



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS
AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA FACUNDO VELA,
DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: HENRY BRYAN TRUJILLO RUALES

TUTOR: ING. HUGO CALDERÓN.

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Henry Bryan Trujillo Ruales.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo Proyecto Técnico **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA FACUNDO VELA, DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR”**, de responsabilidad del señor Henry Bryan Trujillo Ruales, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Hugo Calderón DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2018/03/01
Ing. Mayra Zambrano MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2018/03/01

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Henry Bryan Trujillo Ruales, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 01 de marzo del 2018

Henry Bryan Trujillo Ruales

C.I: 060395844-8

Yo, Henry Bryan Trujillo Ruales soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Henry Bryan Trujillo Ruales

DEDICATORIA

Con infinita gratitud dedico este trabajo de titulación a toda mi familia, en especial a mis Padres: Jacqueline y Miguel, a mis abuelitos Zeneida y Bolívar mis tíos y hermanos, quienes desde un principio de mi carrera siempre estuvieron de mi lado brindándome su amor, su apoyo incondicional, moral y económico, motivándome a ser una persona mejor cada día, alentándome en cada instante para no rendirme y lograr alcanzar mis sueños para obtener un futuro prometedor.

A todos mis maestros y docentes de la carrera, cuyas enseñanzas y conocimientos impartidos se ven reflejados en este trabajo de titulación, en especial a mi Director y Asesor de Tesis, quienes hicieron posible la culminación del presente.

A todos ustedes mi agradecimiento infinito por ser parte fundamental en este logro alcanzado.

Henry

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por regalarme esta vida y quien día a día me concede el don de vivir, en darme su amor, fuerza y protección en todo momento.

A mis padres, abuelitos, tíos y hermanos, quienes forman un pilar primordial en mi vida que con su descomunal amor me han inculcado valores para poder sobrellevar los infortunios que en el día a día se presentan, por ser las bases fundamentales de mi desarrollo como persona y como profesional.

A la Escuela de Ingeniería Química, en especial a mi director de tesis Ing. Hugo Calderón y a la Ing. Mayra Zambrano como asesora, quienes con su apoyo y conocimientos brindados han sabido guiar con gran éxito en el desarrollo de este trabajo.

A la Empresa Municipal de Agua Potable de Guaranda, por brindarme la apertura para realizar el trabajo de titulación. En especial al Ing. Raúl Allan quien con su ayuda, conocimiento y dirección técnica ha sido parte fundamental en el desarrollo de este trabajo.

Henry

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del Problema.	1
1.2. Justificación del Proyecto	2
1.3. Línea de base del Proyecto	4
1.3.1. <i>Datos generales de la parroquia.....</i>	<i>4</i>
1.4. Beneficiarios directos e indirectos.	5
CAPÍTULO II	
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
2.1. Objetivo General.	6
2.2. Objetivo Específicos.....	6
CAPÍTULO III	
3. ESTUDIO TÉCNICO.....	7
3.1. Localización del proyecto.	7
3.2. Ingeniería del Proyecto.....	8
3.2.1. <i>Descripción general de la ingeniería del proyecto.....</i>	<i>8</i>
3.2.2. <i>Métodos y técnicas.</i>	<i>11</i>
3.2.3. <i>Determinación del caudal.....</i>	<i>12</i>
3.2.4. <i>Muestreo.....</i>	<i>14</i>
3.2.5. <i>Análisis</i>	<i>15</i>
3.2.6. <i>Índice de biodegradabilidad.....</i>	<i>16</i>
3.2.7. <i>Pruebas de tratabilidad.</i>	<i>18</i>
3.2.8. <i>Tratamiento de las Aguas residuales.....</i>	<i>32</i>

3.3.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	35
3.3.1.	<i>Determinación del caudal de diseño.</i>	35
3.3.2.	<i>Dimensionamiento del canal.</i>	38
3.3.3.	<i>Dimensionamiento de las rejillas.</i>	42
3.3.4.	<i>Dimensionamiento desarenador de flujo horizontal.</i>	45
3.3.5.	<i>Dimensionamiento del reactor biológico.....</i>	52
3.3.6.	<i>Dimensionamiento del tanque clarificador.....</i>	64
3.3.7.	<i>Dimensionamiento del tanque coagulación-floculación.....</i>	67
3.3.8.	<i>Dimensionamiento del sedimentador secundario.</i>	73
3.3.9.	<i>Dimensionamiento del sistema de filtración.</i>	76
3.3.10.	<i>Dimensionamiento del lecho de secado.</i>	84
3.3.11.	<i>Análisis.....</i>	89
3.3.12.	<i>Resultados del dimensionamiento.</i>	91
3.4.	Proceso de producción.	100
3.5.	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.	101
3.6.	Análisis de Costo/beneficio del proyecto.	105
3.7.	Cronograma de ejecución del proyecto.....	112
	CONCLUSIONES.....	114
	RECOMENDACIONES.....	116
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Parroquia Facundo Vela	5
Figura 2-3 Localización de la implementación de la PTAR	8
Figura 3-3 Formas de las Rejillas a utilizar	42
Figura 4-3 Difusores de burbuja fina AFD	64
Figura 5-3 Dimensionamiento del canal	93
Figura 6-3 Dimensionamiento del sistema de rejillas	93
Figura 7-3 Dimensionamiento del desarenador	94
Figura 8-3 Dimensionamiento del Reactor Biológico.....	95
GFigura 9-3 Dimensionamiento del clarificador secundario	96
Figura 10-3 Dimensionamiento del tanque coagulador floculador	97
Figura 11-3 Dimensionamiento del sedimentador secundario.....	97
Figura 12-3 Dimensionamiento del sistema de filtración	98
Figura 13-3 Dimensionamiento del lecho de secado	99

