



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO”**

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA
AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

HITLER ABDÓN GUERRERO HIDALGO

Riobamba-Ecuador

2014

DEDICATORIA

A mi padre, quien desde el principio de mi carrera educativa, con paciencia y esmero, siempre estuvo a mi lado alentándome a buscar mucho más de lo que obtenía, a soñar con un futuro prometedor, y a pesar de que su presencia física no me acompaña hoy para ver este sueño suyo cumplido, su recuerdo me acompañará siempre.

A mi familia, mi madre, mis hermanos, mi hermana política y sobrinos, que siempre estuvieron pendientes de mí y mi trabajo.

A todos mis maestros y docentes, cuyas enseñanzas y conocimientos transmitidos se ven reflejados en este trabajo, en especial a mi Director de Tesis, quien hizo posible la culminación del presente.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Al Doctor Gerardo León Ch. por su Invaluable colaboración y asesoramiento en la dirección del presente trabajo.

A la Dra. Magdy Echeverría, colaboradora implacable de la Tesis por el gran aporte brindado en su elaboración

A la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ambato, en especial al Ing. Paúl Acurio.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO”**, de responsabilidad del señor egresado Hitler Abdón Guerrero Hidalgo, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez
**DECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS**

Dra. Nancy Veloz
**DIRECTORA DE ESCUELA
DE CIENCIAS QUÍMICAS**

Dr. Gerardo León Ch.
DIRECTOR DE TESIS

Dra. Magdy Echeverría
MIEMBRO DE TRIBUNAL

Ing. Eduardo Tenelanda
**COORDINADOR SISIB-
ESPOCH**

NOTA DE TESIS ESCRITA

“Yo Hitler Abdón Guerrero Hidalgo, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.”

HITLER ABDÓN GUERRERO HIDALGO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|------------------|--|
| % sólidos | Porcentaje de sólidos en el lodo |
| °C | Grados Celsius |
| APHA | American Public Health Association |
| A_s | Área Superficial |
| A_t | Área transversal |
| B | Coefficiente de pérdidas para varillas |
| b | Ancho |
| CO | Carga Orgánica |
| CO ₂ | Dióxido de Carbono |
| COV | Carga Orgánica Volumétrica |
| C_s | Carga superficial |
| DBO ₅ | Demanda Bioquímica de Oxígeno |
| DQO | Demanda Química de Oxígeno |
| EP. EMAPA-A | Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato |
| f | Factor de mayoración |
| FAFA | Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente |
| h | Altura |
| hab | Habitantes |
| Km | Kilómetros |
| Km ² | Kilómetros cuadrados |
| l | Longitud |
| LAS | Sulfonato Aquil Benceno |

| | |
|------------------|---|
| m | Metros |
| m.s.n.m. | Metros sobre el nivel del mar |
| m ² | Metros cuadrados |
| m ³ | Metros cúbicos |
| mg/L | Miligramos sobre Litro |
| n | Periodo de tiempo de diseño |
| <i>n</i> | Coefficiente de rugosidad de Manning |
| N | Número de varillas |
| NMP | Número más Probable |
| Ø | Diámetro |
| p | Pendiente |
| P _a | Población actual |
| P _f | Población futura |
| pH | Potencial de Hidrógeno |
| PTAR | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales |
| Q | Caudal |
| Q _{MAX} | Caudal Máximo |
| Q _{MD} | Caudal Medio Diario |
| r | Tasa se crecimiento poblacional |
| S/N | Sin Nombre |
| trh | Tiempo de Retención Hidráulica |
| TULSMA | Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente |
| UTM | Universal Transversal Mercator |
| V | Velocidad de aproximación del agua |

| | |
|--------|-------------------------|
| V | Volumen |
| V_u | Volumen útil del FAFA |
| w | Ancho del canal |
| WGS | World Geographic System |
| y | Longitud de varillas |
| ρ | Densidad de lodos |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| RESUMEN | I |
| SUMARY | II |
| INTRODUCCIÓN | III |
| JUSTIFICACIÓN | IV |
| OBJETIVOS | V |
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 1 |
| 1.1. AGUAS RESIDUALES | 1 |
| 1.1.1. AGUAS RESIDUALES URBANAS | 1 |
| 1.1.1.1. NATURALEZA DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1.2. FUENTES DE AGUAS RESIDUALES | 2 |
| 1.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES | 3 |
| 1.1.3.1. PARÁMETROS EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS | 4 |
| 1.1.4. CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES | 7 |
| 1.1.4.1. CAUDAL DE DISEÑO | 7 |
| 1.1.4.2. CAUDALES MÁXIMO Y MÍNIMO | 7 |
| 1.2. SISTEMAS DE AGUAS RESIDUALES | 7 |
| 1.2.1. CAPTACIÓN | 8 |
| 1.2.2. PRE-TRATAMIENTO | 8 |
| 1.2.3. TRATAMIENTO | 8 |
| 1.2.4. EVACUACIÓN | 9 |
| 1.2.5. MANEJO DE BIOSÓLIDOS Y LODOS | 10 |
| 1.3. CONSIDERACIONES PARA LA ELECCIÓN Y DISEÑO DE PROCESOS | 10 |
| 1.3.1. ELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO | 10 |
| 1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO | 10 |
| 1.3.3. TRATAMIENTO ANAERÓBICO DE AGUAS RESIDUALES | 10 |
| 1.3.3.1. PROCESO ANAEROBIO | 11 |
| 1.3.4. TRATAMIENTO PRELIMINAR | 12 |
| 1.3.4.1. REJILLAS | 13 |
| 1.3.4.2. DESARENADORES | 13 |
| 1.3.5. TRATAMIENTO BIOLÓGICO | 13 |
| 1.3.5.1. TANQUE IMHOFF | 13 |
| 1.3.5.2. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE | 15 |
| 1.3.5.3. LECHOS DE SECADO | 16 |
| 1.4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL | 17 |
| 1.5. MARCO LEGAL | 18 |
| 1.5.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR | 18 |
| 1.5.2. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL | 19 |
| 1.5.3. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE (TULSMA) | 19 |
| 1.5.4. ORDENANZA PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL OCASIONADA POR LAS ACTIVIDADES | |

| | |
|---|----|
| AGROINDUSTRIALES, INDUSTRIALES, ARTESANALES, DOMÉSTICOS Y DE SERVICIOS DEL CANTÓN AMBATO..... | 21 |
| CAPÍTULO II..... | 22 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 22 |
| 2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 22 |
| 2.1.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PILAHUÍN..... | 22 |
| 2.2. MÉTODOS PARA EL REDISEÑO..... | 23 |
| 2.2.1. CAUDALES ACTUALES..... | 23 |
| 2.2.2. CAUDAL DE REDISEÑO..... | 24 |
| 2.2.2.1. POBLACIÓN FUTURA..... | 24 |
| 2.2.2.2. FACTOR DE MAYORACIÓN..... | 24 |
| 2.2.3. METODOLOGÍA DE MUESTREO..... | 25 |
| 2.2.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS..... | 25 |
| 2.2.5. ELABORACIÓN DE PLANOS..... | 28 |
| 2.2.6. IDENTIFICACIÓN DE ACCIONES IMPACTANTES..... | 28 |
| 2.2.7. FACTORES AMBIENTALES A INTRODUCIR EN LA MATRIZ..... | 29 |
| CAPÍTULO III..... | 31 |
| 3. CÁLCULOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 31 |
| 3.1. DATOS..... | 31 |
| 3.1.1. CONDICIÓN ACTUAL DE LA PLANTA..... | 31 |
| 3.1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL ACTUAL SISTEMA DE TRATAMIENTO..... | 31 |
| 3.1.1.2. CAPTACIÓN Y PRE-TRATAMIENTO..... | 31 |
| 3.1.1.3. FILTRO BIOLÓGICO..... | 32 |
| 3.1.2. DATOS DE MEDICIONES IN-SITU..... | 32 |
| 3.1.3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA CAPTADA Y TRATADA..... | 35 |
| 3.1.4. DATOS DE POBLACIÓN DE DISEÑO..... | 36 |
| 3.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO ACTUAL..... | 37 |
| 3.2.1. CAUDAL SOPORTADO POR LAS INSTALACIONES ACTUALES..... | 37 |
| 3.2.2. REMOCIÓN DE DQO..... | 40 |
| 3.2.3. REMOCIÓN DE DBO ₅ | 41 |
| 3.3. PROPUESTA PARA EL REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN..... | 42 |
| 3.4. CÁLCULOS PARA EL RE-DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PILAHUÍN..... | 44 |
| 3.4.1. SEPARADOR DE SÓLIDOS GRUESOS..... | 44 |
| 3.4.2. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE..... | 46 |
| 3.5. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN..... | 51 |
| 3.5.1. CAUDAL DE DISEÑO..... | 51 |
| 3.5.2. CÁLCULOS PARA EL CANAL DE ENTRADA..... | 53 |
| 3.5.3. SEPARADOR DE SÓLIDOS GRUESOS..... | 55 |
| 3.5.4. SEPARADOR DE SÓLIDOS FINOS..... | 57 |
| 3.5.5. DESARENADORES..... | 57 |
| 3.5.6. TANQUE IMHOFF..... | 60 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.5.7. | ERAS DE SECADO..... | 66 |
| 3.5.8. | FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE | 70 |
| 3.6. | RESULTADOS..... | 73 |
| 3.6.1. | RESUMEN DEL RE-DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PILAHUÍN | 74 |
| 3.6.1.1. | REJILLAS SEPARADORAS DE SÓLIDOS FINOS..... | 75 |
| 3.6.1.2. | FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE..... | 75 |
| 3.6.2. | RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN... | 75 |
| 3.6.2.1. | CANAL DE ENTRADA Y DE REJILLAS..... | 76 |
| 3.6.2.2. | REJILLAS PARA SÓLIDOS GRUESOS..... | 77 |
| 3.6.2.3. | REJILLAS PARA SÓLIDOS FINOS..... | 77 |
| 3.6.2.4. | DESARENADORES..... | 77 |
| 3.6.2.5. | TANQUE IMHOFF..... | 78 |
| 3.6.2.6. | ERAS DE SECADO..... | 78 |
| 3.6.2.7. | FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE..... | 78 |
| 3.7. | EFICIENCIA GLOBAL DEL SISTEMA Y VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE..... | 79 |
| 3.8. | MATRICES DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS..... | 81 |
| 3.9. | ANÁLISIS DE COSTOS..... | 83 |
| 3.9.1. | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS..... | 83 |
| 3.9.2. | PRESUPUESTO TOTAL DE LA OBRA..... | 83 |
| | CAPÍTULO IV | 85 |
| 4. | MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO..... | 85 |
| 4.1. | GENERALIDADES..... | 85 |
| 4.2. | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO..... | 85 |
| 4.3. | PRETRATAMIENTO..... | 86 |
| 4.3.1. | CANAL DE ENTRADA..... | 87 |
| 4.3.2. | REJILLAS..... | 87 |
| 4.3.3. | DESARENADORES..... | 87 |
| 4.4. | TANQUES IMHOFF..... | 88 |
| 4.4.1. | ARRANQUE..... | 88 |
| 4.4.2. | OPERACIÓN..... | 88 |
| 4.4.2.1. | SEDIMENTADOR..... | 88 |
| 4.4.2.2. | ZONA DE VENTILACIÓN..... | 89 |
| 4.4.2.3. | ZONA DE DIGESTIÓN DE LODOS..... | 89 |
| 4.4.3. | LIMPIEZA..... | 90 |
| 4.4.3.1. | SEDIMENTADOR..... | 90 |
| 4.4.3.2. | ZONA DE VENTILACIÓN..... | 90 |
| 4.4.3.3. | ZONA DE DIGESTIÓN DE LODOS..... | 90 |
| 4.5. | LECHOS DE SECADO..... | 91 |
| 4.5.1. | PREPARACIÓN DE LOS LECHOS DE SECADO..... | 92 |
| 4.5.2. | REEMPLAZO DE LA CAPA DE ARENA..... | 92 |
| 4.5.3. | CALIDAD DEL LODO DIGERIDO..... | 92 |
| 4.5.4. | DESCARGA DEL LODO DIGERIDO..... | 93 |
| 4.5.5. | REMOCIÓN DEL LODO DE LOS LECHOS DE SECADO..... | 93 |
| 4.6. | FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE..... | 93 |

| | |
|--|-----|
| 4.6.1. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE..... | 94 |
| 4.7. MUESTREO..... | 94 |
| 4.8. OPERADOR DE LA PLANTA..... | 95 |
| 4.8.1. PROTECCIÓN E HIGIENE DEL OPERADOR..... | 97 |
| CAPÍTULO V..... | 98 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 98 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 98 |
| 5.2. RECOMENDACIONES..... | 100 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 101 |
| ANEXOS..... | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1, COMPOSICIÓN USUAL DEL AGUA RESIDUAL CRUDA | 4 |
| TABLA 2, INDICADORES EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS | 5 |
| TABLA 3, OPCIONES TÍPICAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SISTEMAS PEQUEÑOS..... | 9 |
| TABLA 4. SUBPROCESOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA. | 11 |
| TABLA 5, MECANISMOS ACTUANTES QUE CONTRIBUYEN A LA ELIMINACIÓN DE SÓLIDOS. ... | 16 |
| TABLA 6, ESCALA DE VALORACIÓN DE IMPACTOS. | 17 |
| TABLA 7, VALORACIÓN DE LA MAGNITUD E IMPORTANCIA DE LA MATRIZ DE LEOPOLD. | 18 |
| TABLA 8, LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE | 20 |
| TABLA 9, DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS | 26 |
| TABLA 10, VARIACIÓN DE CAUDALES POR DÍA | 33 |
| TABLA 11, SÓLIDOS SEDIMENTABLES. | 34 |
| TABLA 12, CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA RESIDUAL. | 35 |
| TABLA 13, DATOS DE VIVIENDA (TIPO DE SERVICIO HIGIÉNICO O ESCUSADO) | 36 |
| TABLA 14, DATOS DE POBLACIÓN | 36 |
| TABLA 15, DIMENSIONES DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE. | 37 |
| TABLA 16, VALORES ESTÁNDAR DE DBO5 Y COV. | 39 |
| TABLA 17, COEFICIENTES DE PÉRDIDA PARA REJILLAS. | 46 |
| TABLA 18, PARÁMETROS DE DISEÑO PARA FAFA. | 47 |
| TABLA 19, PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL CANAL DE ENTRADA. | 54 |
| TABLA 20, PARÁMETROS DE DISEÑO PARA TANQUE IMHOFF. | 60 |
| TABLA 21, PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LECHOS DE SECADO. | 66 |
| TABLA 22, PARÁMETROS DE DISEÑO PARA FAFA. | 70 |
| TABLA 23, RESUMEN DEL RE-DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS PARA SÓLIDOS FINOS | 75 |
| TABLA 24, RESUMEN DEL RE-DIMENSIONAMIENTO DEL SEGUNDO FAFA | 75 |
| TABLA 25, RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE ENTRADA | 76 |
| TABLA 26, RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS PARA SÓLIDOS GRUESOS | 77 |
| TABLA 27, RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS PARA SÓLIDOS FINOS..... | 77 |
| TABLA 28, RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LOS DESARENADORES | 77 |
| TABLA 29, RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE IMHOFF..... | 78 |
| TABLA 30, RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS ERAS DE SECADO | 78 |
| TABLA 31, RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DEL FAFA | 78 |
| TABLA 32, COMPARACIÓN CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE | 79 |
| TABLA 33, PRESUPUESTO ESTIMADO PARA LA OBRA..... | 83 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1, RUTAS METABÓLICAS EN EL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIO | 12 |
| FIGURA 2, TANQUE IMHOFF: A.) VISTA PLANTA, B.) SECCIÓN..... | 14 |
| FIGURA 3, INCLINACIÓN DE VARILLAS | 44 |
| FIGURA 4, FORMAS MÁS COMUNES DE VARILLAS..... | 46 |
| FIGURA 5, ESQUEMA DE DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE IMHOFF. | 60 |
| FIGURA 6, DIAGRAMA DEL ACTUAL SISTEMA DE TRATAMIENTO | 73 |
| FIGURA 7, PROPUESTA DE RE-DISEÑO DEL ACTUAL SISTEMA DE TRATAMIENTO..... | 74 |
| FIGURA 8, PROPUESTA DE DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO..... | 76 |
| FIGURA 9, MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | 81 |
| FIGURA 10, MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | 82 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 1, HIDROGRAMA DE CAUDALES DIARIO (07/12/2012)..... | 33 |
| GRÁFICO 2, VARIACIÓN DIARIA DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES | 34 |
| GRÁFICO 3, CAUDAL INSTANTÁNEO POR FECHA | 35 |
| GRÁFICO 4, COMPARACIÓN DE REGISTRO DE CAUDALES CON EL CAUDAL SOPORTADO. | 40 |
| GRÁFICO 5, REMOCIÓN DE DQO | 41 |
| GRÁFICO 6, REMOCIÓN DE DBO5..... | 41 |
| GRÁFICO 7, VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL | 80 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN | 106 |
| ANEXO 2, FOTOGRAFÍAS DE LA CONDICIÓN INICIAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO (DICIEMBRE 2011)..... | 107 |
| ANEXO 3, REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ACCIONES EMERGENTES DE INTERVENCIÓN Y MANTENIMIENTO EN LA PLANTA | 108 |
| ANEXO 4, MEDICIÓN DE CAUDAL | 110 |
| ANEXO 5, TOMA DE MUESTRAS | 110 |
| ANEXO 6, MEDICIONES PLANIMÉTRICAS Y LEVANTAMIENTO DE PLANOS. | 111 |
| ANEXO 7, RESULTADOS DE LABORATORIO..... | 112 |
| ANEXO 8, PLANOS | 125 |

RESUMEN

El Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Pilahuín, cantón Ambato provincia de Tungurahua, se desarrolló con el objetivo de mejorar la calidad de los cuerpos de agua que reciben los afluentes provenientes de la parroquia. Se ejecutó un análisis situacional de la planta y sus componentes, se empezó determinando la capacidad de caudal que soportan las instalaciones actuales para determinar las necesidades de la planta, para ello se emplearon registros del caudal afluente y se utilizaron métodos volumétricos para obtener mediciones propias en distintas épocas del año. Igualmente se tomaron y analizaron muestras a la entrada y salida de la planta, las cuales representarían el grado de remoción de contaminantes. Una vez que se determinaron las necesidades de la planta, se procedió al dimensionamiento de los componentes empleando la metodología establecida por las normas de la OPS y la RAS 2000. De las mediciones de caudal, se obtuvieron valores de 2.64 L/s y 6.17 L/s como mínimo y máximo respectivamente, así como la concentración máxima de 466 mg/L de DQO y 250 mg/L de DBO₅. Se comprobó que la planta fue diseñada para operar con un flujo equivalente al 30% del caudal actual, tal hecho ocasionaría la baja eficiencia en el proceso de depuración. Las necesidades determinadas para la planta fueron: Repotenciar el sistema actual mediante la instalación de un segundo filtro anaerobio; Diseñar un nuevo sistema de tratamiento que constará de dos tanques Imhoff y dos filtros anaerobios y Elaborar un Manual de Operación y Mantenimiento para las instalaciones. Se realizó el Rediseño de todo el proceso de Depuración incluyendo los respectivos planos; dicho proceso operará según una eficiencia teórica de 70% de remoción de contaminantes, cumpliendo así con lo establecido por la legislación ambiental vigente, y precautelando el deterioro de los cuerpos receptores de agua.

SUMARY

The redesiing of the Wastewater Treatment Plant of Pilahuin town, Ambato canton, Tungurahua province, was developed in order to improve the quality of water bodies the effluents receive from the town. A situational analysis of the plant and its components were executed, determining the flow capacity that support the existing facilities to determine requirements of the plant by employing inflow registers and volumetric methods for its own measurement at different times of the year. Tested samples were also collected at the input and output of the plant, which would represent the level of pollutants removed. Once the needs of the plant were identified, the dimensioning of the components was proceed by employing the methodology established by the OPS and RAS 2000. From the measurements of flow, values such as 2.64 L/s and 6.17 L/s as minimum and maximum respectively were obtained, also, the maximum concentration of 466 mg/L of COD and 250 mg/L of BOD₅. It was proved that the plant was design to operate with an equivalent flow to 30% of rate; such a fact would cause the low efficiency in the purification process. The identified needs for the plants were: To repower the existing system installing a second anaerobic filter; To redesign a new treatment system with two Imhoff tanks and two anaerobic filters; and To develop an operation and Maintenance Manual for the facilities. The redesign of the entire purification process including the drafts was conducted; that process will operate according to a theoretical efficiency of 70% of contaminants removing, fulfilling with the provisions of environmental legislation and taking into account precautions of receiving water bodies deteriorating.

INTRODUCCIÓN

La parroquia Pilahuín pertenece al cantón Ambato, provincia de Tungurahua, está ubicada en la vía Ambato-Guaranda a 40 km al Suroeste de la capital provincial, a las faldas del nevado Chimborazo a una altitud promedio de 3300 m.s.n.m, ocupando una superficie de 419.5 Km².

En la parroquia existen un total de 3352 viviendas. El abastecimiento de agua para consumo humano mediante tubería llega a 2152 viviendas que corresponde al 64.20%. De estas tan solo 772, es decir el 23.03%, disponen de alcantarillado para la evacuación de aguas servidas. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010)

La actual planta de tratamiento se encuentra al norte de la cabecera parroquial Pilahuín-Centro, según el sistema de coordenadas UTM WGS84, zona: 17 M, 753445E y 9857495S. La planta recibe los caudales de aguas servidas, provenientes de las viviendas de la cabecera parroquial que cuentan con acceso al alcantarillado, es importante decir que la parroquia no cuenta con un sistema separado de recolección de agua-lluvia. Los caudales efluentes de la planta en la actualidad se vierten a la quebrada Sin Nombre cercana a la planta, la cual los conduce hasta el río Ambato, provocando polución de este importante río.

Con el rediseño de la planta de tratamiento se pretende obtener un efluente de mejor calidad que esté apto para su descarga según lo dispuesto por la normativa ambiental vigente. Para ello, el sistema de depuración de aguas residuales de la parroquia Pilahuín debe, en conjunto, mejorar el proceso global de depuración, garantizando calidad en el efluente y precautelando posible contaminación del cuerpo receptor.

JUSTIFICACIÓN

Las enfermedades de origen hídrico causadas por la descarga sin un adecuado tratamiento de aguas residuales tienen alta incidencia en las comunidades de zonas rurales, constituyéndose en un problema de salud pública entre la población que con un poco conocimiento de los riesgos que puede traer consigo verter sus residuos líquidos sin tratamiento a un cuerpo de agua, los hace más vulnerables ante un posible brote de enfermedades ocasionado por microorganismos que se encuentran presentes en estas.

Proteger la salud y mejorar el bienestar de la población, son obligaciones de Instituciones gubernamentales, no gubernamentales y de la ciudadanía en general, más aún cuando en la actualidad la normativa ambiental exige el tratamiento de los vertidos domésticos urbanos.

La empresa pública EMAPA-A, tiene interés por cumplir con la normativa ambiental, y de esta manera evitar el deterioro de los cuerpos receptores, sin embargo, en poblaciones como la parroquia Pilahuín, en donde se han construido sistemas de tratamiento, estos no han sido debidamente evaluados y sus diseños se han estandarizado como son el caso de filtros anaerobios, los cuales han sido construidos en muchos de los casos sin considerar los factores condicionantes propios del proyecto como son: población, dotación, caracterización Físico-Química de la calidad de las aguas servidas, cuerpo receptor entre otros.

La presente investigación cuenta con el auspicio de entidades públicas como la misma EP. EMAPA-A, con el aporte de recursos humanos, técnicos y logísticos, la Junta Parroquial y varios miembros de la propia comunidad de Pilahuín.

El presente proyecto de investigación, tiene como finalidad identificar las posibles causas de mal funcionamiento y proponer una alternativa para la reducción de la contaminación producida por el vertido sin suficiente tratamiento de los efluentes domésticos de la parroquia Pilahuín, obteniendo de esta forma un beneficio no solo para el medio, sino también para los habitantes de dicha parroquia. Para lo cual se emplearán técnicas de diseño, además de los conocimientos adquiridos respecto al tratamiento de aguas residuales.

OBJETIVOS

GENERAL

- Rediseñar el actual sistema de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Pilahuín-Ambato.

ESPECÍFICOS

- Determinar los caudales de afluente de la planta actual.
- Caracterizar física, química y microbiológicamente el agua residual que va a ser tratada.
- Evaluar la eficiencia del actual sistema de tratamiento, comparándolo con la normativa ambiental correspondiente.
- Seleccionar los sistemas de tratamiento más adecuados en base a los criterios anteriores.
- Realizar el rediseño del proceso de depuración de aguas residuales con los planos y el manual de operación y mantenimiento correspondientes.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. AGUAS RESIDUALES

Las diferentes actividades humanas tienen como consecuencia inevitable la generación de residuos. De esta manera, el agua potable que se abastece a una población, es modificada en sus características iniciales contaminándose. De esta manera, se puede definir la contaminación del agua como: La introducción de materias, formas de energía, o cualquier condición en el agua que, de modo directo o indirecto, conlleve al deterioro de su calidad con respecto a su uso o aprovechamiento posterior. (Sierra, 2011)

1.1.1. AGUAS RESIDUALES URBANAS

Las aguas residuales urbanas son el conjunto de todos los flujos que proceden del empleo de un agua natural o de la red pública por parte de una población en un uso determinado. En peso, se componen de 99,94% de agua y el 0,06% restante es material disuelto o suspendido. (Lin, 2007)

A través del tiempo, mientras la humanidad continuó su expansión y desarrollo, las descargas de aguas residuales domésticas e industriales empezaron a contaminar los recursos hídricos deteriorando ecosistemas. Fue así como, al darse cuenta de aquello, la implementación de sistemas de tratamiento de los efluentes líquidos fue convirtiéndose en una necesidad. (Sierra, 2011)

1.1.1.1. NATURALEZA DEL PROBLEMA

El problema actual que se tiene surge principalmente por las descargas de residuos provenientes de actividades humanas, que de una u otra manera, interfieren con el uso deseable del agua. Entre los principales usos deseables del agua, entre otros, se

consideran: abastecimiento de agua municipal e industrial, riego agrícola, recreación, pesca comercial y deportiva y para mantenimiento del balance ecológico.

Además de la transmisión de enfermedades, la contaminación de los cuerpos receptores por aguas residuales puede causar:

1. Deterioración física, química y biológica de los abastecimientos de agua y balnearios.
2. Condiciones ofensivas a la vista y al olfato.
3. Pérdida de peces comestibles y de otras formas de vida acuática con importancia ecológica.
4. Excesivo enriquecimiento nutritivo de estanques y lagos (eutrofización), que puede conducir a la degradación y muerte eventual de dichos cuerpos de agua, y
5. Otros impedimentos del goce y utilidad de las aguas para usos deseables. (Sierra, 2011)

1.1.2. FUENTES DE AGUAS RESIDUALES

El drenaje o alcantarillado sanitario constituye el abastecimiento de las AR, a las materias minerales y orgánicas originalmente contenidas en el agua suministrada a la comunidad, se agrega un cúmulo de materias fecales, papel, jabón detergente y otros surfactantes, restos de alimentos, entre otras, como consecuencia del empleo doméstico del agua. Algunos de esos componentes permanecen en suspensión, otros en dilución, y otros tan finamente divididos llegan a formar coloides.

Las aguas residuales domésticas varían en composición de las aguas residuales industriales, y estas a su vez, varían de acuerdo con el tipo de industria y las operaciones que esta realice. De esta manera, las aguas residuales de la industria pueden variar desde un efluente de enjuague relativamente limpio, hasta efluentes fuertemente cargados de materia orgánica o mineral o con sustancias corrosivas, venenosas, inflamables y otras sustancias peligrosas que las hacen inadmisibles para su descarga al alcantarillado público.

1.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Tres factores fundamentales caracterizan las aguas residuales de población, procedentes del uso de aguas de la red pública:

- La cantidad de agua disponible por habitante por día, comúnmente conocida como Dotación. Nos permite calcular los caudales circulantes y su contenido.
- El volumen de los Sólidos insolubles que se vean arrastrados por estas aguas después de pasar a la red de alcantarillado sanitario.
- La cantidad de oxígeno que exija su depuración, designada por sus siglas DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno). (Ferrero, 1974)

Además de los mencionados, los microorganismos son de considerable importancia, la mayoría de ellos (bacterias, protozoos), son beneficiosos, ya que son los responsables de los procesos de tratamiento biológico de aguas residuales. Sin embargo, algunos de los microorganismos allí presentes, son patógenos. Estos microorganismos se encuentran presentes en las aguas residuales en poblaciones muy pequeñas, lo que vuelve difícil su aislamiento y cuantificación, por ello, para obtener una aproximación, se utilizan los Coliformes como indicador biológico.

En general, los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos, en la tabla 1 se muestran algunos de los componentes de las aguas residuales y valores típicos de concentración de los mismos.

