAR.

Actualmente la EPMAPS en base al estudio y evaluación de lodos en la PTAR Ubillus realizado por Chiriboga (2016), donde se realizó un análisis para determinar la presencia de metales pesados y compuestos tóxicos según la Norma Técnica de Desechos Peligrosos y Especiales de la ordenanza Municipal No. 404, el lodo de la PTAR Ubillus al cumplir con los parámetros, es considerado como un Biosólido o un lodo no peligroso. Por lo cual este lodo puede ser reutilizado como restaurador y mejorador de suelos para uso agrícola y forestal. Adicionalmente al no necesitar ninguna atención especial, la disposición final de los lodos se puede realizar en rellenos sanitarios municipales (p.148). Justamente el DTAR se encuentra gestionando los requisitos necesarios para dar la disposición final de los lodos en el relleno sanitario el Inga.

4.3.7 RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento se resumen en la Tabla No. 4.1, donde se evidencia la actividad a realizar, el personal necesario, las herramientas a utilizar, la frecuencia recomendada y el tiempo aproximado para su ejecución.

Las actividades de operación se resumen en la Tabla No. 4.2, donde se describe el mínimo de personas que se necesitan para poder ejecutar cada actividad, el uso de materiales y equipos, la frecuencia recomendada y el tiempo aproximado de ejecución que se recomienda para cada actividad.

TABLA 4.1 RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

OPERACIÓN UNITARIA	ACTIVIDADES	ENCARGADO	MATERIALES Y EQUIPOS	FRECUENCIA	DURACIÓN
Cribado	Limpieza manual del separador de caudales	Operador/peón	Pala cuadrada balde, carretilla, escoba	Quincenal	60 min
	Limpieza de la rejilla	Operador	Pala cuadrada balde, rastrillo	Diaria	20 min
	Limpieza manual del canal de criba	Operador/peón	Pala cuadrada balde , carretilla	Semanal	60 min
	Mantenimiento de la compuerta de ingreso VC-1, lubricación de tornillos sin fin	Personal de mantenimiento DTAR	Grasa alimenticia	Semestral	60 min
Tanque Séptico	Medición de niveles	Operador	Cinta métrica, bara, franela blanca	Trimestral	15 min
	Remoción de natas y espumas	Operador/peón	Cernidera de malla fina, balde, carretilla	Mensual	45 min
	Extracción de lodos	Operador/3 peones	Succionadora de lodos o bomba de 2HP, mangueras de presión , pala, carretilla	Anual	240 min
	Limpieza cámaras de revisión	Operador/peón	Pala, carretilla	Semanal	60 min

OPERACIÓN UNITARIA	ACTIVIDADES	ENCARGADO	MATERIALES Y EQUIPOS	FRECUENCIA	DURACIÓN
FAFA	Limpieza del vertedero de salida	Operador	Malla, varilla, balde	Trimestral	30 min
	Limpieza de cajas distribuidoras	Operador/peón	Varilla, tubo de PVC, pico	Semestral	45 min c/u
Pozos de Infiltración	Desbroce	2 peones	Azadón , pico, pala, carretilla	Mensual	120 min
Lecho de Secado	Remover el lodo antiguo	Operador/peón	Pala, sacos	Cuando haya alcanzado la deshidratación	120 min
	Escarificar y acomodo superficial de lodos	Operador	Rastrillo y pala	Semanal	30 min
	Reemplazo de arena perdida	Operador/peón	Arena	Cada seis meses	60 min
Áreas verdes de la PTAR y Unidades	Desbroce maleza y limpieza general	Operador/2 peones	Azadón, moto guadaña, pala, carretilla , machete	Trimestral	6 h

TABLA 4.2 RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE OPERACIÓN

UNIDAD	ACTIVIDADES	PERSONAL	MATERIALES/EQUIPOS	DURACIÓN	FRECUENCIA
Cribado	Medición de parámetros in situ	1 persona	Equipo multiparamétrico, balde 20l, jarra graduada 2l	60 min	Mensual
Fosa Séptica	Medición de niveles	1 persona	Cinta métrica, flexómetro, franela blanca, bara	10 min	Trimestral
Pozos de Infiltración	Medición de niveles	1 persona	Cinta métrica, varilla, pico	10 min	Quincenal
Lechos de Secado	Transporte de lodos primarios	3 personas	Carretilla, balde, cal hidratada tipo N	60 min	Semanal
	Transporte de lodos secundarios	3 personas	Bomba 2 HP, carretilla, sogas, baldes, cal hidratad	4 h	Anual
	Acomodo superficial de lodos en el lecho	1 persona	Pala cuadrada, rastrillo	20 min	Semanal

4.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL Y EQUIPAMIENTO DE USO GENERAL

Es de vital importancia que las personas encargadas del mantenimiento cuenten con los equipo de protección personal (EPP) para prevenir, minimizar y evitar que ocurran accidentes que puedan comprometer la salud física de los trabajadores. Los equipos de seguridad se detallan en la Tabla 4.3.

El operador y personal de mantenimiento deben contar con el uniforme y el equipo de seguridad completo para el desarrollo de las actividades de operación y mantenimiento.

TABLA 4.3 EQUIPOS DE SEGURIDAD

<i>EQUIPOS DE SEGURIDAD</i>	
Casco de seguridad	
Mascarilla de medio rostro con filtros para gases ácidos y vapores orgánicos	
Gafas de seguridad	

Overoles desechables	
Guantes de latex anticorte	
Botas de caucho	
Traje pescador	

4.5 SALIDA DE OPERACIÓN DE LA PTAR

Para la salida o suspensión del proceso de tratamiento es necesario cerrar la válvula de compuerta (VC-1) y desviar el caudal de agua residual hacia la quebrada seca, mediante el by pass del separador de caudales.

La suspensión del proceso se puede dar en los siguientes casos:

- Colapso del cribado por mal uso del sistema de alcantarillado.
- Ejecución de las actividades de mantenimiento.
- Taponamientos y obstrucción de tuberías.
- Trabajos a realizarse como adecuación de unidades o trabajos de mejoras.
- Eventualidades no programadas como derrumbes.

En estos casos es necesario realizar la parada de la planta siguiendo estas actividades:

1. Una vez conocida la emergencia, es necesario tener la disposición del personal y la disponibilidad del transporte para acudir con brevedad a la PTAR.
2. Cerrar completamente la válvula de ingreso VC-1 que permite el ingreso de caudal hacia la planta.
3. En caso de taponamiento del cribado, entre dos personas se procede a realizar la limpieza de la rejilla y el canal de criba, como se evidencia en las secciones anteriores.

4.6 CONTROL DE CALIDAD

El muestreo del agua residual consiste en extraer una porción representativa de agua de un todo para examinar sus diversas características. Las muestras se toman y examinan esencialmente para determinar parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, que requerirán criterios y técnicas de muestreo diferentes, dependiendo de las necesidades y disposición de recursos.

La muestra puede ser:

- **Simple o puntual:** Se toma en un sitio determinado y en un tiempo determinado, dando un resultado exclusivo para esa muestra examinada.
- **Compuesta:** Se toman varias muestras en diferentes intervalos de tiempo, las cuales formarán una muestra final.

TIPO DE MUESTREO

Se ha determinado que el muestreo para la PTAR Ubillus sea de tipo simple y una vez al mes, debido a los siguientes motivos:

- La planta trata un caudal bajo aproximadamente de 0,32 l/s y como máximo 1.04 l/s, lo que dificultaría la toma de muestras con un equipo automático.
- El tiempo de traslado desde el Departamento de Aguas Residuales hacia la PTAR es de 1 hora y 30 minutos, lo cual dificultaría un muestreo frecuente.

EQUIPO, MATERIALES Y REACTIVOS DE MUESTREO

El equipo, materiales y reactivos necesarios para el muestreo son detallados en la Tabla 4.4.

TABLA 4.4 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS PARA EL MUESTREO

EQUIPOS
Equipo multiparamétrico HQ40D (pH, temperatura, conductividad y sólidos disueltos totales).
pH-metro.
MATERIALES
Recipientes plásticos (capacidad mínima de 1l cada uno).
Frascos ámbar de vidrio.
Cooler.
Refrigerantes.
Pico.
Pala.
Baldes (Uno para el afluente y otro para el efluente).
Jarras (Una para el afluente y otra para el efluente).
Cono Imhoff (capacidad 1l).
Bureta/ pipeta graduada (capacidad variable).
Balón de aforo (100 ml).
Cuaderno de registro de datos de campo de las PTARs.
REACTIVOS
Ácido sulfúrico 0.002 N (Alcalinidad).
Preservantes: Ácido sulfúrico y ácido nítrico.

Fuente: Autor

TOMA DE MUESTRAS

Previo al plan de monitoreo se deberá realizar una visita a la PTAR, la cual es requerida como fuente de información sobre: vías de acceso, la topografía del lugar, puntos de muestreo habilitados, equipos de seguridad necesarios etc.

- Elaborar el programa del muestreo anual de la PTAR Ubillus, **Anexo 10**.
- Verificar el funcionamiento y calibración del equipo multiparamétrico HQ40D.
- Preparar el material y equipos de medición en campo.
- El auxiliar de laboratorio deberá preparar el material para el muestreo de la PTAR Ubillus, el cual fue detallado en la Tabla 4.2.
- Asegurarse de que el vehículo de transporte disponga del salvoconducto y se encuentra en óptimas condiciones. (Cerciorarse de que tenga suficiente gasolina y que se puede conducir el día de muestreo).
- Utilizar los equipos de protección individual para la toma de muestras.

IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

En las visitas a la PTAR se observó una cámara a la salida del cribado que desemboca en un pozo de revisión, aquí se puede realizar el punto de muestreo del afluente ya que tiene una buena caída y una distribución uniforme del caudal de ingreso.

Para el efluente se ha considerado el caudal vertido en los pozos de infiltración ya que en estos puntos de muestreo se encuentra abundante agua residual y en reposo, por lo que se puede tomar muestras representativas de la salida del proceso. Para tomar la muestra es necesario abrir las tapas de inspección de los pozos de infiltración con un pico y arrojar un balde de 20l con sujetador para poder sacar el balde con el efluente. Se recomienda tomar la muestra del pozo de infiltración No. 4, ya que este recolecta los desbordes de los pozos anteriores.

En la PTAR Ubillus, las muestras serán tomadas en la tubería de la cámara de salida del cribado (afluente) y en el pozo de infiltración No. 4 (efluente).



FIGURA 4.15 MUESTREO AFLUENTE



FIGURA 4.16 MUESTREO EFLUENTE

El Programa de Muestreo de la PTAR Ubillus, será mensual y se determinarán los parámetros a mencionar según lo establecido en el **Anexo 10**. Plan de muestreo.

INSTRUCCIONES

PRIMER MUESTREO:

- **Afluente:** Se requerirá aproximadamente cinco litros de muestra, los cuales servirán para el análisis físico químico (2l), aceites, grasas y plaguicidas (2l) y microbiológico (100 ml).
- **Efluente:** Se requerirá aproximadamente de cinco litros de muestra, los cuales servirán para el análisis físico químico (2l), aceites y grasas (2l) y microbiológico (100 ml).

Si en los primeros resultados de los análisis de laboratorio del afluente se determina que las muestras no poseen plaguicidas, pesticidas, ni metales pesados, los muestreos restantes se realizarán de la siguiente manera:

- **Afluente:** Se requiere aproximadamente de cinco litros de muestra, los cuales servirán para el análisis físico-químico (2l), para aceites y grasas (2l) y microbiológico (100ml).
- **Efluente:** Se requiere aproximadamente de cinco litros de muestra, los cuales servirán para el análisis físico-químico (2l), aceites y grasas (2l) y microbiológico (100 ml).

En caso de que algún contaminante se encuentre fuera de la normativa ambiental vigente (para alcantarillado) se realizará un monitoreo de al menos tres muestreos seguidos para descartar o buscar la fuente del contaminante del afluente.

Las muestras deben ser preservadas mediante ácido nítrico o ácido sulfúrico, dependiendo del parámetro a ser analizado.

MUESTREO

El responsable del muestreo deberá homogeneizar los materiales (plástico y vidrio), colocando la misma muestra en el recipiente y agitándola por las paredes, con el fin de eliminar todas las trazas de sustancias químicas y residuos.

La homogenización reduce el riesgo de contaminación cruzada de muestras, es decir, contaminar una muestra con aquella que la precede. Los recipientes estériles y los frascos ámbar no se homogenizan.

Muestreo (parámetros físico-químicos)

- Durante el muestreo la boca de los recipientes deben ser colocada frente a la corriente, bajo la superficie libre y las manos tan lejos de ella como sea posible.
- La toma de muestras se realizará con una jarra, para posteriormente colocarla en el balde.
- La muestra dispuesta en el balde servirá para la medición de los parámetros in-situ y para los recipientes plásticos.
- Se debe utilizar una jarra y un balde para el afluente y otros para el efluente. En el caso de no contar con el material suficiente, el orden de toma de muestras deberá ser primero el efluente y luego el afluente, debido a que la muestra del efluente es menos concentrada que la del afluente, minimizando la contaminación cruzada.