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1-3 Dosis óptima de coagulante	20
Gráfica 2-3 Resultado de la caracterización del agua residual y tratada de grasas	27
Gráfica 3-3 Resultados de la Caracterización del agua residual y tratada de cloruros.....	27
Gráfica 4-3 Resultados de la caracterización de coliformes fecales	28
Gráfica 5-3 Resultados de la caracterización del color	28
Gráfica 6-3 Resultados de la caracterización de DBO.....	29
Gráfica 7-3 Resultados de la caracterización del DQO.....	29
Gráfica 8-3 Resultados de la caracterización de Tensoactivos	30
Gráfica 9-3 Resultados de la caracterización de Sólidos Suspendidos	30
Gráfica 10-3 Resultados de la caracterización de la turbiedad	31
Gráfica 11-3 Diagrama de flujo del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3 Datos Generales de la Parroquia.....	7
Tabla 2-3 Determinación del caudal mes de junio 2017.....	14
Tabla 3-3 Determinación del caudal mes de julio 2017.....	14
Tabla 4-3 Caudal Promedio	14
Tabla 5-3 Caracterización primaria físico, química y biológica, agua residual Facundo Vela..	16
Tabla 6-3 Índice de biodegradabilidad.....	17
Tabla 7-3 Determinación del índice de biodegradabilidad mes de junio	17
Tabla 8-3 Determinación del índice de biodegradabilidad mes de julio.....	17
Tabla 9-3 Promedio del índice de biodegradabilidad.....	17
Tabla 10-3 Resultado del test de jarras con Policloruro de Aluminio.....	19
Tabla 11-3 Resultados del test de jarras con Sulfato de Aluminio.....	19
Tabla 12-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el desarenador.	23
Tabla 13-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el reactor biológico.....	24
Tabla 14-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el test de Jarras.	24
Tabla 15-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el sedimentador secundario.	24
Tabla 16-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el filtro de arena y grava.....	24
Tabla 17-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el filtro de carbón activado.....	25
Tabla 18-3 Resultados de la caracterización final del agua tratada.....	25
Tabla 19-3 Caracterización del agua residual y tratada de grasas y aceites	27
Tabla 20-3 Caracterización del agua residual y tratada de cloruros.....	27
Tabla 21-3 Caracterización del agua residual y tratada de coliformes fecales.....	28
Tabla 22-3 Caracterización del agua residual y tratada de color.....	28
Tabla 23-3 Caracterización del agua residual y tratada de Demanda Bioquímica de Oxígeno .	29
Tabla 24-3 Caracterización del agua residual y tratada de Demanda Química de Oxígeno	29
Tabla 25-3 Caracterización del agua residual y tratada de Tensoactivos.....	30
Tabla 26-3 Caracterización del agua residual y tratada de Sólidos Suspendidos.....	30
Tabla 27-3 Caracterización del agua residual y tratada de la turbiedad.....	31
Tabla 28-3 Determinación del porcentaje promedio global de remoción de contaminantes del agua tratada	31
Tabla 29-3 Dotaciones Recomendadas.	36
Tabla 30-3 Capacidad de conducción para canales con revestimiento de cemento	38
Tabla 31-3 Coeficiente de rugosidad de Manning utilizado en canales revestidos.....	38
Tabla 32-3 Parámetros para establecer el borde libre del canal	39
Tabla 33-3 Criterios de diseño para rejillas.....	42

Tabla 34-3 Valor para pérdida en rejillas.....	42
Tabla 35-3 Correlación entre diámetro de las partículas con la velocidad de sedimentación....	46
Tabla 36-3 Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas.	46
Tabla 37-3 Propiedades del agua a 20 °C.....	47
Tabla 38-3 Diseño para desarenadores rectangulares de flujo horizontal.	47
Tabla 39-3 Remoción de depósitos.....	47
Tabla 40-3 Coeficientes Kt3 en base a la temperatura.....	62
Tabla 41-3 Parámetros de diseño clarificador secundario.....	65
Tabla 42-3 Parámetros para el diseño de clarificadores.....	65
Tabla 43-3 Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas.....	67
Tabla 44-3 Parámetros de diseño para paletas.	68
Tabla 45-3 Valores usuales para procesos de tratamiento de agua residual.....	68
Tabla 46-3 Valores de CD.....	68
Tabla 47-3 Información usual para diseño de coaguladores y floculadores	69
Tabla 48-3 Información para diseño de tanques de sedimentación primaria y secundaria.	73
Tabla 49-3 Dimensiones típicas para el diseño de decantadores primarios	73
Tabla 50-3 Criterios de diseño para filtros.....	77
Tabla 51-3 Juicios de diseño para el drenaje.....	77
Tabla 52-3 Criterios de diseño para tuberías.....	77
Tabla 53-3 Tiempo requerido para digestión de lodos.....	84
Tabla 54-3 Parámetros para lecho de secado	85
Tabla 55-3 Resultados de la población futura.....	92
Tabla 56-3 Resultados de caudal de diseño.	92
Tabla 57-3 Resultados del dimensionamiento del canal.	92
Tabla 58-3 Resultados del dimensionamiento de las rejillas.	93
Tabla 59-3 Resultados del dimensionamiento del desarenador.	94
Tabla 60-3 Resultados del dimensionamiento del reactor biológico.....	94
Tabla 61-3 Resultados del dimensionamiento del clarificador secundario.....	95
Tabla 62-3 Resultados del dimensionamiento del tanque floculador mecánico.	96
Tabla 63-3 Resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario.....	97
Tabla 64-3 Resultados del dimensionamiento del filtro.....	98
Tabla 65-3 Resultados del dimensionamiento del lecho de secado.	99
Tabla 66-3 Materiales y equipos utilizados para determinación de caudal.....	101
Tabla 67-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados para la caracterización física del agua residual.....	101
Tabla 68-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados para la caracterización química del agua residual.....	101