Tabla 1, Composición usual del Agua Residual Cruda

| Contaminantes | Unidad | Intervalo | Valor típico |
|---|---------------|------------------|---------------------|
| Sólidos totales | mg/L | 350-1200 | 700 |
| Sólidos suspendidos totales | mg/L | 100-350 | 210 |
| Sólidos sedimentables | mg/L | 5-20 | 10 |
| Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días | mg/L | 110-400 | 210 |
| Demanda química de oxígeno | mg/L | 250 - 1000 | 500 |
| Nitrógeno total | mg/L | 20 – 85 | 35 |
| Amoníaco libre | mg/L | 12 – 50 | 22 |
| Nitritos | mg/L | 0 – 0 | 0 |
| Nitratos | mg/L | 0 – 0 | 0 |
| Fósforo total | mg/L | 4-15 | 7 |
| Cloruros | mg/L | 30-100 | 50 |
| Sulfatos | mg/L | 20-50 | 30 |
| Grasas y aceites | mg/L | 50-150 | 90 |
| Coliformes totales | NMP | 10^6 - 10^9 | 10^7 - 10^8 |
| Coliformes fecales | NMP | 10^3 - 10^7 | 10^4 - 10^5 |

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2001)

La composición de las aguas residuales suele ser muy variable, pues depende de muchos factores. Entre los distintos elementos que contienen las aguas residuales urbanas, está la materia orgánica, procedente principalmente de las aguas residuales domésticas, estos compuestos son de naturaleza reductora, por lo que consumirán oxígeno (Osorio, y otros, 2010), y se encuentran en el agua en forma coloidal o disuelta.

1.1.3.1. PARÁMETROS EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

En la caracterización de las AR se utiliza un conjunto de indicadores, divididos en categorías, de los cuales dependerá el nivel de complejidad del tratamiento requerido. Los indicadores que comúnmente son más utilizados se muestran a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2, Indicadores empleados para caracterizar las aguas residuales urbanas

| A. Biológicos | | |
|----------------------|------------------------|--|
| N° | Parámetros | Descripción |
| 1 | Coliformes Totales | Son microorganismos patógenos que son usualmente excretados del tracto gastrointestinal humano y animal, es decir, su presencia es sinónimo de materia fecal. (Lin, 2007) |
| 2 | Coliformes Fecales | Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que estos se encuentran siempre presentes en las heces humanas y animales. (Centro de las Nuevas Tecnologías del agua) |
| B. Físicos | | |
| 4 | Potencial de Hidrógeno | Origina cambios en la fauna y la flora de los cuerpos de agua. Ejerce influencia sobre la toxicidad de ciertos compuestos, como el amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, etc. (Fair, y otros, 1988) |
| 5 | Temperatura | Las variaciones de temperatura afectan reacciones químicas y actividades biológicas, generando cambios en el medio, en el desarrollo de la biota presente en él, además de disminución en la concentración de oxígeno disuelto. (Fair, y otros, 1988) |
| 6 | Sólidos suspendidos | Partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas Aproximadamente el 60% de los sólidos en suspensión son sedimentables y un 75% son de naturaleza orgánica. Las diferentes formas de sólidos indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico. Los sólidos pueden tener relación directa con otros parámetros físicos (turbiedad y color) o químicos (DQO y la DBO ₅). (Fair, y otros, 1988) |
| 12 | Conductividad | Indica la presencia de iones (como los cloruros o iones de sodio, carbonatos, etc.) de sales disueltas. Es la mejor medida indirecta de la salinidad. (Han, 2012) |

| C. Químicos | | |
|--------------------|------------------|---|
| 13 | DBO ₅ | Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días. Parámetro de mayor significación cuando se trata de determinar la carga contaminante que pueden generar los desechos domésticos. Es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/L) que requieren los microorganismos para descomponer (oxidar) los componentes orgánicos de las aguas residuales. Normalmente se determina la demanda a los cinco días donde se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables, y mediante ecuaciones de cinética bacteriana que extrapolan los datos a veinte días. (Ferrero, 1974) |
| 14 | DQO | La prueba de Demanda Química de Oxígeno es muy usada para medir la carga contaminante de los desechos domésticos e industriales. Mediante esta prueba se puede medir un desecho en términos de la cantidad de oxígeno requerido para oxidar completamente la materia orgánica del desecho a CO ₂ , agua y amoníaco. (Ferrero, 1974) |
| 15 | Detergentes | Originan cambios significativos de reducción de la tensión superficial del agua, imposibilitando el intercambio adecuado del oxígeno gaseoso. Origina consumo del oxígeno disuelto por su componente orgánico, incrementa la concentración de fósforo. Su biodegradabilidad es muy variable, los detergentes con base LAS (Sulfonato aquil benceno lineal) son biodegradables en condiciones aeróbicas, pero resistentes a la actividad bacteriana anaeróbica. (Fair, y otros, 1988) |
| 16 | Aceites y grasas | Sustancias que por su naturaleza hidrofóbica, son inmiscibles con el agua, permaneciendo en su superficie en forma de natas. Los aceites, grasas y ceras, son los lípidos de mayor importancia en efluentes domésticos, su degradación biológica resulta difícil, por lo que, generalmente se requiere removerlas durante el pre-tratamiento. (Templeton, et al., 2011) |

1.1.4. CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES

Se define como el volumen de Agua Residual por unidad de tiempo, que se genera en una aglomeración urbana y será conducido a través de la red de alcantarillado hacia la estación depuradora. Este flujo es directamente proporcional al consumo de agua por parte de la población, el mismo que está relacionado con el grado de desarrollo económico y social de la misma. La capacidad de una planta de tratamiento debe ser diseñada no solamente en base al caudal diario promedio, sino más bien teniendo en cuenta condiciones críticas de operación, variaciones de caudal o de carga contaminante.

1.1.4.1. CAUDAL DE DISEÑO

La elección correcta de caudal de diseño se basa en una serie de consideraciones de tipo hidráulico y del proceso de tratamiento necesario. Las unidades de tratamiento, así como los conductos y tuberías para el transporte del agua residual de una unidad a otra se deben dimensionar de manera que puedan soportar los caudales pico que llegarán a la planta de tratamiento. (Crites, y otros, 2001)

1.1.4.2. CAUDALES MÁXIMO Y MÍNIMO

Los caudales pico o máximo generalmente se asocian con periodos de tiempo lluvioso. El caudal máximo horario se usa en el diseño de instalaciones de bombeo y líneas de conducción de agua residual, además de las unidades de tratamiento.

1.2. SISTEMAS DE AGUAS RESIDUALES

Los sistemas de aguas residuales en su forma más simple comprenden:

1. Obras de captación.
2. Obras de tratamiento.
3. Obras de descarga o evacuación

En sistemas de manejo descentralizado de aguas residuales se incluyen:

1. Pre-tratamiento.
2. Tratamiento.

3. Reutilización o vertimiento del efluente y
4. Manejo de biosólidos y de lodos. (Crites, y otros, 2001)

1.2.1. CAPTACIÓN

Cuando la densidad poblacional vuelve imposible utilizar algún sistema individual o localizado para tratar los efluentes domésticos, se requiere de alguna forma de recolección de los mismos. El uso de alcantarillado convencional de flujo por gravedad es forma de captación más aplicada. Los residuos deberán fluir de manera continua y rápida hacia el lugar de tratamiento o disposición/vertido de las mismas. El sistema deberá ser resistente al clima y sus variaciones, hidráulicamente hermético y auto-limpiante, es decir, se diseñará para evitar sedimentaciones de los sólidos arrastrados.

1.2.2. PRE-TRATAMIENTO

Su objetivo es remover sólidos, grasas y aceites y otros materiales flotantes o sedimentables para que el agua residual pueda ser tratada o reutilizada eficientemente.

1.2.3. TRATAMIENTO

El tratamiento del Agua Residual es básicamente un sistema para hacer que la misma sea aceptable para un uso posterior. El proceso de depuración consiste en remover o reducir contaminantes en el agua hasta alcanzar niveles apropiados. (Han, 2012)

El objetivo tradicional del tratamiento de las Aguas Residuales, es el de permitir que esta sea dispuesta de forma segura, sin que llegue a ser un peligro para la salud pública, sin contaminar cursos de agua ni causar ninguna otra molestia. (Templeton, et al., 2011)

En las condiciones más normales, se puede conseguir el objetivo de una protección de los cuerpos receptores contra el deterioro de su utilidad, casi nunca el tratamiento tiene la necesidad de ser tan complejo como para que el efluente se aproxime a la calidad deseada.

Tabla 3, Opciones típicas de tratamiento de Aguas residuales en sistemas pequeños

| Clase de Tratamiento | Ejemplos |
|-----------------------------|--|
| Preliminar | Tamices gruesos o finos. Remoción de arenas (Partículas con diámetro superior a 0.2mm). Remoción de grasas y aceites. |
| Primario | Tanques sépticos. Tanques tipo Imhoff. Filtros de disco rotatorio. |
| Secundario | Unidades de tratamiento biológico aerobio (Lodos Activados). Unidades anaerobias. Filtros de arena. Filtros de grava, Lagunas. |
| Avanzado | Filtros de lecho empacado, intermitentes y con recirculación. Filtración rápida. Humedales artificiales. Desinfección con cloro, radiación UV. Re-purificación (uso de membranas y carbón activado). |

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2001)

1.2.4. EVACUACIÓN

Después del tratamiento, y una vez que los efluentes de Agua Residual hayan sido debidamente depurados, y si ya han alcanzado el nivel de calidad requerido, pueden ser evacuados a de manera segura. Cuando el nivel de depuración aumenta, el potencial de los efluentes para un uso benéfico también aumenta, aunque su reutilización requiere que los criterios de calidad del agua tratada sean cada vez más exigentes. De esta forma, los efluentes tratados se pueden destinar a otros usos como la reutilización en riego agrícola, refrigeración en la industria, recarga de acuíferos, etc. (Centro de las Nuevas Tecnologías del agua)

La descarga de los efluentes con las aguas naturales, o evacuación por dilución, no es más que una dispersión física de las materias disueltas y suspendidas y de los microorganismos en volúmenes adicionales de agua. Aquí se aprovecha la capacidad natural de

autodepuración de los cuerpos receptores. Esta capacidad se manifiesta como la degradación biológica de la carga contaminante y la estabilización de sustancias de desecho. La carga contaminante que los cuerpos receptores pueden recibir esta dada por su capacidad de autodepuración. (Fair, y otros, 1988)

1.2.5. MANEJO DE BIOSÓLIDOS Y LODOS

Al igual que los efluentes líquidos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, los sólidos que son removidos también requieren ser estabilizados antes de ser dispuestos en vertederos o zanjas, incinerados, o reutilizados en el campo agrícola.

1.3. CONSIDERACIONES PARA LA ELECCIÓN Y DISEÑO DE PROCESOS

1.3.1. ELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO

La elección de los métodos de tratamiento depende de los contaminantes a remover y del nivel de remoción requerido o deseado. El diseño debe constar de la combinación más apropiada de procesos a fin de transformar las propiedades iniciales del agua residual hasta los niveles aceptables establecidos por la legislación vigente.

1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO

Así como los constituyentes del agua se clasifican en físicos, químicos y biológicos, los métodos para su remoción se clasifican en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y procesos biológicos unitarios. Los sistemas de tratamiento suelen combinar estas operaciones y procesos.

1.3.3. TRATAMIENTO ANAERÓBICO DE AGUAS RESIDUALES

A pesar de que los sistemas de tratamiento aerobio tienen altas eficiencias en la depuración de aguas residuales, desventajas propias de estos sistemas, como su requerimiento de grandes áreas de terreno, la generación de grandes masas de lodo que requerirán un manejo separado, el alto costo energético, la complejidad de su construcción, puesta en marcha y mantenimiento, hacen que en ciertos casos el

tratamiento anaeróbico sea ideal para la depuración de las aguas residuales. Los reactores anaerobios que más se aplican son aquellos que usan medios granulares.

1.3.3.1. PROCESO ANAEROBIO

El proceso de degradación anaeróbica consiste en una serie de reacciones de fermentación y digestión de la materia orgánica, por acción de diferentes especies bacterianas en ausencia de oxígeno. Este se da en cuatro Subprocesos fundamentales:

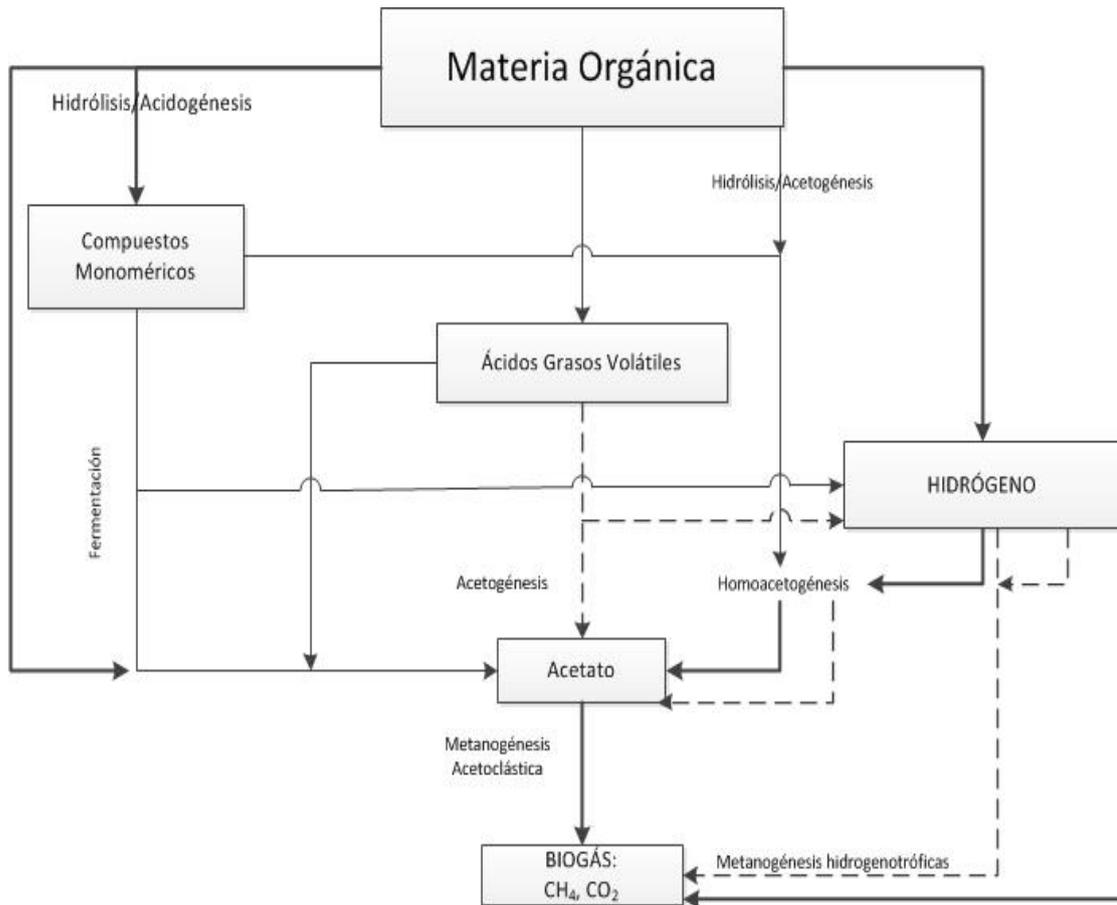
Tabla 4. Subprocesos de la digestión anaerobia.

| Subproceso | Digestión | Sustrato | Producto final |
|----------------------|---|--|--|
| Hidrólisis | Enzimas extracelulares: Celulasas, amilasas, proteasas y lipasas. | Proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos. | Ácidos grasos, carbohidratos, aminoácidos, bases púricas. |
| Acidogénesis | Fermentación intracelular de los monómeros anteriormente obtenidos. | Ácidos grasos, carbohidratos, aminoácidos, bases púricas. | Alcoholes, ácidos grasos volátiles y gas hidrógeno |
| Acetogénesis | Oxidación anaeróbica intracelular por bacterias acetogénicas. | Grasos volátiles y compuestos nitrogenados. | Ácido acético y gas hidrógeno. |
| Metanogénesis | Bacterias metanogénicas. | Los sustratos producidos en las etapas anteriores | Grandes volúmenes de gas metano (65 a 70%), CO ₂ (alrededor de 30%) y otros gases inertes como el N ₂ , |

Fuente: (Murillo Rojas, 2011).

Las interacciones tróficas y flujo de carbono durante la producción anaeróbica de metano a bajas temperaturas en ambientes naturales y controlados son representadas en la figura 1, las flechas continuas y discontinuas representan las mayores y menores rutas metabólicas, respectivamente (McKeown, y otros, 2011)

Figura 1, Rutas Metabólicas en el proceso de digestión Anaerobio



Fuente: (McKeown, Hughes, Collins, Mahony, & O'Flaherty, 2011)

La degradación anaerobia de contaminantes orgánicos también se puede lograr sin la formación de metano, por ejemplo, cuando bacterias desnitrificantes y sulfato-reductoras utilizan nitratos y sulfatos como aceptores de electrones, por lo general, el término Digestión Anaerobia se refiere al proceso metanogénico en el que dióxido de carbono actúa como el aceptor final de electrones. (Anderson, et al., 2003)

1.3.4. TRATAMIENTO PRELIMINAR

Con el fin de optimizar el tratamiento propiamente dicho, el AR se somete a un tratamiento preliminar, cuyo objetivo es el de separar materias que por su naturaleza pueden interferir en el correcto funcionamiento del resto de procesos.

1.3.4.1. REJILLAS

Es el primer paso del tratamiento, está destinado a separar los materiales gruesos y flotantes que son transportados en el Agua Residual, tales como trapos (~60%), papeles (~25%) y plásticos (~5%). (Templeton, et al., 2011 p. 20)

Las rejillas de limpieza manual se emplean comúnmente en pequeños sistemas de depuración debido a la facilidad de limpieza en dichos casos. Estas se instalan con inclinaciones de entre 30 a 60 grados con respecto al plano horizontal y con una superficie plana y agujereada en la parte superior que permita su escurrimiento.

La velocidad del flujo de AR a través de las rejillas es comúnmente de 0.5 a 0.9 m/s, de manera que los sólidos gruesos no sean forzados a atravesar las rejillas, pero tampoco exista asentamiento de los mismos.

1.3.4.2. DESARENADORES

El segundo paso en el tratamiento preliminar es la remoción de partículas con diámetros superiores a 0.2mm, incluyendo partículas inorgánicas pesadas como la arena, gravilla y otras como granos de maíz o café, fragmentos de huesos, etc,

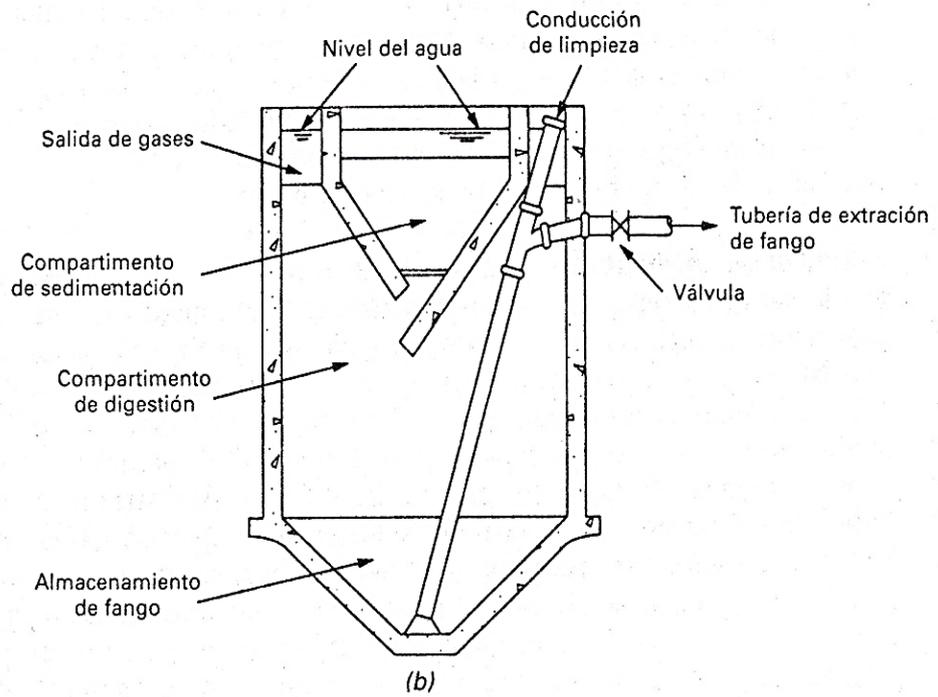
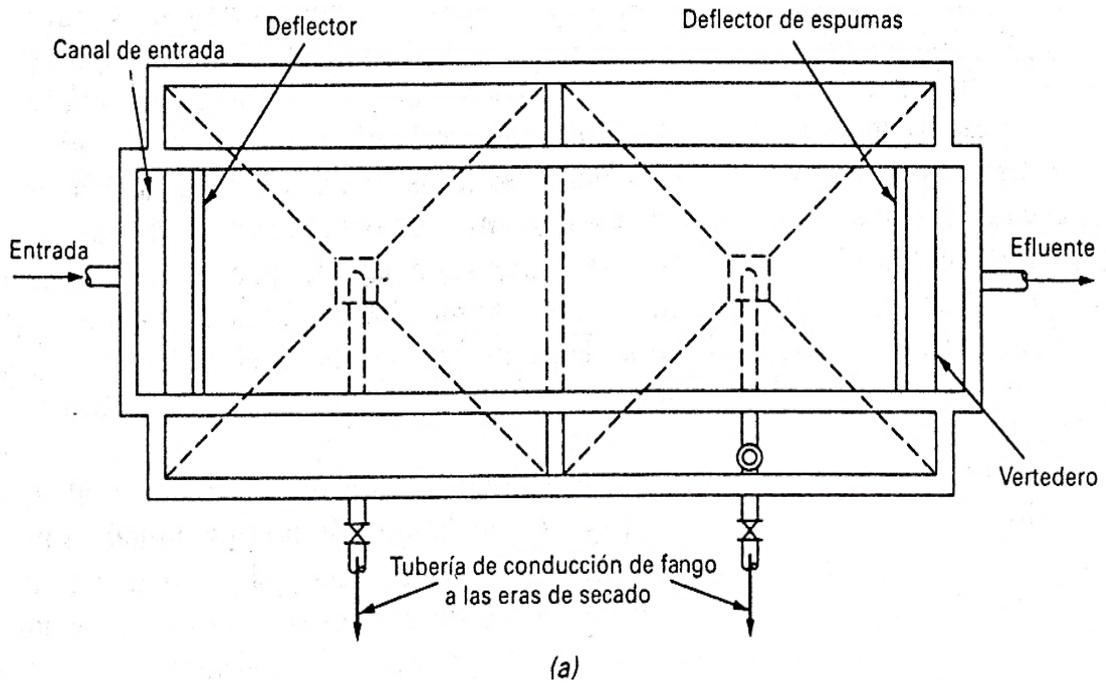
1.3.5. TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El principal objetivo de los tratamientos biológicos es el de transferir los contaminantes que se encuentran en disueltas en el agua, a material suspendido en forma de biomasa celular, la cual puede ser removida por sedimentación. (Templeton, et al., 2011)

1.3.5.1. TANQUE IMHOFF

Es un tipo de tanque en el que la depuración se da en dos fases, la sedimentación y la digestión, la primera ocurre en el compartimiento superior del mismo, y la digestión y acumulación de lodos se da en la parte inferior (Figura 2). (Crites, y otros, 2001)

Figura 2, Tanque Imhoff: a.) vista Planta, b.) Sección



Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

La acumulación de espumas y otros sobrenadantes, ocurre en la cámara de sedimentación, mientras que los gases producidos durante la digestión anaerobia escapan a través de las cámaras de ventilación. La forma de la abertura que comunica los dos compartimientos, el de sedimentación y el de digestión, impide que los gases generados y las partículas que ascienden debido a la fuerza de empuje (o Boyancia), ingresen al compartimiento superior. (Metcalf & Eddy, 1995)

1.3.5.2. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Los Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA) son tratamientos secundarios generalmente precedidos por sedimentadores, fosas sépticas, tanques Imhoff o digestores, y son utilizados para complementar la remoción de DBO_5 y Sólidos. La característica principal de un FAFA, es que dispone de medio granular de soporte, el cual cumple con la función de retener los sólidos y proveer una superficie sobre la cual proliferen diferentes poblaciones bacterianas, beneficiando al proceso anaerobio de oxidación de contaminantes. El parámetro que más afecta al funcionamiento del filtro es el tamaño del medio granular, este afecta tanto a la pérdida de carga en la circulación del Agua Residual, como a la eliminación de Sólidos.

El principio físico de su operación radica en el sentido ascendente del flujo, pues el Agua ingresa al filtro desde abajo y el proceso de llenado lo lleva a atravesar el medio filtrante en forma ascendente. Dentro del estrato, la eliminación de sólidos en suspensión se da en un complejo proceso que involucra diversos mecanismos:

Tabla 5, Mecanismos Actuantes que contribuyen a la eliminación de Sólidos.

| Mecanismo | Descripción |
|---|---|
| Retención mecánica | Las Partículas con diámetro mayor al de los poros, son retenidas. |
| Sedimentación. | Partículas que sedimentan sobre el medio filtrante. |
| Impacto | Las partículas pesadas no seguirán la dirección de corriente de flujo |
| Adhesión | Partículas floculantes llegan a adherirse a la superficie del medio filtrante. |
| Adsorción química a.) Enlace b.) Interacción química | Una vez que una partícula ha entrado en contacto con la superficie del medio filtrante, o con otras partículas, uno o más de estos medios es el responsable de su retención. |
| Adsorción Física a.) Fuerzas electrostáticas b.) F. Electrocinéticas c.) F. de Van der Waals | |
| Floculación | Partículas mayores alcanzan a las de menor diámetro, se juntan con estas y forman partículas de diámetros mayores, las cuales se eliminan por cualquiera de los mecanismos anteriores. |
| Crecimiento Biológico | La formación de Biopelícula alrededor de la superficie del medio de soporte, también contribuye a la eliminación de sólidos en suspensión, ya que reduce el tamaño de los poros y favorece la eliminación de partículas por los mecanismos antes mencionados. |

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

1.3.5.3. LECHOS DE SECADO

La deshidratación o secado de lodos es un procedimiento físico que disminuye el contenido de humedad de los mismos, lo cual vuelve más eficiente su transporte y disposición final.

El método más utilizado para secar los lodos procedentes de pequeñas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, es el secado de lodos con aire sobre lechos de arena. Estos cuentan con la ventaja de ser fáciles de operar, tienen buena eficiencia en la deshidratación y su bajo costo. (Crites, y otros, 2001)

1.4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

Para la cuantificación y evaluación de los impactos se utilizó una matriz de Leopold, modificada según las necesidades del presente trabajo. Para ello, en primer lugar se identificaron las posibles acciones impactantes derivadas del rediseño de los actuales componentes, y la implementación de unos nuevos, durante las fases de construcción y funcionamiento, mediante una matriz de identificación de impactos.

De acuerdo al efecto que producen las acciones mencionadas, se los clasifica como positivo (+) si los cambios producidos son beneficiosos para el medio, y negativo (-) si sucede lo contrario. Luego se valora su magnitud e importancia, obteniendo información cuantitativa sobre la severidad de los impactos, que se identifican de acuerdo a la Tabla 6.

Tabla 6, Escala de valoración de Impactos.

| Valor | Severidad |
|----------|-----------|
| 751-1000 | Severo |
| 501-750 | Crítico |
| 251-500 | Moderado |
| 0-250 | Leve |

Fuente: (CONESA, 2010)

El diseño original de la matriz de Leopold está compuesta por posibles 100 acciones y 88 características ambientales que componen 8800 celdas, dependiendo del proyecto, estas interacciones o celdas se reducen, con lo que se puede construir una matriz con las interacciones más importantes.

Dentro de la matriz, cada celda se dividirá en diagonal, haciendo constar en la parte superior la magnitud (M) precedida del signo + o -, según el efecto de cada acción sobre el medio, en una escala de 1 a 10. La parte inferior de la celda dividida se situará la importancia (I), también en escala de 1 a 10.

Tabla 7, Valoración de la magnitud e importancia de la matriz de Leopold.

| MAGNITUD | | | IMPORTANCIA | | |
|------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| Intensidad | Afectación | Calificación | Influencia | Duración | Calificación |
| Baja | Baja | 1 | Puntual | Temporal | 1 |
| | Media | 2 | | Media | 2 |
| | Alta | 3 | | Permanente | 3 |
| Media | Baja | 4 | Local | Temporal | 4 |
| | Media | 5 | | Media | 5 |
| | Alta | 6 | | Permanente | 6 |
| Alta | Baja | 7 | Regional | Temporal | 7 |
| | Media | 8 | | Media | 8 |
| | Alta | 9 | | Permanente | 9 |
| Muy Alta | Alta | 10 | Nacional | Permanente | 10 |

Fuente: (Leopold, 1971)

La magnitud representa el grado de alteración del medio por parte del factor considerado, haciendo referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto causado; mientras que la importancia es más bien un valor ponderal que refleja la relevancia y extensión del efecto causado.