Muestreo (parámetros microbiológicos)

- Para la determinación de parámetros microbiológicos, la muestra se deberá colocar en un recipiente estéril con capacidad mayor o igual a 100 ml, que puede ser de plástico o vidrio.
- Después del muestreo el recipiente debe cerrarse inmediatamente, asegurándose de dejar un volumen libre de muestra (una cuarta parte del recipiente) para que los microorganismos cuenten con oxígeno suficiente.

Muestreo (Aceites y grasas)

- Para la determinación de aceites y grasas, se recomienda colocar la muestra en un frasco ámbar de vidrio.
- La muestra debe tomarse de la superficie del agua hasta llenar el recipiente.
- El preservante a utilizarse para este parámetro será el ácido sulfúrico concentrado (10 a 12 gotas), hasta llegar a un pH menor o igual a 3.

Muestreo (Metales Pesados)

- Para la determinación de estos parámetros, la muestra se deberá colocar en un recipiente plástico de 1l.
- El preservante a utilizarse es el ácido nítrico concentrado (5 gotas), hasta llegar a un pH menor a 2.
- Una vez realizados todos los muestreos, cada envase debe ser etiquetado correctamente.
- Finalmente, todos los envases deben ser conservados a una temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, previo al traslado para el análisis.

MEDICIÓN IN-SITU

El personal del área de control de calidad del DTAR, realizará la medición in-situ de los siguientes parámetros:

- Alcalinidad.
- Conductividad.
- pH.
- Temperatura
- Sólidos Sedimentables.
- Sólidos Disueltos Totales (SDT).

El procedimiento para la medición in-situ de parámetros es el siguiente:

1. Preparar el material y equipos de medición para campo.
2. El auxiliar de laboratorio deberá preparar el material para la medición in-situ de parámetros, el cual fue detallado en la Tabla 4.4.
3. Verificar que el equipo multiparamétrico se encuentre debidamente calibrado y con baterías.
4. Verificar que la sonda de pH se encuentre protegida con la tapa que contiene la solución buffer (pH 7 o solución tamponada).
5. El orden de medición de los parámetros será: temperatura, pH, conductividad y TDS. Tomando en cuenta que las mediciones se realizarán primero del efluente y luego del afluente, debido a que la muestra del efluente es menos concentrada que la del afluente, minimizando la contaminación cruzada.

6. Para asegurarse de la confiabilidad de los resultados, se recomienda realizar al menos tres mediciones por parámetro.

pH

Conectar la sonda de pH en el equipo multiparamétrico. Encender el equipo y colocar la sonda en la muestra. Esperar que en el equipo se estabilice la lectura antes de anotar los resultados.

Conductividad y TDS

Conectar la sonda de conductividad y TDS en el equipo multiparamétrico. Encender el equipo y colocar la sonda en la muestra. Esperar que el equipo se estabilice antes de anotar los resultados.

Sólidos Sedimentables

Colocar aproximadamente un litro de muestra del afluente y efluente en el Cono Imhoff y dejar reposar durante 45 minutos.

Tomar la medida de los sólidos sedimentables y contrastar con la normativa ambiental vigente, para cumplimiento de la misma.

Alcalinidad

El parámetro alcalinidad será medido a pH 5,75 y pH 4,30 respectivamente. La medición se la realizará a través de un pH-metro portátil, exclusivo para este análisis. Dicho equipo deberá ser calibrado previo a la titulación.

El reactivo a ser utilizado es ácido sulfúrico 0,002 N, éste será proporcionado por el personal del L3C, para este efecto se deberá remitir un correo al Jefe del Laboratorio para su preparación con anticipación.

Instrucciones

1. Tomar 100 ml de muestra de agua residual en un Erlenmeyer o recipiente similar que lo contenga. Para esto es necesario contar con un balón de aforo de 100 ml.

2. Para la titulación se utilizará una bureta o una pipeta graduada según el material disponible (volumen variable).
3. Llenar la bureta/pipeta hasta la marca de aforo con el ácido sulfúrico 0,002 N.
4. Proceder a la titulación con el ácido sulfúrico introduciendo el electrodo de pH en la muestra hasta alcanzar el pH 5,75 una vez alcanzado dicho pH se procederá a tomar la medida de ácido gastado. Continuar con la titulación hasta alcanzar el pH de 4,30.

Cálculo

Control del proceso anaerobio: PARÁMETRO ∂

$$\partial = \frac{\text{ALCALINIDAD MEDIA A pH= 5,75}}{\text{ALCALINIDAD MEDIA A pH= 4,30}}$$

Si $\partial > 0,5$ = proceso estable

Si $\partial < 0,5$ = proceso inestable (acidificación)

La relación entre ambas alcalinidades establece la salud del proceso anaerobio:

ALCALINIDAD TOTAL= ALCALINIDAD HCO_3^{2-} + ALCALINIDAD AGVs

$$\partial = \frac{\text{ALCALINIDAD HCO}_3^{2-}}{\text{ALCALINIDAD AGVs}}$$

Finalmente, se deberá disponer de un recipiente con agua potable para lavar todos los instrumentos y para el aseo del personal encargado.

PARÁMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO

El análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual, tanto del afluente como efluente, son determinados en el Laboratorio Central de Control de Calidad (L3C) de la EPMAPS.

Los parámetros analizados en el L3C se detallan en la Tabla 4.5.

TABLA 4.5 PARÁMETROS A ANALIZAR PARA AGUAS RESIDUALES Y MÉTODO DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS
FÍSICO-QUÍMICOS	
Amonio (N-NH ₃)	Método Nesslerización
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM/5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM/5220 D
Fósforo Total	SM/4500-P E
Grasas y Aceites	SM/5220 D
Nitritos*	Prueba rápida colorimétrica
Nitratos	SM/ 4500-NO ₃ -B
NTK	SM/ 4500-Norg B
Sólidos Suspendidos Volátiles (VSS)	SM/ 2540 D, SM/ 2540 G
Sólidos Totales (TS)	SM/ 2540 B
Tensoactivos ABS (MBAS)	SM/ 2550 B
METALES PESADOS	
Arsénico (As)*	SM 3114 C
Cromo (Cr)*	SM 3111 B
Manganeso (Mn)*	SM 3111 B
Hierro (Fe)*	SM 3111 B
Cadmio (Cd)*	SM 3111 B
Mercurio (Hg)*	SM 3112 B
Níquel (Ni)*	SM 3111 B
Plomo (Pb)*	SM 3111 B
Aluminio (Al)*	SM 3111 D
Cobre (Cu)*	SM 3111 B
Selenio (Se)*	SM 3114 C
MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes Totales	SM/9223 B
E. Coli	SM/9223 B
PLAGICIDAS ORGANOCLORADOS	
Aldrín y Dieldrín*	EPA 8081 A Modificado
Endrín*	EPA 8081 A Modificado
PLAGICIDAS ORGANOFOSFORADOS	
Cloropyrifos*	EPA 8081 A Modificado
Dimethoate*	EPA 8081 A Modificado

Fuente: Métodos Estándar, 2012.

**Parámetros que han de determinarse solamente en el afluente y durante el primer muestreo. En el caso en que dichos parámetros sobrepasen la norma, se deberá seguir determinando su valor tanto en el afluente como en el efluente.*

SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA MUESTREO

Es de vital importancia que las personas encargadas del muestreo cuenten con los equipos de seguridad para prevenir incidentes que puedan comprometer la salud física del personal. Los equipos de seguridad se detallan en la Tabla 4.6.

TABLA 4.6. EQUIPOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA MUESTREO

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS)
○ Guantes de nitrilo
○ Mascarilla
○ Overoles
○ Gafas
○ Zapatos de seguridad industrial
○ Botas de caucho
○ Casco de seguridad

Fuente: Autor

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y SALUD OCUPACIONAL

La Constitución de la República del Ecuador establece en el artículo 326, numeral 5: “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar”. Los temas de salud, seguridad y la prevención de accidentes son obligaciones y responsabilidades de la EPMAPS, mediante la Unidad de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, este promueve la protección del personal que trabaja en el DTAR frente a riesgos de trabajo y enfermedades. Dentro de este contexto se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Realizar un Plan de Seguridad y Salud Ocupacional que contenga talleres de sensibilización de riesgos, charlas sobre productos químicos, manejo de aguas residuales y jornadas médicas para prevenir enfermedades.

- La PTAR debe contar con disponibilidad de agua potable o tener dispositivos de almacenamiento para proveer de agua para la higiene personal.
- Utilizar medidas de higiene personal como lavarse las manos con agua y jabón, utilizar desinfectantes después de lavarse las manos, antes de la ingestión de alimentos y después de realizar actividades dentro de la PTAR.
- Periódicamente se debe ejecutar un Programa de Medicina Preventiva a los trabajadores de la PTAR, con controles médicos y vacunas para prevenir enfermedades como: fiebre, disentería, cólera, tifoidea, hepatitis y tétano.
- Adiestrar para la utilización de Equipos de Primeros Auxilios (EPA) y la adecuación de un botiquín de primeros auxilios, en caso de emergencias médicas como: cortaduras, heridas y eventualidades que puedan ocurrir.
- El botiquín debe contener como mínimo: esparadrapos, curitas, gasas, algodón, alcohol, solución detergente, desinfectante, colirio ocular y tijeras.
- Las herramientas de trabajo deben limpiarse con agua limpia al finalizar las actividades de operación, mantenimiento y control de la planta.
- Implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, para lograr un mayor compromiso entre la EPMAPS y los trabajadores.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

- Usar obligatoriamente la ropa de trabajo, indumentaria y Equipos de Protección Personal (EPP), previo al inicio de las actividades de O&M y muestreo en la PTAR, con el fin de evitar incidentes.
- Cuidar y mantener en buen estado los EPP, en caso de deterioro o daño físico del equipo, pedir la reposición inmediata al DTAR.
- Determinar las actividades inseguras para poner énfasis en los riesgos y tener más cuidado al ejecutarlas, establecer zonas seguras para el personal.
- Identificar trimestralmente el estado de los filtros de las mascarillas para evidenciar su funcionalidad, en el caso que se encuentren saturados no podrán absorber los gases y vapores tóxicos que se generan en la PTAR.
- Realizar la instalación de señaléticas de prevención de accidentes y senderos adecuados para el tránsito del personal con el fin de evitar resbalones o caídas en las instalaciones de la PTAR.

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

1. El funcionamiento del separador de caudales es el adecuado para aliviar el exceso de caudal producto del ingreso de agua lluvia al sistema de alcantarillado en épocas de invierno, previo a su ingreso al sistema de tratamiento.
2. El arrastre de sólidos producidos en el efluente de la fosa séptica, ocasiona la reducción en la capacidad de asimilación de la carga hidráulica, en las subsiguientes unidades como es el Fafa y los pozos de infiltración, principalmente en estos últimos ocasiona la saturación del suelo. El arrastre de sólidos favorece al taponamiento en codos y tuberías de conducción.
3. En la fosa séptica se evidenció la emanación de olores como resultado de la descomposición anaerobia de la materia orgánica, se recomienda verificar y monitorear mensualmente su estado en relación a su acidificación.
4. El medio granular del filtro anaerobio de flujo ascendente se encuentra colmatado por la aparición de terrones de lecho bacteriano, por lo que se recomienda lavar periódicamente el lecho filtrante.
5. De acuerdo a los aforos de caudal, las horas pico son las 12H00 con un caudal máximo de 0,82 l/s y las 15H30 con un caudal mínimo de 0,34 l/s, el caudal promedio en los 7 días de la semana fue de 0,50 l/s que está dentro del caudal de diseño de la PTAR Ubillus de 1,04 l/s.
6. En la infiltración al suelo se produce desbordamientos y escorrentía superficial del agua residual en los pozos de infiltración, producido por una saturación del suelo; esto es consecuencia de que no se hizo un estudio de la capacidad de infiltración del suelo en el sector de implantación de la PTAR.