Tabla 69-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados para realizar la caracterización microbiológica del agua residual.	104
Tabla 70-3 Costo civil de la obra (Obras Preliminares).....	105
Tabla 71-3 Costo civil de la obra (Rejillas)	105
Tabla 72-3 Costo civil de la obra (Desarenador)	106
Tabla 73-3 Costo civil de la obra (Reactor Biológico)	107
Tabla 74-3 Costo civil de la obra (Clarificador)	107
Tabla 75-3 Costo civil de la obra (Tanque Floculador Mecánico).....	108
Tabla 76-3 Costo civil de la obra (Sedimentador Secundario)	109
Tabla 77-3 Costo civil de la obra (Filtro de Carbón Activado, Grava y Arena)	109
Tabla 78-3 Costo civil de la obra (Lecho de Secado de Lodos).....	110
Tabla 79-3 Costo civil de la obra (Mano de Obra).....	111
Tabla 80-3 Costo civil de la obra (Total)	111
Tabla 81-3 Cronograma de ejecución del trabajo de titulación.....	112

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A ACUERDO MINISTERIAL 097-A, PUBLICADO EN EL REGISTRO OFICIAL EDICIÓN ESPECIAL N° 387 DEL 4 DE NOVIEMBRE DEL 2015, ANEXO 1, TABLA 9 LÍMITES DE DESCARGA A CUERPOS DE AGUA DULCE

ANEXO B VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

ANEXO C ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PAC-0.8

ANEXO D PRODUCTO NEUTRO FLOCULANTE N-100

ANEXO E FECHA TÉCNICA DE ARENA Y GRAVA SILISICA

ANEXO F PLANOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

RESUMEN

El presente trabajo de titulación, se realizó con el propósito de minimizar la contaminación de la principal arteria geográfica que pasa por el sector; aparte de cumplir con lo establecido en la normativa ambiental vigente. Para ello se diseñó un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Parroquia Facundo Vela, del Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar. En la cual se determinó el caudal generado, tomándose como referencia los meses de junio y julio del presente año, por motivo en que dichos meses se presentaba las estaciones de invierno y verano respectivamente, tomándose mediciones en cada mes por siete días consecutivos, determinándose el caudal promedio de estos meses, siendo de 4.2 L/s. Para la caracterización primaria del agua residual, se tomaron muestras compuestas, se obtuvieron los siguientes parámetros que se encuentran fuera de Norma: aluminio, bario, cinc, cloruros, cobre, sulfato, DBO5, DQO, fluoruros, fósforo total, nitrógeno amoniacal y sólidos suspendidos totales. Se calculó el índice de biodegradabilidad obteniéndose un valor de 0.348, lo que indica que el agua a tratar es biodegradable, por tal motivo se establece un Sistema de Tratamiento combinado cuya propuesta es: rejillas, canal, reactor biológico, coagulación-floculación, sedimentador secundario, filtro de arena-grava y carbón activado. Se realizaron las respectivas pruebas de tratabilidad y de test de jarras a nivel de laboratorio, en las cuales nos permitieron determinar las dosificaciones óptimas de coagulante y floculante, siendo: PAC 4 ppm, auxiliar iónico CHEMFLOC N-932 0,8 ppm, se realizó un balance de remoción de contaminantes en cada etapa del proceso. Finalmente, el agua tratada fue validada en el laboratorio del CESTTA. Con el diseño de la planta de tratamiento propuesto se obtuvo una eficiencia del 97.18 % concluyendo que el tratamiento es fiable para su ejecución.

PALABRAS CLAVES: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO>, <AGUAS RESIDUALES>, <PRUEBAS DE TRATABILIDAD>, <CÁLCULOS DE INGENIERÍA>, <FACUNDO VELA (PARROQUIA)>, <BOLIVAR (PROVINCIA)>.

SUMMARY

The present research work was carried out with the purpose of minimizing the contamination of the main geographic artery that passes through the sector, apart from complying with the provisions of current environmental regulations, for this reason, Residual Water Treatment System was designed for the Facundo Vela Parish, of the Guaranda Canton, Bolívar Province. In which the generated flow was determined, taking as a reference the months of June and July of this year, for the reason that months were the winter and summer seasons respectively, taking measurements in each month for seven consecutive days, determining the average flow of these months, being 4.2 L / s. For the primary characterization of the residual water, composite samples were taken, the following parameters were obtained that are outside Norma: aluminum, barium, zinc, chlorides, copper, sulfate, DB05, DQO, fluorides, total phosphorus, ammonia nitrogen and solids suspended total. The biodegradability index was calculated obtaining a value of 0.348, which indicates that the water to be treated it is biodegradable, for this reason, a Combined Treatment System is established and the proposal is: grids, channel, biological reactor, coagulation-flocculation, secondary sedimentation, sand-gravel filter and active carbon. The respective treatability and jar test were carried out the laboratory level, in which it was determined the optimal coagulant and flocculant dosages, being: PAC 4 ppm, CHEMEFLOC N-9320.8 PPM ionic auxiliary, a balance of removal of contaminants in each stage of the process. Finally, the treated water was valid in the CESTTA laboratory. With the design of the proposed treatment plant, an efficiency of 97.18% was obtained, concluding that the treatment is reliable for its execution.

KEYWORDS: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <TREATMENT PLANT DESIGN>, < RESIDUAL WATER >, <TREATABILITY TESTS>, <ENGINEERING CALCULATIONS>, <FACUNDO VELA (PARISH)>, <BOLIVAR (PROVINCE)>

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema.