La sumatoria por filas representará las incidencias del proyecto sobre el factor ambiental por tanto, su fragilidad; mientras que la sumatoria por columnas nos proporciona una valoración relativa de cada acción, y por tanto su agresividad. (CONESA, 2010)

1.5. MARCO LEGAL

1.5.1. Constitución política de la República del Ecuador.

Vigente desde su aprobación por referéndum en el año 2008, incluye una serie de artículos destinados a la protección, control y cuidado del medio ambiente como derechos de la “Pacha Mama” Tierra Madre. En el artículo 14, Capítulo segundo, Derechos del buen vivir, Sección segunda, Ambiente sano, se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay.

1.5.2. Ley de Gestión Ambiental

Publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 418, de 10 de septiembre de 2004. Establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

1.5.3. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

Expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3399 del 28 de noviembre del 2002, publicado en el Registro Oficial No. 725 del 16 de diciembre de 2002 y ratificado mediante Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 2 del 31 de marzo de 2003, dentro del cual se encuentran las disposiciones legales siguientes:

1. Políticas Básicas Ambientales.
2. Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental (Capítulo III, Título IV, Libro VI De la Calidad Ambiental).
3. Normas técnicas ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

En este código legal ambiental, formado por ocho volúmenes, se tipifica la reglamentación para el caso particular, es aplicable el libro VI Anexo I el cual representa la norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al Recurso Agua, este es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional estableciéndose:

- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado
- Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Se aplicará para el presente estudio, la normativa sobre Calidad de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce, del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12.

Tabla 8, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
|---|--|---------------|---------------------------------|
| Aceites y Grasas. | Sustancias solubles en hexano | mg/L | 0,3 |
| Aluminio | Al | mg/L | 5,0 |
| Cobre | Cu | mg/L | 1,0 |
| Coliformes Fecales | Nmp/100 mL | | Remoción > al 99,9 % |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | D.B.O ₅ . | mg/L | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | D.Q.O. | mg/L | 250 |
| Hierro total | Fe | mg/L | 10,0 |
| Materia flotante | Visibles | - | Ausencia |
| Mercurio total | Hg | mg/L | 0,005 |
| Nitratos + Nitritos | Expresado como Nitrógeno (N) | mg/L | 10,0 |
| Nitrógeno Total Kjeldahl | N | mg/L | 15 |
| Organoclorados totales | Concentración de Organoclorados totales | mg/L | 0,05 |
| Organofosforados totales | Concentración de organofosforados totales. | mg/L | 0,1 |
| Potencial de hidrógeno | pH | | 5-9 |
| Sólidos Sedimentables | - | mL/l | 1,0 |
| Sólidos Suspendidos Totales | - | mg/L | 100 |
| Sólidos totales | - | mg/L | 1 600 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁼ | mg/L | 1000 |
| Sólidos Suspendidos Totales | - | mg/L | 100 |
| Tensoactivos | Sustancias activas al azul de metileno | mg/L | 0,5 |

Fuente: (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2003)

1.5.4. Ordenanza para la prevención y control de la contaminación Ambiental ocasionada por las actividades Agroindustriales, Industriales, Artesanales, Domésticos y de Servicios del Cantón Ambato.

En el Título IV, Capítulo I (De la Contaminación del agua):

- **Artículo 52**, Literal a), reconoce como uno de los usos del agua a la de Consumo Humano y Uso Doméstico, siendo aquella que se emplea en bebida y preparación de alimentos y satisfacen necesidades individuales o colectivas, y se refiere a las aguas para Consumo Humano y Uso Doméstico que únicamente requieran tratamiento convencional, deberán cumplir con los parámetros de calidad a nivel nacional.

En el Capítulo II (De la Descarga de los Efluentes):

- **Art. 58**, Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta ordenanza, deberán ser tratadas, sea cual fuere su origen.
- **Art. 60**, Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos, sólidos, semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.
- **Art. 63**, El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes, y proporcionará todas las facilidades para que el personal técnico del Departamento de Ambiente pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.
- **Art. 65**, Toda área de desarrollo urbanístico, turístico o industrial que no contribuya al sistema de alcantarillado público, deberá contar con instalaciones de recolección y tratamiento convencional de residuos líquidos. El efluente tratado descargará a un cuerpo receptor o cuerpo de agua, debe cumplir con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se desarrolló en la Planta de tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia Pilahuín, cantón Ambato, provincia de Tungurahua; la cual recibe el agua residual proveniente de las viviendas ubicadas en la cabecera parroquial.

2.1.1. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Pilahuín

La parroquia Pilahuín cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada a 5 minutos de la cabecera parroquial al norte de la misma, según el sistema de coordenadas UTM WGS84 se encuentra en la zona: 17 M, 753445E y 9857495S (Ver Anexo 1), fue construida alrededor del año 1993, por el entonces Concejo Provincial de Tungurahua, y se encuentra en funcionamiento desde entonces sin cambios en su infraestructura y sin un definido plan de mantenimiento programado, por lo que esta planta no ha logrado cumplir el objetivo de mejorar la calidad del efluente que descarga hacia la quebrada Sin Nombre, contribuyendo así al deterioro de dicho cuerpo receptor.

La planta opera de una manera relativamente simple, el agua llega a las instalaciones por gravedad a través de una línea de alcantarillado sanitario que la conduce desde la cabecera parroquial, llega a un pozo de revisión dentro de la planta y de allí pasa a un canal de ingreso que cuenta con un separador de sólidos gruesos, luego pasa a un desarenador y posteriormente a un filtro biológico, de ahí a un canal de salida con aireadores tipo escalón, una vez que el agua sale de la planta de tratamiento, es conducida hasta la quebrada S/N, donde es vertida, presentando malos olores y mosquitos.

La Planta se encuentra delimitada por un cerramiento, que a pesar de los años, se encuentra en relativas buenas condiciones, al interior de dicho cercamiento, se encontraron plantas de maíz y papa, además de gran cantidad de malas hierbas. (Ver Anexo 2)

2.2. MÉTODOS PARA EL REDISEÑO

Para realizar el rediseño de la PTAR de Pilahuín se siguió principalmente la metodología establecida en la norma técnica RAS 2000, además de las normas de la OPS, así como otras normas aplicables.

El rediseño inició con la identificación y descripción de cada uno de los componentes así como sus funciones y la distribución de los mismos, a través de planos levantados in situ (Anexo 6); se continuó con el análisis y caracterización del agua residual, requerimientos de calidad para descargas, caudales promedio y máximo diario, caudal mínimo diario y caudal de diseño; se determinó además la disponibilidad de espacio para agregar nuevos componentes al sistema de tratamiento; los periodos de diseño; todo esto para proceder a la elección del tratamiento más adecuado realizando los cálculos respectivos para dimensionar los componentes.

2.2.1. Caudales actuales

El proceso de diagnóstico inicial del sistema de tratamiento implicó la determinación in situ del caudal del afluente que ingresa a la planta, además de valores de sólidos sedimentables, para los caudales se utilizó el método de aforo (Anexo 4), que consiste en medir el tiempo en que tarda en acumularse un volumen en un recipiente, durante todo un día, cada hora desde las 7:00 hasta las 19:00, de esta forma se pudo establecer mediante un hidrograma, una gráfica de Caudal Vs. Tiempo, los picos de caudal y las horas a las que estos picos aparecían, conociendo estos picos se puede obtener el caudal máximo diario. Además se recolectaron los datos históricos de caudal registrados. Todos estos datos fueron utilizados para conocer si las instalaciones actuales están diseñadas para tratar el caudal que llega a las mismas.

2.2.2. Caudal de rediseño

Luego de analizados los datos de caudales, se decidió que para calcular el caudal de rediseño para la PTAR, se tomó en cuenta la población proyectada a 25 años que es el tiempo que se estima para utilidad de la planta de tratamiento, comparándola con el caudal máximo determinado con ayuda de los hidrogramas, y tomando en cuenta la recomendación dada en bibliografía, la misma que sugiere la utilización de un factor de mayoración, para aumentar este caudal.

2.2.2.1. Población futura

El cálculo de la proyección de la población se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- P_f: Población final (hab)
- P_a: Población actual (hab)
- r: Índice o tasa de crecimiento anual
- n: Período de tiempo de diseño (años)

2.2.2.2. Factor de mayoración

La variación del factor de mayoración puede ser estimada a partir de mediciones de campo. Sin embargo, debido a la poca factibilidad de realizar estas mediciones, se lo estima con base en relaciones aproximadas, que estiman la variación del consumo de agua por parte de la población, este factor puede determinarse en base a la población o en base al caudal medio diario, como en la fórmula de Los Ángeles, la cual es válida para caudales de 2.8 hasta 28300 L/s (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000):

$$f = \frac{3.53}{Q_{MD}^{0.0914}}$$

Ecuación 2

Donde:

f: Factor de Mayoración

Q_{MD} : Caudal Medio Diario (L/s)

2.2.3. Metodología de Muestreo

Las muestras fueron tomadas en función de los intereses del presente estudio, de esta manera, se determinó que serían dos las muestras que se analizarían, la de afluente a la entrada de la planta y la de efluente, a la salida de la misma. Así, los lugares de muestreo serían el canal de llegada y la última caja de revisión respectivamente. (Anexo 5), donde se realizaron muestreos simples en diferentes temporadas, las mismas que fueron recogidas en envases plásticos y de vidrio ámbar debidamente etiquetados con su respectiva identificación, fecha y hora de muestreo. Estas muestras fueron trasladadas al laboratorio procurando preservar sus características.

En un principio, los análisis se realizaron en el laboratorio de calidad de la planta de Casigana, perteneciente a la empresa pública EP EMAPA-A para realizar el análisis físico, químico y microbiológico, y además, para garantizar una mayor veracidad en los resultados, se optó por llevar algunas de las muestras al Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB-CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.2.4. Métodos de análisis y caracterización de las muestras

La caracterización de las aguas residuales se fundamenta en métodos analíticos tanto para la determinación de componentes químicos (métodos cuantitativos), como para características físicas y biológicas (análisis cualitativos). Los métodos que se utilizaron están adaptados al manual “Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales”, Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 22 ed.

Tabla 9, Descripción de los métodos de análisis

| Parámetro | Método | Descripción | Referencia |
|-------------------------------|---------------------|--|-----------------------------|
| Potencial de hidrogeno | Electrométrico | Se introduce el electrodo calibrado en una alícuota de muestra y se lee el resultado directamente | APHA 2540 H+ |
| Conductividad | Electrométrico | Se introduce el electrodo calibrado en una alícuota de muestra y se lee el resultado directamente | APHA 2510 B |
| Nitratos | Espectrofotométrico | Colocar 10 mL de muestra en la celda del equipo HACH, añadir el reactivo NitraVer del kit y agitar, colocar la celda en el equipo y leer a 220nm de longitud de onda | APHA 4500-NO ₃ A |
| Aceites y grasas | Gravimétrico | Colocar 1000mL de muestra en el embudo de separación y añadirle 2 mL de ácido clorhídrico, añadir 50 mL de hexano y agitar, dejar reposar hasta la formación de una nata y luego separar la grasa del resto del líquido en un balón previamente tarado, llevar a baño maría hasta su sequedad y pesar el balón | APHA 5520 B |
| Sólidos disueltos | Gravimétrico | Se filtra un volumen de alícuota de 25mL y se coloca en una caja Petri de vidrio previamente tarada, se lleva a secar y se pesa | APHA 2540C |
| Detergentes | Espectrofotométrico | Colocar 250 mL de muestra en el embudo de separación, se le añade el búfer “Sulfak Type” y luego el reactivo de Detergentes, se agita y se le añaden 30 mL de benceno y se agita nuevamente, se separa el solvente orgánico , se lo coloca en la celda y ésta en el equipo y se lee el resultado | APHA 5540 C |

| | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---|----------------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | Incubación | Se coloca en una botella de vidrio ámbar 300 mL de la muestra de agua diluida en agua aireada y con nutrientes, se le coloca Hidróxido de Sodio en un capuchón de caucho y se cierra la botella con la tapa con medidor, se deja actuando en la cámara incubadora por 5 días y se lee el resultado en la tapa | APHA 5210 B |
| Demanda química de oxígeno | Espectrofotométrico | Se colocan 2 mL de muestra en el tubo del kit HACH y se calienta a 250 °C, se deja digestando por dos horas y luego se coloca el tubo en el espectrofotómetro y se lee el resultado | APHA 5220 D |
| Coliformes Totales | Millipore | Mediante una bomba de succión se filtra 100 mL de muestra, la membrana utilizada es trasladada a una placa, con medio de cultivo, llevamos la placa a una estufa a 44 grados centígrados, durante 48 horas | APHA, 9222 B, 3030 B |

Fuente: (American Public Health Association, 2012)

2.2.5. Elaboración de Planos

Para la elaboración de planos de los distintos componentes de la PTAR, se utilizó el Software de Diseño Asistido por Computadora, AutoCAD® 2014.

2.2.6. Identificación de acciones impactantes.

El Re-diseño y la implementación de un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Pilahuín, como toda actividad humana, inevitablemente ocasionarán efectos secundarios sobre el medio, tales efectos pueden ser de carácter positivo o negativo. Para identificarlos, según la metodología de Leopold, es necesario determinar las acciones impactantes así como los factores ambientales que se verán afectados.

Para la identificación de las acciones impactantes, se consultó con personal técnico capacitado sobre el tema de construcción de obras sanitarias. Para la fase de construcción tenemos:

- Desbroce y limpieza de la corteza.
- Excavación con maquinaria.
- Nivelación del suelo.
- Transporte de material de construcción.
- Construcción.
- Generación de material de desecho.
- Transporte y disposición del material de desecho.
- Vías de acceso.

2.2.7. Factores ambientales a introducir en la matriz.

Estas se agrupan según su tipo:

Componentes Biofísicos:

Aire:

- Emisiones de gases y material particulado (polvo).
- Generación de olores.
- Ruido.

Suelo

- Uso del suelo
- Calidad del suelo

Agua

- Uso del agua
- Calidad del agua

Flora

- Cubierta vegetal.

Fauna

- Microfauna.
- Aves.

Paisaje

- Impacto visual

Factores Socio-económicos:

Infraestructura

- Consumo energético

Humano

- Salud y seguridad laboral

Económico

- Generación de empleo

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. DATOS

3.1.1. Condición actual de la Planta

3.1.1.1. Descripción del actual sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento de aguas residuales, está compuesto por procesos unitarios sencillos empleando tecnologías básicas de depuración, propias de plantas rurales o de poblaciones pequeñas.

El pre-tratamiento es un separador de sólidos gruesos tipo rejilla manual situado en el canal de entrada y dos desarenadores en paralelo tipo OPS, para el control del caudal, cuenta con una canaleta tipo Parshall y un By-pass que desvía el flujo de agua, el tratamiento secundario lo realiza un filtro biológico de flujo ascendente, finalmente, si bien no es una unidad de tratamiento, pero si contribuye a mejorar en algo la calidad del efluente, el canal de salida cuenta con aireadores dispuestos en forma escalonada a lo largo del mismo.

3.1.1.2. Captación y pre-tratamiento

A la planta llegan en promedio 4.61 litros de Agua Residual proveniente de la cabecera parroquial; esta llega a través de una línea de alcantarillado sanitario, ingresa a la planta a un pozo de revisión, y después de 1.6 m de tubería de hormigón de 20 cm de diámetro, empieza el canal de entrada que en un inicio mide 25cm de ancho por 40cm de altura el cual conduce el agua hacia el pre-tratamiento.

El separador de sólidos gruesos lo constituye una rejilla situada a 59cm de la entrada al canal, se constituye de una malla de 6 varillas de hierro de 12mm de diámetro dispuestas de forma vertical, con una separación de 3cm entre sí. Posteriormente, a 63cm de la entrada al canal, la altura del mismo cambia a 45cm, de allí, luego de 12cm salen las dos unidades desarenadoras en paralelo, cada uno de estos, tiene una longitud total de 1.96m. Inmediatamente después de los desarenadores, empieza el aforador Parshal, el cual tiene un ancho de garganta de 12.5cm, el agua es conducida a una caja de 60x58cm, que contiene en el fondo una tubería de 20cm que lleva el agua al filtro biológico.

3.1.1.3. Filtro Biológico

Como el pre-tratamiento es solamente un paso previo, y apenas se logra una mínima remoción de DBO, el proceso siguiente es un FAFA, el cual funciona como la única unidad de tratamiento en la Planta , es un reactor biológico de medio adherido, en este el agua a tratarse pasa a través de un medio filtrante donde los microorganismos crecen y se desarrollan progresivamente adhiriéndose al medio filtrante formando una bio-película que es la que realiza la degradación biológica de la materia orgánica contenida en el agua residual. Sin embargo en el caso de la planta depuradora de Pilahuín, este filtro se encontraba saturado de lodo, por lo que no se realizaba la depuración con el medio filtrante, por lo que el efluente sale sin una significativa reducción de carga contaminante.

La forma del filtro es cilíndrica con fondo en forma de cono invertido, de un diámetro de 4.10 m, profundidad lateral de 4 m y profundidad máxima de 4.8m; de este filtro, el agua es conducida hacia una caja de revisión de 55x55cm que es de donde se traslada el agua fuera de la planta.

3.1.2. Datos de mediciones in-situ

Las mediciones de caudal, y de sólidos suspendidos se realizaron in situ, durante todo un día, a intervalos de una y dos horas respectivamente, obteniéndose los siguientes resultados:

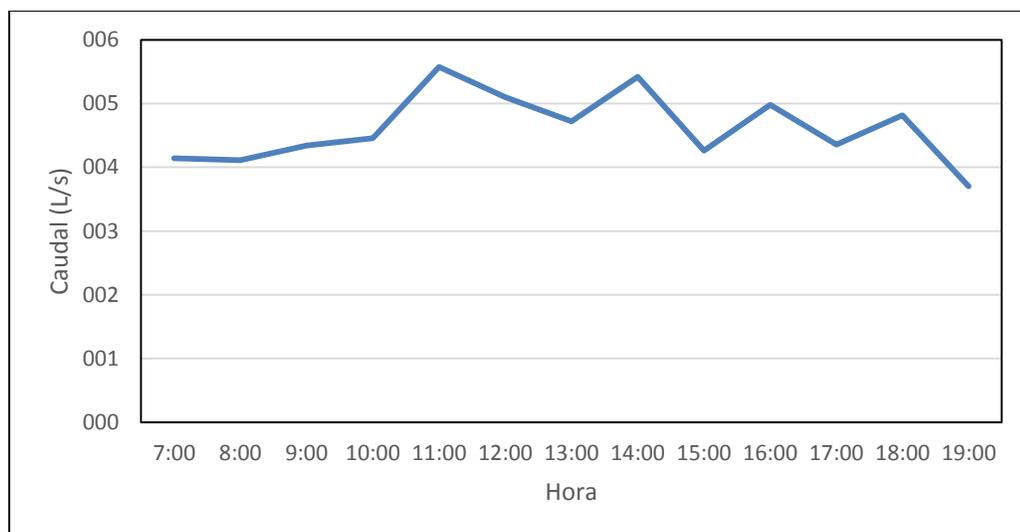
Tabla 10, Variación de Caudales por día

| Hora | Caudal (L/s) |
|--------------|---------------------|
| 7:00 | 4.14 |
| 8:00 | 4.11 |
| 9:00 | 4.34 |
| 10:00 | 4.45 |
| 11:00 | 5.58 |
| 12:00 | 5.10 |
| 13:00 | 4.72 |
| 14:00 | 5.42 |
| 15:00 | 4.26 |
| 16:00 | 4.98 |
| 17:00 | 4.36 |
| 18:00 | 4.81 |
| 19:00 | 3.70 |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014

Con los datos recolectados, se procedió a elaborar el hidrograma de caudales diario, gráfico mediante el cual se pueden apreciar de mejor manera la variación del flujo de aguas residuales que entran a la PTAR como afluente. De esta manera se determinó el caudal máximo necesario para el rediseño.

Gráfico 1, Hidrograma de caudales diario (07/12/2012)



Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014

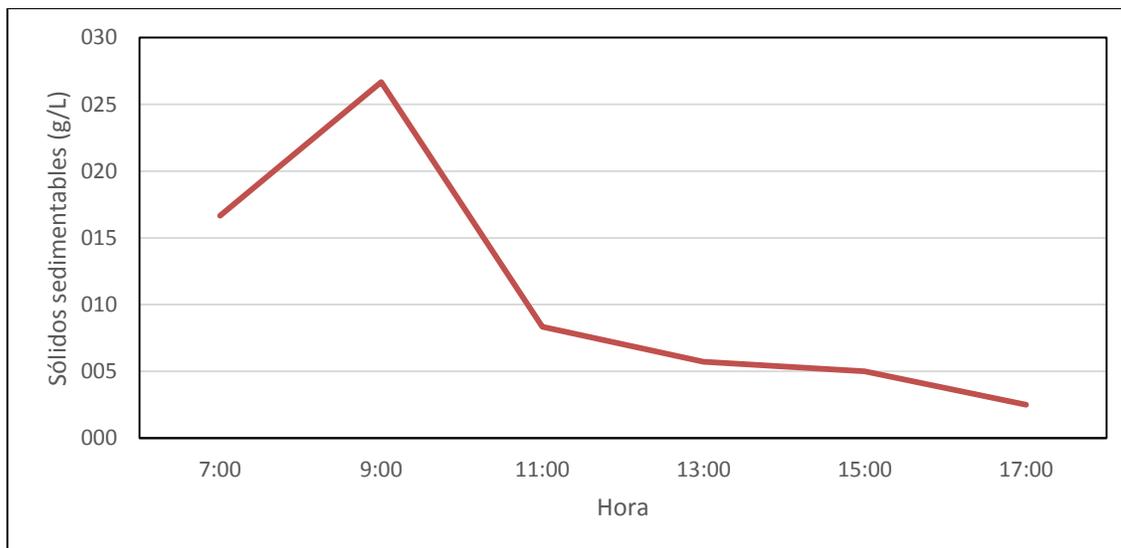
De la misma manera, se realizó la tabulación de los datos de la variación de los sólidos sedimentables que llegan en el afluente de las aguas, se realizó también una gráfica con estos datos.

Tabla 11, Sólidos sedimentables.

| Hora | Sólidos sedimentables (g/L) |
|--------------|------------------------------------|
| 7:00 | 16.67 |
| 9:00 | 26.67 |
| 11:00 | 8.33 |
| 13:00 | 5.71 |
| 15:00 | 5.00 |
| 17:00 | 2.50 |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014

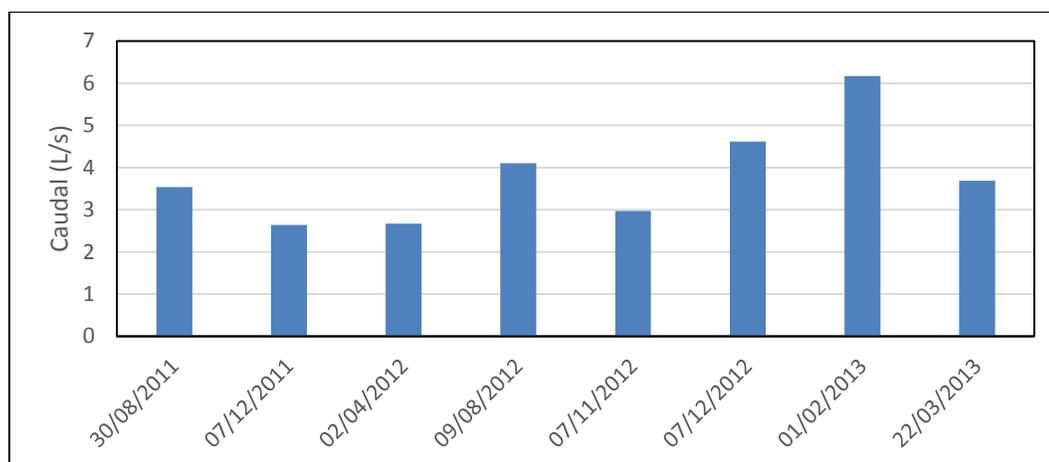
Gráfico 2, Variación diaria de Sólidos Sedimentables



Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014

Usando datos de registros de caudal de la EP. EMAPA-A, y mediciones del autor, se obtuvo el siguiente hidrograma de variación de caudal, el mismo que incluye mediciones en distintas épocas y estaciones del año.

Gráfico 3, Caudal instantáneo por fecha



Fuente: EP. EMAPA-A, Guerrero Hidalgo, 2014

3.1.3. Caracterización del agua captada y tratada

Las muestras fueron tomadas del canal de entrada de la PTAR de Piluhuín, y en la caja de revisión a la salida de la misma. Se realizaron análisis de distintos parámetros para un diagnóstico inicial, los resultados de las muestras antes del primer mantenimiento fueron:

Tabla 12, Caracterización inicial del Agua Residual.

| Parámetro | Unidades | Entrada | Salida |
|-------------------------------|-----------|---------|--------|
| Potencial de hidrógeno | - | 6.95 | 7.15 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L | 221 | 137 |
| Sólidos sedimentables | mg/L | 40 | 16 |
| Sólidos totales | mg/L | 2280 | 565 |
| Sólidos suspendidos | mg/L | 2438 | 175 |
| Sólidos disueltos | mg/L | 442 | 390 |
| Turbiedad | mg/L | 1310 | 209 |
| Temperatura | °C | 16.5 | 16.2 |
| Coliformes fecales | UFC/100mL | 37000 | 23000 |

Fuente: Laboratorio de control de calidad EP. EMAPA-A, 30/08/2011

3.1.4. Datos de población de diseño

La población actual se determinó utilizando los datos del último Censo De Población Y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, correspondientes al año 2010. Se utilizaron datos de las viviendas que tienen acceso a alcantarillado y datos de habitantes promedio por cada vivienda.

Tabla 13, Datos de Vivienda (Tipo de Servicio Higiénico o Escusado)

| Tipo de servicio higiénico o escusado | Casos (Viviendas) |
|--|--------------------------|
| Conectado a red pública de alcantarillado | 772 |
| Conectado a pozo séptico | 171 |
| Conectado a pozo ciego | 1044 |
| Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada | 5 |
| Letrina | 420 |
| No tiene | 940 |
| Total | 3352 |

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010)

Tabla 14, Datos de Población

| Habitantes | Casos |
|---|--------------|
| Hombre | 5868 |
| Mujer | 6260 |
| Total | 12128 |
| Promedio habitantes por vivienda | 3.6 |
| Tasa de crecimiento poblacional | 1.46 |

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010)

3.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO ACTUAL.

3.2.1. Caudal soportado por las instalaciones actuales.

Para verificar la capacidad de volumen por unidad de tiempo (caudal), para el cual fue originalmente diseñado la PTAR, se verificaron los planos existentes y los levantados in-situ. Con las dimensiones del Filtro Anaerobio, Tabla 15, se calculó el volumen de dicha unidad y tal volumen se empleó para calcular el caudal de diseño original, empleando la Ecuación 3, que considera la Carga Orgánica Volumétrica. (Jimenez Valencia, 2010)

$$V_u = \frac{Q * CO}{COV} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Vu: Volumen útil del Filtro (m³)

Q: Caudal (m³/día)

CO: Carga Orgánica o concentración de DBO₅ (KgDBO/m³)

COV: Carga Orgánica Volumétrica (KgDBO/m³.día)

Tabla 15, Dimensiones del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

| Parámetro | Unidad | Valor |
|---------------------------------|--------|-------|
| Altura útil | m | 4.8 |
| Altura de la Sección Cilíndrica | m | 4.3 |
| Diámetro Interno | m | 4.1 |
| Radio | m | 2.05 |
| Pendiente del fondo | % | 25 |
| Altura del fondo | m | 0.5 |

Fuente: EP. EMAPA-A, Guerrero Hidalgo, 2014.