7. El sistema de tratamiento para la depuración de aguas residuales en Ubillus es frecuentemente empleado para poblaciones pequeñas o rurales por sus altos porcentajes de remoción teórico en cada uno de las unidades que lo conforman como: cribado, fosa séptica, filtro anaerobio de flujo ascendente e infiltración al suelo mediante vallas y pozos de infiltración.
8. Las medidas de prevención de accidentes ayudan a prevenir lesiones o enfermedades ocupacionales, en la ejecución de las actividades de O&M, de los procesos anaerobios (fosa séptica y FAFA), se producen emanaciones de gases tóxicos por lo que el uso de gafas de seguridad, mascarillas de medio u rostro completo, y los filtros específicos son obligatorios para la protección respiratoria del personal involucrado.
9. La funcionalidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales, están basadas en Manuales de Operación y Mantenimiento, donde se identifiquen sistemáticamente las unidades y sus procesos, en conclusión el manual es la herramienta principal del personal encargado de la PTAR porque describe las actividades a ejecutar.
10. Los registros contienen información sobre los parámetros de control y operación por lo que su almacenamiento, procesamiento y análisis sirven como indicadores de comportamientos para futuras evaluaciones de los procesos unitarios, con el objeto de tomar decisiones sobre la funcionalidad de la PTAR.
11. La ejecución de las actividades de mantenimiento ayudarán a optimizar y mejorar la eficiencia de los procesos unitarios ya que evitamos problemas como el arrastre de sólidos y su acumulación que generan obstrucciones, taponamientos y roturas.
12. La utilización obligatoria y permanente de los Equipos de Protección Personal (EPP), en la ejecución de las actividades de operación y mantenimiento, son indispensables ya que al estar en contacto con el agua residual nos protegen de enfermedades y accidentes.

5.2 RECOMENDACIONES

1. En la fosa séptica existe una acumulación de material grueso y flotante por lo que se recomienda un rediseño en el espaciamiento de las barras de la rejilla del cribado, debido a que no cumple eficazmente la retención de dichos materiales.
2. Se recomienda realizar un estudio detallado del suelo con el fin de conocer su permeabilidad en todos sus estratos, las características físicas y mecánicas que presenta en el sector de implantación de la PTAR y establecer nuevas mejoras durante el proceso de infiltración al suelo o deshabilitar esta etapa. Este estudio ayudará a ratificar o descartar si la saturación del suelo se debe a condiciones naturales del mismo, en cuyo caso no sería recomendable para este uso.
3. La saturación del suelo de la PTAR podría ser una consecuencia de la elevada pluviosidad del área del proyecto en épocas invernales, por lo que se recomienda realizar un análisis de las condiciones meteorológicas en el sector con el fin de descartar si el lugar de implantación es idóneo para sistemas de disposición de aguas residuales en el suelo.
4. Si el suelo de la PTAR Ubillus presenta una baja permeabilidad, no es necesario construir nuevos pozos de infiltración como medida correctiva, ya que no se da una solución definitiva, se sugiere que en el pozo No. 4, el cual recibe los desbordes de los pozos No. 1, 2 y 3, instalar una zanja de infiltración con una capa de material filtrante que recolecte el efluente para su disposición final en la quebrada de caudal seco.
5. Se recomienda tener una mayor cantidad de datos para la evaluación de los caudales diarios y horarios, ya que en el presente proyecto se la realizó en los meses de junio, julio, agosto y septiembre y esta es una muestra que no representa la totalidad de meses del año.

6. El Manual de Operación y Mantenimiento debe someterse periódicamente a revisiones con el fin de actualizarlo a las necesidades, ampliaciones o cambios existentes en cada unidad de la PTAR.
7. Se recomienda charlas de sensibilización a los moradores del barrio Ubillus con el fin de dar a conocer el buen uso del sistema de alcantarillado, y evitar que desperdicios de comida, y otros artículos de limpieza sean enviados a dicho sistema y ocasionen el colapso en el cribado de la PTAR.
8. Se recomienda buscar alternativas de reutilización del lodo deshidratado extraído del proceso de depuración para usarlo como mejorador de suelo, abono agrícola o acondicionadores de suelos.
9. La fosa séptica y el FAFA periódicamente deben recibir revisiones en busca de fisuras o fallas en las estructuras de concreto, porque la formación de biomasa produce la generación de gases tóxicos que pueden debilitarlas paulatinamente.
10. Los operadores y el personal de mantenimiento deben verificar el estado de los equipos de protección personal (EPP) antes de usarlos, en el caso de deterioro es necesario pedir su reposición al encargado de la Unidad de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.
11. El lecho de secado se encuentra distante a los procesos de tratamiento del agua residual y no existen conexiones o caminos que faciliten el transporte de los lodos; se sugiere la realización de senderos que faciliten realizar esta actividad sin mucho peligro.
12. Solicitar a la Unidad de Seguridad Industrial la instalación de señalética de emergencias, prevención de accidentes, uso de equipos de protección personal y rutas de salida de emergencia; para su evacuación en casos especiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

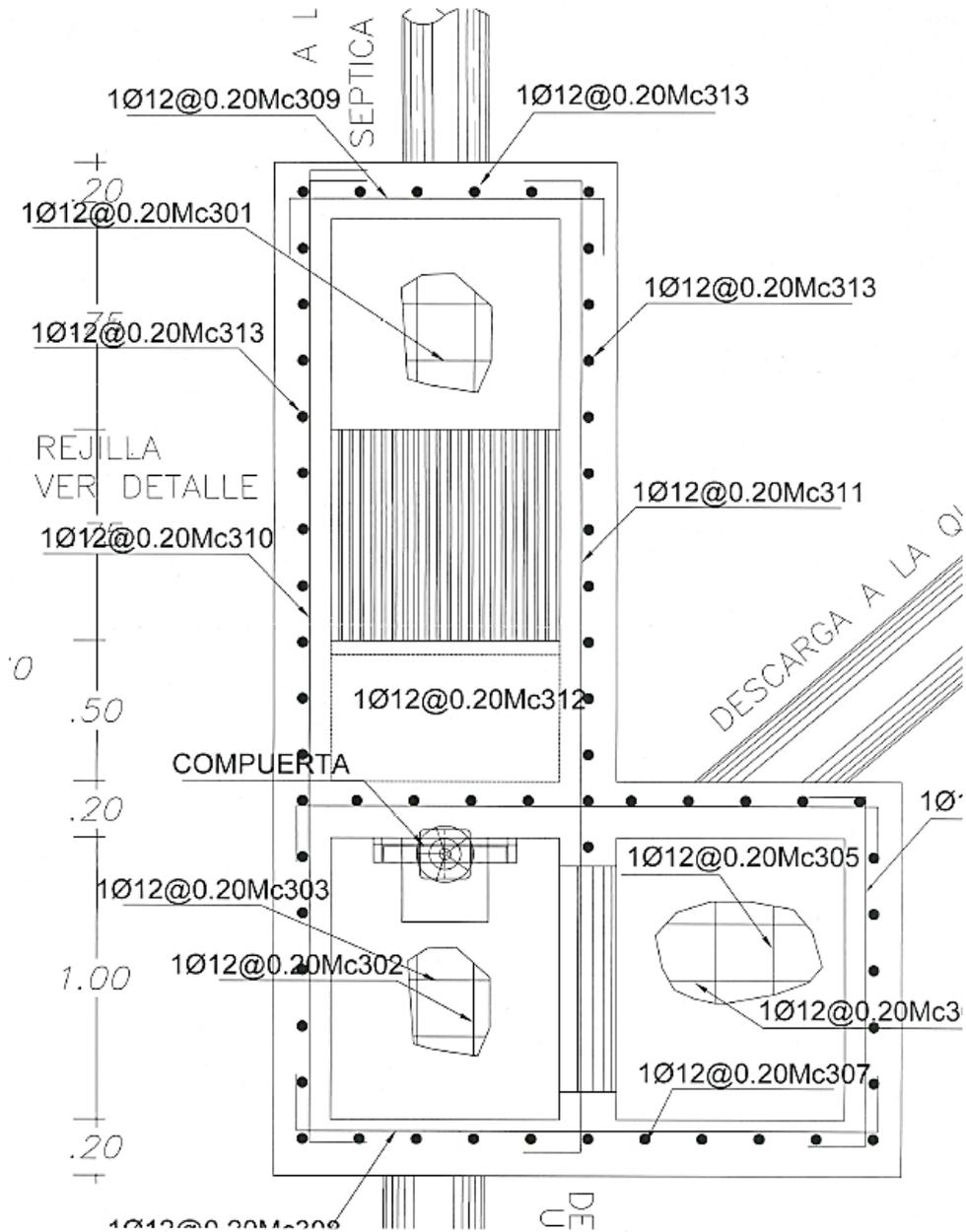
- 3M. (10 de julio de 2017). *Equipos de Protección Personal 3M y Seguridad Industrial*. Obtenido de <http://www.3m.com.ec>
- APHA; AWWA; WPCF. (2012). *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Madrid, España: Diaz de Santos, S.A.
- Asamblea Nacional Constituyente. (20 de agosto de 2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Barba Ho, L. E. (16 de noviembre de 2016). *Universidad del Valle, Conceptos básicos*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>
- Carrillo Carvajal, R. M., & Parrales, O. D. (2013). *Guía para el Diseño de un Sistema de Seguridad y Salud en una Empacadora de Camarón*. Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2003). *Especificaciones Técnicas para el Diseño de Zanjales y Pozos de Infiltración*.
- Chiriboga, I. (2016). *Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "Ubillus" en la parroquia de Pintag e Implementación del Sistema Integrado de Gestión*. Tesis de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Santa Fe de Bogotá: Mc Graw-Hill.
- EPMAPS. (2014). *Manual de Operación y Mantenimiento/ PMA para la Operación y Mantenimiento de la PTAR Gualea Cruz*. Quito.
- EPMAPS. (2015). *Indicadores de Cobertura del Sistema Integrado de Gestión*. Quito.
- Fonseca, K. V. (2014). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Central de Servicios Agrícola de Riobamba*. Riobamba.
- Guerrero Hidalgo, H. (2014). *Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia Pilahuín, cantón Ambato*. Tesis de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Huertas, R., Marcos, C., Ibarguren, N., & Ordás, S. (2012). *Guía Práctica para la Depuración de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*.
- Jaramillo, L. (Febrero de 2013). *Apuntes de Caracterización de Aguas Crudas*. Quito.
- José, F. P., & Seco Torrecillas, A. (2008). *Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales*. México: Alfaomega.

- Mara, D. (1976). *Sewage Treatment in Hot Climates*. Londres.
- Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización*. España: McGraw - Hill.
- MIDUVI Subsecretaria de Saneamiento Ambiental Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo Internacional. (1994). *Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas Rurales de Disposición de Excretas*. Quito.
- Ministerio del Agua. (2007). Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en Poblaciones Rurales. 31.
- Ministerio del Ambiente. (31 de marzo de 2003). *Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Obtenido de http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/TEXTO_UNIFICADO_LEGISLACION_SECUNDARIA_i.pdf
- Ministerio del Ambiente. (13 de Mayo de 2015). *Acuerdo Ministerial 028*.
- OPS, CEPIS. (2005). Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. 40.
- OPS, CEPIS. (2005). Guía para la Operación y Mantenimiento de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. 78.
- Orozco Jaramillo, A. (2005). *Bioingeniería de las Aguas Residuales, Teoría y Diseño*. Colombia: Acodal.
- Plan Nacional de Calidad Turística del Perú – CULTUR. (2008). Manual Técnico de Difusión Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en Zonas Rurales. 62.
- PROARCA/SIGMA. (2003). Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales. 83.
- Programa Agualimpia FOMIN. (2013). Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento en Zonas Rurales. 78.
- Rivas Mijares , G. (1978). *Tratamiento de Aguas Residuales*. España: Vega.
- Romero Rojas, J. A. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SERCOP. (2013). *Servicio Nacional de Contratación Pública*. Obtenido de <http://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/>
- Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, D. (2002). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse* (Cuarta ed.). United States: McGraw- Hill Companies, Inc.