Generalmente en Ecuador, la mayoría de corrientes de agua como son por lo general los ríos, son receptoras de descargas de aguas residuales proveniente estas de uso doméstico, agricultura o de industrias presentes en una localidad específica, por ello es de preocupación constante por parte de la Autoridad Ambiental Nacional, debido a la afectación que están generando en los cuerpos receptores, por la presencia de elementos contaminantes que afectan directamente a la flora y fauna de los cuerpos hídricos. Por tal motivo el Ministerio del Ambiente realiza el control ambiental para verificar el cumplimiento de la Normativa Ambiental Vigente a los Gobiernos Autónomos Descentralizados que son los encargados de hacer cumplir con el tratamiento de aguas residuales antes de su descarga.

La Parroquia Facundo Vela, se deriva su nombre de un personaje que se dedicaba a la política con ideología liberal del cantón Guaranda. Se encuentra en la zona rural del cantón, su población es de 3319 habitantes, según los datos del INEC del 2010. La población económicamente activa del sector está en 57.63 %. Los moradores se dedican principalmente a la agricultura, ganadería, existen microempresas que se dedican a la producción de mermeladas y elaborados de harina; a nivel familiar se procesa la caña de azúcar de manera tradicional y artesanal, producen alfeñiques, panela y agua ardiente. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Facundo Vela, 2015, p. 73).

Podemos establecer según lo expuesto anteriormente, que en general las aguas residuales que se generan en la parroquia con un caudal aproximado, basado en la población se tiene de 4.2 L/s los mismos que provienen, de usos domésticos, siendo el agua de sanitarios, de lavado, de ducha, el mismo que representa un 41 % del agua residual total generada, otro contaminante general es la agricultura proveniente de los regadíos de sus plantaciones, aguas con productos tóxicos debido a la utilización de productos químicos en las plantaciones, lavado de la cosecha, también mencionamos la ganadería, dicha agua proviene del lavado de los animales, limpieza del suelo en donde se encuentran, los mismos que generan un 45 %, también encontramos las microempresas que generan contaminación como es el lavado de la materia prima, limpieza de

equipos, reactivos o sustancias utilizadas en el proceso de elaboración del producto, generando un volumen de 10 %, y un 4 % otros residuos líquidos que llegan al río como las aguas lluvias, ocasionando contaminación de este cuerpo hídrico, el mismo que el agua que este proporciona, ya no podrá ser utilizada en poblaciones que se encuentren río abajo, por la contaminación que este presenta.

Por los motivos expuestos es que se ha optado por realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales producidas por la Parroquia en mención, con el único objetivo de disminuir el nivel de contaminación al que se encuentran expuestos los moradores del sector, así como los habitantes aledaños al cuerpo hídrico por donde este pase.

1.2. Justificación del Proyecto

El agua es un líquido vital en el desarrollo cotidiano del ser humano. Actualmente existen Normativas Vigentes por parte del Ministerio del Ambiente MAE en donde implementan iniciativas en la preservación y recuperación de las fuentes hídricas. En Ecuador diversos son los casos en los que las aguas residuales, producto de las actividades del ser humano, agrícolas, ganaderas e industriales, son descargadas indiscriminadamente en un cuerpo hídrico, generalmente río o lago aledaño al sector, sin recibir algún tipo de tratamiento adecuado, lo cual provoca una amenaza ya que estas aguas presentan concentraciones altas de diversos contaminantes, los mismos que alteran el medio ambiente.

Las aguas residuales traen problemas al ambiente y a la salud, debido a que contienen gran cantidad de materia orgánica, microorganismos, diferentes metales, sólidos en suspensión, sólidos volátiles y, otros contaminantes, que, sin su debido tratamiento previo, antes de su descarga pueden agravar al ecosistema y a la vida en general.

El efluente de la Parroquia Facundo Vela es el río Tunan, en donde se descargan las aguas residuales sin tratamiento alguno, provocando la degradación ambiental y la calidad del agua de este cuerpo hídrico; proliferando a la población de afecciones a la salud, debido a que estas aguas son utilizadas para sus diversas actividades.

En la ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua menciona en su artículo 79 en los literales:

- a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.
- b) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración.
- c) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida.

Y en su artículo 80 menciona que: Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público. Además, dice La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental.

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en su capítulo VI, de la Prevención y Contaminación de las Aguas, en su artículo 16 establece que: “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades”. (Molina Bravo, 2014).

De acuerdo al artículo 5.2.4.9 “Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.” Del 5.2.4 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce del Anexo I DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA; Acuerdo Ministerial 097-A publicado en el registro oficial N° 387 del 04 de noviembre del 2015.

Dentro de las competencias generales que presta la E.P – Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, se encuentra la prestación de servicios en la regulación y disposición

final de las aguas residuales para todas sus parroquias urbanas y rurales del cantón en mención.

Con los antecedentes expuestos anteriormente y motivados por esta problemática social se decidió realizar el Diseño de una Planta de Tratamiento para Aguas Residuales de la Parroquia Facundo Vela, con el firme propósito de mitigar el impacto ambiental generado con la descarga de aguas negras y grises, además para cumplir con las Normativas Ambiental vigente y mejorar la calidad de vida de la población cercana.

1.3. Línea de base del Proyecto

1.3.1. Datos generales de la parroquia.

La Parroquia Facundo Vela, perteneciente al Cantón Guaranda Provincia de Bolívar, es una de las nueve parroquias que conforman el cantón, está limitada por los siguientes cantones al norte está limitado por el Cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi; al Sur la Parroquia Salinas; al Este la Parroquia Simiatug y al Oeste San Luis de Pambil. Se extiende en una superficie 117.67 Km², fue creada el 19 de agosto de 1929, se encuentra entre los 600 y 2840 msnm, posee un clima subtropical, oscilando temperaturas entre los 12 y 22 °C teniendo precipitaciones de 1000 a 1500 mm/año. Su población según el último censo realizado en el 2010 es de 3319 habitantes, el mismo que está conformado por 1712 hombres y 1607 son mujeres, dicha población está identificada como mestizo con un 52.86 % y otra parte se identifica como indígena 31.24 %, el porcentaje restante se distribuye entre etnias como blanco, mulato, montubio. La principal fuente de trabajo que posee está basada en la agricultura y ganadería, teniendo como fuente primordial la producción a nivel de agricultura la papa, yuca, caña de azúcar, naranja, frejol, maíz, etc. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Facundo Vela, 2015, p. 13).