Con las dimensiones del FAFA, se procedió a calcular su volumen (Ecuación 6), el cual equivale a la suma del volumen de la sección cilíndrica (Ecuación 4) y del fondo cónico (Ecuación 5):

$$V_1 = \pi * r^2 * h_1 \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

V_1 : Volumen de la sección cilíndrica. (m³)

r : Radio interno del Filtro. (m)

h_1 : Altura de la sección cilíndrica. (m)

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi * r^2 * h_2 \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

V_2 : Volumen del fondo cónico. (m³)

r : Radio interno del Filtro. (m)

h_1 : Altura del fono cónico. (m)

$$V_U = V_1 + V_2 \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

V_u : Volumen útil del filtro.

$$V_U = \pi * r^2 * h_1 + \frac{1}{3} \pi * r^2 * h_2$$

$$V_U = \pi * r^2 * \left[h_1 + \frac{1}{3} h_2 \right]$$

$$V_U = \pi * (2.05m)^2 * \left[(4.8m) + \frac{1}{3} (0.5m) \right]$$

$$V_U = \pi * (2.05m)^2 * \left[(4.8m) + \frac{1}{3}(0.5m) \right]$$

$$V_U = 6.54 m^3$$

Usamos valores estándar de concentración de DBO₅ y de COV representados en la Tabla 16, los cuales se asumen de acuerdo a los valores típicos más utilizados en diseño:

Tabla 16, Valores Estándar de DBO₅ y COV.

| Parámetro | Unidad | Intervalo | Valor Asumido |
|------------------|---------------------------|------------|---------------|
| DBO ₅ | mg/L | 110 - 4000 | 180 |
| CO | KgDBO/m ³ | 0.11 - 4 | 0.18 |
| COV | KgDBO/m ³ .día | 0.16 - 2.2 | 0.5 |

Fuente: (Jimenez Valencia, 2010)

Remplazamos el volumen obtenido y los datos de la tabla anterior, en la Ecuación 3:

$$V_u = \frac{Q * CO}{COV}$$

$$Q = \frac{V_u * COV}{CO}$$

$$Q = \frac{(6.54 m^3) * (0.5 KgDBO_5/m^3 \cdot día)}{0.18 KgDBO_5/m^3}$$

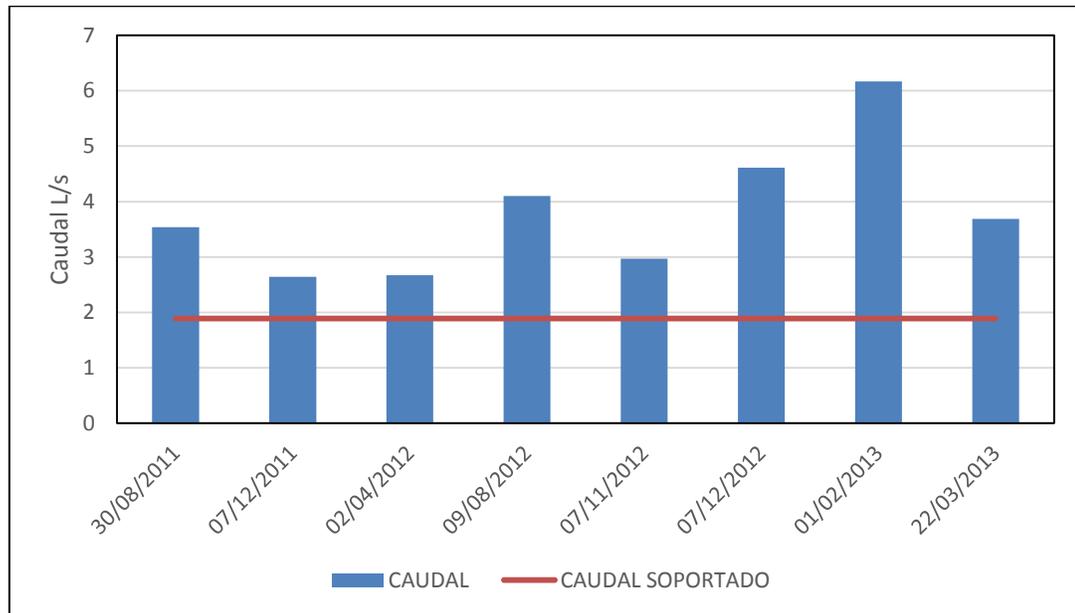
$$Q = 196.20 \frac{m^3}{día}$$

Convirtiendo las unidades:

$$Q = 196.20 \frac{m^3}{día} * \frac{86400 s}{1 día} * \frac{1000 L}{1 m^3} = 1,89 L/s$$

De esta manera, comparando el registro histórico de caudales afluentes a la planta, se observó que la planta recibe más caudal de Agua Residual del que puede depurar.

Gráfico 4, Comparación de Registro de Caudales con el Caudal Soportado.



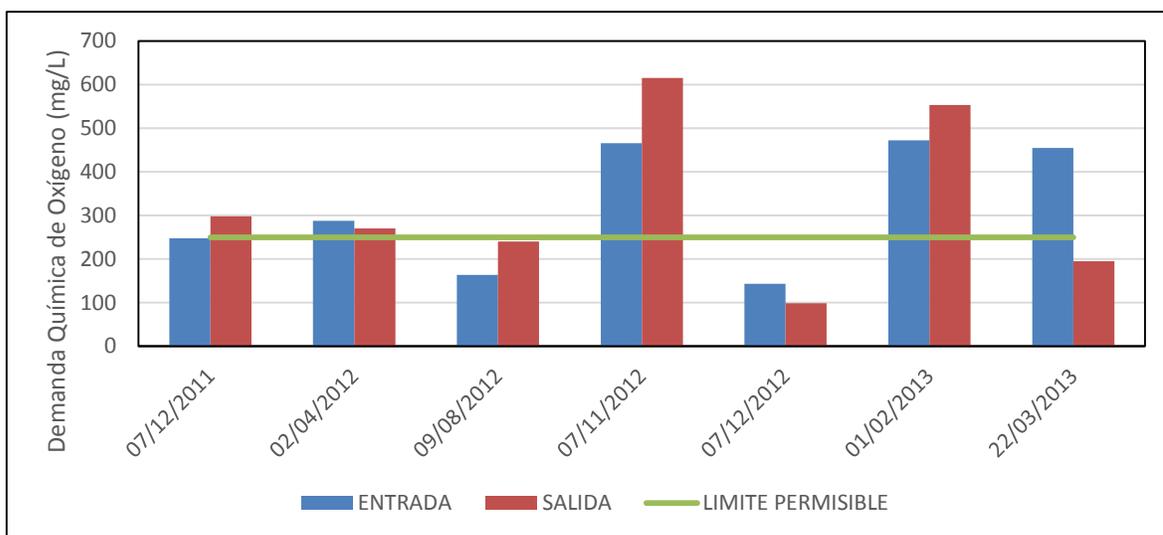
Fuente: EP. EMAPA-A, Guerrero Hidalgo, 2014.

3.2.2. Remoción de DQO

Se realizaron análisis físico-químicos posteriores, siguiendo la misma metodología, a la entrada y a la salida de la PTAR, los resultados de los mismos se compararon con los límites máximos permisibles por la legislación ecuatoriana vigente para evaluar la eficiencia en la depuración del Agua Residual.

El Gráfico 5, muestra los resultados de las diferentes caracterizaciones de la Demanda Química de Oxígeno, tanto a la entrada como a la salida de la PTAR actual. Tales resultados son comparados con el límite máximo permisible de concentración de 250mg/L (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2003) para su descarga a cuerpos de agua dulce.

Gráfico 5, Remoción de DQO

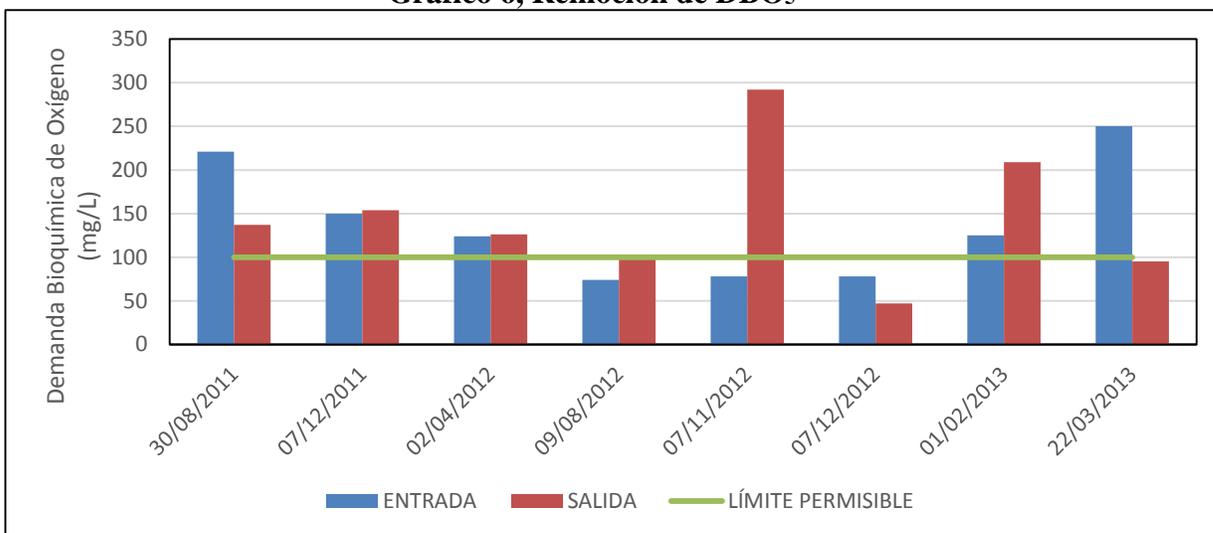


Fuente: Laboratorio de control de calidad EP. EMAPA-A & LAB-CESTTA

3.2.3. Remoción de DBOs

En el Gráfico 6 se observan los resultados de las caracterizaciones del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno, comparados con el límite máximo permisible de concentración de 100mg/L (Ministerio de Ambiente Ecuador, 2003) para su descarga a cuerpos de agua dulce.

Gráfico 6, Remoción de DBOs



Fuente: Laboratorio de control de calidad EP. EMAPA-A & LAB-CESTTA

De esta manera, observando los Gráficos 5 y 6, los cuales muestran los niveles de remoción de DBO₅ y DQO se dedujo:

- Los niveles de concentración de DQO y DBO₅, tanto a la entrada como a la salida de la Planta, casi siempre se encuentran por encima de los respectivos límites permisibles.
- El sistema de depuración actual no realiza una reducción significativa de contaminantes, de hecho, en varias ocasiones, el efluente de la planta presenta más concentración de contaminantes que el afluente.

3.3. PROPUESTA PARA EL REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN.

Una vez especificados los problemas y necesidades del actual sistema de tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la parroquia Pilahuín, mediante diagnósticos del estado físico y operativo, se determinó que los métodos más adecuados para el rediseño de la Planta serían:

- Repotenciar la capacidad de depuración del actual sistema de tratamiento, mediante la implementación de un segundo sistema de rejillas para la separación de sólidos finos y el diseño de un segundo filtro FAFA, que deberán operar bajo la capacidad máxima de caudal para la cual la planta fue originalmente concebida.
- El diseño de un nuevo sistema de depuración en un terreno cercano a la planta actual, donado a la EP. EMAPA-A por parte de la comunidad, el cual contará no sólo con la capacidad de tratar caudales según necesidades presentes, sino también las futuras; además de asegurar funcionalidad en el tratamiento y reducción de contaminantes según lo especificado por la normativa ambiental.

- La elaboración de un manual de operación y mantenimiento, tanto de la planta repotenciada, como de la nueva planta diseñada, de manera que los procedimientos ahí descritos puedan ser interpretados con claridad y sean llevados a cabo por personal de la empresa. De esta manera, se espera conseguir que la planta no sufra nuevamente descuido y colapse. Cabe recalcar que un mantenimiento sencillo se viene realizando por parte del personal de la EP. EMAPA-A desde el momento de la primera caracterización de agua residual del presente trabajo.

3.4. CÁLCULOS PARA EL RE-DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PILAHUÍN.

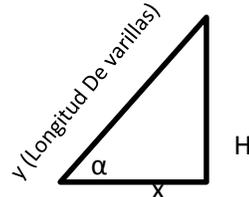
3.4.1. Separador de sólidos gruesos.

Determinamos la altura de las rejillas (H) mediante la revisión de planos.

$$H = 0.45 \text{ m}$$

Calculamos la longitud de las barras, tomando en cuenta un ángulo α de 60° .

Figura 3, Inclinación de varillas



Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

$$y = H / \text{sen}60$$

$$y = 0.45 \text{ m} / \text{sen}60$$

$$y = 0.52 \text{ m}$$

Para diseño tomamos 0.50 m, y calculamos x.

$$x = \text{cos}60 * H$$

$$x = \text{cos}60 * 0.45 \text{ m}$$

$$x = 0.26 \text{ m}$$

Calculamos el número de varillas necesarias, para lo cual asumimos un espesor de varillas de 1 cm, y una separación de 1 cm.

$$N = \frac{w}{s + e} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Dónde:

- N: Número de varillas.
- w: Ancho del canal. (m)
- s: Espesor de la varilla. (m)
- e: Separación entre varillas. (m)

$$N = \frac{0.30 \text{ m}}{0.01 \text{ m} + 0.01 \text{ m}}$$

$$N = 15$$

Calculamos las pérdidas.

$$H_f = \beta \left(\frac{e}{s}\right)^{1/4} * \frac{V^2}{2g} * \text{sen}60 \quad \text{Ecuación 8.}$$

Dónde:

- H_f : Pérdida hidráulica de altura. (m)
- β : Coeficiente de pérdida para rejillas.
- V: Velocidad de aproximación. (m/s)
- g: Aceleración gravitacional. (m/s²)

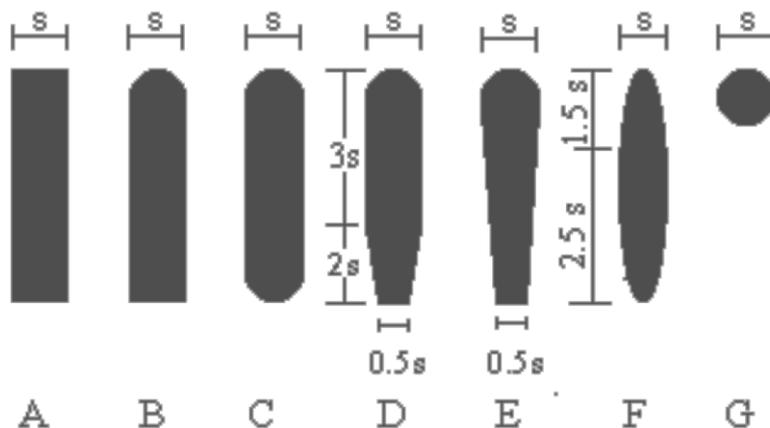
El coeficiente de pérdidas lo tomamos de acuerdo a la Tabla 17 y la Figura 4.

Tabla 17, Coeficientes de pérdida para rejillas.

| Forma | A | B | C | D | E | F | G |
|---------|------|------|------|-------|------|------|------|
| β | 2.42 | 1.83 | 1.67 | 1.035 | 0.92 | 0.76 | 1.79 |

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

Figura 4, Formas más comunes de varillas



Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

$$H_f = 1.79 * \left(\frac{0.01 \text{ m}}{0.01 \text{ m}}\right)^{1/4} * \frac{(0.6 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} * \text{sen}60$$

$$H_f = 0.0082 \text{ m}$$

$$H_f = 0.82 \text{ cm}$$

3.4.2. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Se diseñó un filtro adicional para las actuales instalaciones; asumiendo una eficiencia en la remoción de DBO_5 de 10% en el pre-tratamiento, y de 35% en el tratamiento primario, calculamos la concentración de este contaminante que llegaría al FAFA.

$$DBO_{5F} = DBO_{5i} - DBO_{5pt} - DBO_{5tp} \quad \text{Ecuación 9.}$$

Dónde

- DBO_{5F} : Concentración de DBO que llega al filtro anaerobio. (mg/L)
 DBO_{5i} : Concentración de DBO inicial. (mg/L)
 DBO_{5pt} : Concentración de DBO después del pre-tratamiento. (mg/L)
 DBO_{5tp} : Concentración de DBO después del tratamiento primario. (mg/L)

$$DBO_{5F} = DBO_{5i} - 0.90 * DBO_{5i} - 0.35 * (0.90 * DBO_{5i})$$

$$DBO_{5F} = 250 \text{ mg/L} - 0.90 * (250 \text{ mg/L}) - 0.35 * (250 \text{ mg/L})$$

$$DBO_{5F} = 146.25 \text{ mg/L}$$

Para diseño usamos 150 mg/L.

Tabla 18, Parámetros de diseño para FAFA.

| Parámetro | Simbología | Unidad | Intervalo | Valor Asumido |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------|-----------|---------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | DBO ₅ | mg/L | 110-400 | 150 |
| Carga Orgánica Volumétrica | COV | KgDBO/m ³ día | 0.16-2.2 | 2 |
| Diámetro del filtro | Ø | m | - | 3 |
| Factor de seguridad | fs | - | 0.10-0.20 | 0.10 |

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

Determinamos el volumen útil del filtro.

$$Vu = \frac{Q * CO}{COV} \quad \text{Ecuación 10.}$$

Dónde

- Vu : Volumen útil del filtro. (m³)
 Q : Caudal afluente. (m³/día)
 CO : Carga orgánica o DBO₅. (Kg/m³)
 COV : Carga Orgánica Volumétrica. (Kg/m³ día)

$$Vu = \frac{115.52 \text{ m}^3/\text{dia} * 0.150 \text{ kg}/\text{m}^3}{2 \text{ kg}/\text{m}^3\text{día}}$$

$$Vu = 11.66 \text{ m}^3$$

Calculamos el volumen real:

$$V = Vu * fs + Vu \quad \text{Ecuación 11.}$$

Dónde

V: Volumen real del filtro. (m³)

Vu: Volumen útil del filtro. (m³)

fs: Factor de seguridad.

$$V = (11.66 * 0.1) + 11.66 \text{ m}^3$$

$$V = 12.83 \text{ m}^3$$

Determinamos el tiempo de retención hidráulico:

$$trh = \frac{Vu}{Q} \quad \text{Ecuación 12.}$$

Dónde

trh: Tiempo de retención hidráulico. (días)

Vu: Volumen útil. (m³)

Q: Caudal de diseño. (m³/día)

$$trh = \frac{11.66 \text{ m}^3}{155.52 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

$$trh = 0.07 \text{ dias} = 1.68 \text{ h}$$

Calculamos las dimensiones del filtro empleando el área circular.

$$A_c = \pi * \varnothing^2 / 4 \quad \text{Ecuación 13.}$$

Dónde

Ac: Área circular. (m²)

Ø: Diámetro Asumido. (m)

$$A_c = \pi * (3m)^2 / 4$$

$$A_c = 7.07 \text{ m}^2$$

Obtenemos la altura del filtro.

$$h = \frac{Vu}{A_c} \quad \text{Ecuación 14.}$$

Dónde

h: Altura del filtro. (m)

Vu: Volumen útil del filtro. (m³)

Ac: Área Circular. (m²)

$$h = \frac{11.66 \text{ m}^3}{7.07 \text{ m}^2}$$

$$h = 1.81 \text{ m}$$

Determinamos las dimensiones para el fondo cónico, usando como volumen de este la diferencia entre el volumen real calculado y el volumen útil.

$$V_{fc} = \frac{1}{3} \pi * r^2 * h_{fc} \quad \text{Ecuación 15.}$$

Dónde

V_{fc} : Volumen del fondo cónico. (m^3)

r : Radio interno del Filtro. (m)

h_{fc} : Altura del fono cónico. (m)

$$h_{fc} = \frac{3}{\pi * r^2} * V_{fc}$$

$$h_{fc} = \frac{3}{\pi * (1.5 \text{ m})^2} * 1.17 \text{ m}^2$$

$$h_{fc} = 0.50 \text{ m}$$

Una vez determinadas las alturas del filtro, se determina la distribución del medio filtrante dentro del FAFA.

- Capa de piedra gruesa (hasta 100mm): 0.60 m.
- Capa de grava media (12-18mm): 0.35 m.
- Capa de grava pequeña (0.3-0.6mm): 0.25 m.

3.5. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN.

3.5.1. Caudal de Diseño.

Para determinar la población servida actual, se utilizaron datos del último censo de población y vivienda, (Tablas 13 y 14) y se aplicó la Ecuación 16:

$$P_a = \#Viv * hab_{prom} \quad \text{Ecuación 16}$$

Dónde:

P_a : Población Servida Actual. (hab)

$\#Viv$: Número de viviendas con acceso al sistema de alcantarillado sanitario. (vivienda)

hab_{prom} : Habitantes promedio por Vivienda. (hab/vivienda)

$$P_a = (772 \text{ viviendas}) * (3.6) \text{ hab/vivienda}$$

$$P_a = 2793 \text{ hab}$$

Luego se realizó la proyección del proyecto para una vida útil de 25 años.

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

$$P_f = (2793 \text{ hab}) \left(1 + \frac{1.46}{100}\right)^{25}$$

$$P_f = 4013 \text{ hab}$$

Con esta población calculamos el caudal medio diario:

$$Q_{MD} = P_f * Dot * C \quad \text{Ecuación 17}$$

Dónde:

Q_{MD} : Caudal Medio Diario. (L/s)

Dot : Dotación de agua potable. (L/hab día)

C : Coeficiente de retorno

Los valores de dotación y de coeficiente de retorno que fueron sugeridos por personal de la EP. EMAPA-A, fueron 180 L/hab/día y 0.8 respectivamente.

$$Q_{MD} = (4013 \text{ hab}) * (180 \text{ L/hab día}) * 0.8$$

$$Q_{MD} = 577878.30 \text{ L/día}$$

$$Q_{MD} = 577878.30 \frac{\text{L}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{MD} = 6.7 \text{ L/s}$$

Aplicamos el factor de mayoración de Los Ángeles, el cual es útil para caudales como el calculado.

$$f = \frac{3.53}{Q_{MD}^{0.0914}}$$

$$f = \frac{3.53}{(6.7)^{0.0914}}$$

$$f = 2.697$$

Multiplicamos este factor de mayoración por el caudal medio diario para obtener el Caudal Máximo.

$$Q_{MAX} = Q_{MD} * f$$

$$Q_{MAX} = (6.7 L/s) * (2.697)$$

$$Q_{MAX} = 19.84 L/s$$

Para el diseño de los nuevos componentes de la planta, se tomó en cuenta la capacidad máxima de las instalaciones actuales.

$$Q = Q_{MAX} - Q_{Soportado}$$

$$Q = 19.84 L/s - 1.89 L/s$$

$$Q = 17.95 L/s$$

3.5.2. Cálculos para el canal de entrada.

Usamos la ecuación de Manning para calcular la pendiente del canal, y asumimos los valores de velocidad de aproximación del agua, de ancho, largo, longitud y número de canales.

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{Ecuación 18.}$$

Dónde:

- V: Velocidad de aproximación del agua. (m/s)
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning.
- R: Radio Hidráulico. (m)
- S: Pendiente.

Tabla 19, Parámetros de diseño para el canal de entrada.

| Parámetro | Unidades | Simbología | Valor Asumido |
|---|----------|------------|---------------|
| Velocidad de aproximación del agua | m/s | V | 0.60 |
| Coefficiente de Rugosidad de Manning (Para canales de concreto) | - | n | 0.013 |
| Ancho del canal | m | w | 0.30 |
| Longitud del canal | m | l | 2.50 |

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

$$S = \left(\frac{Vn}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$R = \frac{\text{Área mojada}}{\text{Perímetro mojado}} = \frac{w \times h}{h + w + h}$$

Para obtener la altura del agua, empleamos el área transversal que calculamos a través del caudal, el cual lo dividimos para dos canales en paralelo.

$$A_T = \frac{Q}{V}$$

$$A_T = \frac{17.95 \text{ L/s}}{0.6 \text{ m/s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}$$

$$A_T = 0.0149 \text{ m}^2$$

$$h = \frac{A_T}{w}$$

$$h = \frac{0.0149 \text{ m}^2}{0.3 \text{ m}}$$

$$h = 0.05 \text{ m}$$

$$R = \frac{w * h}{h + w + h}$$

$$R = \frac{(0.30 \text{ m}) * (0.05 \text{ m})}{(0.05 \text{ m}) + (0.30 \text{ m}) + (0.05 \text{ m})}$$

$$R = 0.0374 \text{ m}$$

$$S = \left(\frac{Vn}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$S = \left(\frac{(0.6 \text{ m/s}) * (0.013)}{(0.0374)^{2/3}} \right)^2$$

$$S = 0.0048$$

$$S = 0.48 \%$$

3.5.3. Separador de sólidos gruesos.

Calculamos la altura del canal de las rejillas (H) añadiéndole a la altura del agua (h), una altura de seguridad (h_s).

$$H = h + h_s$$

$$H = 0.05 \text{ m} + 0.35 \text{ m}$$

$$H = 0.40 \text{ m}$$

Calculamos la longitud de las barras, tomando en cuenta un ángulo α de 60° .

$$y = H / \text{sen}60$$

$$y = 0.40 \text{ m} / \text{sen}60$$

$$y = 0.46 \text{ m}$$

Para diseño tomamos 0.50 m, y calculamos x.

$$x = \cos60 * H$$

$$x = \cos60 * 0.25 \text{ m}$$

$$x = 0.23 \text{ m}$$

Calculamos el número de varillas necesarias, para lo cual asumimos un espesor de varillas de 1 cm, y una separación de 2.5 cm.

$$N = \frac{0.30 \text{ m}}{0.01 \text{ m} + 0.025 \text{ m}}$$

$$N = 8.57$$

Para diseño tomamos 8, y calculamos las pérdidas.

$$Hf = 1.79 * \left(\frac{0.025 \text{ m}}{0.01 \text{ m}} \right)^{1/4} * \frac{(0.6 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} * \text{sen}60$$

$$Hf = 0.0024 \text{ m}$$

$$Hf = 0.24 \text{ cm}$$

3.5.4. Separador de sólidos finos

$$N = \frac{w}{s + e}$$

$$N = \frac{0.25 \text{ m}}{0.01 \text{ m} + 0.01 \text{ m}}$$

$$N = 15$$

Calculamos las pérdidas usando el mismo coeficiente de pérdida anterior.

$$H_f = \beta \left(\frac{e}{s}\right)^{1/4} * \frac{V^2}{2g} * \text{sen}60$$

$$H_f = 1.79 * \left(\frac{0.01 \text{ m}}{0.01 \text{ m}}\right)^{1/4} * \frac{(0.6 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} * \text{sen}60$$

$$H_f = 0.0082 \text{ m}$$

$$H_f = 0.82 \text{ cm}$$

3.5.5. Desarenadores.

Se dimensionaron dos desarenadores que funcionaran en paralelo, cada uno con la mitad del caudal de diseño. Para esto, se utilizó un tiempo de retención de 120 s.

$$V = Q * trh$$

Ecuación 19

Dónde:

- V: Volumen del desarenador. (m^3)
Q: Caudal de Agua Residual. (m^3/s)
trh: Tiempo de Retención hidráulica. (s)

$$V = (0.009 \text{ m}^3/s) * (120 \text{ s})$$

$$V = 1.077 \text{ m}^3$$

Luego calculamos el área superficial asumiendo una altura de 1 m para el sedimentador.

$$As = V/h \quad \text{Ecuación 20.}$$

Dónde:

- As: Área Superficial. (m^2)
V: Volumen del sedimentador. (m^3)
h: Altura asumida. (m)

$$As = (1.077 \text{ m}^3) / 1 \text{ m}$$

$$As = 1.077 \text{ m}^2$$

Asumimos un ancho de canal para calcular la longitud.

$$l = \frac{As}{b} \quad \text{Ecuación 21.}$$

Dónde

- As: Área Superficial. (m^2)
l: Longitud del desarenador. (m)
b: Ancho asumido. (m)

$$l = \frac{1.077 \text{ m}^2}{0.4 \text{ m}}$$

$$l = 2.70 \text{ m}$$

Calculamos la longitud de la zona de transición entre el canal de rejillas y el desarenador, asumiendo el ángulo de divergencia (12,5°).

$$L = \frac{B - b}{2tg\theta} \quad \text{Ecuación 22.}$$

Dónde

- L: Longitud de la zona de transición. (m)
- B: Ancho del desarenador. (m)
- b: Ancho del canal de rejillas. (m)
- θ : Ángulo de divergencia.

$$L = \frac{0.4\text{m} - 0.30\text{m}}{2tg(12.5)}$$

$$L = 0.225 \text{ m}$$

Para diseño usamos 25 cm.

Calculamos la profundidad de sedimentación de arenas asumiendo una pendiente de 10%.

$$s = L * (p) \quad \text{Ecuación 23.}$$

Dónde

- s: Profundidad de sedimentación. (m)
- L: Longitud del desarenador. (m)
- p: Pendiente.

$$s = 2.70 \text{ m} * (0.10)$$

$$s = 0.27 \text{ m}$$

Para diseño tomamos 25 cm

3.5.6. Tanque Imhoff.

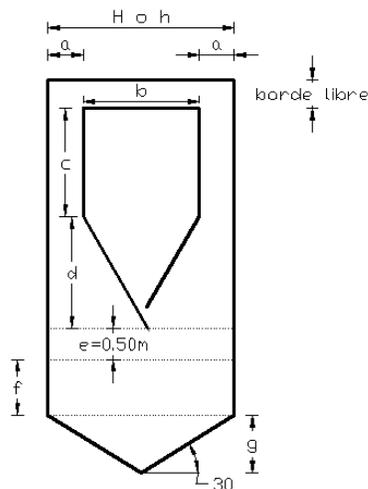
Es la unidad de tratamiento primario, para su diseño asumimos valores estándar que nos permitan dimensionarla.