ANEXOS

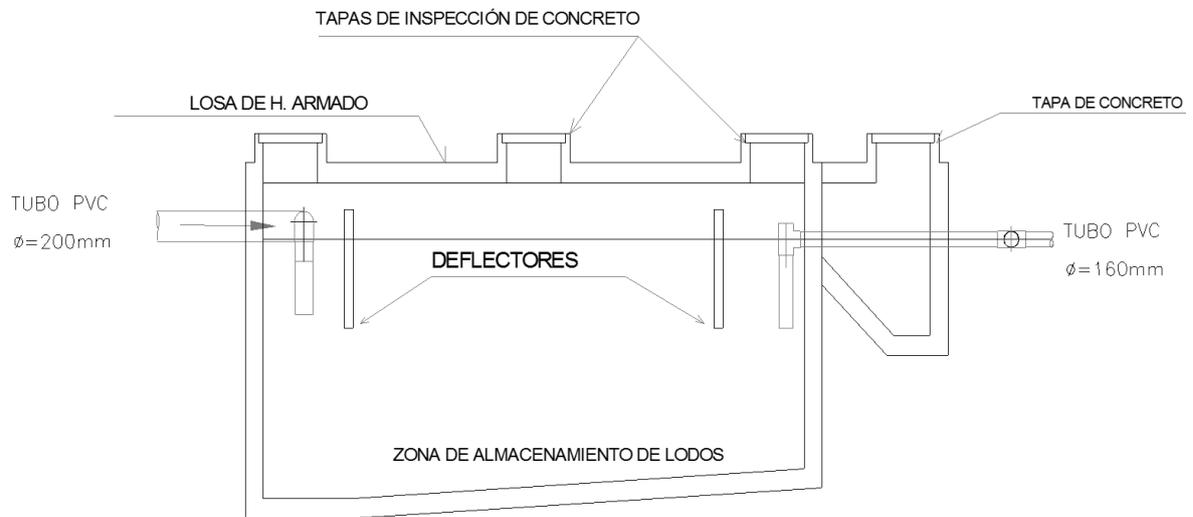
ANEXO 1

PLANO EN PLANTA DEL CRIBADO



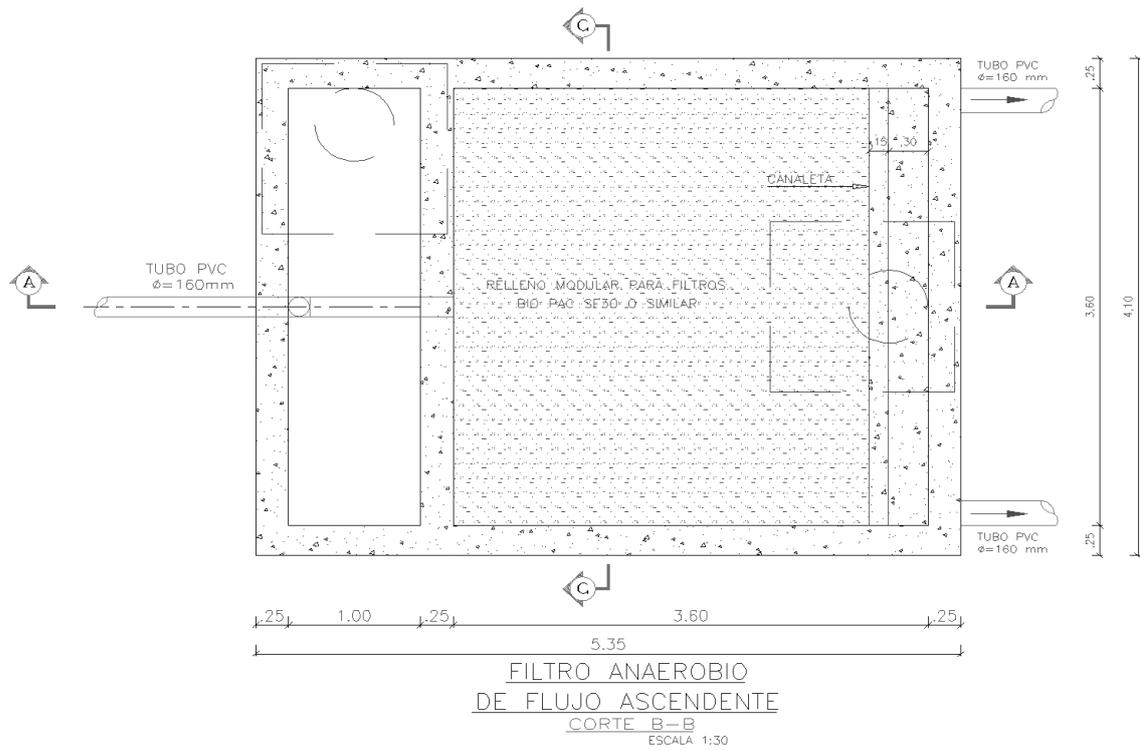
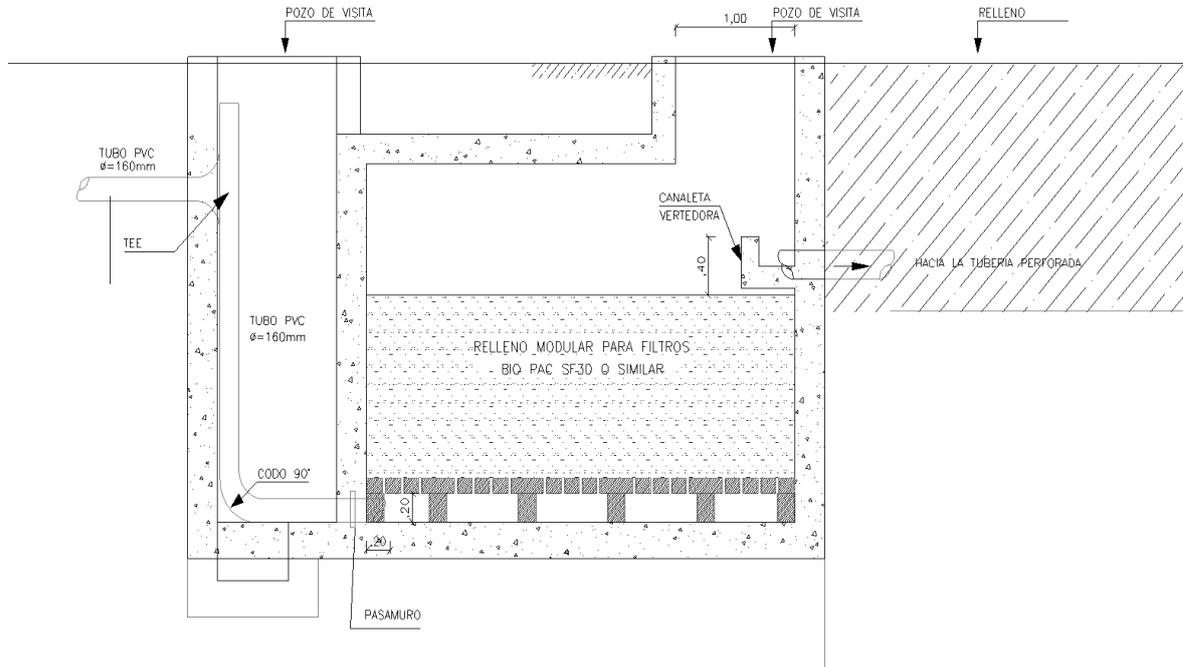
ANEXO 2

PLANO EN CORTE DE LA FOSA SÉPTICA



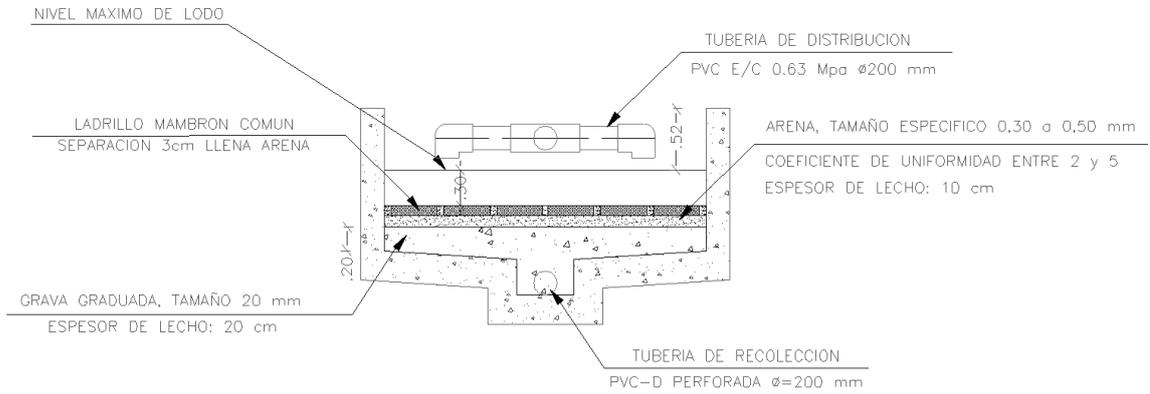
ANEXO 3

PLANO DEL FAFA EN CORTE Y PLANTA

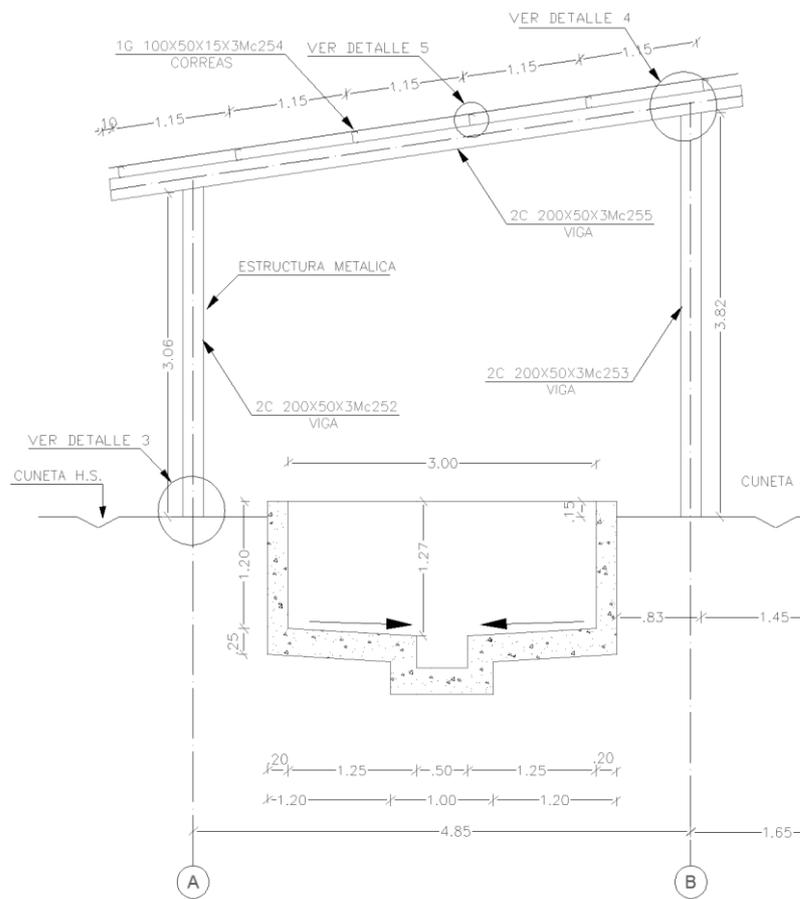


ANEXO 4

PLANO DEL LECHO DE SECADO EN CORTE



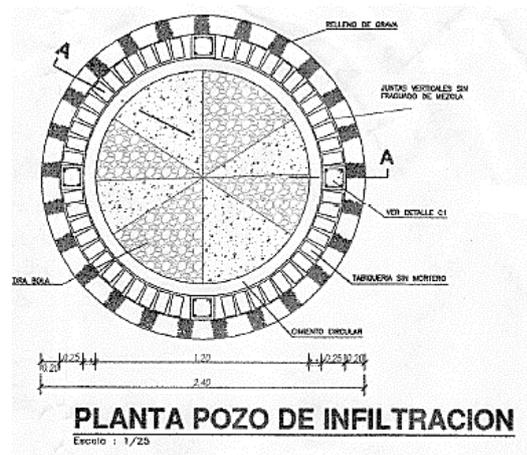
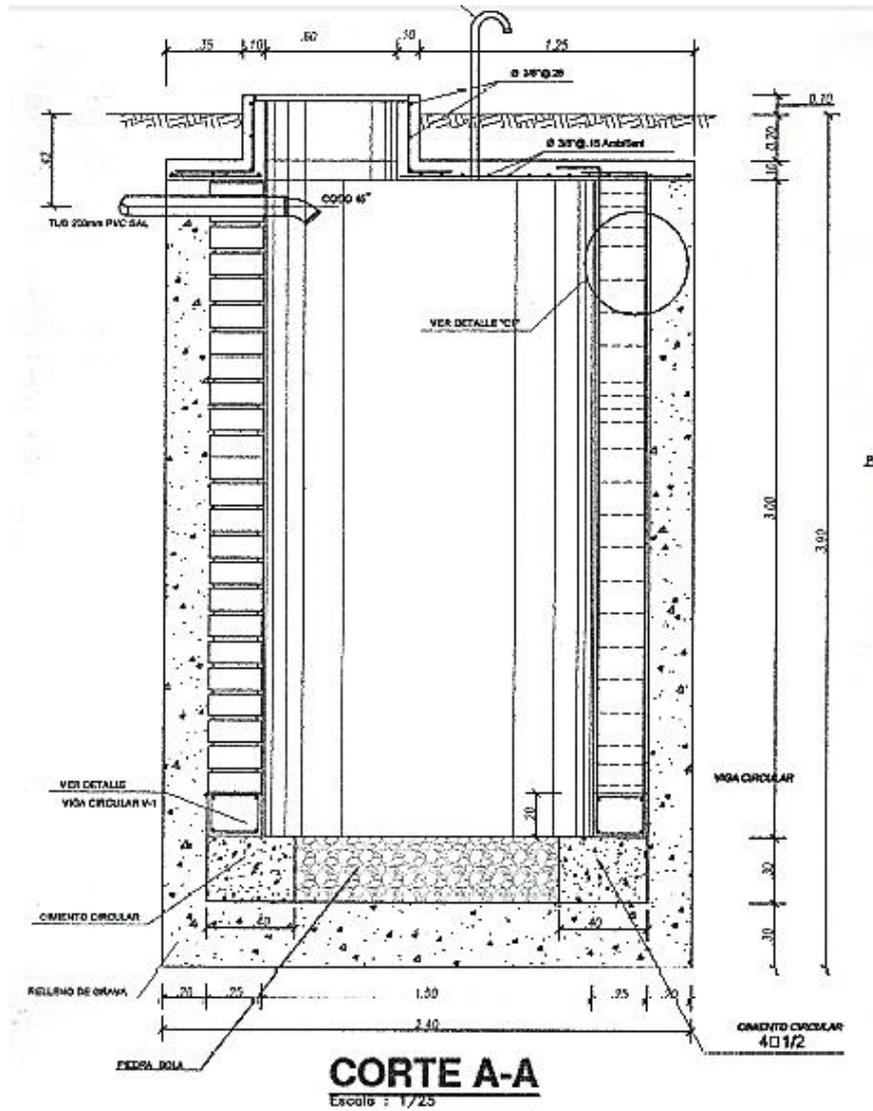
DETALLE LECHO FILTRANTE
ESCALA: 1 : 50