En el siguiente gráfico, se indica la ubicación de la parroquia Facundo Vela.

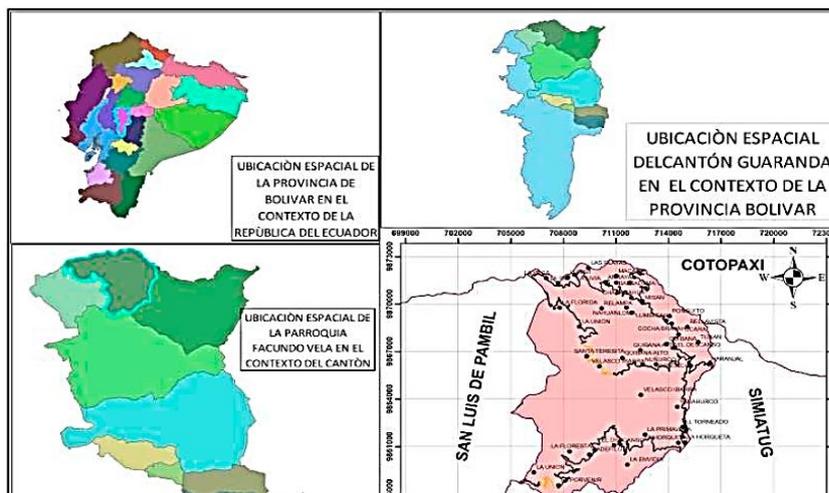


Figura 1-1 Parroquia Facundo Vela

Fuente: IGM 50000 – SENPLADES 2015; Datos facilitados GADP de Bolívar septiembre 2015.

Elaborado por: Golden Estudios S.A.

Su terreno generalmente es montaña con 40 % de pendiente, por lo que es un territorio bastante elevado al nivel del río por lo resultante el abandono de aguas lluvias y residuales no constituye ningún problema para la parroquia. El agua presente se la obtiene por medio de vertientes y quebradas, las mismas que forman microcuencas, estas últimas dan como resultado la formación de una sub cuenca hidrográfica, la misma que se distribuye en el sector. Los servicios básicos en la parroquia, se encuentran abandonados por lo que representan serios inconvenientes, teniendo la apariencia de una mala sanidad y seguridad ambiental, la contaminación es alta y se debe por la presencia de varios contaminantes como son agroquímicos, desechos sólidos, aguas servidas, entre otros, trayendo esto consigo problemas en la calidad de agua para consumo, debido a que estos factores son depositados en el río, contaminado así la arteria geográfica del sector.

1.4. Beneficiarios directos e indirectos.

- ❖ **Beneficiarios Directos:** Empresa Pública “Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda.”
- ❖ **Beneficiarios Indirectos:** El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guaranda, la Junta Parroquial de Facundo Vela, además, se verá beneficiado los moradores del sector en mención.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General.

- Diseñar un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la parroquia Facundo Vela, del cantón Guaranda provincia de Bolívar.

2.2. Objetivo Específicos.

- Caracterizar físico, química y biológica del agua residual a tratar en base a la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 Límites de descarga a cuerpos de agua dulce.
- Identificar las variables que juegan un rol importante en el diseño del sistema de tratamiento.
- Realizar las pruebas de tratabilidad según el índice de biodegradabilidad.
- Efectuar el diseño de ingeniería del Sistema de Tratamiento de Agua Residual.
- Validar técnica y económicamente el sistema de tratamiento propuesto.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Localización del proyecto.

Tabla 1-3 Datos Generales de la Parroquia.

Facundo Vela	
CABECERA PROVINCIAL	Bolívar
CANTÓN	Guaranda
PARROQUIA	Facundo Vela
SUPERFICIE	117,67 Km ²
ALTITUD	Entre 600 Y 2840 msnm.
LÍMITES PARROQUIALES	
AL NORTE:	Cantón Pangua provincia de Cotopaxi
AL SUR:	La Parroquia Salinas y Simiatug del Cantón Guaranda
AL ESTE:	La parroquia Simiatug del Cantón Guaranda
AL OESTE:	Parroquia San Luis de Pambil del Cantón Guaranda
CLIMA	Subtropical
TEMPERATURA	Entre 12 Y 22 °C
PRECIPITACIÓN ANUAL	De 1000 A 1500 mm/Año
POBLACIÓN	3.319 habitantes
COMUNIDADES	38 COMUNIDADES: La Vega, La Paz, LLoavi, Las Playas, Macabi, Arrayan, Balsaloma, Chacadahua, Missan, Nahuanloma, Negro Cruz, Relampa, La Florida, La Unión,

	<p>Ponguito, Lumbigana, Cocha Brava, Bellavista, Pucarà, Tunan, Quibana, El Descanso, Quibana Alto, Santa Teresita, Velazco Ibarra, Nuñurco, Candacho, Facundo Vela, Naranjal, Yanahurco, El Torneado, La Primavera, La Horqueta, El Descanso, El Recreo, La Floresta, Cadefilo, La Envidia, El Porvenir.</p>
--	---

FUENTE: INEC, GADP de Bolívar 2015
 ELABORACION: Golden Estudios S.A.

El sistema de tratamiento diseñado, será ubicado en la parroquia, específicamente a 59.16 m del río Tunan, particularmente en las siguientes coordenadas geográficas: 1°1'22"S Latitud 79°03'25"O longitud.