Tabla 20, Parámetros de diseño para Tanque Imhoff.

| Parámetro | Simbología | Unidad | Intervalo | Valor Asumido |
|---------------------------------------|------------|-----------------------------------|-------------|---------------|
| Carga superficial | C_s | $\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ | 15-50 | 24 |
| Ancho de la cámara de sedimentación | b | m | - | 4 |
| Tiempo de retención Hidráulica | Tr_h | h | 1-4 | 4 |
| Dotación de lodos | D lodos | m^3/hab | - | 0.070 |
| Ancho de zona de ventilación de gases | a | m | 0.60 – 1 | 0.06 |
| Altura de zona de transición | e | m | ≥ 0.45 | 0.45 |
| Borde libre | bl | m | ≥ 0.50 | 0.50 |

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

Figura 5, Esquema de dimensionamiento del Tanque Imhoff.



Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Calculamos el área superficial de la cámara de sedimentación.

$$A_s = Q/C_s \quad \text{Ecuación 24.}$$

Dónde

- A_s : Área superficial. (m^2)
- Q : Caudal de diseño. ($m^3/día$)
- C_s : Carga Superficial. ($m^3/m^2.día$)

$$A_s = \frac{775.57 \text{ m}^3/\text{dia}}{24 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dia}}$$

$$A_s = 32.32 \text{ m}^2$$

Luego calculamos la longitud de la cámara de sedimentación.

$$l = A_s/b \quad \text{Ecuación 25}$$

Dónde

- l : Longitud de la cámara de sedimentación. (m)
- A_s : Área Superficial. (m^2)
- b : Ancho de la cámara de sedimentación. (m)

$$l = 32.32 \text{ m}^2/4 \text{ m}$$

$$l = 6.9 \text{ m}$$

Verificamos la velocidad de sedimentación, la cual debe ser menor o igual a 0.02m/min.

$$v = l/Trh \quad \text{Ecuación 26.}$$

Dónde

- v : Velocidad de sedimentación. (m/min)
 l : Longitud de la cámara de sedimentación. (m)
 Trh : Tiempo de retención hidráulica. (h)

$$v = \frac{6.9m}{4h} * \frac{24h}{1440min}$$

$$v = 0.02 \text{ m/min}$$

Calculamos el volumen de la cámara de sedimentación.

$$V = Q * Thr \quad \text{Ecuación 27.}$$

Dónde

- V : Volumen de la cámara de sedimentación. (m³)
 Q : Caudal de diseño. (m³/día)
 Trh : Tiempo de retención hidráulica. (días)

$$V = 775.57 \text{ m}^3/\text{día} * 0.166 \text{ días}$$

$$V = 129.26 \text{ m}^3$$

Con el volumen calculado, obtenemos el área transversal.

$$At = V/l \quad \text{Ecuación 28.}$$

Dónde

- At : Área Transversal. (m²)
 V : Volumen de la cámara de sedimentación. (m³)
 l : Longitud de la cámara de sedimentación. (m)

$$At = 129.26 \text{ m}^3 / 6.9 \text{ m}$$

$$At = 18.73 \text{ m}^2$$

Calculamos las alturas c y d (Figura 5).

$$c = \frac{At - \frac{b^2}{4} * 1.5}{b}$$

Ecuación 29.

Dónde

- c: Altura de la cámara de sedimentación. (m)
- At: Área transversal. (m²)
- b: Ancho de la cámara de sedimentación. (m)

$$c = \frac{18.73 \text{ m}^2 - \frac{(4 \text{ m})^2}{4} * 1.5}{4 \text{ m}}$$

$$c = 2.22 \text{ m}$$

$$d = 2At/b$$

Ecuación 30.

Dónde

- d: Altura de sedimentación. (m)
- At: Área transversal. (m²)
- b: Ancho de la cámara de sedimentación. (m)

$$d = 2 * (18.73 \text{ m}^2) / 4 \text{ m}$$

$$d = 3.53 \text{ m}$$

Calculamos el volumen del digestor.

$$Vd = pob * D lodos \quad \text{Ecuación 31.}$$

Dónde

Vd: Volumen del digestor. (m³)
pob: Población Servida. (hab)
D lodos: Dotación de lodos. (m³/hab)

$$Vd = 2006 \text{ hab} * \frac{0,07 \text{ m}^3}{\text{hab}}$$

$$Vd = 140.45 \text{ m}^3$$

Con el volumen del digestor, obtenemos la altura de la cámara del digestor.

$$H = b + 2a \quad \text{Ecuación 32.}$$

Dónde

H: Ancho total del tanque. (m)
b: Ancho de la cámara de sedimentación. (m)
a: Ancho de la zona de ventilación de gases. (m)

$$H = 5.90 \text{ m}$$

Cálculo de las alturas f y g

$$f = \frac{Vd - \frac{H^2 * l}{12}}{l * H} \quad \text{Ecuación 33.}$$

Donde

f : Altura de la cámara del digestor. (m)

Vd: Volumen del digestor. (m³)

H: Ancho total del tanque. (m)

l: Longitud del tanque. (m)

$$f = \frac{140.45 \text{ m}^3 - \frac{(5.90 \text{ m})^2 * 6.90 \text{ m}}{12}}{6.90 \text{ m} * 5.90 \text{ m}}$$

$$f = 7.96 \text{ m}$$

$$g = \frac{H}{2} \text{tg}30$$

Ecuación 34.

Donde

g : Altura de depósito de lodos.

H: Ancho total del tanque.

$$g = \frac{5.90 \text{ m}}{2} \text{tg}30$$

$$g = 1.44 \text{ m}$$

Sumamos todas las alturas y obtenemos la altura total del tanque.

$$H_t = c + d + e + f + g + bl$$

Ecuación 35.

Dónde

Ht: Altura total del tanque. (m)

c: Altura de la cámara de sedimentación. (m)

d: Altura de sedimentación. (m)

e: Altura de transición. (m)

- f: Altura de la cámara del digestor. (m)
- g: Altura de depósito de lodos. (m)
- bl: Borde libre. (m)

$$Ht = 11.86 \text{ m}$$

3.5.7. Eras de secado

Su función consiste en secar y deshidratar los lodos provenientes del tratamiento primario, para su diseño asumimos valores estándar que nos permitan dimensionarlo.

Tabla 21, Parámetros de diseño para Lechos de secado.

| Parámetro | Simbología | Unidad | Intervalo | Valor Asumido |
|----------------------------------|-------------|--------------|-----------|---------------|
| Contribución de sólidos | C | g SS/hab*día | - | 70 |
| Porcentaje de sólidos en el lodo | % sólidos | % | 10-15 | 15 |
| Densidad del lodo | ρ lodo | Kg/L | 1.2-1.3 | 1.3 |
| Tiempo de retención | Tr | días | 30-90 | 30 |
| Altura del lodo | Ha | m | 0.30-0.40 | 0.40 |
| Ancho de era | b | m | - | 2 |

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

Calculamos la cantidad de Sólidos Suspendidos

$$C = \frac{pob * cont * 1kg}{1000g} \quad \text{Ecuación 36.}$$

Dónde

- C: Contribución de sólidos. (KgSS/hab)
- pob: Población servida. (hab)
- cont: Contribución per-cápita. (gSS/hab*día)

$$C = \frac{4013 \text{ hab} * \frac{70 \text{ gSS}}{\text{hab} * \text{día}} * 1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$c = 280.91 \frac{\text{KgSS}}{\text{día}}$$

Determinamos la masa de Sólidos Suspendidos.

$$Msd = (0.50 * 0.50 * 0.70 * C) + (0.50 * 0.30 * C) \quad \text{Ecuación 37}$$

Dónde

Msd: Masa de Sólidos Suspendidos. (KgSS/día)

C: Contribución de sólidos. (KgSS/día)

$$Msd = \left(0.50 * 0.50 * 0.70 * 280.91 \frac{\text{KgSS}}{\text{día}}\right) + \left(0.50 * 0.30 * 280.91 \frac{\text{KgSS}}{\text{día}}\right)$$

$$Msd = 91.30 \frac{\text{KgSS}}{\text{día}}$$

Una vez determinado, usamos este valor para calcular el volumen diario de lodos digeridos.

$$Vld = \frac{Msd}{\rho * (\% \text{ sólidos}/100)} \quad \text{Ecuación 38.}$$

Dónde

Vld: Volumen diario de lodos digeridos. (L/día)

Msd: Masa de Sólidos Suspendidos. (KgSS/día)

ρ : Densidad de lodos. (Kg/L)

% sólidos: porcentaje de sólidos en el lodo.

$$Vld = \frac{91.30 \text{ KgSS}/\text{dia}}{\frac{1.3\text{kg}}{\text{L}} * \left(\frac{15}{100}\right)}$$

$$Vld = 468.21 \text{ L}/\text{dia}$$

Usando el tiempo de retención asumido, calculamos el volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión.

$$Vel = (Vld * Tr)/1000 \quad \text{Ecuación 39.}$$

Dónde

Vel: Volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión.

Vld: Volumen diario de lodos digeridos.

Tr: Tiempo de retención.

$$Vel = (468.21 \text{ L}/\text{dia} * 30 \text{ días})/(1000 \text{ L}/\text{m}^3)$$

$$Vel = 14.05 \text{ m}^3$$

Asumimos una altura y calculamos el área del Lecho de Secado

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

Dónde

Als: Área del lecho de secado. (m^2)

Vel: Volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión. (m^3)

Ha: Altura del lodo. (m)

$$Als = \frac{14.05 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}} = 35.13 \text{ m}^2$$

Para fines de diseño, calculamos un área de lechos unitaria, dividiendo el valor obtenido para 4 unidades. Una vez determinada el área unitaria, calculamos las dimensiones.

$$L = \frac{Als_u}{b} \quad \text{Ecuación 41.}$$

Dónde

- L: Longitud del secador. (m)
- Als_u: Área unitaria del lecho de secado. (m²)
- b: Ancho asumido. (m)

$$L = \frac{8.78 \text{ m}}{2 \text{ m}}$$

$$L = 4.39 \text{ m}$$

Diseñamos un falso fondo para drenar el agua de los lodos.

$$x = tg 20 * \frac{b}{2} \quad \text{Ecuación 42.}$$

Dónde

- x: Altura del falso fondo. (m)
- b: Ancho de lecho de secado. (m)

$$x = tg20 * \frac{2 \text{ m}}{2}$$

$$x = 0.36 \text{ m}$$

3.5.8. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Se diseñaron dos filtros en paralelo; asumiendo una eficiencia en la remoción de DBO₅ de 10% en el pre-tratamiento, y de 50% en el tratamiento primario, calculamos la concentración de este contaminante que llegaría al FAFA.

$$DBO_{5F} = DBO_{5i} - DBO_{5pt} - DBO_{5tp}$$

$$DBO_{5F} = DBO_{5i} - 0.90 * DBO_{5i} - 0.50 * (0.90 * DBO_{5i})$$

$$DBO_{5F} = 250 \text{ mg/L} - 0.90 * (250 \text{ mg/L}) - 0.50 * (250 \text{ mg/L})$$

$$DBO_{5F} = 112.5 \text{ mg/L}$$

Para diseño usamos 120 mg/L.

Tabla 22, Parámetros de diseño para FAFA.

| Parámetro | Simbología | Unidad | Intervalo | Valor Asumido |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------|-----------|---------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | DBO ₅ | mg/L | 110-400 | 120 |
| Carga Orgánica Volumétrica | COV | KgDBO/m ³ día | 0.16-2.2 | 2 |
| Diámetro del filtro | Ø | m | - | 5 |
| Factor de seguridad | fs | - | 0.10-0.20 | 0.10 |

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

Determinamos el volumen útil del filtro.

$$Vu = \frac{Q * CO}{COV}$$

$$Vu = \frac{775.57 \text{ m}^3/\text{día} * 0.120 \text{ kg/m}^3}{2 \text{ kg/m}^3\text{día}}$$

$$Vu = 46.53 \text{ m}^3$$

Calculamos el volumen real:

$$V = Vu * fs + Vu$$

$$V = (46.53 * 0.1) + 46.53 \text{ m}^3$$

$$V = 52.18 \text{ m}^3$$

Determinamos el tiempo de retención hidráulico:

$$trh = \frac{Vu}{Q}$$

$$trh = \frac{46.53 \text{ m}^3}{775.57 \text{ m}^3/\text{dia}}$$

$$trh = 0.06 \text{ dias} = 1.44 \text{ h}$$

Calculamos las dimensiones del filtro empleando el área circular.

$$Ac = \pi * \varnothing^2 / 4$$

$$Ac = \pi * (5\text{m})^2 / 4$$

$$Ac = 19.63 \text{ m}^2$$

Obtenemos la altura del filtro.

$$h = \frac{Vu}{Ac}$$

$$h = \frac{46.53 \text{ m}^3}{19.63 \text{ m}^2}$$

$$h = 2.37 \text{ m}$$

Determinamos las dimensiones para el fondo cónico, usando como volumen de este la diferencia entre el volumen real calculado y el volumen útil.

$$V_{fc} = \frac{1}{3} \pi * r^2 * h_{fc}$$

$$h_{fc} = \frac{3}{\pi * r^2} * V_{fc}$$

$$h_{fc} = \frac{3}{\pi * (2.5\text{m})^2} * 4.65 \text{ m}^3$$

$$h_{fc} = 0.75 \text{ m}$$

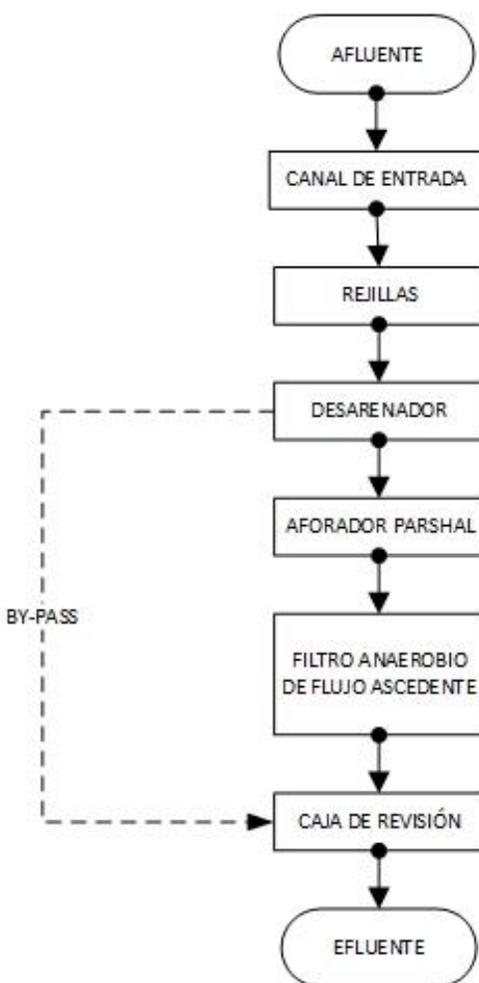
Una vez determinadas las alturas del filtro, se determina la distribución del medio filtrante dentro del FAFA.

- Capa de piedra gruesa (hasta 100mm): 0.90 m.
- Capa de grava media (12-18mm): 0.30 m.
- Capa de grava pequeña (0.3-0.6mm): 0.20 m.

3.6. RESULTADOS.

De la caracterización visual y planimétrica de la planta, sus componentes y funcionamiento, obtuvimos una visión más clara del proceso de depuración que, aunque de manera deficiente, lleva a cabo la planta. De la misma manera, determinamos las necesidades del actual sistema de tratamiento, así como de la premura de construir uno nuevo que tenga capacidad tanto de caudal, como de depuración.

Figura 6, Diagrama del actual sistema de tratamiento

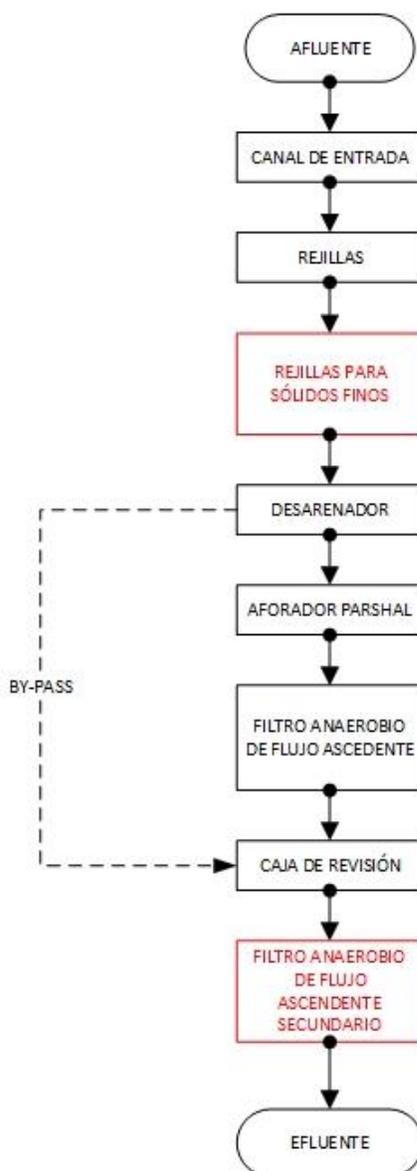


Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.1. Resumen del Re-dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Pilahuín

En la figura 7, se muestran los componentes actuales, así como los nuevos componentes a añadirse mostrados en color rojo.

Figura 7, Propuesta de Re-diseño del actual sistema de Tratamiento



Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.1.1. Rejillas separadoras de sólidos finos.

Tabla 23, Resumen del Re-dimensionamiento de rejillas para sólidos finos

| Parámetro | VALOR | UNIDAD |
|----------------------------|--------------|---------------|
| Longitud de varilla | 0.50 | m |
| Numero de varillas | 15 | - |
| Ancho de varillas | 0.01 | m |
| Separación | 0.01 | m |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.1.2. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

Tabla 24, Resumen del Re-dimensionamiento del segundo FAFA

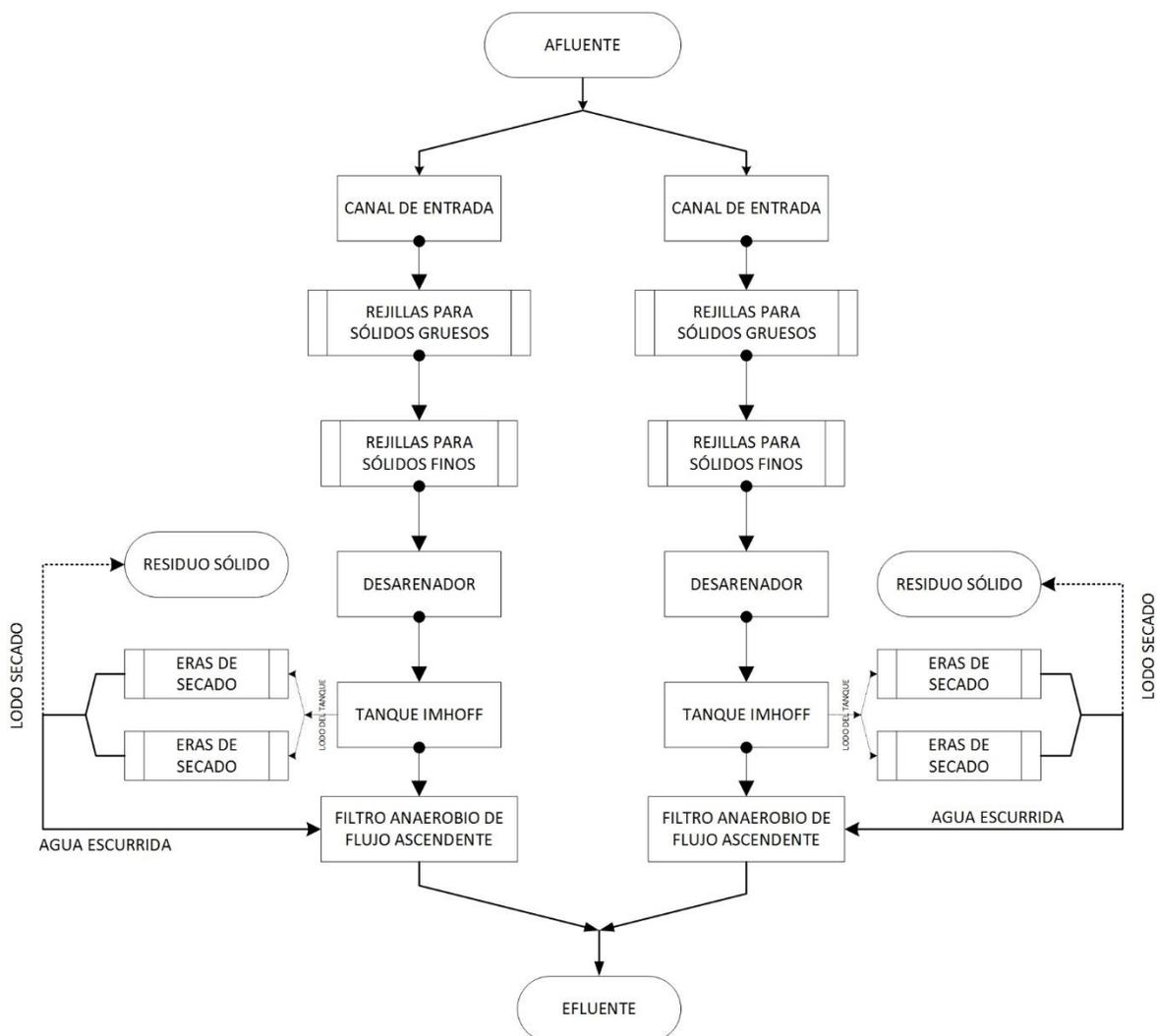
| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|--------------------------------|--------------|----------------|
| Volumen útil | 11.66 | m ³ |
| Volumen real | 12.83 | m ³ |
| Diámetro | 3 | m |
| Altura | 1.94 | m |
| Altura del fondo cónico | 0.50 | m |
| Capa de piedra | 0.60 | m |
| Capa de grava mediana | 0.35 | m |
| Capa de grava pequeña | 0.25 | m |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.2. Resumen del dimensionamiento del nuevo sistema de Tratamiento de Aguas Residuales De La Parroquia Pilahuín.

Tomando en cuenta factores como el crecimiento poblacional, las aportaciones per-cápita, coeficiente de mayoración, caudal soportado por las instalaciones actuales, caracterización y necesidad de depuración del agua residual de efluente, se dimensionó el nuevo sistema de tratamiento, el cual se describe en el siguiente apartado.

Figura 8, Propuesta de diseño del nuevo Sistema de Tratamiento



Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.2.1. Canal de entrada y de rejillas.

Tabla 25, Resumen del dimensionamiento del canal de entrada

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|--------------------|-------|--------|
| Número de unidades | 2 | - |
| Altura del canal | 0.4 | m |
| Ancho del canal | 0.30 | m |
| Longitud del canal | 2.5 | m |
| Gradiente | 0.49 | - |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.2.2. Rejillas para sólidos gruesos.

Tabla 26, Resumen del dimensionamiento de rejillas para sólidos gruesos

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|---------------------|-------|--------|
| Longitud de varilla | 0.50 | m |
| Número de varillas | 8 | - |
| Ancho de varillas | 0.01 | m |
| Separación | 0.025 | m |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.2.3. Rejillas para sólidos finos.

Tabla 27, Resumen del dimensionamiento de rejillas para sólidos finos

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|---------------------|-------|--------|
| Longitud de varilla | 0.50 | m |
| Número de varillas | 15 | - |
| Ancho de varillas | 0.01 | m |
| Separación | 0.01 | m |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.2.4. Desarenadores.

Tabla 28, Resumen del dimensionamiento de los desarenadores

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|------------------------------|-------|----------------|
| Número de unidades | 2 | - |
| Tiempo de retención | 120 | s |
| Volumen | 1.08 | m ³ |
| Profundidad | 1 | m |
| Ancho | 0.4 | m |
| Longitud | 2.70 | m |
| Longitud de transición | 0.25 | m |
| Pendiente para sedimentación | 10 | % |
| Altura de sedimentador | 0.25 | m |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.2.5. Tanque Imhoff.

Tabla 29, Resumen del dimensionamiento del Tanque Imhoff

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|-------------------------------|-------|--------|
| Número de unidades | 2 | - |
| Ancho cámara de sedimentación | 4 | m |
| Longitud | 5.9 | m |
| Altura total | 11.36 | m |
| Altura f | 2.96 | m |
| Altura c | 2.22 | m |
| Altura d | 3.53 | m |
| Altura g | 1.7 | m |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.2.6. Eras de secado.

Tabla 30, Resumen del dimensionamiento de las Eras de secado

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|---------------------------|-------|--------|
| Numero de eras por tanque | 2 | - |
| Ancho | 2.00 | m |
| Longitud | 4.39 | m |
| Tiempo de retención | 30 | días |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.6.2.7. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

Tabla 31, Resumen del dimensionamiento del FAFA

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|-------------------------|-------|----------------|
| Número de unidades | 2 | - |
| Volumen útil | 46.53 | m ³ |
| Volumen real | 51.18 | m ³ |
| Diámetro | 5 | m |
| Altura | 2.37 | m |
| Altura del fondo cónico | 0.70 | m |
| Capa de piedra | 0.90 | m |
| Capa de grava mediana | 0.30 | m |
| Capa de grava pequeña | 0.20 | m |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.7. Eficiencia Global del Sistema y Verificación del cumplimiento con la normativa ambiental vigente.

Para la verificación del cumplimiento con el límite máximo de concentración permisible para descarga a cuerpos de agua dulce (establecida en la legislación ambiental ecuatoriana TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12), se compararon los parámetros de DQO y DBO₅ en el efluente tanto del Re-diseñado sistema de tratamiento actual, como del nuevo sistema dimensionado, asumiendo eficiencias de remoción teóricas para los componentes.

De esta manera, las eficiencias para remoción de contaminantes para los componentes del sistema Re-diseñado serían del 10% de remoción en el pretratamiento, 40% FAFA primario, y 40% de remoción en el filtro FAFA secundario. Asimismo, para el nuevo sistema dimensionado tendríamos 10% de remoción en el pretratamiento, 50% en los tanques Imhoff y 40% de remoción en los filtros FAFA.

Así, tomando en cuenta las eficiencias de cada componente, se obtendría las siguientes eficiencias globales:

- 67.30% de remoción para el sistema Re-diseñado.
- 73% de remoción para el Nuevo sistema.

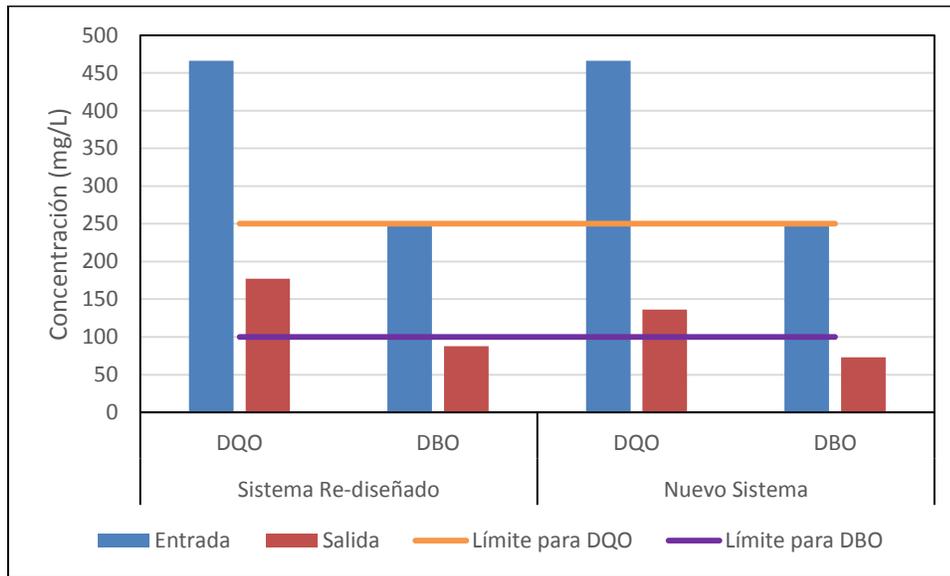
Lo que nos da una eficiencia combinada de 70% en remoción de contaminantes.

Tabla 32, Comparación con el Límite máximo permisible

| Parámetro | Unidad | Entrada | Salida (Sistema Re-diseñado) | Salida (Nuevo Sistema dimensionado) | Límite máximo permisible |
|------------------|--------|---------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| DQO | mg/L | 466 | 177.19 | 136.30 | 250 |
| DBO ₅ | mg/L | 250 | 87.75 | 73.12 | 100 |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

Gráfico 7, verificación del cumplimiento de la normativa ambiental



Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

Observando el Gráfico 7, donde se comparan las concentraciones en el efluente con los valores límites permisibles, se puede establecer que los parámetros del agua residual tratada, se encuentran dentro de los límites establecidos por la legislación ecuatoriana TULSMA, Libro VI. Anexo 1, Tabla 12.

El efluente final combinado, podrá ser descargado a la Quebrada S/N que la llevará hasta el Río Ambato, donde será incorporado al caudal de dicho río, sin que esto represente una alteración significativa de la calidad del receptor final.