CORTE X - X
ESCALA: 1 : 50

ANEXO 5

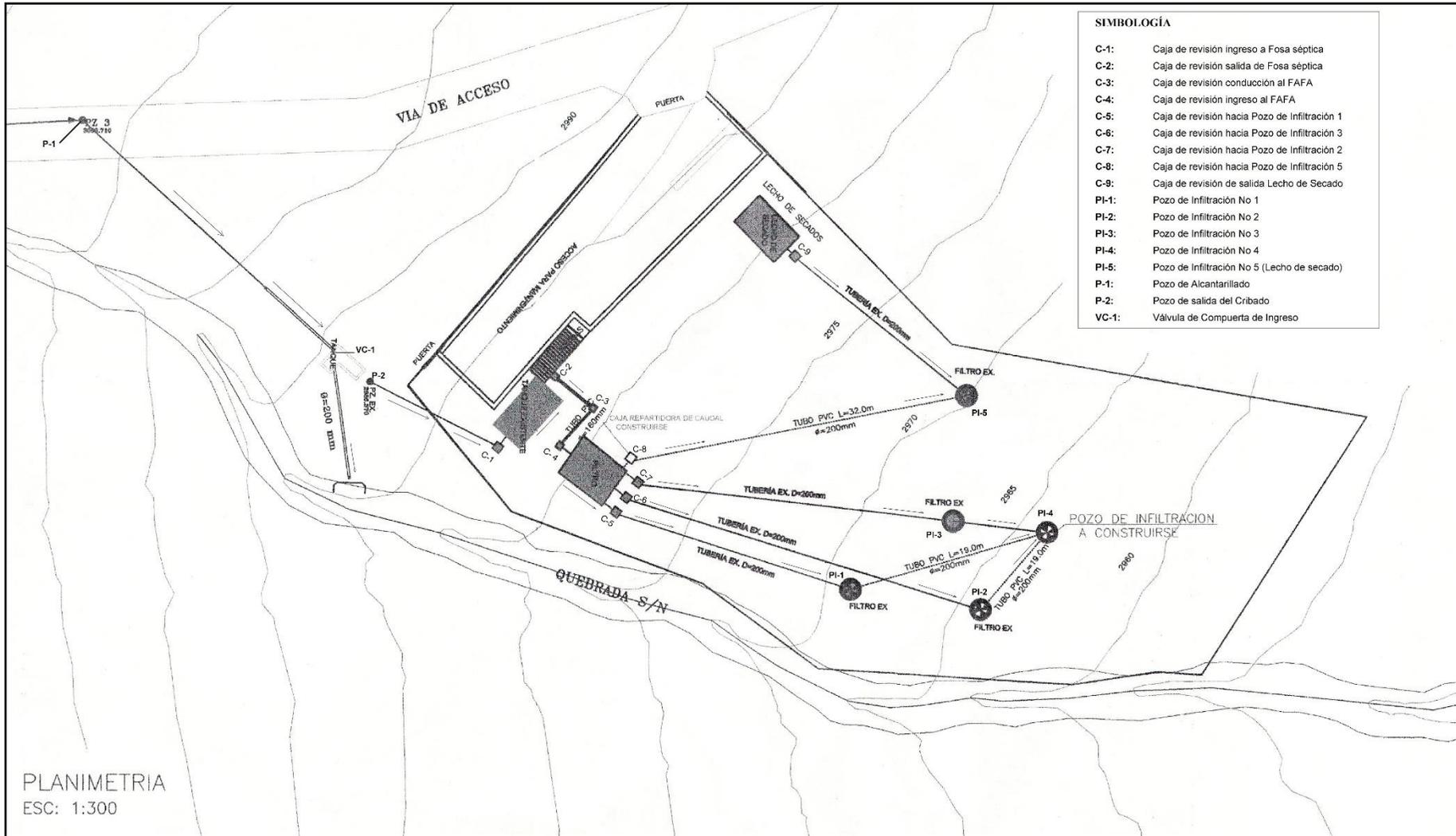
PLANO DE LOS POZOS DE INFILTRACIÓN



ANEXO 6

VISTA EN GENERAL DE LA PTAR UBILLUS

DESCRIPCIÓN DE LA SIMBOLOGÍA DE LA PTAR UBILLUS



SIMBOLOGÍA

C-1:	Caja de revisión ingreso a Fosa séptica
C-2:	Caja de revisión salida de Fosa séptica
C-3:	Caja de revisión conducción al FAFA
C-4:	Caja de revisión ingreso al FAFA
C-5:	Caja de revisión hacia Pozo de Infiltración 1
C-6:	Caja de revisión hacia Pozo de Infiltración 3
C-7:	Caja de revisión hacia Pozo de Infiltración 2
C-8:	Caja de revisión hacia Pozo de Infiltración 5
C-9:	Caja de revisión de salida Lecho de Secado
PI-1:	Pozo de infiltración No 1
PI-2:	Pozo de infiltración No 2
PI-3:	Pozo de infiltración No 3
PI-4:	Pozo de infiltración No 4
PI-5:	Pozo de infiltración No 5 (Lecho de secado)
P-1:	Pozo de Alcantarillado
P-2:	Pozo de salida del Cribado
VC-1:	Válvula de Compuerta de Ingreso

PLANIMETRIA
ESC: 1:300

ANEXO 7

REGISTRO DE AFOROS DE CAUDAL

DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

REGISTRO DE AFOROS PTAR UBILLUS

MÉTODO AFORO VOLUMÉTRICO DE CAUDAL DE INGRESO

FECHA: _____

CONDICIONES CLIMÁTICAS: Despejado _____ Nublado _____ Lluvia _____

HORA	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA			CAUDAL PROMEDIO (l/s)
	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	
8:00:00										
8:30:00										
9:00:00										
9:30:00										
10:00:00										
10:30:00										
11:00:00										
11:30:00										
12:00:00										
12:30:00										
13:00:00										
13:30:00										
14:00:00										
14:30:00										
15:00:00										
15:30:00										
16:00:00										
16:30:00										
17:00:00										
17:30:00										
18:00:00										
18:30:00										
19:00:00										

OBSERVACIONES : _____

ANEXO 8

FORMULARIO DE CONTROL DE CALIDAD Y MEDICIÓN IN SITU

DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES					
FORMULARIO DE CONTROL DE CALIDAD PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES					
PTAR UBILLUS					
Fecha de Visita:			Hora de Visita:		
Epoca del año:			Condiciones climáticas:		
CAUDAL					
Aforo Volumetrico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Promedio
Volumen (l)					
Tiempo (s)					
Hora:					
Caudal Aforado (l/s):					
PARAMETROS DE CAMPO					
Parametros	Unidad	Afluente	Efluente		
Temperatura	°C				
pH					
Conductividad	µS/cm				
Solidos Disueltos Totales	mg/l				
Sólidos Sedimentables	mg/l				
OBSERVACIONES					
.....					
.....					
.....					
Muestreo para L3C: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>					
Control del proceso anaerobio: PARÁMETRO θ					
$\theta = \frac{\text{ALCALINIDAD MEDIA A pH} = 5,75}{\text{ALCALINIDAD MEDIA A pH} = 4,30}$					
Si $\theta > 0,5$; Proceso Estable					
Si $\theta < 0,5$; Proceso Inestable (<i>Acidificación</i>)					
$\theta = \text{.....} = \text{.....}$					
Proceso Estable <input type="checkbox"/> Proceso Inestable <input type="checkbox"/>					
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD:					
Responsable:	Revisado por:	Aprobado por:			
.....			
Auxiliar de laboratorio	Lcda. Paulina Torres	Ing. Franklin Palacios			