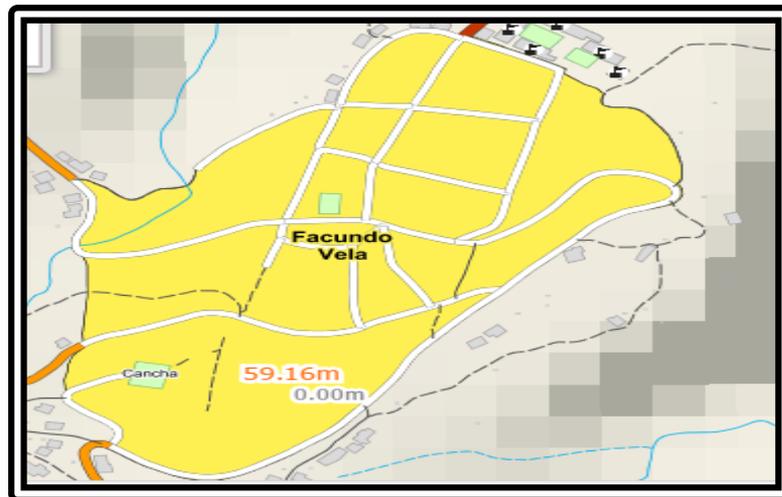


Figura 2-3 Localización de la implementación de la PTAR

Fuente: Instituto Geográfico Militar
 Elaborado por: Henry Trujillo

3.2. Ingeniería del Proyecto

3.2.1. Descripción general de la ingeniería del proyecto.

Para la implementación del proyecto se empleó un conjunto de conocimientos aplicados por parte de la ingeniería, para la consecución del objetivo planteado. Para ello se implementaron los siguientes procedimientos.

Para la determinación del muestreo del agua residual con el que se va a trabajar para el diseño de la planta, se procedió de acuerdo al medio establecido en la Norma NTE INEN 2176:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA MUESTREO TÉCNICAS DE MUESTREO. Esta norma establece “Las guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales para su caracterización.”

El tipo de muestreo que se realizó es el muestreo puntual. La norma establece que son:

- ❖ Son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo.

Obtenidas las muestras individuales se procedió a realizar muestras compuestas, la norma indica:

- ❖ **Las muestras compuestas** se pueden obtener de forma manual o automática, sin importar el tipo de muestreo (dependiente del flujo, tiempo, volumen o localización). Se toman continuamente muestras que se reúnen para obtener muestras compuestas. Las muestras compuestas suministran el dato de composición promedio.

El transporte de las muestras de agua residual hacia el laboratorio para su análisis respectivo, se aplicó la Norma NTE INEN 2169: 2013. AGUA CALIDAD DEL AGUA MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. Esta norma tiene como objetivo “establecer las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos.”

Se realizó la aforación correspondiente, de las descargas de las aguas residuales, el mismo que nos proporcionó un caudal, cuyo antecedente servirá como punto de partida para los posteriores análisis y cálculos de diseño. Para ello se aplicó el método volumétrico, el mismo que se aplica para caudales pequeños, el cual consiste en determinar el tiempo de llenado de un recipiente con un volumen conocido. (Rojas Bustamante, 2006).

Las muestras en el laboratorio, como primer paso se realizó la caracterización física, química y microbiológica, los parámetros físicos fueron determinados en el punto del muestreo. Para la determinación se basaron en las normas y técnicas utilizadas en el laboratorio de calidad de la E.P

– EMAPA-G, los mismos que nos proporcionaron datos de la caracterización efectuada, luego de la respectiva tabulación se obtuvieron los resultados consolidados, mismos que fueron comparados con la Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Del Anexo 1 libro VI del TULSMA. Para saber que parámetros están fuera de la normativa antes expuesta, con la identificación realizada se establece un tratamiento previo antes de que sean vertidos, para así cumplir con la Normativa Ambiental Vigente.

El índice de biodegradabilidad, nos expresa el tipo de efluente a tratar, mediante la relación que existe entre el DBO₅/DQO. Esta analogía establece que tipo de tratamiento se deberá efectuar al agua a tratar, su fundamento establece que existe aguas poco biodegradables, biodegradables y muy biodegradables, mediante rangos ya establecidos siendo: <0.2 poco biodegradable, 0.2-0.4 biodegradable y >0.4 biodegradable (Cisterna & Peña, 2015). Con el valor obtenido del índice de biodegradabilidad (0.348) se determinó la tratabilidad que podría aplicarse al efluente, para posteriormente implementar los procesos, operaciones, y parámetros de diseño, requeridos para dicha agua, que para el presente estudio fue de un sistema combinado (tratamiento físico-químico y biológico).

Una vez realizada las pruebas de tratabilidad, se logró identificar las condiciones operativas del reactor biológico, además del tipo y dosis óptima de coagulante para el tratamiento del agua residual, las mismas que son realizadas a nivel de laboratorio. Con el test de Jarras se determinó que el coagulante que presentó una mayor eficiencia fue el Policloruro de aluminio (PAC) que en combinación con el CHEMFLOC 932 (floculante aniónico), acelera el proceso de floculación, mismo que se lo realizó en el Laboratorio de Control de Calidad del Agua Potable de la Ciudad de Guaranda.

En función de los resultados obtenidos, se aplicaron los cálculos de ingeniería, para la construcción del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, aplicándose las siguientes operaciones y procesos unitarios: Procesos físicos: Cribas, desarenador y sedimentador; Procesos químicos: Coagulación- Floculación; y Procesos biológico: Digestor o Reactor aerobio.

Finalmente se validó técnica y económicamente el sistema de tratamiento de agua residual planteado, realizándose una simulación en una planta piloto existente en la EMAPA-G.

Con la implementación de este trabajo de titulación, se logró reducir los contaminantes presentes en el agua residual, logrando así que su vertido cumpla con la normativa Ambiental Vigente y

además en función de los parámetros establecidos en la Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Del Anexo 1 libro VI del TULSMA.