3.8. Matrices de evaluación de Impactos.

Figura 9, Matriz de identificación de impactos Ambientales

| MEDIOS | | Componentes biofísicos | | | | | | | | | | Componente socio-económico | | | |
|----------------------|---|------------------------|--------|--------------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------|------|---------|----------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|
| | | Aire | | | Agua | | Flora | Fauna | | Suelo | | Paisaje | Consumo energético | Salud y Seguridad Laboral | Generación de empleo |
| | | Ruidos | Olores | Emisión gases y material particulado | Uso del Agua | Calidad del Agua | Cubierta vegetal | Microfauna | Aves | Calidad | Cambio del Uso | Impacto visual | | | |
| FASE DE CONSTRUCCIÓN | Desbroce y limpieza de la corteza | | | x | | | x | x | x | x | x | | | | |
| | Excavación con maquinaria | x | x | x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Nivelación de suelo | x | | x | | | | | x | | x | x | x | x | x |
| | Transporte del material de construcción | x | | x | | | | | x | | | | x | x | x |
| | Construcción | x | | x | x | | | x | x | | x | x | x | x | x |
| | Generación de material de desecho | | x | x | | x | x | | | x | x | x | | x | |
| | Transporte y disposición del material de construcción | x | | x | | | | | | | x | x | x | x | x |
| | Vías de acceso | x | | x | x | | x | | x | | x | x | x | x | x |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

Figura 10, Matriz de evaluación de Impactos Ambientales

| MEDIOS | | Componentes biofísicos | | | | | | | | | | Componente socio-económico | | | Acciones Positivas | Acciones Negativas | Evaluación de Impactos | | |
|------------------------|---|------------------------|--------|-------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------|------|---------|----------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|----------------------|------|
| | | Aire | | | Agua | | Flora | Fauna | | Suelo | | Paisaje | Consumo Energético | Salud y Seguridad Laboral | | | | Generación de empleo | |
| | | Ruidos | Olores | Emisión gases y material part | Uso del agua | Calidad del agua | Cubierta vegetal | Microfauna | Aves | Calidad | Cambio del Uso | Impacto visual | | | | | | | |
| Fase de construcción | Desbroce y limpieza de la corteza | | | -3 | | | -6 | -1 | -2 | -2 | -3 | | | | | | 0 | 6 | -39 |
| | Excavación con maquinaria | -5 | -5 | -5 | | | -5 | -5 | -5 | -4 | -6 | -4 | -6 | -3 | 4 | | 1 | 11 | -89 |
| | Nivelación de suelo | -5 | | -5 | | | | | -5 | | -6 | 2 | -5 | -3 | 4 | | 2 | 6 | -36 |
| | Transporte del material de construcción | -5 | | -4 | | | | | -5 | | | | -5 | -2 | 4 | | 1 | 5 | -22 |
| | Construcción | -6 | | -6 | -6 | | | -6 | -5 | | -8 | -6 | -4 | -5 | 4 | | 4 | 9 | -108 |
| | Generación de material de desecho | | -3 | -4 | | -5 | -3 | | | -3 | -4 | -3 | | -3 | | | 0 | 8 | -66 |
| | Transporte y disposición del material de construcción | -5 | | -5 | | | | | | | 3 | 3 | -4 | 4 | 1 | | 4 | 3 | -1 |
| | Vías de acceso | -5 | | -5 | -5 | | -5 | | -4 | | 4 | 4 | -5 | -6 | 6 | | 3 | 7 | -48 |
| Acciones Positivas | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 | 6 | | | | | |
| Acciones Negativas | | 6 | 2 | 8 | 2 | 1 | 4 | 3 | 6 | 3 | 5 | 6 | 6 | 0 | -409 | | | | |
| Evaluación De Impactos | | -42 | -11 | -62 | -22 | -20 | -69 | -23 | -58 | -24 | -44 | 5 | -48 | -44 | 53 | | | | |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

3.9. Análisis de costos.

El presente análisis de costos, permitirá establecer el presupuesto referencial de la obra, el cual servirá para tener una idea del costo del proyecto si se llega a implementar.

3.9.1. Análisis de precios unitarios

Es el proceso mediante el cual se estima el costo de cada rubro del proyecto de construcción.

3.9.2. Presupuesto total de la obra.

El presupuesto total del proyecto, se compone de la sumatoria de todos los costos unitarios más el 20% de dicha sumatoria que corresponde a los costos imprevistos e indirectos. El presupuesto total de la obra es de 24360.61 dólares americanos.

Tabla 33, Presupuesto estimado para la obra.

| DESCRIPCIÓN | UNIDADES | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|---|----------------|----------|-----------------|--------------|
| OBRAS PRELIMINARES | | | | 6226.71 |
| Replanteo y nivelación | m ² | 1056.31 | 1.63 | 1721.79 |
| Limpieza y desbroce | m ² | 1056.31 | 1.79 | 1890.80 |
| Cerramiento (Postes, alambre púas y excavación) | m | 189.16 | 13.82 | 2614.13 |
| CANAL DE ENTRADA Y REJILLAS | | | | 408.09 |
| Excavación (altura de 0 hasta 2 m a máquina (retroexcavadora suelo normal)) | m ³ | 2.50 | 2.23 | 5.58 |
| Adecuación del fondo de la zanja | m ² | 2.00 | 6.72 | 13.44 |
| Encofrado recto | m ² | 1.25 | 13.92 | 17.40 |
| Hormigón S. f'c=210 kg/cm ² | m ³ | 3.00 | 109.37 | 328.11 |
| Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm | m ² | 5.00 | 4.98 | 24.90 |
| Rejillas | u | 4.00 | 3.42 | 13.68 |
| Latón perforado | u | 1.00 | 4.98 | 19.92 |

| | | | | |
|---|----------------|--------|--------|----------|
| DESARENADORES | | | | 679.89 |
| Excav. h=0 a 2 m a máquina (retroexcavadora suelo normal) | m ³ | 2.50 | 2.23 | 5.58 |
| Adecuación del fondo de la zanja | m ² | 2.16 | 6.72 | 14.52 |
| Encofrado recto | m ² | 2.75 | 13.92 | 38.28 |
| Hormigón S. f'c=210 kg/cm ² | m ³ | 1.50 | 109.37 | 164.06 |
| Compuerta de volante de acero inoxidable | u | 2.00 | 213.79 | 427.58 |
| Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm | m ² | 6.00 | 4.98 | 29.88 |
| FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE SECUNDARIO | | | | 802.81 |
| Excav. h=0 a 2 m a máquina (retroexcavadora suelo normal) | m ³ | 2.50 | 2.23 | 5.58 |
| Adecuación del fondo de la zanja | m ² | 7.12 | 6.72 | 47.85 |
| Encofrado recto | m ² | 14.00 | 13.92 | 194.88 |
| Hormigón S. f'c=210 kg/cm ² | m ³ | 4.00 | 109.37 | 437.48 |
| Malla electrosoldada bmw 15x15 cm | m ² | 23.50 | 4.98 | 117.03 |
| TANQUE IMHOFF | | | | 10516.20 |
| Excav. h=0 a 2 m a máquina (retroexcavadora suelo normal) | m ³ | 740.00 | 2.23 | 1650.20 |
| Desalojo de material con volqueta | m ³ | 740.00 | 3.20 | 2368.00 |
| Compactación mecánica | m ² | 370.00 | 0.98 | 362.60 |
| Suministro e instalación Tubería PVC 110mm | u | 20.00 | 10.97 | 219.40 |
| Hormigón S. f'c=210 kg/cm ² | m ³ | 50.00 | 109.37 | 5468.50 |
| Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm ² | Kg | 250.00 | 1.79 | 447.50 |
| FILTROS ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE NUEVOS | | | | 800.06 |
| Excav. h=0 a 2 m a máquina (retroexcavadora suelo normal) | m ³ | 120.00 | 2.23 | 267.60 |
| Adecuación del fondo de la zanja | m ² | 40.00 | 6.72 | 268.80 |
| Encofrado recto | m ² | 30.00 | 13.92 | 417.60 |
| Hormigón S. f'c=210 kg/cm ² | m ² | 20.00 | 109.37 | 2187.40 |
| Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm ² | Kg | 80.00 | 1.79 | 143.20 |
| LECHOS DE SECADO | | | | 866.76 |
| Excav. h=0 a 2 m a máquina (retroexcavadora suelo normal) | m ³ | 10.00 | 2.23 | 22.30 |
| Hormigón S. f'c=210 kg/cm ² | m ³ | 1.50 | 109.37 | 164.06 |
| Malla electrosoldada bmw 15x15 cm | m ² | 36.00 | 4.98 | 179.28 |
| Encofrado recto | m ² | 36.00 | 13.92 | 501.12 |
| SUBTOTAL | 20300.51 | | | |
| GASTOS IMPREVISTOS E INDIRECTOS (20%) | 4060.10 | | | |
| TOTAL | 24360.61 | | | |

Fuente: Guerrero Hidalgo, 2014.

CAPÍTULO IV

4. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

4.1. Generalidades.

El presente manual de operación y mantenimiento tiene como fin asegurar un correcto funcionamiento y vida útil de la actual planta así como de las nuevas instalaciones, también plantea las actividades necesarias para operar y mantener cada uno de los componentes del sistema, el personal, los equipos y materiales requeridos como también precauciones y cuidados para garantizar la seguridad de los operadores.

4.2. Operación y Mantenimiento.

Uno de los mayores problemas para los proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, es la selección de la tecnología, la cual debe ser estar adaptada a las condiciones locales y a la capacidad de su operador. A veces, cuando la tecnología resulta adecuada para las características del proyecto, el mismo fracasa por una inadecuada operación o mantenimiento. Esta situación se ve agravada por la ausencia parcial o total de registros e informes y por el manejo inadecuado de los datos. (Bermeo, y otros, 2010)

Es recomendable que un manual de operación y mantenimiento contenga sólo los fundamentos teóricos básicos necesarios para que el encargado de estas labores pueda establecer por sí mismo las medidas necesarias, mientras consulta con un superior y se reciben instrucciones más precisas.

Además, es necesario que se establezca un sistema de control que permita reconocer que procesos de operación o mantenimiento se están ejecutando, si se está llevando a cabo en

forma adecuada o si deben ser modificadas, suprimirse o añadirse para alcanzar el objetivo final de la operación y el mantenimiento:

- La operación es la forma de realizar o llevar a cabo una labor, de manera que los procesos se realicen de manera correcta para lograr la máxima eficiencia posible de los mismos.
- El mantenimiento es la labor de reparar o restaurar equipos, estructuras, procesos u operaciones, de tal forma que el rendimiento proyectado o esperado del mismo sea efectivo y seguro.

Existen tres tipos de mantenimiento:

- **Correctivo:** consiste en intervenciones no programadas encaminadas a devolver a los componentes o procesos averiados la condición que tenía antes que el defecto fuera descubierto.
- **Preventivo:** Son intervenciones periódicas e inspecciones programadas para prever fallas y prolongar el funcionamiento adecuado de las obras.
- **Predictivo:** Es la sustitución de componentes cuando se puede predecir su falla por antigüedad o condiciones de trabajo. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

4.3. Pretratamiento.

Con el objetivo de alcanzar los niveles más altos de rendimiento en la depuración, es necesario el diseño, operación y mantenimiento de unidades de pretratamiento, estas serán:

- Canal de entrada, el cual debe disipar la energía con la que llegan los efluentes de aguas residuales permitiendo uniformizar su velocidad.
- Rejillas, para separar sólidos de diferente tamaño, para los más gruesos (superiores a 2.5cm) y los más finos (de 1cm o más), entre los que se incluyen piedras, plásticos, trozos de madera, virutas, papel, trapos, etc, que de llegar a las unidades de tratamiento primario o secundario, podrían alterar su funcionamiento.

- Desarenador, para eliminar gravas, arenas, tierra y otras partículas pequeñas que traspasen las rejillas.

4.3.1. Canal de entrada.

Por la importancia que tiene se debe dar mantenimiento quincenalmente a fin de que cumpla su función. Al final de dicho canal se instalará un aliviadero de caudal excesivo, que permitirá desahogar el aumento de caudal causado por las precipitaciones en época de invierno. Un operador revisará el canal, y en caso de ser necesario limpiará los bordes, las paredes y los sólidos grandes dentro del canal con ayuda de un rastrillo y pala para luego retirar los desechos con la ayuda de una carretilla, para llevarlos hasta el relleno sanitario o enterarlos.

4.3.2. Rejillas.

A medida que las rejillas acumulan sólidos de diferente tipo, éstas se van colmatando y el agua encuentra mayor dificultad para atravesarlas (Bermeo, y otros, 2010). Por ello, es necesario eliminar los objetos que causen obstrucción por lo menos dos veces por semana durante el invierno y una vez cada quince días en el verano.

La limpieza la deberá realizar el operador de forma manual con la ayuda de un rastrillo que encaje entre los barrotes, donde serán colocados sobre una lata con orificios dispuesta al final de las rejillas sobre el canal, para escurrir el agua y secar los sólidos. Para la disposición de los residuos sólidos se los llevará hacia el relleno sanitario en bolsas cerradas.

4.3.3. Desarenadores.

El desarenador diseñado es de flujo horizontal, formado por dos canales rectangulares que operan en paralelo, contará con compuertas a la entrada de cada canal, con el fin de facilitar la limpieza las partículas que se acumulan en el fondo del desarenador. La limpieza será realizada de forma manual utilizando palas, baldes y una carretilla, se cerrará el paso del agua

un canal a la vez, para limpiarlos sin la necesidad de dejar fuera de funcionamiento a la planta.

La limpieza de esta unidad se realizará semanalmente, las arenas retiradas deberán llevarse hasta las eras de secado, para luego enterrarse o llevarse al relleno sanitario; mientras que si las arenas se presentan más limpias, puede ser aprovechada en rellenos, caminos, y otros.

4.4. Tanques Imhoff.

Los tanques tipo Imhoff, debido a su concepción y operación relativamente sencilla no requieren de personal muy calificado. La operación puede resumirse en la constante remoción de las espumas y otros sobrenadantes, la distribución uniforme de los sólidos sedimentables, y en la evacuación periódica de los lodos digeridos.

4.4.1. Arranque.

Para su correcto funcionamiento el tanque Imhoff, debe ser previamente llenado con agua limpia e inoculado con lodo proveniente de alguna instalación similar para acelerar el desarrollo de los consorcios microbianos encargados de la digestión y mineralización de la materia orgánica. Lo más aconsejable es realizar este procedimiento durante los meses de mayor temperatura en la zona para facilitar el desarrollo microbiano.

4.4.2. Operación.

4.4.2.1. Sedimentador.

Durante la operación, la mayor proporción de los sólidos sedimentables suelen asentarse cerca del ingreso, lo que conlleva a un mal funcionamiento de la planta. Esto puede corregirse mediante la inclusión de un fondo con pendiente que distribuya mejor los sólidos dentro del tanque.

4.4.2.2. Zona de ventilación.

Siempre y cuando la digestión de los lodos se realice en forma normal, la atención que requerirá la zona de ventilación es mínima. Si existe nata, y esta permanece húmeda, la misma continuará moviéndose y eventualmente se sedimentará dentro del compartimiento de digestión. Sin embargo, un exceso de material flotante en las zonas de ventilación puede producir malos olores e impedir el venteo de los gases al cubrir el área con una capa de espuma.

Para lidiar con esta situación, semanalmente se deberá retirar o romper dicha capa antes que seque, la rotura de la capa se puede realizar con chorros de agua o manualmente con ayuda de rastrillos, palas o cualquier otra herramienta similar. El sobrenadante retirado puede ser llevado a los lechos de secado, aunque se recomienda su entierro o en su defecto ser dispuesto en el relleno sanitario.

4.4.2.3. Zona de digestión de lodos.

Es aconsejable mantener el lodo el mayor tiempo posible en zona de digestión a fin de lograr una buena mineralización. Para tal efecto el nivel de lodo debe ser mantenido entre 0,5 y un metro por debajo de la ranura del sedimentador y en especial de su deflector. Para realizar tal verificación, bastará con preparar una varilla lo suficientemente larga como para alcanzar la profundidad mencionada, la cual deberá contar con un trapo blanco envuelto en la punta que se manchará de color negro al entrar en contacto con el lodo. Esta verificación deberá realizarse una vez al mes.

La mayor cantidad posible de lodos deberán drenarse durante los meses de verano para proveer mayor capacidad de almacenamiento y mineralización de los lodos en época de invierno, y por ningún motivo debe evacuarse todo el lodo, debiendo descargar tan solo el volumen que quepa en los lechos de secado. El proceso de drenaje debe ejecutarse lentamente para evitar una mezcla con la capa de lodo más fresco. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

4.4.3. Limpieza.

4.4.3.1. Sedimentador.

Toda la superficie de agua dentro del sedimentador debe estar libre de sólidos flotantes, espumas y grasas, así como de material adherido a las paredes de concreto. El material flotante tiende a acumularse sobre la superficie del agua y debe ser removido con el propósito de no afectar la calidad de los efluentes, la recolección del material flotante se efectúa con una herramienta consistente de una paleta cuadrada de 0.45 x 0.45 m con malla de 0.025m de abertura y acoplada a un mango de madera.

4.4.3.2. Zona de ventilación.

Esta parte del tanque, debe encontrarse libre de natas o de sólidos flotantes, si no es posible hundirlas con agua a presión, es mejor retirarlas, y enterrarlas inmediatamente. La experiencia del operador será la que indique la frecuencia de limpieza.

En la mayoría de casos, la presencia de espuma se corrige usando cal hidratada en las áreas de ventilación. La cal deberá agregarse en una proporción de 5 Kg. por cada 1000 habitantes. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

4.4.3.3. Zona de digestión de lodos.

Determinar la altura de los lodos en la cámara de digestión es importante para programar su drenaje en el momento oportuno según la velocidad de acumulación de los mismos, esta comprobación se realizará de acuerdo a lo descrito anteriormente.

Los lodos digeridos se extraen abriendo lentamente la válvula de la línea de lodos y dejándolos escurrir hacia los lechos de secado, procurando que se distribuyan uniformemente en la superficie de las eras. Se recomienda que en cada descarga de lodos, se tome la

temperatura del mismo, recolectando de la tubería una muestra de lodo usando un balde; la temperatura no deberá ser medida directamente sobre los lechos y el lodo recogido no deberá ser el que sale inmediatamente después de abrir la válvula. Con esta medición se tendrán datos muy valiosos de las condiciones en que se está realizando la digestión.

En el caso de que el lodo no fluya a través de la tubería de drenaje, posiblemente porque el mismo sea muy viscoso o que exista obstrucción de la tubería por arenas, lodo compactado, trapos o sólidos voluminosos, el operador deberá introducir una varilla a través de la tubería de ventilación hasta el fondo de la misma y sondearla hasta lograr la licuefacción del lodo, o si es posible utilizar una manguera hasta el fondo de la tubería y soltar agua a presión.

Cuando el problema no se resuelve con lo mencionado, se recomienda revisar el espejo de la válvula de drenaje, en casos extremos hay remover el lodo más viscoso del área cercana al ingreso a la tubería utilizando una bomba de aire, y si existen grandes cantidades de arena será necesario drenar el tanque por bombeo con el fin de removerlas. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

4.5. Lechos de secado.

Los lodos digeridos y mineralizados provenientes del tanque Imhoff contienen alrededor del 95% de humedad, estos deben ser dispuestos en los lechos o eras de secado. Inicialmente los lodos tienen las características de un fluido algo viscoso, inodoro y de coloración negruzca, estos se secan hasta alcanzar una humedad manejable de alrededor de 20 a 25% de materia seca, (Centro de las Nuevas Tecnologías del agua) que facilite su transporte, aprovechamiento o disposición final. El agua escurrida de los lodos debe ser dirigida hacia el sistema de tratamiento y no evacuarse directamente.

La evaporación es el factor más importante del proceso de secado del lodo. Conforme el líquido se infiltra a través de la arena, el lodo se encoge y produce grietas en su superficie que a su vez aceleran el secado. La evaporación se realiza rápidamente en climas cálidos, y mucho más lento cuando hay presencia de lluvia, nevadas o climas extremadamente fríos. El

lodo crudo o parcialmente digerido y la presencia de grasas en las eras retardan significativamente el proceso de secado. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

4.5.1. Preparación de los lechos de secado.

Los lechos de secado deben ser acondicionados cada vez que se realice descarga lodo del digestor. Para ello se deben realizar los siguientes trabajos:

- Remover, si se diera el caso, todo el lodo antiguo tan pronto como se haya alcanzado el nivel de deshidratación que permita su manejo.
- Nunca añadir lodo fresco a un lecho que aún contenga lodo secándose.
- Remover de la superficie interior del lecho todas las malas hierbas, restos vegetales u otro tipo de basuras.
- Escarificar o raspar la superficie de la arena con rastrillos o cualquier otro dispositivo antes de la adición de lodo.

4.5.2. Reemplazo de la capa de arena.

Una parte de la capa de arena se pierde cada vez que se remueve el lodo seco, por lo que esta debe ser reemplazada periódicamente (según se realicen las descargas de lodo del tanque Imhoff) hasta alcanzar su espesor de diseño. La arena que se emplee para reemplazar la capa, debe ser de la misma característica que la original.

4.5.3. Calidad del lodo digerido.

El lodo a ser descargado a los lechos de secado debe estar adecuadamente digerido, ya que los lodos parcialmente digeridos presentan olores ofensivos. El proceso de secado se retarda mucho cuando el lodo está muy poco digerido, y de la misma manera cuando ha permanecido dentro del digestor más tiempo del necesario.

Un indicador del grado de digestión del lodo es el potencial de hidrógeno, el valor de pH del lodo maduro debe ser próximo a 7.0, mientras que valores de pH inferiores a 7.0 indican que el lodo no está listo para ser secado y requiere mayor tiempo en la cámara de digestión. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

4.5.4. Descarga del lodo digerido.

El lodo debe ser descargado del digestor a una tasa alta para mantener limpia la tubería de desfogue. Al inicio del proceso de drenaje, la válvula debe ser abierta por completo, luego se va cerrando parcialmente la misma para obtener un flujo regular. Luego de la descarga de lodo, se debe retirar los restos de lodo de la tubería y luego lavarla con agua.

Como producto de la digestión anaerobia, se producen gases (especialmente metano) que al mezclarse con aire, pueden presentar peligro de explosión. La presencia de fuego directo o de operadores con cigarrillos está prohibida durante el proceso de drenaje de lodos.

4.5.5. Remoción del lodo de los lechos de secado.

El lodo seco puede ser retirado utilizando palas o tridentes cuando la humedad del mismo se encuentre entre el 70 y 60%, aunque con 40% de humedad, el peso y volumen de lodo será de casi la mitad o la tercera parte y será más fácil de manejar. Sin embargo, la experiencia del operador o la necesidad de drenar un nuevo lote de fangos del digestor será la que determine el mejor momento para retirar los lodos de los lechos de secado.

Las mejores herramientas para la remoción de fangos son una pala plana o un tridente, y una carretilla, la cual resulta indispensable para retirar el lodo al punto de disposición final. Su utilización requiere colocar tablas donde su desplazamiento se dificulte.

4.6. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

En este proceso, el agua ingresa y atraviesa el medio filtrante de forma ascendente, con esto se logra la reducción de los sólidos presentes en el agua, además de la disminución de la materia orgánica gracias a la biopelícula formada por los microorganismos. (Serrano, 2005)

4.6.1. Operación y mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.

Las actividades de operación y mantenimiento del FAFA son menos complejas que para los demás componentes. Estas actividades son las siguientes:

- Inspeccionar frecuentemente el nivel de agua en el ducto de entrada y el de salida, si la diferencia es bastante apreciable, es señal de que la tasa de salida del agua es menor que la de entrada, y podría existir alguna obstrucción, ya sea en la entrada inferior del filtro o en el medio filtrante, lo cual indica que es necesaria una limpieza del filtro.
- Limpieza del filtro: para ello, se deberá vaciar el filtro mediante la apertura del by-pass que desvía el caudal fuera del filtro, se deberá introducir agua por la parte superior del filtro, habiendo que esta fluya hacia abajo, así se arrastrará el exceso de material biológico, si es posible, este debe ser recogido y llevado al tanque Imhoff. De lo contrario pueden ser levados hacia los lechos de secado. Esta limpieza del filtro debe hacerse como mínimo cada año después de la época invernal.
- En caso de que el medio filtrante se encuentre demasiado colmatado y el procedimiento anterior no solucione el problema, se deberá retirar el medio filtrante usando palas, sacos de fibra y carretillas, y lavarlo con agua limpia a presión hasta retirar materiales indeseables, posteriormente se deberá reinstalar manualmente de acuerdo al diseño original.

4.7. Muestreo.

La toma de muestras en la planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Pilahuín, deberá realizarse por lo menos tres veces al año, dos veces durante el invierno y una durante el verano. El operador recolectará las muestras de la entrada y de la salida de la planta en envases limpios debiendo seguir un protocolo básico de muestreo:

- Utilizar recipientes limpios, se recomienda lavarlos en el laboratorio con detergente y abundante agua antes de dirigirse hacia la planta.
- Utilizar guantes de caucho en buen estado, nunca emplear los guantes que tengan perforaciones o fisuras.
- Antes de recoger la muestra de agua, se debe homogenizar el recipiente mediante tres enjuagues con el agua que va a ser recolectada.
- Los recipientes deberán tener la capacidad en volumen de al menos 2 litros.
- Para el análisis microbiológico del agua residual, se tomará una muestra exclusiva en un recipiente estéril (los frascos desechables para recolección de muestras de orina sirven mucho). La homogenización para estos recipientes no es necesaria, y se llenará dejando un espacio de aire.
- Tapar bien los recipientes inmediatamente después de llenar el volumen deseado.
- Etiquetar los recipientes con marcador de tinta indeleble (permanente), identificando claramente la muestra de entrada y la de salida.
- Llevar las muestras inmediatamente al laboratorio, si esto no es posible, se deben guardar en un recipiente de espuma de polietileno (cooler de espuma flex) con hielo.
- Anotar la hora, fecha, nombre de la planta, tipo de muestra (entrada o salida), nombre de quien recoge la muestra y el caudal medido en un registro, para poder incluir estos datos en el informe del laboratorio.

4.8. Operador de la planta.

El operador será la persona encargada de la supervisión y control del correcto funcionamiento, así como del mantenimiento de los procesos de la planta depuradora de aguas residuales. Si bien el operador de la planta no necesita ser una persona especializada en este campo (ya que el trabajo es sencillo) es indispensable que si tenga conocimientos

puntuales vinculados con su trabajo para cumplir a cabalidad con las responsabilidades que demanda. Estas responsabilidades son:

- Estar completamente familiarizado con la planta de tratamiento de aguas residuales, sus componentes y la función de cada uno de estos.
- Supervisión visual y control del desarrollo normal de los procesos de cada unidad del tratamiento (rejillas, desarenadores, tanques Imhoff y Filtros Anaerobios).
- Trabajos de mantenimiento (limpieza de rejillas, retiro de arenas, natas, y espumas, revisión del nivel de lodo en el tanque, etc.)
- Trabajos de conservación (pintado de partes metálicas, labores de jardinería, fumigación, reparación de puertas o cerramiento, etc.).
- Aforar el caudal que llega hasta la planta cada vez que realice un mantenimiento, anotando la fecha, la hora y el valor medido en L/s.
- Tomar muestras de agua a la entrada y a la salida de la planta para su análisis en el laboratorio, asegurándose de registrar la fecha, la hora, y de etiquetar correctamente los recipientes con las muestras.
- Evaluar, localizar e identificar posibles averías en los componentes, para su posterior corrección. (Bermeo, y otros, 2010)
- El operador será una persona competente y responsable, ya que tendrá a su cargo el personal de apoyo que requiera para las labores a él encomendadas.

4.8.1. Protección e higiene del operador.

El trabajo en una planta de tratamiento de aguas residuales implica cierto grado de riesgo, por lo que es importante asegurar la salud del operador, por esto es necesario:

- Proveer el equipo necesario para su protección: chaleco reflectivo, chaqueta y pantalones impermeables, casco, mascarilla, guantes y botas de caucho. El mismo deberá usarse exclusivamente en el sitio de trabajo.
- Siempre lavar herramientas después de usarlas, nunca se deben guardar sucias.
- Disponer de un botiquín básico para uso de los trabajadores que incluya productos para lavado ocular y antisépticos para la piel.
- Después de terminar el trabajo en la planta, el operador deberá lavarse las manos con agua y jabón, si es posible deberán desinfectarlas con alcohol antes de ingerir alimentos.
- Durante el trabajo en la planta, el operador deberá evitar llevarse las manos a la nariz, boca u oídos hasta que se las haya lavado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

- La planta actualmente recibe como afluente caudales determinados mediante investigación de registros y mediciones estacionarias realizadas, se obtuvieron como caudal mínimo 2.64 L/s y como máximo 6.17 L/s.
- En las determinaciones Físico-Químicas del agua residual que ingresa a la planta, la mayoría de los parámetros establecidos en la legislación vigente se encontraron fuera de norma, para la DQO y DBO5 se obtuvieron datos de concentración máxima de 466 mg/L y 250 mg/L respectivamente, los cuales fueron clave para el rediseño.
- Al evaluar la eficiencia de la planta esta resultó baja, debido a que en el efluente de la planta la concentración de contaminantes es mayor. Esto se debe a que se comprobó que el caudal que recibe actualmente la planta es de alrededor del 325% de la capacidad para la cual fue diseñada.
- Basándonos en los criterios anteriores, se determinaron los métodos más adecuados para el rediseño de la Planta y mejorar la eficiencia de depuración: REPOTENCIAR al actual sistema de tratamiento mediante un segundo filtro FAFA; y DISEÑAR un nuevo sistema de depuración el cual soportará el exceso de caudal.