ANEXO 9

FORMULARIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

FORMULARIO DE CONTROL OPERATIVO PTAR UBILLUS																		
MES: _____ DÍA: _____ CONDICIONES CLIMÁTICAS CAUDAL AFORADO: _____ SECO <input type="checkbox"/> TEMPLADO <input type="checkbox"/> LLUVIOSO <input type="checkbox"/>																		
OPERACION UNITARIA	TIPO DE OPERACIÓN																	
CRIBADO	MANTENIMIENTO <input type="checkbox"/>																	
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Rejilla y Compuerta Actividad: LUBRICACIÓN DE TORNILLO SIN FIN (COMPUERTA VC-1) Fecha: _____ Observaciones: _____ </td> <td style="width: 50%;"> Actividad: LIMPIEZA DE REJILLA Frecuencia: DIARIA SEMANA Nro. _____ Lun <input type="checkbox"/> Mar <input type="checkbox"/> Mier <input type="checkbox"/> Jue <input type="checkbox"/> Vie <input type="checkbox"/> Observaciones: _____ </td> </tr> </table>	Rejilla y Compuerta Actividad: LUBRICACIÓN DE TORNILLO SIN FIN (COMPUERTA VC-1) Fecha: _____ Observaciones: _____	Actividad: LIMPIEZA DE REJILLA Frecuencia: DIARIA SEMANA Nro. _____ Lun <input type="checkbox"/> Mar <input type="checkbox"/> Mier <input type="checkbox"/> Jue <input type="checkbox"/> Vie <input type="checkbox"/> Observaciones: _____															
	Rejilla y Compuerta Actividad: LUBRICACIÓN DE TORNILLO SIN FIN (COMPUERTA VC-1) Fecha: _____ Observaciones: _____	Actividad: LIMPIEZA DE REJILLA Frecuencia: DIARIA SEMANA Nro. _____ Lun <input type="checkbox"/> Mar <input type="checkbox"/> Mier <input type="checkbox"/> Jue <input type="checkbox"/> Vie <input type="checkbox"/> Observaciones: _____																
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Canal de Criba Actividad: INSPECCIÓN DEL CANAL DE CRIBA Observaciones: _____ </td> <td style="width: 50%;"> Actividad: LIMPIEZA DEL CANAL Frecuencia: Semanal SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Observaciones: _____ </td> </tr> </table>	Canal de Criba Actividad: INSPECCIÓN DEL CANAL DE CRIBA Observaciones: _____	Actividad: LIMPIEZA DEL CANAL Frecuencia: Semanal SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Observaciones: _____															
	Canal de Criba Actividad: INSPECCIÓN DEL CANAL DE CRIBA Observaciones: _____	Actividad: LIMPIEZA DEL CANAL Frecuencia: Semanal SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Observaciones: _____																
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Separador de Caudales Actividad: INSPECCIÓN DE SEPARADOR DE CAUDALES Observaciones: _____ </td> <td style="width: 50%;"> Actividad: LIMPIEZA SEPARADOR DE CAUDALES Fecha de ultima limpieza: _____ Observaciones: _____ </td> </tr> </table>	Separador de Caudales Actividad: INSPECCIÓN DE SEPARADOR DE CAUDALES Observaciones: _____	Actividad: LIMPIEZA SEPARADOR DE CAUDALES Fecha de ultima limpieza: _____ Observaciones: _____															
Separador de Caudales Actividad: INSPECCIÓN DE SEPARADOR DE CAUDALES Observaciones: _____	Actividad: LIMPIEZA SEPARADOR DE CAUDALES Fecha de ultima limpieza: _____ Observaciones: _____																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> FOSA SÉPTICA Actividad: DETERMINACIÓN DE ESPUMA/MATERIAL FLOTANTE PRESENCIA DE ESPUMA SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NIVEL DE ESPUMA/MATERIAL FLOTANTE: _____ Observaciones: _____ </td> <td style="width: 50%;"> Actividad: DESALOJO DE ESPUMA Frecuencia: MENSUAL SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Fecha de la ultima limpieza: _____ Observaciones: _____ </td> </tr> <tr> <td> Actividad: DETERMINAR EL NIVEL DE LODOS <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Cámara 1</td> <td style="width: 33%;">Cámara 2</td> <td style="width: 33%;">Cámara 3</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Observaciones: _____ </td> <td> Actividad: REMOCIÓN DE LODOS Frecuencia: ANUAL SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Fecha de la ultima limpieza: _____ Observaciones: _____ </td> </tr> </table>	FOSA SÉPTICA Actividad: DETERMINACIÓN DE ESPUMA/MATERIAL FLOTANTE PRESENCIA DE ESPUMA SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NIVEL DE ESPUMA/MATERIAL FLOTANTE: _____ Observaciones: _____	Actividad: DESALOJO DE ESPUMA Frecuencia: MENSUAL SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Fecha de la ultima limpieza: _____ Observaciones: _____	Actividad: DETERMINAR EL NIVEL DE LODOS <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Cámara 1</td> <td style="width: 33%;">Cámara 2</td> <td style="width: 33%;">Cámara 3</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Observaciones: _____	Cámara 1	Cámara 2	Cámara 3				Actividad: REMOCIÓN DE LODOS Frecuencia: ANUAL SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Fecha de la ultima limpieza: _____ Observaciones: _____								
FOSA SÉPTICA Actividad: DETERMINACIÓN DE ESPUMA/MATERIAL FLOTANTE PRESENCIA DE ESPUMA SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NIVEL DE ESPUMA/MATERIAL FLOTANTE: _____ Observaciones: _____	Actividad: DESALOJO DE ESPUMA Frecuencia: MENSUAL SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Fecha de la ultima limpieza: _____ Observaciones: _____																	
Actividad: DETERMINAR EL NIVEL DE LODOS <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Cámara 1</td> <td style="width: 33%;">Cámara 2</td> <td style="width: 33%;">Cámara 3</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Observaciones: _____	Cámara 1	Cámara 2	Cámara 3				Actividad: REMOCIÓN DE LODOS Frecuencia: ANUAL SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Fecha de la ultima limpieza: _____ Observaciones: _____											
Cámara 1	Cámara 2	Cámara 3																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> FAFA Actividad: LAVADO DEL LECHO FILTRANTE Fecha: _____ Observaciones: _____ </td> <td style="width: 50%;"> Actividad: LIMPIEZA DE CAMARAS DE DISTRIBUCIÓN Fecha: _____ Observaciones: _____ </td> </tr> </table>	FAFA Actividad: LAVADO DEL LECHO FILTRANTE Fecha: _____ Observaciones: _____	Actividad: LIMPIEZA DE CAMARAS DE DISTRIBUCIÓN Fecha: _____ Observaciones: _____																
FAFA Actividad: LAVADO DEL LECHO FILTRANTE Fecha: _____ Observaciones: _____	Actividad: LIMPIEZA DE CAMARAS DE DISTRIBUCIÓN Fecha: _____ Observaciones: _____																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> POZOS DE INFILTRACIÓN Actividad: DETERMINACIÓN DE NIVELES <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Unidad</td> <td style="width: 15%;">Pozo 1</td> <td style="width: 15%;">Pozo 2</td> <td style="width: 15%;">Pozo 3</td> <td style="width: 15%;">Pozo 4</td> <td style="width: 15%;">Pozo 5</td> </tr> <tr> <td>Nivel (m)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Observaciones: _____ </td> <td style="width: 50%;"> Frecuencia: QUINCENAL Observaciones: _____ </td> </tr> </table>	POZOS DE INFILTRACIÓN Actividad: DETERMINACIÓN DE NIVELES <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Unidad</td> <td style="width: 15%;">Pozo 1</td> <td style="width: 15%;">Pozo 2</td> <td style="width: 15%;">Pozo 3</td> <td style="width: 15%;">Pozo 4</td> <td style="width: 15%;">Pozo 5</td> </tr> <tr> <td>Nivel (m)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Observaciones: _____	Unidad	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	Nivel (m)						Frecuencia: QUINCENAL Observaciones: _____				
POZOS DE INFILTRACIÓN Actividad: DETERMINACIÓN DE NIVELES <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Unidad</td> <td style="width: 15%;">Pozo 1</td> <td style="width: 15%;">Pozo 2</td> <td style="width: 15%;">Pozo 3</td> <td style="width: 15%;">Pozo 4</td> <td style="width: 15%;">Pozo 5</td> </tr> <tr> <td>Nivel (m)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Observaciones: _____	Unidad	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	Nivel (m)						Frecuencia: QUINCENAL Observaciones: _____					
Unidad	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5													
Nivel (m)																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> LECHO DE SECADO OPERACIÓN <input type="checkbox"/> EXISTENCIA DE LODO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> FECHA DE DISPOSICIÓN: _____ PROCEDENCIA: SECCIÓN DEL LECHO <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Sección 1 Lodos Primarios</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Sección 2 Lodos Secundarios</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">[]</td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> </table> PESO/ VOLUMEN: [] [] FECHA DE REACOMODO SUPERFICIAL: _____ Observaciones: _____ </td> <td style="width: 50%;"> MANTENIMIENTO <input type="checkbox"/> ESTADO DEL LODO EN EL LECHO DE SECADO Mojado <input type="checkbox"/> Humedo <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/> FECHA DE LIMPIEZA DEL LECHO DE SECADO: _____ <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Estado</td> <td style="width: 33%;">Sección 1</td> <td style="width: 33%;">Sección 2</td> </tr> <tr> <td>Operación</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limpieza</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga de Lodo</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> FECHA DE DISPOSICIÓN DEL LODO SECO: _____ PESO/ VOLUMEN: _____ Observaciones: _____ </td> </tr> </table>	LECHO DE SECADO OPERACIÓN <input type="checkbox"/> EXISTENCIA DE LODO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> FECHA DE DISPOSICIÓN: _____ PROCEDENCIA: SECCIÓN DEL LECHO <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Sección 1 Lodos Primarios</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Sección 2 Lodos Secundarios</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">[]</td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> </table> PESO/ VOLUMEN: [] [] FECHA DE REACOMODO SUPERFICIAL: _____ Observaciones: _____	Sección 1 Lodos Primarios	Sección 2 Lodos Secundarios	[]	[]	MANTENIMIENTO <input type="checkbox"/> ESTADO DEL LODO EN EL LECHO DE SECADO Mojado <input type="checkbox"/> Humedo <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/> FECHA DE LIMPIEZA DEL LECHO DE SECADO: _____ <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Estado</td> <td style="width: 33%;">Sección 1</td> <td style="width: 33%;">Sección 2</td> </tr> <tr> <td>Operación</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limpieza</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga de Lodo</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> FECHA DE DISPOSICIÓN DEL LODO SECO: _____ PESO/ VOLUMEN: _____ Observaciones: _____	Estado	Sección 1	Sección 2	Operación			Limpieza			Carga de Lodo		
LECHO DE SECADO OPERACIÓN <input type="checkbox"/> EXISTENCIA DE LODO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> FECHA DE DISPOSICIÓN: _____ PROCEDENCIA: SECCIÓN DEL LECHO <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Sección 1 Lodos Primarios</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Sección 2 Lodos Secundarios</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">[]</td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> </table> PESO/ VOLUMEN: [] [] FECHA DE REACOMODO SUPERFICIAL: _____ Observaciones: _____	Sección 1 Lodos Primarios	Sección 2 Lodos Secundarios	[]	[]	MANTENIMIENTO <input type="checkbox"/> ESTADO DEL LODO EN EL LECHO DE SECADO Mojado <input type="checkbox"/> Humedo <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/> FECHA DE LIMPIEZA DEL LECHO DE SECADO: _____ <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Estado</td> <td style="width: 33%;">Sección 1</td> <td style="width: 33%;">Sección 2</td> </tr> <tr> <td>Operación</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limpieza</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga de Lodo</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> FECHA DE DISPOSICIÓN DEL LODO SECO: _____ PESO/ VOLUMEN: _____ Observaciones: _____	Estado	Sección 1	Sección 2	Operación			Limpieza			Carga de Lodo			
Sección 1 Lodos Primarios	Sección 2 Lodos Secundarios																	
[]	[]																	
Estado	Sección 1	Sección 2																
Operación																		
Limpieza																		
Carga de Lodo																		
DESBROCE MALEZA FECHA: _____ FECHA: _____ FECHA: _____ FECHA: _____ Observaciones: _____																		

ANEXO 10

PLANIFICACIÓN ANUAL DEL MUESTREO

PROGRAMA DE MUESTREO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "UBILLUS PINTAG"																									
PLANIFICACIÓN ANUAL 2017																									
MES	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		Total Análisis
FECHA MUESTREO	martes 17 de enero de 2017		martes 14 de febrero de 2017		martes 21 de marzo de 2017		martes 18 de abril de 2017		martes 16 de mayo de 2017		martes 20 de junio de 2017		martes 18 de julio de 2017		martes 15 de agosto de 2017		martes 19 de septiembre de 2017		martes 17 de octubre de 2017		martes 21 de noviembre de 2017		martes 19 de diciembre de 2017		
PROCEDENCIA	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	AFLUENTE	EFLUENTE POZO INFILTRACIÓN	Total muestras
NÚMERO MUESTRAS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
*Temperatura de la muestra	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
*pH	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
*TSS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
Alcalinidad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
S. Totales.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
S. S.Volátiles	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
Aceites y grasas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
Detergentes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
DBO5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
DQO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
Fósforo Total	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	74
NTK	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	73
N-NH3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	73
Nitratos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	72
E. Coli		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3	36
Coliformes Totales		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3	36

Nota1: * LOS PARÁMETROS TEMPERATURA, pH, TURBIEDAD, SDT, OXÍGENO DISUELTO, SERÁN MEDIDOS EN CAMPO, POR EL PERSONAL DEL ÁREA DE CALIDAD DEL DTAR.

ANEXO 11

FICHA TÉCNICA DE LA CAL HIDRATADA

Cal Hidratada Tipo N

Identificación

Nombre Comercial: Cal hidratada industrial

Nombre Químico: Hidroxido de Calcio

Formula Química: Ca (OH)₂

Peso Molecular: 74 g/mol



Descripción

Es un material resultante de la humectación de la cal viva (óxido de calcio, CaO) hasta satisfacer su afinidad química. Polvo blanco, finalmente dividido, impalpable e inoloro.

Usos

Estabilización de Suelos:

- Una aplicación de las más antiguas.
- Estabilizar terrenos arcillosos, data su uso de los tiempos del Imperio Romano.
- Su función puzolánica consigue estabilizar las arcillas expansivas y no tener que sustituirlas por materiales de préstamo.

Depuración de Aguas:

En el tratamiento de fangos se eliminan olores. seca y bloquea metales pesados. La cal se utiliza como agente de coagulación, floculación, neutralización y decantación de materias en suspensión, facilitando la separación líquido/sólido.

Pictograma:

Clasificación NFPA 401



Clasificación HMIS®

SALUD	3
INFLAMABILIDAD	0
PELIGROS FÍSICOS	1
PROTECCIÓN PERSONAL	



ANEXO 12

**DATOS Y CURVAS DE AFOROS DE CAUDAL SEGÚN
FECHAS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**

DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

REGISTRO DE AFOROS PTAR UBILLUS

MÉTODO AFORO VOLUMÉTRICO DE CAUDAL DE ENTRADA

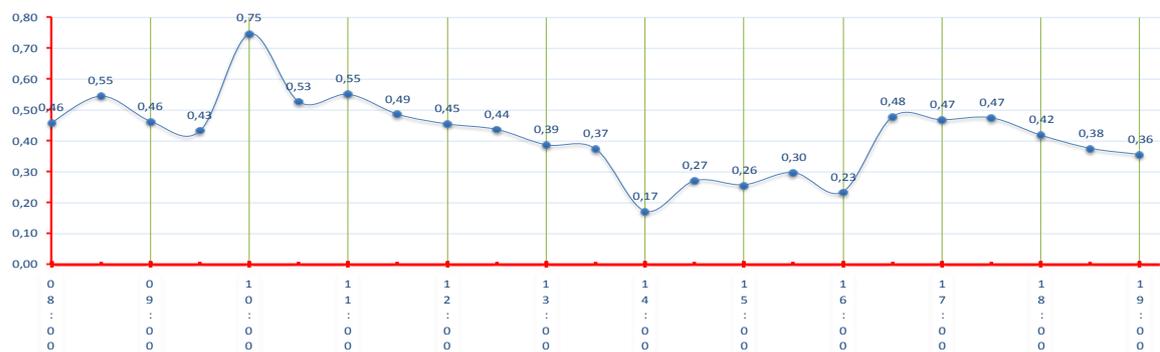
FECHA: Domingo 26 de junio del 2016

CONDICIONES CLIMÁTICAS:

Despejado X Nublado Lluvia

HORA	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA			CAUDAL PROMEDIO (l/s)
	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	
8:00:00	3	1750	0,58	4,2	1600	0,38	4,1	1700	0,41	0,46
8:30:00	4,1	1750	0,43	3	1900	0,63	3,3	1900	0,58	0,55
9:00:00	3,7	1650	0,45	3,6	1700	0,47	3,5	1650	0,47	0,46
9:30:00	3,7	1750	0,47	4	1600	0,40	4,6	1950	0,42	0,43
10:00:00	2,4	1850	0,77	2,4	2000	0,83	2,5	1600	0,64	0,75
10:30:00	3	1600	0,53	3,4	1800	0,53	3,1	1600	0,52	0,53
11:00:00	2,4	1500	0,63	3,5	1800	0,51	3,5	1800	0,51	0,55
11:30:00	3,6	1700	0,47	3,7	1850	0,50	3,6	1750	0,49	0,49
12:00:00	3,3	1550	0,47	3,6	1600	0,44	4	1800	0,45	0,45
12:30:00	3,5	1600	0,46	3,7	1550	0,42	3,8	1650	0,43	0,44
13:00:00	4,3	1750	0,41	4,5	1700	0,38	4,8	1800	0,38	0,39
13:30:00	4,1	1700	0,41	4,7	1650	0,35	4,8	1700	0,35	0,37
14:00:00	8,7	1450	0,17	9,3	1650	0,18	9,8	1650	0,17	0,17
14:30:00	5,5	1700	0,31	6,8	1700	0,25	7,6	1900	0,25	0,27
15:00:00	6,6	1700	0,26	6	1550	0,26	6,5	1650	0,25	0,26
15:30:00	5,6	1700	0,30	5,7	1750	0,31	5,2	1450	0,28	0,30
16:00:00	7	1650	0,24	7,4	1700	0,23	7	1650	0,24	0,23
16:30:00	3,2	1600	0,50	3,7	1700	0,46	3,6	1700	0,47	0,48
17:00:00	3,4	1700	0,50	4,2	1700	0,40	3,4	1700	0,50	0,47
17:30:00	3	1550	0,52	3,3	1750	0,53	4,5	1700	0,38	0,47
18:00:00	4,2	1600	0,38	4,3	1950	0,45	3,8	1600	0,42	0,42
18:30:00	3,9	1450	0,37	4,1	1500	0,37	4,5	1750	0,39	0,38
19:00:00	4,3	1600	0,37	5,1	1700	0,33	4,3	1550	0,36	0,36

CURVA DE CAUDAL DOMINGO 26 DE JUNIO 2016



DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

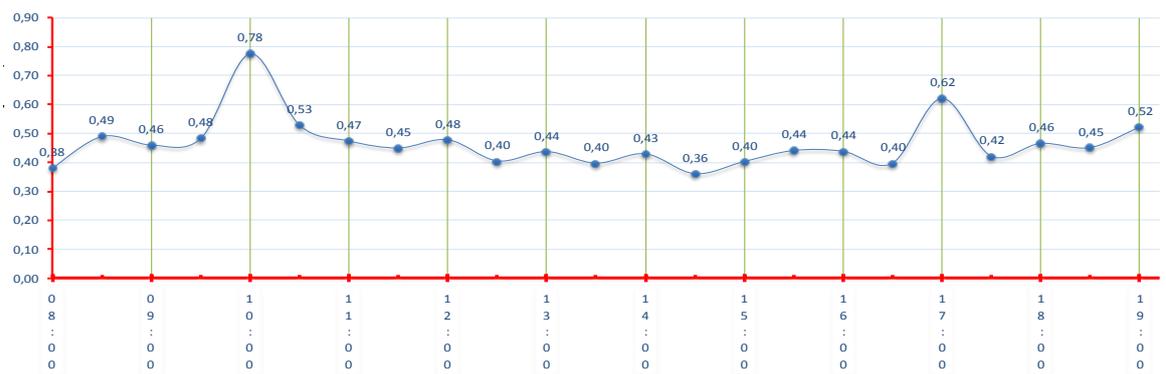
REGISTRO DE AFOROS PTAR UBILLUS

MÉTODO AFORO VOLUMÉTRICO DE CAUDAL DE ENTRADA

FECHA: Miércoles 29 de junio del 2016

HORA	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA			CAUDAL PROMEDIO (l/s)
	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	
8:00:00	4,2	1550	0,37	4,5	1600	0,36	4,1	1700	0,41	0,38
8:30:00	4	1800	0,45	4,3	1900	0,44	3,3	1900	0,58	0,49
9:00:00	4,3	1900	0,44	4,1	1900	0,46	3,5	1650	0,47	0,46
9:30:00	4,5	2000	0,44	3,9	1800	0,46	3,5	1900	0,54	0,48
10:00:00	2,6	1800	0,69	2,3	1850	0,80	2,4	2000	0,83	0,78
10:30:00	3,5	1750	0,50	3	1700	0,57	3,1	1600	0,52	0,53
11:00:00	3,7	1700	0,46	3,5	1800	0,51	3,7	1650	0,45	0,47
11:30:00	3,8	1800	0,47	4	1800	0,45	3,9	1650	0,42	0,45
12:00:00	3,5	1800	0,51	3,8	1650	0,43	3,2	1550	0,48	0,48
12:30:00	4,1	1600	0,39	4,3	1850	0,43	4,6	1800	0,39	0,40
13:00:00	4	1850	0,46	4,7	1950	0,41	4,4	1900	0,43	0,44
13:30:00	4,2	1800	0,43	5,1	1950	0,38	5,3	2000	0,38	0,40
14:00:00	4,3	1800	0,42	4	1750	0,44	4,3	1850	0,43	0,43
14:30:00	4,5	1700	0,38	5	1750	0,35	5	1750	0,35	0,36
15:00:00	4,4	1700	0,39	4,3	1850	0,43	4,5	1750	0,39	0,40
15:30:00	3,8	1700	0,45	4	1800	0,45	3,9	1650	0,42	0,44
16:00:00	4,1	1800	0,44	4	1700	0,43	3,9	1750	0,45	0,44
16:30:00	4,3	1850	0,43	4,7	1900	0,40	5,1	1800	0,35	0,40
17:00:00	2,6	1750	0,67	3,8	1950	0,51	2,8	1900	0,68	0,62
17:30:00	2,7	900	0,33	4	1900	0,48	3,3	1500	0,45	0,42
18:00:00	3,9	1800	0,46	3,7	1700	0,46	3,7	1750	0,47	0,46
18:30:00	3,4	1650	0,49	3,6	1650	0,46	4,3	1750	0,41	0,45
19:00:00	2,6	1500	0,58	3,1	1400	0,45	3	1600	0,53	0,52

CURVA DE CAUDAL MIERCOLES 29 DE JUNIO 2016



DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

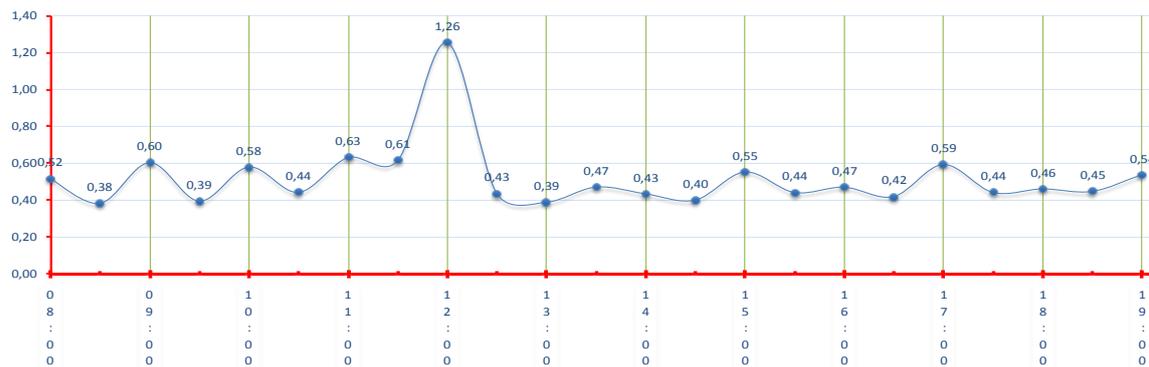
REGISTRO DE AFOROS PTAR UBILLUS

MÉTODO AFORO VOLUMÉTRICO DE CAUDAL DE ENTRADA

FECHA: Lunes 04 de julio del 2016

HORA	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA			CAUDAL PROMEDIO (l/s)
	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	
8:00:00	3,3	1860	0,56	2,9	1650	0,57	4,1	1700	0,41	0,52
8:30:00	4,4	1650	0,38	3,4	1250	0,37	4,1	1650	0,40	0,38
9:00:00	3	1700	0,57	3,1	1850	0,60	2,4	1550	0,65	0,60
9:30:00	4,5	1800	0,40	4,1	1600	0,39	4,1	1600	0,39	0,39
10:00:00	3,3	1850	0,56	3,1	1850	0,60	3,1	1800	0,58	0,58
10:30:00	4,4	1650	0,38	3,4	1250	0,37	3,1	1800	0,58	0,44
11:00:00	3	1700	0,57	3,1	1850	0,60	2,4	1750	0,73	0,63
11:30:00	2,9	1850	0,64	3	1750	0,58	2,9	1800	0,62	0,61
12:00:00	1,2	1750	1,46	1,5	1750	1,17	1,4	1600	1,14	1,26
12:30:00	4,3	1900	0,44	3,9	1900	0,49	4,8	1800	0,38	0,43
13:00:00	4,5	1800	0,40	4,3	1750	0,41	5,2	1850	0,36	0,39
13:30:00	3,7	1700	0,46	4,2	1950	0,46	3,9	1900	0,49	0,47
14:00:00	4,5	1750	0,39	3,4	1600	0,47	4,2	1850	0,44	0,43
14:30:00	4,3	1850	0,43	4,6	1750	0,38	4,4	1700	0,39	0,40
15:00:00	2,9	1750	0,60	3,1	1900	0,61	4,2	1850	0,44	0,55
15:30:00	3,2	1550	0,48	3,5	1450	0,41	3,9	1650	0,42	0,44
16:00:00	3,8	1800	0,47	3,9	1750	0,45	3,6	1750	0,49	0,47
16:30:00	4,5	1750	0,39	4,1	1850	0,45	4,1	1700	0,41	0,42
17:00:00	2,7	1700	0,63	3,6	1850	0,51	2,6	1650	0,63	0,59
17:30:00	3,8	1700	0,45	3,5	1500	0,43	3,8	1700	0,45	0,44
18:00:00	4	1750	0,44	3,5	1600	0,46	3,5	1700	0,49	0,46
18:30:00	3,3	1550	0,47	3,3	1450	0,44	4,3	1850	0,43	0,45
19:00:00	2,9	1600	0,55	3,6	1850	0,51	3,3	1800	0,55	0,54

CURVA DE CAUDAL LUNES 04 DE JULIO 2016



DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

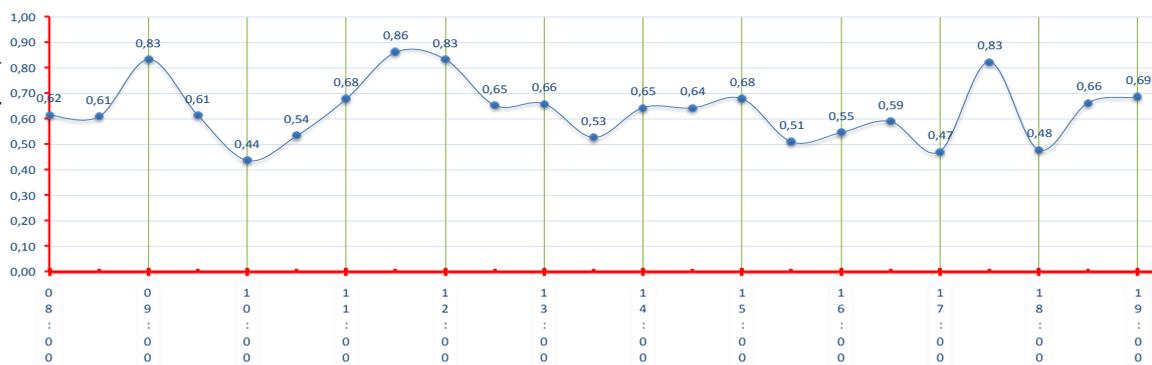
REGISTRO DE AFOROS PTAR UBILLUS

MÉTODO AFORO VOLUMÉTRICO DE CAUDAL DE ENTRADA

FECHA: Sábado 09 de julio del 2016

HORA	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA			CAUDAL PROMEDIO (l/s)
	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	
8:00:00	2,9	1750	0,60	3	1900	0,63	3,1	1900	0,61	0,62
8:30:00	2,9	1750	0,60	3	1900	0,63	3,1	1850	0,60	0,61
9:00:00	2,5	1850	0,74	2	1750	0,88	1,8	1600	0,89	0,83
9:30:00	2,9	1850	0,64	3,3	1950	0,59	3,1	1900	0,61	0,61
10:00:00	4,5	1800	0,40	4,1	1850	0,45	4,1	1900	0,46	0,44
10:30:00	3,7	1850	0,50	3,2	1850	0,58	3,5	1850	0,53	0,54
11:00:00	2,8	1800	0,64	2,6	1900	0,73	2,4	1600	0,67	0,68
11:30:00	2,3	1900	0,83	2,1	1950	0,93	2,1	1750	0,83	0,86
12:00:00	2,5	1850	0,74	2	1750	0,88	1,8	1600	0,89	0,83
12:30:00	3,1	1950	0,63	2,4	1680	0,70	2,6	1650	0,63	0,65
13:00:00	2,4	1650	0,69	2,6	1700	0,65	2,5	1600	0,64	0,66
13:30:00	2,9	1700	0,59	3,2	1550	0,48	3,4	1750	0,51	0,53
14:00:00	2,7	1660	0,61	2,6	1650	0,63	2,4	1650	0,69	0,65
14:30:00	2,6	1550	0,60	2,4	1650	0,69	2,7	1750	0,65	0,64
15:00:00	2,5	1620	0,65	2,7	1800	0,67	2,2	1600	0,73	0,68
15:30:00	3,6	1700	0,47	3	1600	0,53	3,4	1800	0,53	0,51
16:00:00	3,2	1800	0,56	3,3	1770	0,54	3,5	1900	0,54	0,55
16:30:00	3	1700	0,57	2,7	1740	0,64	3	1690	0,56	0,59
17:00:00	3,5	1650	0,47	4	1850	0,46	3,7	1800	0,49	0,47
17:30:00	2,9	1900	0,66	2	1900	0,95	2	1740	0,87	0,83
18:00:00	3,7	1640	0,44	2,7	1300	0,48	3,1	1600	0,52	0,48
18:30:00	2,5	1640	0,66	2,7	1770	0,66	2,7	1840	0,68	0,66
19:00:00	2,9	1800	0,62	2,7	1750	0,65	2,4	1900	0,79	0,69