3.2.2. *Métodos y técnicas.*

3.2.2.1. *Métodos.*

En el presente trabajo de titulación se aplicaron tres métodos de referencia el inductivo, deductivo y experimental, los mismos que nos facilitaran el estudio y desarrollo del sistema de tratamiento adecuado para la parroquia.

- ☞ **Inductivo:** Este método se basó en realizar un estudio que parte de lo particular hasta llegar a conclusiones generales que explican un fenómeno. Para este caso mediante la aplicación del método volumétrico se determinó el caudal que se genera, las muestras fueron recogidas en frascos estériles, se realizaron la respectiva caracterización física-química y microbiológica en el Laboratorio de Control de Calidad de la E.P - EMAPAG. Para así poder determinar los contaminantes presentes y que se encuentre fuera de la norma, dar su diagnóstico respectivo y aplicar el mejor tratamiento.
- ☞ **Deductivo:** Este método se fundamentó en el razonamiento que pasa de lo general a lo particular. Realizado el diagnóstico respectivo, se procedió a ejecutar los respectivos cálculos de ingeniería, para poder implementar el sistema de tratamiento, la selección adecuada de los materiales y su respectivo dimensionamiento, con el propósito de que cumpla con los parámetros establecidos en el TULSMA dichas aguas residuales antes de su descarga.
- ☞ **Experimental:** Es uno de los métodos utilizados para obtener datos, los mismos que nos permitieron realizar interpretaciones, para obtener mejores apreciaciones de todos los parámetros analizados. Abarca todo lo relacionado a los procesos realizados a nivel del laboratorio desde la caracterización primaria, donde obtenemos los datos iniciales que fueron comparados con la normativa vigente, pasando por las pruebas de tratabilidad, que tienen como objeto ofrecer la solución al problema ambiental y, al final, la validación del estudio realizado mediante una nueva caracterización en un laboratorio acreditado que nos permitió comprobar el cumplimiento de la normativa ambiental. Esta técnica hace uso de materiales, instrumentos y metodologías específicas para este tipo de estudio.

3.2.2.2. Técnica.

Para realizar la caracterización física-química y microbiológica del agua a tratar, se utilizó las normas y técnicas obtenidas del laboratorio de control de calidad de la EMAPA-G, estas se encuentran fundamentados en APHA, STANDARD METHODS 21° EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICIÓN.

3.2.3. Determinación del caudal.

Caudal

Es la cantidad de flujo que circula a través de una sección (río, tubería, canal, cañería), por unidad de tiempo. Para la determinación de los caudales nos basamos en la ciencia de la hidrometría, la misma que nos permite medir, calcular y analizar los volúmenes de agua que pasan por un canal, tubería, río, sequia, etc., durante una unidad de tiempo. Es de suma importancia debido a que la misma nos provee información oportuna y veraz, que luego de ser procesados proporcionan datos reales para realizar la evaluación, diseño, ejecución del agua presente en un sistema. Entre la importancia de la determinación de caudales tenemos:

- Conocer la cantidad de agua que posee un río, canal, tubería, etc.
- Distribuir en la cantidad deseada a los consumidores.
- Determinar la eficiencia y uso que se da a la misma.
- Conocer la cantidad de agua que consume cada persona.
- Establecer el volumen de agua que se genera después de haberla dado un uso específico.

Para la determinación o medición de los caudales se debe tener en cuenta las siguientes características:

- El lugar seleccionado debe constar de un tramo recto.
- El agua que pasa por el tramo debe poseer un flujo de agua calmado, sin presencia de turbulencias.
- La velocidad debe ser estable.
- El tramo debe estar limpio, es decir, sin presencia de malezas, piedras grandes, ramas, con el fin de evitar imprecisiones a la hora de su determinación. (Rojas Bustamante, 2006 pp. 5-8).

✚ Determinación del caudal en la Parroquia.

En los meses de junio y julio son aquellos meses del año que se presentan las precipitaciones más bajas durante el año alrededor de 100 mm/mes, con respecto a los meses de marzo, abril y mayo son aquellos meses en donde se presenta mayores precipitaciones entre 1600-1800 mm/anuales, por lo que la parroquia posee un índice de precipitaciones que bordean los 1000-1500 mm/año. Con respecto al caudal de aguas lluvias cabe mencionar que el mismo no ingresan directamente al sistema de alcantarillado que conduce las aguas residuales, sin embargo, se tomó en cuenta el caudal de aguas ilícitas, por lo que el presente diseño se trabaja solo con caudal proveniente de las aguas negras generadas en la parroquia.

Cabe mencionar que el valor determinado del caudal es un parámetro que servirá como antecedente del volumen de líquido de aguas residuales que se genera en la parroquia, además este valor obtenido no será utilizado en cálculos posteriores.

Para realizar la determinación del caudal se procedió de la siguiente manera:

- a) Para realizar las aforaciones el agua residual proveniente de la parroquia llega a una descarga de un cuerpo receptor que es el río Tunan, para ello se utilizó la ayuda de un balde graduado, en este caso de un volumen de 10 L, y un cronómetro que ayudara a determinar el tiempo de llenado del balde aplicándose el método volumétrico para la determinación del caudal.
- b) Las aforaciones se realizaron en el siguiente horario de 08H00 – 11H00 y de 13H00 – 16H00, por siete días consecutivos cada mes, se utilizó este horario debido a que son horas picos específicos en que la parroquia genera una mayor cantidad de agua residual.
- c) Posteriormente con los datos obtenidos se realizó la tabulación correspondiente a cada mes, para poder determinar el caudal medio generado en los meses de junio y julio.