- Se realizó el Re-diseño de todo el proceso de Depuración de Aguas Residuales, incluyendo los respectivos planos elaborados en software AutoCAD, y el Manual de operación y Mantenimiento; dicho proceso operará según una eficiencia teórica de 70 % en remoción de contaminantes, con lo que se conseguirá alcanzar los niveles requeridos para una descarga segura contribuyendo así al cuidado y preservación de los cuerpos de agua.
- De la valoración de impactos ambientales, comparando el resultado de la matriz de evaluación (Figura 10) con la escala de valoración (Tabla 6), se determinó que la fase de construcción de la planta representaría un impacto negativo de 409 que corresponde a una severidad moderada. Dicha afectación sería puntual en un área no mayor a 800 m² que corresponde a la zona de la obra.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los lodos extraídos del actual filtro anaerobio, se utilicen para la puesta en marcha de los componentes aquí propuestos; ya que el tiempo de espera para procesos de depuración anaerobia suele ser largo, debido a que los consorcios bacterianos responsables de la digestión suelen ser complejos.
- El presente proyecto de saneamiento, está concebido para Efluentes de Tipo Doméstico, por lo que se sugiere que permanezca así. Para ello la Junta de Parroquial podría regular, si se diera el caso, posibles fábricas u otro tipo de empresa que genere descargas líquidas, realice tratamiento por sí misma antes que verterlas al sistema de alcantarillado.
- Se recomienda además que una vez implementado el sistema propuesto, los lodos extraídos del tratamiento anaerobio sean caracterizados, para que de acuerdo a dichos resultados se propongan opciones para su disposición final o reutilización, siendo esta última la más recomendable.

BIBLIOGRAFÍA.

- **AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22a. ed, Washington D.C.- USA, 2012.
- **ANDERSON, Ken. & otros.** The Handbook of Water and Wastewater Microbiology. Newcastle-Inglaterra. Elsevier, 2003. p. 391.
- **BERMEO, Lorena. & SANTÍN, Jorge.** Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá. (Tesis)/(Ing. Civil). Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Ingeniería civil. Loja-Ecuador. 2010. pp. 95-97, 120-123.
- **COLOMBIA., MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.** Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, RAS 2000. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales. Bogotá-Colombia, 2000. pág. 45.
- **CONESA, FERNÁNDEZ Vítora.** Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 4a. ed, Madrid-España. Mundi Prensa, 2010. P. 172.
- **CRITES, Ron & TCHOBANOGLIOUS, Geoge.** Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogotá-Colombia, McGraw-Hill, 2001. pp. 7, 8, 181, 198, 328, 680, 681.
- **ECUADOR; INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. INEC.**
<http://www.inec.gob.ec/>
2013-04-12

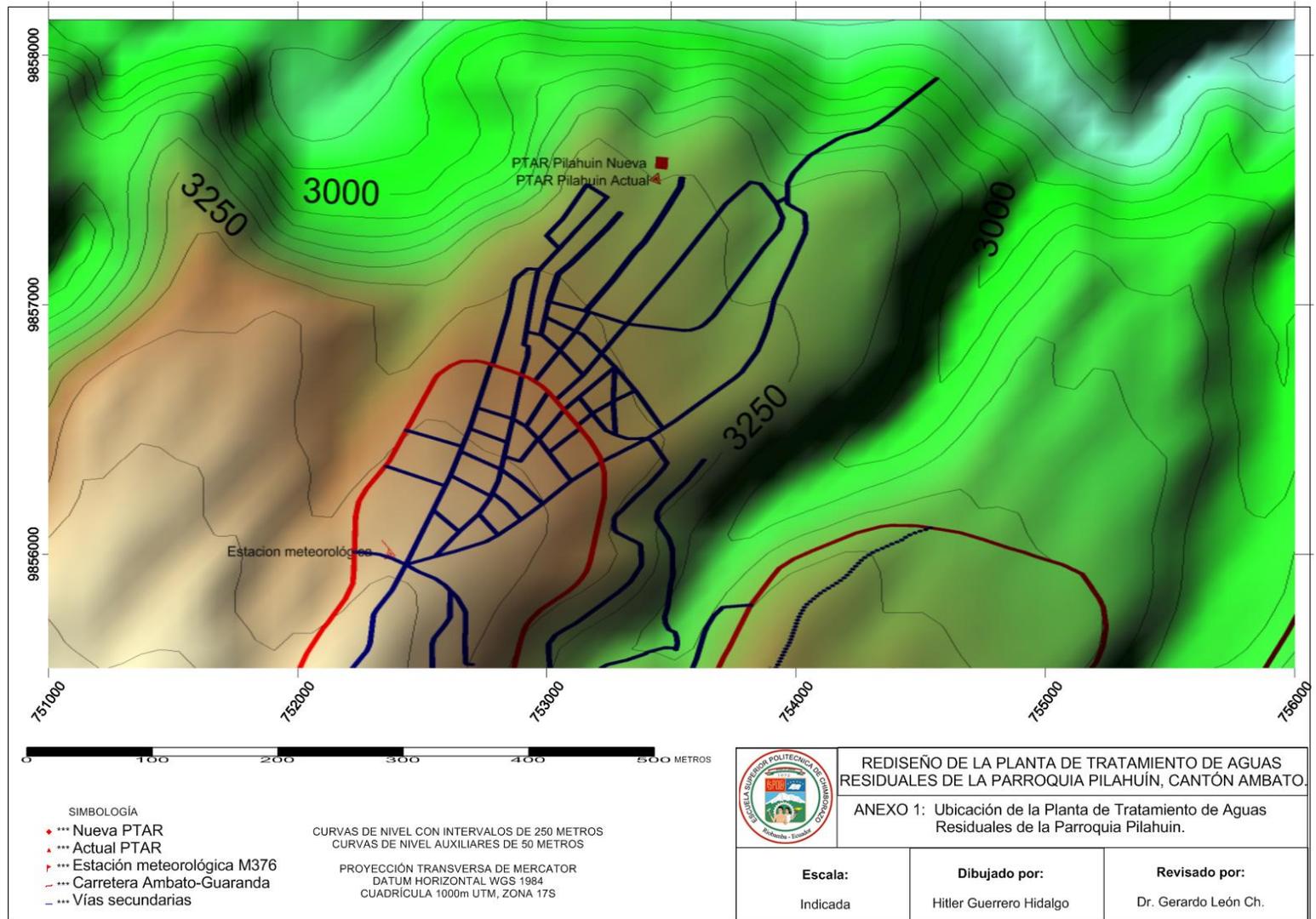
- **ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE.** Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Libro VI, Anexo 1, Quito-Ecuador, 2003. pp. 29-30
- **ESPAÑA., CENTRO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA, CENTA.** Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas.
<http://www.centa.es/uploads/publicaciones/doc4ef31d63e1252.pdf>
2014-01-13
- **FAIR, Gordon. & otros.** Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. México D.F.-México. Limusa, 1988. pp. 134.
- **FERRERO, José.** Depuración Biológica de las Aguas Residuales. Madrid-España, Alhambra, 1974. pp. 10.
- **HAN, Dawei.** Concise Environmental Engineering. Bristol-Inglaterra. Bookboon, 2012. pp. 78.
- **JIMÉNEZ VALENCIA, Giovanni.** (Responsable del proyecto: Red de Alcantarillado Residual y Planta de Tratamiento Sector la Granja
http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/2010/DA/205150011/10-1-58923/DA_PROCESO_10-1-58923_205150011_1996488.pdf
2013-02-13
- **LEOPOLD, LUNA Bergere.** A procedure for Evaluating Environmental Impact. Washington D.C.-USA. Dept. of Interior, 1971.
- **LIN, SHUN Dar.** Water and Wastewater Calculation Manual. 2a ed. Michigan-USA. McGraw-Hill, 2007. pp. 553, 541.

- **MCKEOWN, Rory, & otros.** Low-temperature anaerobic digestion for wastewater treatment. (Current Opinion in Biotechnology). Vol 23, N° 23. 2011-14-12. Pp. 441-451.
- **METCALF & EDDY.** Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3a. ed. Madrid-España, McGraw-Hill, 1995. pp. 95-102, 283, 291, 297-298, 1168.
- **MURILLO ROJAS, Marlene.** Evaluación del Proceso Biológico Anaerobio, en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de una Compañía dedicada a la fabricación de galletas. (Tesis) (Bach. en Ingeniería en Biotecnología). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología. Cartago-Costa Rica, 2011. pp. 24-26.
- **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.** Guía para la Operación y Mantenimiento de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. 2005
<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bvsde.ops-oms.org%2Ftecapro%2Fdocumentos%2Fsanea%2F168esp-o%26m-ti.pdf&ei=EWV0U4v8JNGCqgazy4C4BQ&usg=AFQjCNFLmPRaJ0DIzOPNTm0OjGY1OqOJRg&sig>
 3013-12-21
- **OSORIO, Francisco, & otros.** Tratamiento de Aguas Para la Eliminación de Microorganismos y Agentes Contaminantes. Madrid-España. Díaz de Santos. 2010. pp. 2.
- **SERRANO, Hazel.** Evaluación Ambiental y Sanitaria de dos sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales Domésticas, mediante la construcción de Prototipos en escala natural. (Tesis) (Lic. Ing. Civil). Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil. San José-Costa Rica, 2005. pp. 27-35.

- **SIERRA, Carlos.** Calidad del Agua: Evaluación y Diagnóstico. Medellín-Colombia. Universidad de Medellín. 2011. pp. 28, 34.
- **TEMPLETON, Michael. & BUTLER, David.** Introduction to Wastewater Treatment. Exeter-Inglaterra. BookBoon. 2011. pp. 8, 20, 43.

ANEXOS

ANEXO 1, Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Pilahuín



ANEXO 2, Fotografías de la condición inicial de la Planta de Tratamiento



a.) Tubería de alcantarillado sanitario colapsada



b.) Canal de entrada, rejillas, y desarenadores



c.) Filtro anaerobio saturado de lodo.



d.) Condición del cerramiento y el área interior de la planta.

ANEXO 3, Registro fotográfico de acciones emergentes de intervención y mantenimiento en la planta



a.) Limpieza de pozos y tubería de alcantarillado sanitario que conduce el agua hacia la planta.



b.) Intervención del personal de la EP. EMAPA-A en mantenimiento de infraestructura y limpieza del exceso de lodo del filtro FAFA con la ayuda del camión vacuum.



c.) Resultados de la re-instalación de las rejillas y la limpieza de los desarenadores.



d.) Limpieza parcial de lodo acumulado.

ANEXO 4, Medición de caudal



ANEXO 5, Toma de muestras



ANEXO 6, Mediciones planimétricas y levantamiento de planos.



a.) Medición de longitudes y alturas de los distintos componentes de la planta.



b.) Comprobación mediante sonda de la profundidad del filtro anaerobio.

ANEXO 7, Resultados de Laboratorio

| | | |
|------------------------------|---|---|
| FORMULARIO LCC - 006 A.R. | EP-EMAPA-A DEPARTAMENTO TECNICO | INFORME DE RESULTADOS FECHA: 30 DE AGOSTO DEL 2011 Rev. 01 Página 1 de 1 |
|------------------------------|---|---|

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

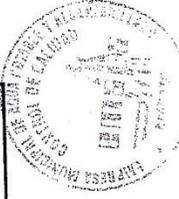
FECHA : 30 DE AGOSTO DEL 2011
 PROCEDENCIA : PTAR - PILAHUÍN
 FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA : 25 DE AGOSTO DEL 2011

ANÁLISIS REALIZADOS

| PARAMETROS | Unidades | Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS) | RESULTADOS | |
|---|-----------|---|---------------------|---------------------|
| | | | ENTRADA A LA PLANTA | SALIDA DE LA PLANTA |
| pH (Potencial Hidrógeno) | | 5 a 9 | 6,95 | 7,15 |
| DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno-5 días) | mg/l | 100 | 221 | 137 |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | ml/l | 1 | 40 | 16 |
| SOLIDOS TOTALES | mg/l | 1600 | 2880 | 565 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS | mg/l | 100 | 2438 | 175 |
| SOLIDOS DISUELTOS | mg/l | | 442 | 390 |
| TURBIEDAD | mg/l | < 35 | 1310 | 209 |
| TEMPERATURA | ° C | | 16,5 | 16,2 |
| COLIFORMES FECALES | UFC/100ml | Máximo 3000 | 37000 | 23000 |

% retención

38%




 Dra. Jeannett Diaz Saitos
 Química de Emapa.

RESPONSABLE :

LCC - 006 A.R.

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| FORMULARIO LCC - 006 A.R. | EP-EMAPA-A DEPARTAMENTO TECNICO | INFORME DE RESULTADOS FECHA: 30 DE AGOSTO DEL 2011 Rev. 01 Página 1 de 1 |
|-------------------------------------|---|--|

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

FECHA : 07 DE DICIEMBRE DEL 2011
 PROCEDENCIA : PTAR - PILAHUÍN
 FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA : 15 DE DICIEMBRE DEL 2011

ANÁLISIS REALIZADOS

| PARAMETROS | Unidades | Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS) | RESULTADOS | |
|---|-----------|---|---------------------|---------------------|
| | | | ENTRADA A LA PLANTA | SALIDA DE LA PLANTA |
| pH (Potencial Hidrógeno) | | 5 a 9 | 7,64 | 8,17 |
| DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno-5 días) | mg/l | 100 | 150 | 154 |
| DQO (DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO) | mg/l | | 248 | 298 |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | ml/l | 1 | 4 | 48 |
| SOLIDOS TOTALES | mg/l | 1600 | 331 | 431 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS | mg/l | 100 | 308 | 146 |
| SOLIDOS DISUELTOS | mg/l | | 23 | 285 |
| TURBIEDAD | mg/l | | 102 | 111 |
| TEMPERATURA | ° C | < 35 | 17 | 17 |
| COLIFORMES FECALES | UFC/100ml | Máximo 3000 | 110000 | 110000 |

RESPONSABLE :

Dra. Jeannett Díaz Saitos
 Química de Emapa.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

FECHA : 02 DE ABRIL DEL 2012
 PROCEDENCIA : PTAR PILAHUJÍN
 FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA : 22 DE MARZO DEL 2012

ANÁLISIS REALIZADOS Q = 2,67 l/s

| PARAMETROS | Unidades | Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS) | RESULTADOS | |
|---|-----------|---|---------------------|---------------------|
| | | | ENTRADA A LA PLANTA | SALIDA DE LA PLANTA |
| COLIFORMES FECALES | UFC/100ml | Máximo 3000 | 13800 | 9600 |
| COLIFORMES TOTALES | UFC/100ml | | 15600 | 14900 |
| DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno-5 días) | mg/l | 100 | 124 | 126 |
| DQO (DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO) | mg/l | 250 | 288 | 270 |
| GRASAS | mg/l | 0,3 | 0 | - |
| pH (Potencial Hidrógeno) | | 5 a 9 | 8,24 | 8 |
| SOLIDOS DISUELTOS | mg/l | | 283 | 284 |
| SOLIDOS TOTALES | mg/l | 1600 | 357 | 316 |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | mg/l | 1 | 0,2 | 1,5 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS | mg/l | 100 | 74 | 32 |
| TENSOACTIVOS | mg/l | 0,5 | 0,06 | - |
| TURBIEDAD | NTU | | 105 | 77,4 |

RESPONSABLE : 
 Dra. Jeany Díaz Saltos
 Química de Emapa.

| | | |
|---|--|---|
|  LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC | LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR | LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008 |
|---|--|---|

INFORME DE ENSAYO N°: 0945
ST: 12-0463 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: EMAPA-AMBATO
Atto: Ing. Paul Acurio
Dirección: Condominios San Antonio vía a Guano Casa # 75

FECHA: 17 de Agosto del 2012
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 08 / 09 – 15:09
FECHA DE MUESTREO: 2012 / 08 / 09 – 10:25
FECHA DE ANÁLISIS: 2012 / 08 / 09 - 2012 / 08 / 17
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1362-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: 1
PUNTO DE MUESTREO: Planta tratamientos de agua Pilahuín
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico y Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Hitler Guerrero
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.: 25.0 °C. T min.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARÁMETROS | MÉTODO / NORMA | UNIDAD | RESULTADO | VALOR LÍMITE PERMISIBLE | INCERTIDUMBRE (k=2) |
|---------------------------------------|--|------------------|-----------|-------------------------|---------------------|
| *Manganeso | PEE/LABCESTTA/39 APHA 3111 B, 3030 B | mg/L | < 0,05 | 2,0 | - |
| Potencial de Hidrógeno | PEE/LABCESTTA/05 APHA 2540 H ⁺ | Unidades de pH | 7,28 | 5 - 9 | ± 0,15 |
| Sólidos Disueltos | PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540C | mg/l. | 196 | 3000,0 | ± 16% |
| *Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B, 3030 B | mg/l. | 27,5 | 0,3 | ± 5% |
| *Coliformes totales | PEE/LABCESTTA/47 APHA, 9222 B, 3030 B | UFC/100ml | 100000 | 1000 | - |
| *Huevos de parásitos | Observación Microscópica | Huevos por litro | 0/ml. | Cero | - |
| Demanda Biológica de Oxígeno (5 días) | PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B | mg/L | 74 | 100 | ± 33% |
| Demanda Química de Oxígeno | PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D | mg/L | 164 | 250 | ± 3% |
| Detergentes | PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C | mg/l. | 1,713 | 0,5 | ± 15% |
| Conductividad eléctrica | PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B | µS/cm | 368 | Severo | ± 5% |
| *Nitratos | PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO ₃ -A | mg/L | 106,17 | Severo | ± 22% |
| *Compuestos Organofosforados | PEE/LABCESTTA/131 | µg/L | 0,12 | 100 | - |
| *Carbamatos | PEE/LABCESTTA/132 | µg/L | 0,08 | 100 | - |

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 2
 Edición 1

| | | |
|--|---|--|
|  <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p> | <p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p> | <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p>ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p> |
|--|---|--|

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a NMP.
- Los ensayos serán comparados con la tablas 6 , 7 y 12 de Tulas LIBRO VI ANEXO 1

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

| | | |
|---|--|--|
|  LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC | LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR | LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008 |
|---|--|--|

INFORME DE ENSAYO No: 0945
ST: 12-0463 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: EMAPA-AMBATO
Atn. Ing. Paul Acurio
Dirección: Condominios San Antonio vía a Guano Casa # 75

FECHA: 17 de Agosto del 2012
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 08 / 09 – 15:09
FECHA DE MUESTREO: 2012 / 08 / 09 – 10:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2012 / 08 / 09 - 2012 / 08 / 17
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1363-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: 2
PUNTO DE MUESTREO: Planta tratamientos de agua Pilahuín
ANÁLISIS SOLICITADO: Tablas 6 , 7 y 12 de Tulas
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Iñitler Guerrero
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARÁMETROS | MÉTODO / NORMA | UNIDAD | RESULTADO | VALOR LÍMITE PERMISIBLE | INCERTIDUMBRE (%) |
|---------------------------------------|---|------------------|-----------|-------------------------|-------------------|
| *Manganeso | PEE/LABCESTTA/39 APHA 3111 B, 3030 B | mg/l. | < 0,05 | 2,0 | - |
| Potencial de Hidrógeno | PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 2540 II | Unidades de pH | 7,29 | 5-9 | ± 0,15 |
| Sólidos Disueltos | PEE/LAB-CESTTA/11 APHA 2540C | mg/l. | 220 | 3000,0 | ± 11% |
| *Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B, 3030 B | mg/L | 18,9 | 0,3 | 6% |
| *Coliformes totales | PEE/LABCESTTA/47 APHA, 9222 B, 3030 B | UFC/100ml | 40000 | 1000 | - |
| *Huevos de parásitos | Observación Microscópica | Huevos por litro | 0/ml. | Cero | - |
| Demanda Biológica de Oxígeno (5 días) | PEE/LAB-CESTTA/46 APHA 5210 B | mg/L | 100 | 100 | ± 33% |
| Demanda Química de Oxígeno | PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D | mg/L | 240 | 250 | ± 3% |
| Detergentes | PEE/LAB-CESTTA/44 APHA 5540 C | mg/L | 1,025 | 0,5 | ± 15% |
| Conductividad eléctrica | PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B | µS/cm | 428 | Severo | ± 5% |
| *Nitratos | PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO ₃ A | mg/L | 9,296 | Moderado | 11% |
| *Compuestos Organofosforados | PEE/LABCESTTA/131 | µg/L | 0,27 | 100 | - |
| *Carbamatos | PEE/LABCESTTA/132 | µg/L | 0,12 | 100 | - |

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 2
 Edición 1

| | | |
|--|---|--|
|  <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p> | <p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p> | <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p>ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p> |
|--|---|--|

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a NMP.
- Los ensayos serán comparados con la tablas 6, 7 y 12 de Fulas LIBRO VI ANEXO 1

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO



**INFORME DE RESULTADOS
ANALISIS FISICO QUIMICOS
Y MICROBIOLÓGICOS**

PÁGINA: 1 DE 1

FECHA : 07 DE NOVIEMBRE DEL 2012
 PROCEDENCIA : PILAHUÍN
 CLIENTE : ING. PAUL ACURIO
 DIA/HORA DE TOMA DE LA MUESTRA : 07 DE NOVIEMBRE DEL 2012
 DIA/HORA DE INICIO DEL ANALISIS : 16 DE NOVIEMBRE DEL 2012

0- 297 Pu.

1.- ANALISIS REALIZADOS

| PARAMETROS | Unidades | Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS) | RESULTADOS |
|---|----------|---|------------|
| ALCALINIDAD | mg/l | 140 | 196 |
| COLIFORMES FECALES | NMP/ml | Máximo 3000 100 | 14600 |
| DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días) | mg/l | 78 | 292 |
| DQO (Demanda Química de Oxígeno) | mg/l | 250 | 466 |
| GRASAS | mg/l | 0.3 | - |
| pH (Potencial Hidrógeno) | | de 5 a 9 | 8.03 |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | ml/l | 1 | 0.1 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | mg/l | 100 | 32 |
| SOLIDOS TOTALES | mg/l | 1600 | 161 |
| SOLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/l | 129 | 129 |
| TEMPERATURA | °C | 23 | 17.2 |
| TENSOACTIVOS | mg/l | 0.5 | - |
| TURBEDAD | NTU | 67.1 | 234 |

- 2.- MUESTREO : Cliente
- 3.- ANALISIS : Laboratorio de Control de Calidad
- 4.- METODOS UTILIZADOS PARA LOS ANALISIS :
 American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF)

METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES



ANALISTA QUIMICO DE EMAPA

Laboratorios de Control de Calidad, EP - EMAPA - A. Antigua Via a Santa Rosa - Ambato Telf: 2585991

| | | |
|---|--|--|
|  LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC | LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR |  ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008 |
|---|--|--|

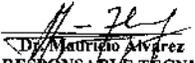
INFORME DE ENSAYO No: 1668
ST: 12 - 0772 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EMAPA - AMBATO
Atn: Ing. Paul Acurio
Dirección: Condominios San Antonio Vía a Guano Casa # 75.
FECHA: 17 de Diciembre del 2012
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012/12/08 - 11:00
FECHA DE MUESTREO: 2012/12/07 19:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2012/12/08 - 2012/12/17
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 2233-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A]
PUNTO DE MUESTREO: Planta de Tratamiento Pilahuin entrada.
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Hitler Guerrero
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C
RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARAMETROS | METODO NORMA | UNIDAD | RESULTADO | VALOR LÍMITE PERMISIBLE | INCERTIDUMBRE (%) |
|--|--|-------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------|
| *Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B | mg/L | 2,1 | - | ±29% |
| Conductividad Eléctrica | PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B | µS/ cm | 347 | - | ±5% |
| Coliformes Fecales | PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221 | UFC/100ml | >1*10 ⁶ | - | +20% |
| Demanda Biológica de Oxígeno (5 días) | PEE/LABCESTTA/46 APIIA 5210 B | mg/L | 78 | - | ±33% |
| Demanda Química de Oxígeno | PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D | mg/L | 143 | - | ±3% |
| Hierro | PEE/LABCESTTA/35 APHA 3111 B, 3030 E | mg/L | 0,66 | - | ±14% |
| *Nitratos | PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO ₃ -A | mg/L | 10,20 | - | ±11% |
| Potencial de Hidrógeno | PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H | Unidades de pH | 6,53 | - | ±0,10 |
| *Sólidos Sedimentables | PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F | ml/L | 1 | - | - |
| Sólidos Suspendidos | PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D | mg/L | < 50 | - | ±20% |
| Sólidos Totales | PEE/LABCESTTA/10 APHA 2540 B | mg/L | 242 | - | ±12% |
| Detergentes | PEE/LABCESTTA/44 APIIA 5540 C | mg/l. | 1,40 | - | ±15% |

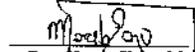
OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESPOCH
 RIOBAMBA


Dra. Nancy Veloz M.
 JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 1
 Edición 1

MC01-14

| | | |
|---|--|--|
|  LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC | LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR |  ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008 |
|---|--|--|

INFORME DE ENSAYO No: 1668
ST: 12 - 0772 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: EMAPA - AMBATO
Atn. Ing. Paul Acurio
Dirección: Condominios San Antonio Vía a Guano Casa # 75.
 17 de Diciembre del 2012
FECHA: 1
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012/12/08 - 11:00
FECHA DE MUESTREO: 2012/12/07 19:05
FECHA DE ANÁLISIS: 2012/12/08 - 2012/12/17
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 2234-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A 2
PUNTO DE MUESTREO: Planta de Tratamiento Pilahuin salida.
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Hitler Guerrero
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C
RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARÁMETROS | MÉTODO / NORMA | UNIDAD | RESULTADO | VALOR LÍMITE PERMISIBLE | INCERTIDUMBRE (%) |
|---------------------------------------|--|----------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
| *Grasas y Aceites | PEE/LABCESTTA/42 APIA 5520 B | mg/L | < 2 | 0,3 | ±30% |
| Conductividad Eléctrica | PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B | µS/cm | 257,8 | - | ±5% |
| Coliformes Fecales | PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221 | UFC/100ml | > 1*10 ⁶ | Remoción al > 99% | ±20% |
| Demanda Biológica de Oxígeno (3 días) | PEE/LABCESTTA/46 APIA 5210 B | mg/L | 47 | 100 | ±33% |
| Demanda Química de Oxígeno | PEE/LABCESTTA/09 APIA 5220 D | mg/l. | 99 | 250 | ±8% |
| Hierro | PEE/LABCESTTA/35 APIA 3111 B, 3030 E | mg/L | 0,62 | 10,0 | ±14% |
| *Nitratos | PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO ₃ -A | mg/L | 6,34 | 10,0 | ±14% |
| Potencial de Hidrógeno | PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- II* | Unidades de pH | 6,76 | 5 - 9 | ±0,10 |
| *Sólidos Sedimentables | PEE/LABCESTTA/56 APIA 2540 F | ml/l. | 0,6 | 1,0 | - |
| Sólidos Suspendedos | PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D | mg/L | < 50 | 100 | +20% |
| Sólidos Totales | PEE/LABCESTTA/10 APHA 2540 B | mg/L | 180 | 1 600 | ±12% |
| Detergentes | PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C | mg/l. | 1,23 | 0,5 | ±15% |

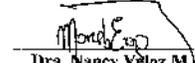
OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Resultados comparados con límites permisible tabla 12 del Tulas.
- aquellos regulados con descargas de Coliformes fecales menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
 JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 1
 Edición 1

MC01-14

FECHA : 01 DE FEBRERO DEL 2013
 PROCEDENCIA : PILAHUÍN Q = 6,17 l/kg
 CLIENTE : ING. PAUL ACURIO
 DIA/HORA DE TOMA DE LA MUESTRA : 01 DE FEBRERO DEL 2013
 DIA/HORA DE INICIO DEL ANÁLISIS : 07 DE FEBRERO DEL 2013

1.- ANÁLISIS REALIZADOS

| PARAMETROS | Unidades | Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS) | RESULTADOS | |
|---|----------|---|------------|--------|
| | | | Entrada | Salida |
| ALCALINIDAD | mg/l | | 136 | 132 |
| COLIFORMES FECALES | NMP/ml | Máximo 3000 | 63000 | 79000 |
| EB05 (Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días) | ml/l | 100 | 125 | 209 |
| DBO (Demanda Química de Oxígeno) | mg/l | 250 | 472 | 553 |
| GRASAS | mg/l | 0,3 | | |
| pH (Potencial Hidrógeno) | | de 5 a 9 | 7,61 | 7,82 |
| SOLIDOS SEDIMENTABLES | ml/l | 1 | 0,2 | 0,2 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | mg/l | 100 | 208 | 210 |
| SOLIDOS TOTALES | mg/l | 1600 | 504 | 578 |
| SOLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/l | | 296 | 368 |
| TEMPERATURA | °C | < 35 | 23 | 23,5 |
| TEMPOACTIVOS | mg/l | 0,5 | | |
| TURBIDEZ | NTU | | 185 | 237 |

2.- MUESTREO : Cliente

3.- ANALISIS : Laboratorio de Control de Calidad

4.- METODOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS :

"METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES"
 American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF)


 ANALISTA QUÍMICO DE EPEMATA
 Dr. Jeannette Diaz S.