CURVA DE CAUDAL SÁBADO 09 DE JULIO 2016



DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

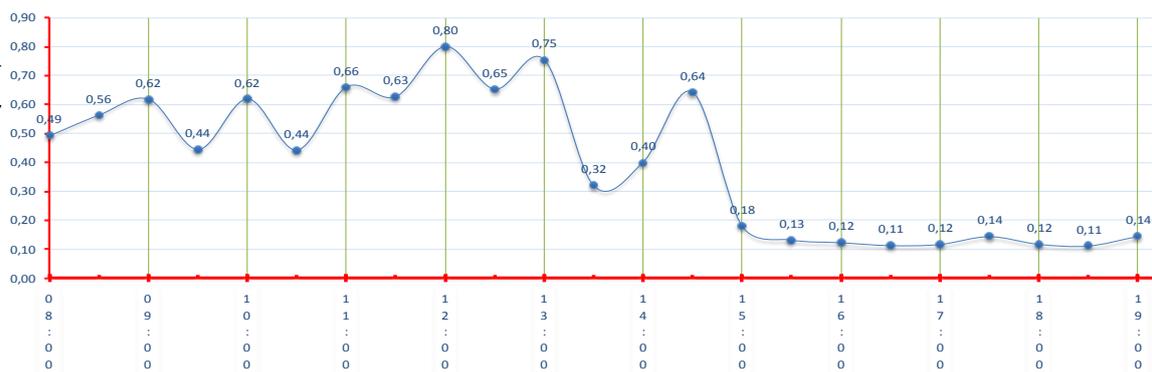
REGISTRO DE AFOROS PTAR UBILLUS

MÉTODO AFORO VOLUMÉTRICO DE CAUDAL DE ENTRADA

FECHA: Viernes 19 de agosto del 2016

HORA	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA			CAUDAL PROMEDIO (l/s)
	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	
8:00:00	3,9	1800	0,46	4,1	1800	0,44	3,3	1900	0,58	0,49
8:30:00	1,9	1700	0,89	2,2	1750	0,80	2	0,0175	0,00	0,56
9:00:00	2,7	1850	0,69	2,9	1850	0,64	3,4	1800	0,53	0,62
9:30:00	4,4	1850	0,42	4,1	1750	0,43	3,8	1850	0,49	0,44
10:00:00	2,9	1850	0,64	3,2	2000	0,63	3,3	1960	0,59	0,62
10:30:00	3,6	1650	0,46	4,5	1850	0,41	3,8	1740	0,46	0,44
11:00:00	2,9	1900	0,66	2,4	1700	0,71	3	1850	0,62	0,66
11:30:00	3,2	1980	0,62	2,8	1770	0,63	2,7	1700	0,63	0,63
12:00:00	2,6	1950	0,75	2,4	1900	0,79	2,1	1800	0,86	0,80
12:30:00	2,4	1750	0,73	2,3	1600	0,70	3,1	1650	0,53	0,65
13:00:00	2,3	1800	0,78	2,3	1820	0,79	2,7	1860	0,69	0,75
13:30:00	4,5	1500	0,33	5,3	1690	0,32	5	1540	0,31	0,32
14:00:00	4,4	1600	0,36	4,3	1650	0,38	3,9	1770	0,45	0,40
14:30:00	2,7	1730	0,64	2,5	1600	0,64	2,4	1550	0,65	0,64
15:00:00	8,7	1650	0,19	8,8	1650	0,19	8,7	1450	0,17	0,18
15:30:00	8,3	1700	0,20	11,8	1100	0,09	12	1200	0,10	0,13
16:00:00	12,9	1500	0,12	10,6	1350	0,13	13,5	1700	0,13	0,12
16:30:00	11,8	1350	0,11	11,7	1350	0,12	14,1	1550	0,11	0,11
17:00:00	8,3	1650	0,20	11,2	850	0,08	10,5	800	0,08	0,12
17:30:00	9,5	1350	0,14	10	1450	0,15	10	1450	0,15	0,14
18:00:00	7,6	900	0,12	7,9	950	0,12	8,3	950	0,11	0,12
18:30:00	11	1250	0,11	10,7	1150	0,11	7,9	900	0,11	0,11
19:00:00	9,7	1150	0,12	8,9	1500	0,17	10,6	1550	0,15	0,14

CURVA DE CAUDAL VIERNES 19 DE AGOSTO 2016



DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

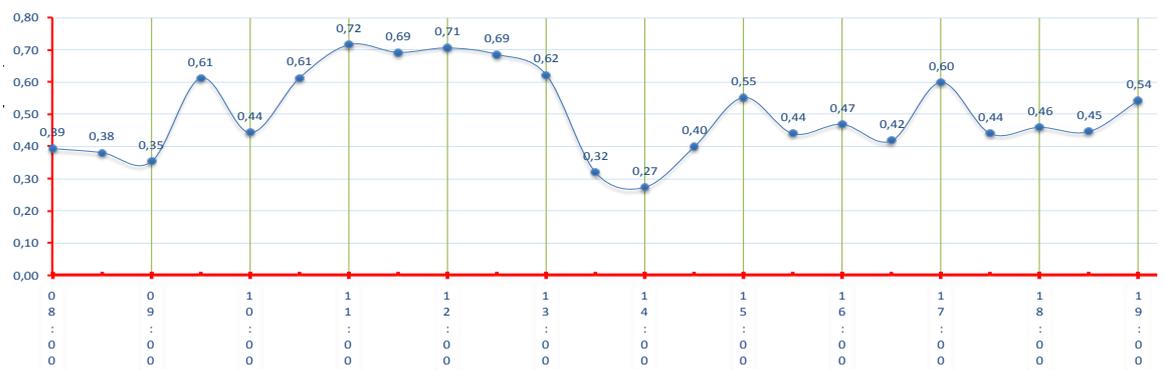
REGISTRO DE AFOROS PTAR UBILLUS

MÉTODO AFORO VOLUMÉTRICO DE CAUDAL DE ENTRADA

FECHA: Martes 30 de agosto del 2016

HORA	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA			CAUDAL PROMEDIO (l/s)
	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	
8:00:00	5,1	1860	0,36	4,2	1650	0,39	4	1700	0,43	0,39
8:30:00	4,4	1650	0,38	3,4	1250	0,37	4,1	1650	0,40	0,38
9:00:00	5,1	1700	0,33	4,8	1850	0,39	4,5	1550	0,34	0,35
9:30:00	2,7	1850	0,69	2,9	1850	0,64	3,5	1800	0,51	0,61
10:00:00	4,4	1830	0,42	4,1	1750	0,43	3,8	1850	0,49	0,44
10:30:00	2,7	1850	0,69	3,7	1800	0,49	2,7	1800	0,67	0,61
11:00:00	2,3	1700	0,74	2,4	1650	0,69	2,5	1800	0,72	0,72
11:30:00	2,8	1800	0,64	2,5	1850	0,74	2,6	1800	0,69	0,69
12:00:00	2,4	1800	0,75	2,9	1900	0,66	2,6	1850	0,71	0,71
12:30:00	3	1850	0,62	2,5	1950	0,78	2,8	1850	0,66	0,69
13:00:00	2,6	1680	0,65	2,9	1650	0,57	2,6	1700	0,65	0,62
13:30:00	5	1500	0,30	4,7	1550	0,33	5,1	1700	0,33	0,32
14:00:00	5,5	1400	0,25	5,5	1650	0,30	5,2	1400	0,27	0,27
14:30:00	4,3	1850	0,43	4,6	1750	0,38	4,4	1700	0,39	0,40
15:00:00	2,9	1750	0,60	3,1	1900	0,61	4,2	1850	0,44	0,55
15:30:00	3,9	1650	0,42	3,2	1550	0,48	3,5	1450	0,41	0,44
16:00:00	3,6	1750	0,49	3,8	1800	0,47	3,9	1750	0,45	0,47
16:30:00	4,1	1700	0,41	4,5	1750	0,39	4,1	1850	0,45	0,42
17:00:00	2,6	1650	0,63	2,7	1750	0,65	3,6	1850	0,51	0,60
17:30:00	3,8	1700	0,45	3,8	1700	0,45	3,5	1500	0,43	0,44
18:00:00	3,5	1700	0,49	4	1750	0,44	3,5	1600	0,46	0,46
18:30:00	4,3	1850	0,43	3,3	1550	0,47	3,3	1450	0,44	0,45
19:00:00	2,8	1600	0,57	2,8	1450	0,52	2,8	1500	0,54	0,54

CURVA DE CAUDAL MARTES 30 DE AGOSTO 2016



DEPARTAMENTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

REGISTRO DE AFOROS PTAR UBILLUS

MÉTODO AFORO VOLUMÉTRICO DE CAUDAL DE ENTRADA

FECHA: Jueves 1 de septiembre del 2016

HORA	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			TERCERA LECTURA			CAUDAL PROMEDIO (l/s)
	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Volumen (ml)	Caudal (l/s)	
8:00:00	1,9	1700	0,89	2,2	1750	0,80	2	1750	0,88	0,86
8:30:00	2,7	1850	0,69	2,9	1850	0,64	3,1	1850	0,60	0,64
9:00:00	3,5	1800	0,51	3,8	1850	0,49	3,7	1800	0,49	0,50
9:30:00	2,7	1700	0,63	3,2	1800	0,56	2,8	1800	0,64	0,61
10:00:00	3,1	1840	0,59	3,1	1750	0,56	2,9	1650	0,57	0,58
10:30:00	4,7	1820	0,39	4,1	1650	0,40	3,4	1200	0,35	0,38
11:00:00	2,3	1620	0,70	2,4	1750	0,73	3,1	1850	0,60	0,68
11:30:00	2,9	1750	0,60	2,9	1700	0,59	3	1750	0,58	0,59
12:00:00	1,1	1600	1,45	1,4	1550	1,11	1,7	1750	1,03	1,20
12:30:00	2,5	1600	0,64	2,8	1650	0,59	3	1650	0,55	0,59
13:00:00	2,3	1790	0,78	2,1	1700	0,81	2,4	1750	0,73	0,77
13:30:00	4,7	1550	0,33	5,2	1400	0,27	5,5	1690	0,31	0,30
14:00:00	3,7	1650	0,45	3,9	1600	0,41	3,4	1450	0,43	0,43
14:30:00	2,8	1650	0,59	3	1650	0,55	2,9	1800	0,62	0,59
15:00:00	2,8	1700	0,61	2,7	1750	0,65	2,5	1750	0,70	0,65
15:30:00	8,3	1700	0,20	11,8	1100	0,09	12	1200	0,10	0,13
16:00:00	3,2	1730	0,54	4,3	1950	0,45	3,2	1700	0,53	0,51
16:30:00	2,7	1550	0,57	3,1	1700	0,55	3	1650	0,55	0,56
17:00:00	3,8	1850	0,49	3,6	1750	0,49	3,6	1850	0,51	0,50
17:30:00	1,9	1550	0,82	1,8	1790	0,99	1,9	1800	0,95	0,92
18:00:00	3,7	1700	0,46	3,4	1650	0,49	3,4	1550	0,46	0,47
18:30:00	2,7	1650	0,61	3,3	1750	0,53	2,8	1600	0,57	0,57
19:00:00	2,4	1900	0,79	2,9	1850	0,64	2,9	1850	0,64	0,69

CURVA DE CAUDAL JUEVES 1 DE SEPTIEMBRE 2016