Laboratorio de Control de Calidad, EP - EMAPA - A, Antigua Vía a Santa Rosa - Ambato Telf. 2585991



| | | |
|---|---|--|
|  LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC | LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR |  ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008 |
|---|---|--|

INFORME DE ENSAYO No: 405
ST: 13-- 191 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Sr. Hitler Guerrero
Dirección: Conjunto San Antonio, vía a Guano, Cs 75
FECHA: 28 de Marzo del 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 03 / 22 - 14:30
FECHA DE MUESTREO: 2013 / 03 / 22 - 10:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 03 / 22 - 2013 / 03 / 28
TIPO DE MUESTRA: Agua Residuales
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 459-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: Muestra 2
PUNTO DE MUESTREO: Punto 2
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Hitler Guerrero
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

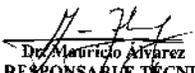
RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARAMETROS | METODO / NORMA | UNIDAD | RESULTADO | VALOR LÍMITE PERMISIBLE | INCERTIDUMBRE (k=2) |
|---------------------------------------|------------------------------|--------|-----------|-------------------------|---------------------|
| Demanda Química de Oxígeno | PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D | mg/L | 455 | 250 | ±3% |
| Demanda Biológica de Oxígeno (5 días) | PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B | mg/L | 250 | 100 | ±20% |

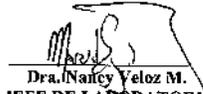
OBSERVACIONES:

- Muestra Recaptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con límites permisibles tabla 12 TULAS.

RESPONSABLES DEL INFORME:


 Dr. Mauricio Alvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH


 Dra. Nancy Veloz M.
 JEFE DE LABORATORIO

| | | |
|---|--|--|
|  LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC | LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR |  ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008 |
|---|--|--|

INFORME DE ENSAYO No: 405
 ST: 13 - 191 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
 Atn: Sr. Hitler Guerrero
 Dirección: Conjunto San Antonio, vía a Guano, Cs 75
 FECHA: 28 de Marzo del 2013
 NUMERO DE MUESTRAS: 1
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013 / 03 / 22 - 14:30
 FECHA DE MUESTREO: 2013 / 03 / 22 - 10:33
 FECHA DE ANÁLISIS: 2013 / 03 / 22 - 2013 / 03 / 28
 TIPO DE MUESTRA: Agua Residuales
 CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 460-13
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: Muestra 4
 PUNTO DE MUESTREO: Punto 4
 ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Hitler Guerrero
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARÁMETROS | METODO / NORMA | UNIDAD | RESULTADO | VALOR LÍMITE PERMISIBLE | INCERTIDUMBRE (%) |
|---------------------------------------|------------------------------|--------|-----------|-------------------------|-------------------|
| Demanda Química de Oxígeno | PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D | mg/L | 195 | 250 | ±3% |
| Demanda Biológica de Oxígeno (5 días) | PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B | mg/L | 95 | 100 | ±33% |

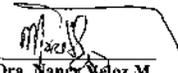
OBSERVACIONES:

- Muestra Recaptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con límites permisibles tabla 12 TULAS.

RESPONSABLES DEL INFORME:

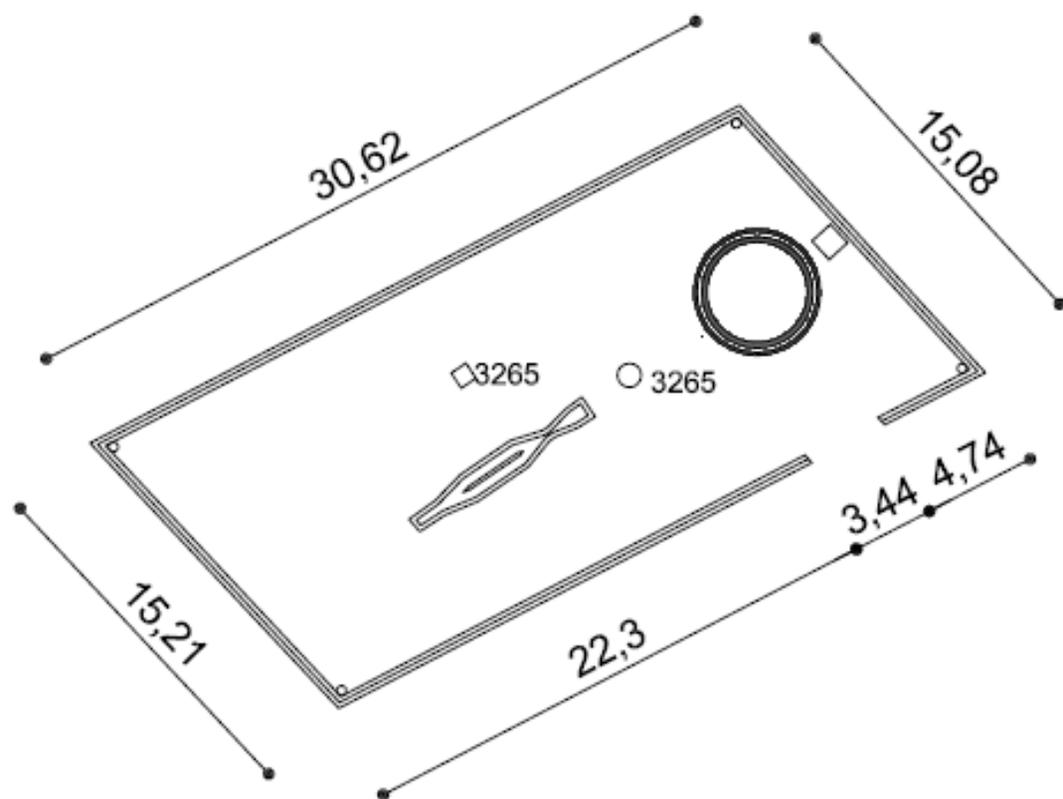

 Dr. Mauricio Alvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

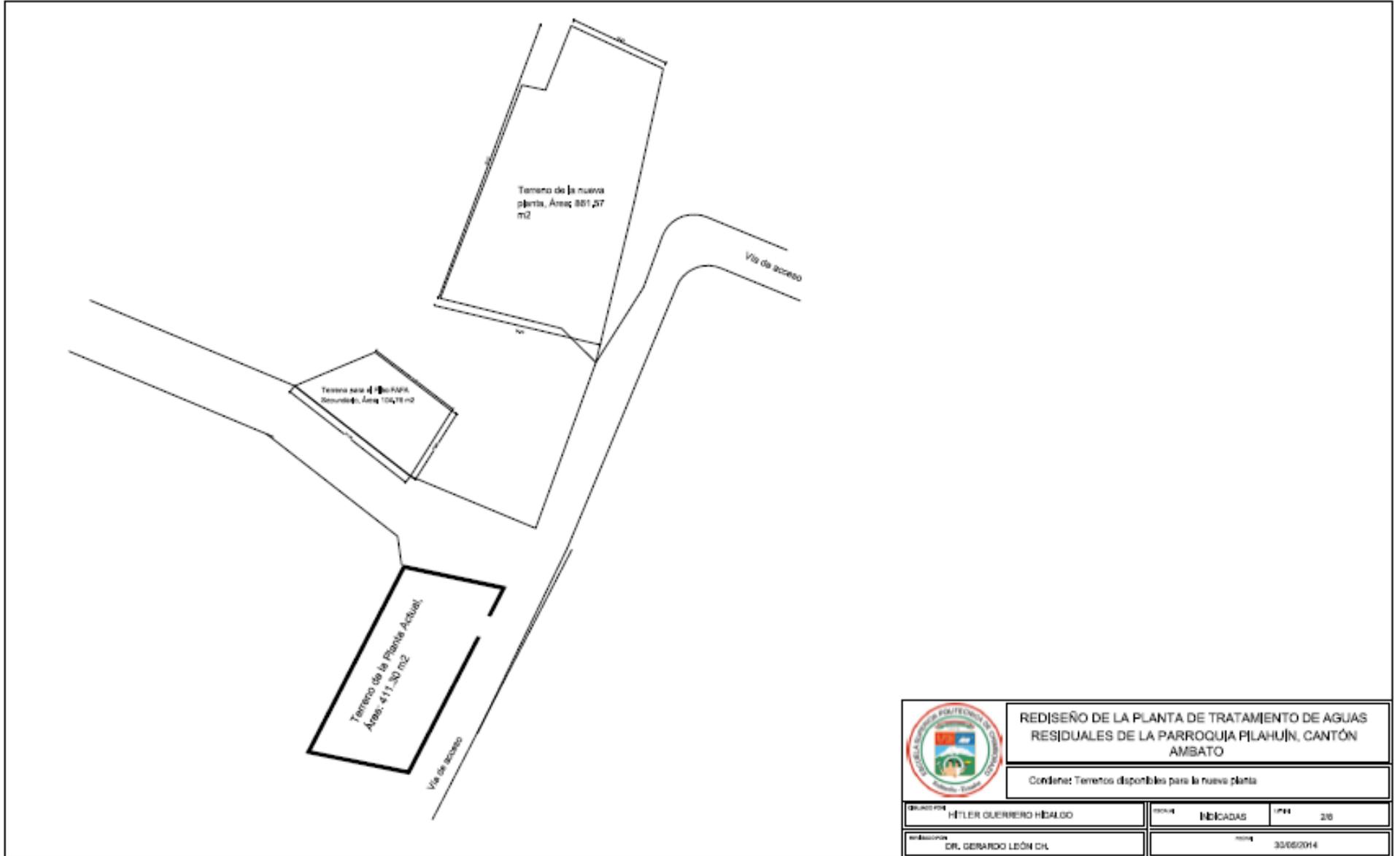

 Dra. Nancy Yeloz M.
 JEFE DE LABORATORIO

ANEXO 8, Planos

PLANIMETRIA



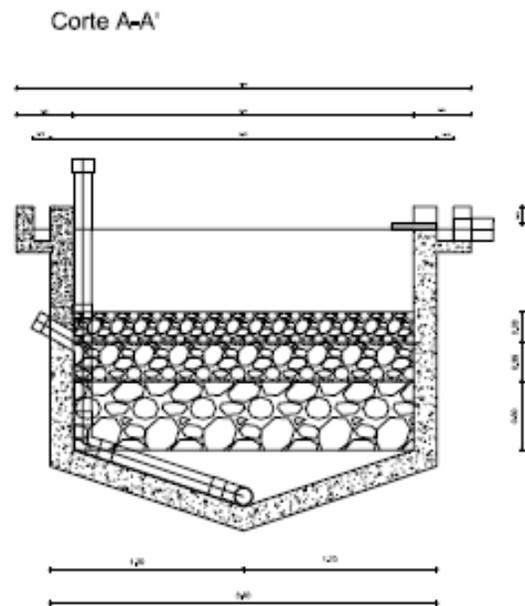
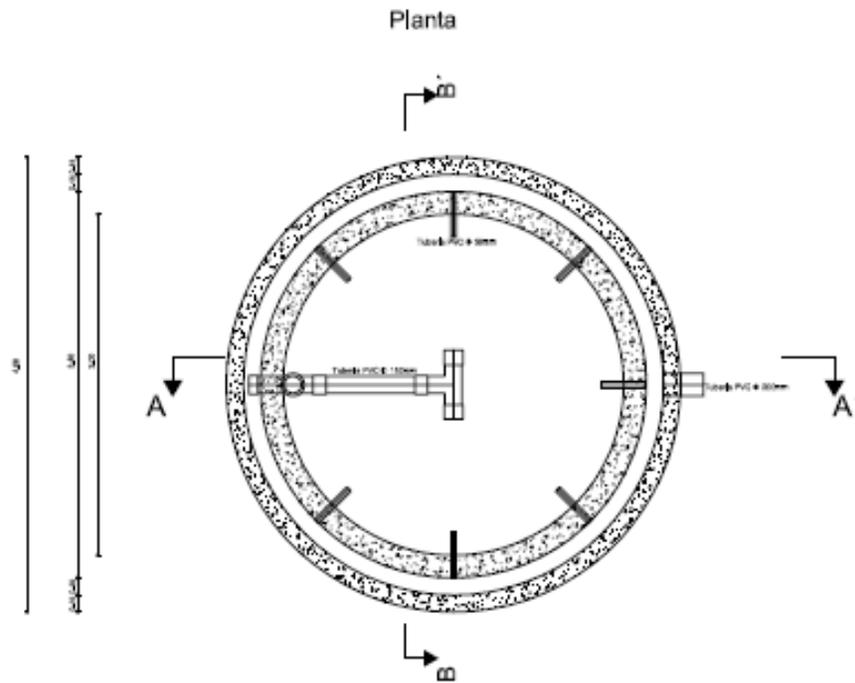
| | | | |
|---|--|--------------|--|
|  | REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO | | |
| | Condens: Actual Planta de tratamiento | | |
| ELABORADO Víctor Rojas (EP, EMAPA-A) | CONSULTA INICADAS | LINDA 1/8 | |
| REVISADO Ego. Pineda Acuña (EP, EMAPA-A) | FECHA 30/03/2014 | | |



| | | | |
|---|---|---------------------|--|
|  | REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO | | |
| | Contiene: Terrenos disponibles para la nueva planta | | |
| ELABORADO POR HITLER GUERRERO HIDALGO | ESCALA INDICADAS | FOLIO 2/6 | |
| APROBADO POR DR. GERARDO LEÓN CH. | FECHA 30/05/2014 | | |

Filtro FAFA Secundario

VISTA CORTES

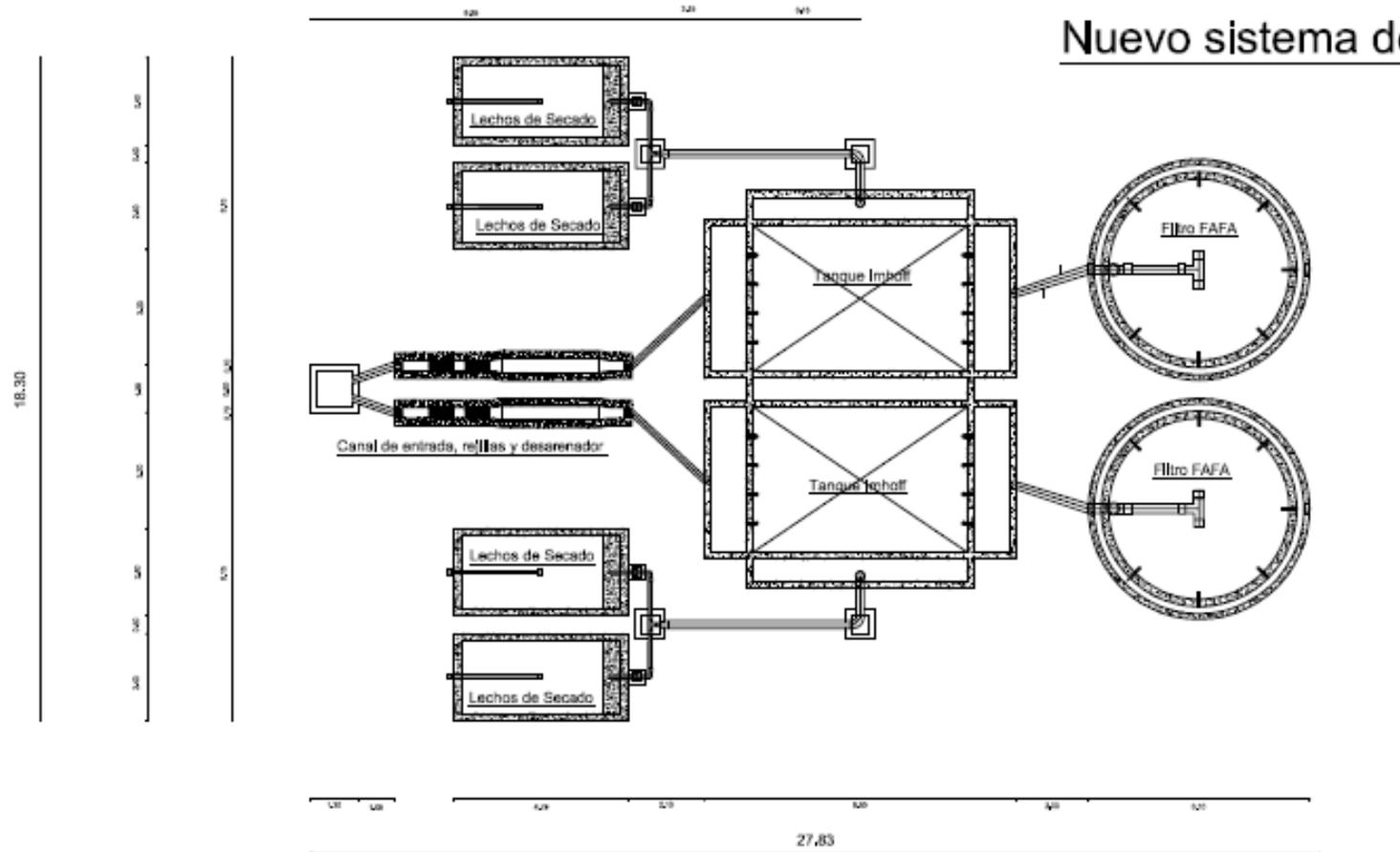


REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO

Contiene: Detalle del Filtro FAFA Secundario

| | | | | | |
|----------|-------------------------|-------|------------|------|-----|
| PROFESOR | HITLER GUERRERO HIDALGO | FECHA | INDICADAS | HOJA | 3/8 |
| PROFESOR | DR. GERARDO LEÓN CH. | FECHA | 30/05/2014 | | |

Nuevo sistema de tratamiento



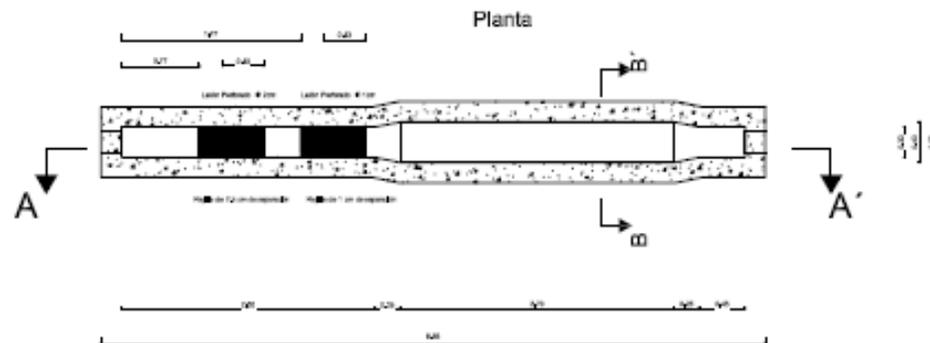
REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO

Contiene: Plano General del Nuevo sistema de tratamiento

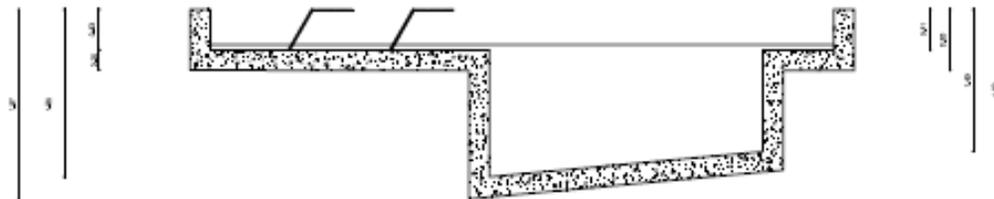
| | | |
|--|---------------------|------------|
| ELABORADO POR NITLER GUERRERO HICALDO | ESCALA REDUCIDAS | HOJA 48 |
| REVISADO POR DR. GERARDO LEÓN CH. | FECHA 30/05/2014 | |

Canal de entrada, Rejillas y desarenador

VISTA CORTES



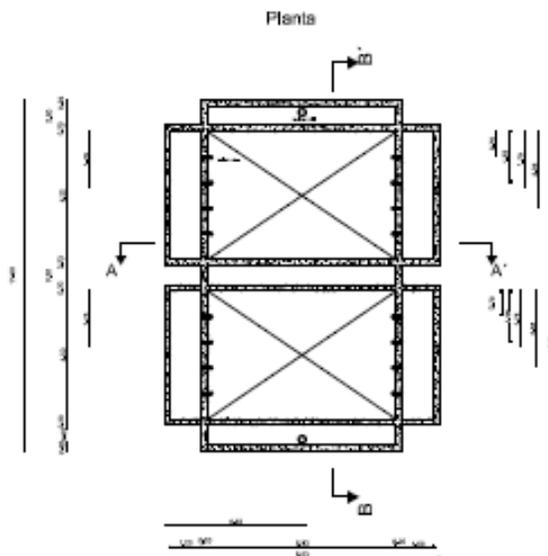
Corte A-A'



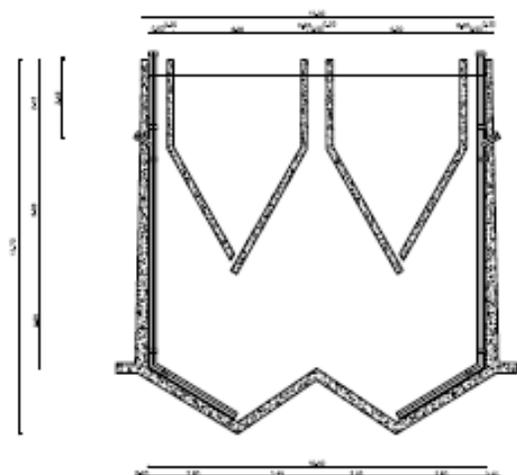
| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
|  | REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO | | |
| | Contenido: Detalle de Canal de entrada, Rejillas y Desarenador | | |
| Diseñado Por: HILIER GUERRERO HIDALGO | Verificado Por: INDICAGAS | Hoja No: 58 | |
| Autorizado Por: DR. GERARDO LEÓN CH. | | Fecha: 30/05/2014 | |

Tanque Imhoff

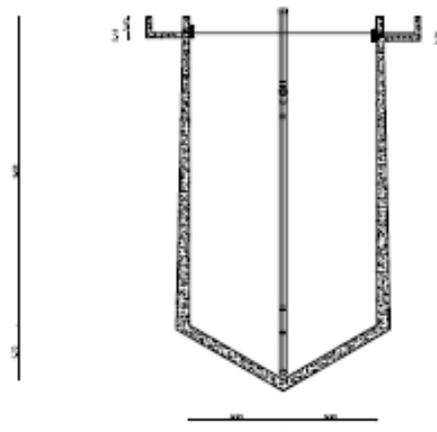
VISTA CORTES



Corte B-B'



Corte A-A'



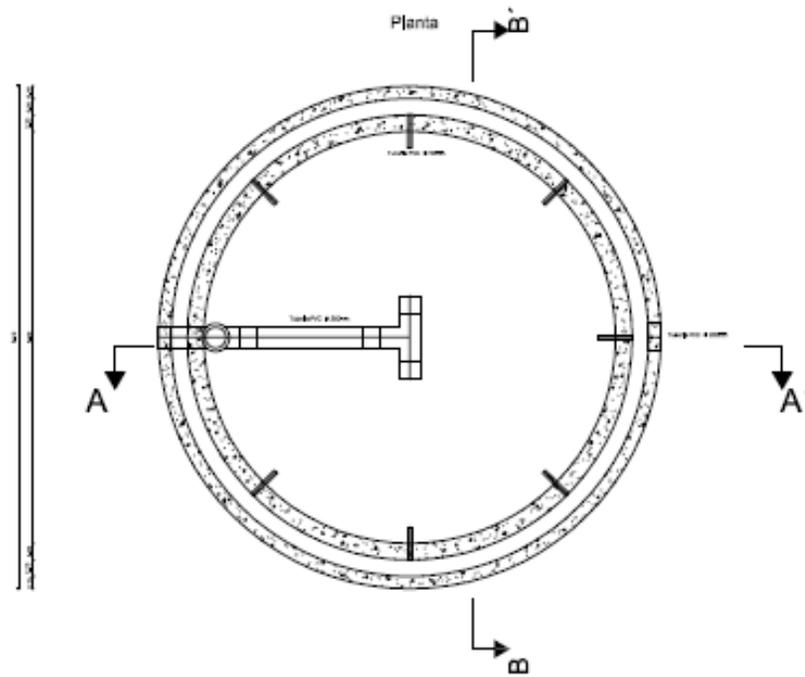
REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO

Contiene: Detalle de Tanque Imhoff

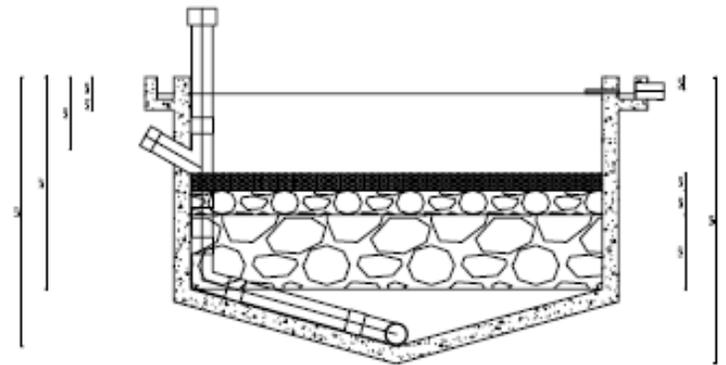
| | | | | | |
|---------------|-------------------------|--------|------------|-------|----|
| Elaborado por | HILIER GUERRERO HIDALGO | Escala | HEICADAS | Fecha | 05 |
| Revisado por | DR. GERARDO LEÓN CH. | Hoja | 30/05/2014 | | |

Filtro FAFA Secundario

VISTA CORTES



Corte A-A'

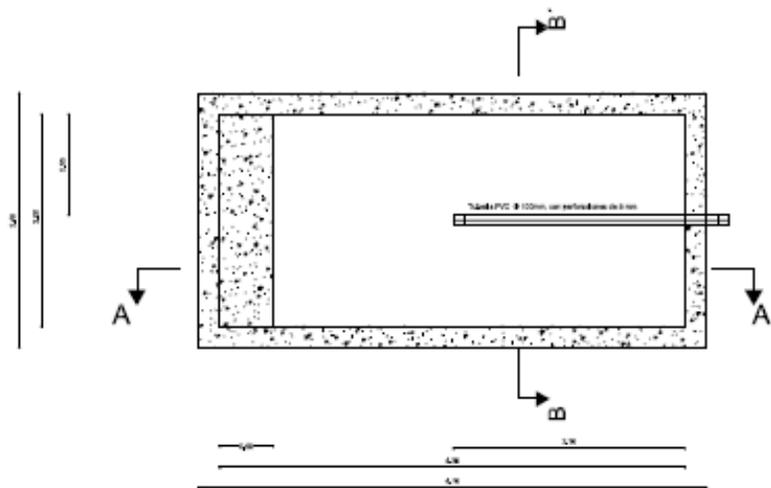


REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO

CONTIENE: Detalle de Filtro Anasorb de Filtro Ascendente FAFA

| | | | | | |
|----------------|------------------------|--------------|------------|-------|-----|
| ELABORADO POR | HILAR GUERRERO HIDALGO | REVISADO POR | INGENIERO | FECHA | 7/8 |
| PROYECTADO POR | DR. GERARDO LEÓN CH. | FECHA | 30/05/2014 | | |

Planta



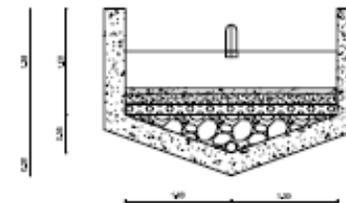
Corte B-B'



Lechos de Secado de Lodos

VISTA CORTES

Corte A-A'



| | | | |
|---|--|-------------|--|
|  | REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA PILAHUÍN, CANTÓN AMBATO | | |
| | Contiene: Detalle de Lechos de Secado de Lodo | | |
| DISEÑADOR HÉLDER GUERRERO HDALGO | REVISOR INEJICADAS | LÍNEA 68 | |
| APROBADO POR DR. GERARDO LEÓN CH. | FECHA 30/05/2014 | | |