Tabla 2-3 Determinación del caudal mes de junio 2017

JUNIO								
HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	PROMEDIO
	CAUDAL (L/s)							
08:00	4	5	4	4	6	7	4	4.86
11:00								
13:00	3	4	5	4	6	5	5	4.57
16:00								
CAUDAL PROMEDIO L/s								4.71

Realizado por: Henry Trujillo. 2018

Tabla 3-3 Determinación del caudal mes de julio 2017

JULIO								
HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	PROMEDIO
	CAUDAL (L/s)							
08:00	4	3	3	4	4	5	4	3.86
11:00								
13:00	3	3	4	4	5	4	3	3.71
16:00								
CAUDAL PROMEDIO L/s								3.79

Realizado por: Henry Trujillo. 2018

Tabla 4-3 Caudal Promedio

MES	CAUDAL (L/s)
JUNIO	4.71
JULIO	3.79
CAUDAL PROMEDIO	4.02

Realizado por: Henry Trujillo. 2018

3.2.4. Muestreo.

Para la recolección de muestras nos basamos en la Norma NTE INEN 2176:2013 AGUA CALIDAD DEL AGUA MUESTREO TÉCNICAS DE MUESTREO, donde se recogieron cuatro muestras simples los días lunes, miércoles, viernes y domingo de los meses en mención, con un volumen cada una de 1.75 L, para finalmente homogenizar las mismas, obteniéndose muestras compuestas, que sirvieron para obtener una menor variabilidad de los resultados, luego de realizar la caracterización primaria.

Las muestras fueron recogidas en frascos estériles, cada una debidamente etiquetados con la hora, fecha y código del muestreo, los mismos ejemplares fueron trasladadas el mismo día al laboratorio de la EMAPA-G, para sus respectivos análisis.

3.2.5. Análisis

A las muestras recolectadas se les procedió a realizar la caracterización físico-química y microbiológica, en el laboratorio de Control de Calidad de la EP. EMAPA-G, los resultados obtenidos fueron tabulados, se realizó la comparación respectiva con la Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Del Anexo 1 libro VI TULSMA, para determinar que parámetros se encuentran fuera de norma y poder aplicar su respectivo tratamiento, para así cumplir con la Normativa Ambiental Vigente.

Los resultados de los análisis físicos-químicos y microbiológicos del Agua Residual se encuentran en la tabla 5-3.

Tabla 5-3 Caracterización primaria físico, química y biológica, agua residual Facundo Vela.

PARÁMETROS	Norma TULSMA Lim.Max.Per	Muestra Compuesta mes de Junio	Muestra Compuesta mes de Julio	Promedio de las muestras de los dos meses	UNIDAD
ACEITES Y GRASAS	30.0	9.10	12.19	10.65	mg/L
ALUMINIO (Al ³⁺)	5.0	5.14	5.96	5.5	mg/L
ARSENICO TOTAL (As)	0.1	0.02	0.04	0.03	mg/L
BARIO (Ba)	2.0	2.14	2.58	2.36	mg/L
BORO TOTAL (B)	2.0	0.96	1.17	1.07	mg/L
CADMIO (Cd)	0.02	0.008	0.007	0.0075	mg/L
CIANURO TOTAL (CN)	0.1	0.005	0.006	0.0055	mg/L
CINC (Zn)	5.0	7.16	8.13	7.65	mg/L
CLORO ACTIVO (Cl)	0.5	0.35	0.29	0.32	mg/L
CLORUROS (Cl ⁻)	1000	10500	10710	10605	mg/L
COBRE (Cu)	1.0	1.17	1.46	1.32	mg/L
COBALTO (Co)	0.5	0.32	0.29	0.31	mg/L
COLIFORMES FECALES	2000	1000	7400	4200	NMP/100 ml
COLOR REAL	Inapreciable en dilución:	40	35	37.5	unidades de color
CROMO HEXAVALENTE (Cr)	0.5	0.09	0.07	0.08	mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO ₅)	100	251.19	270.46	260.82	mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE FLUORUROS (F)	200	806.92	702.82	754.87	mg/L
FLUORUROS (F)	5.0	5.70	5.83	5.77	mg/L
FOSFORO TOTAL (P)	10.0	12.16	13.07	12.62	mg/L
HIERRO TOTAL (Fe)	10.0	6.98	6.45	6.72	mg/L
MANGANESO TOTAL (Mn)	2.0	1.13	1.54	1.34	mg/L
NIQUEL (Ni)	2.0	2.01	1.95	1.98	mg/L
NITROGENO AMONIACAL	30.0	32.16	31.89	32.02	mg/L
PLATA (Ag)	0.1	0.008	0.007	0.0075	mg/L
PLOMO (Pb)	0.2	0.006	0.006	0.006	mg/L
POTENCIAL DE	6-9	6.15	6.31	6.23
SOLIDOS SUSPENDIDOS	130	190.16	215.17	202.67	mg/L
SOLIDOS TOTALES (ST)	1600	470.35	420.49	445.42	mg/L
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	1000	1200	1250	1225	mg/L
TEMPERATURA	Cond. ± 3	17.10	17.20	17.15	° C
TENSOACTIVOS	0.5	2.17	2.86	2.52	mg/L

Realizado por: Henry Trujillo. 2017

3.2.6. Índice de biodegradabilidad.

El índice de biodegradabilidad nos representa la naturaleza del efluente a tratar, por lo tanto, es la relación que existe entre el DBO₅/DQO, nos mostrará el tipo de tratamiento que necesita el efluente con el fin de bajar su carga contaminante, ya sea este tratamiento físico-químico, biológico o una combinación de estos. En la siguiente tabla se muestra la relación del índice de biodegradabilidad y su respectivo tratamiento.

Tabla 6-3 Índice de biodegradabilidad

DBO ₅ /DQO	Carácter del efluente	Tratamiento a aplicar
<0.2	Poco biodegradable	Físico-químico
0.2-0.4	Biodegradable	Físico-químico o Biológico
>0.4	Muy biodegradable	biológico

Fuente: Cisterna & Peña, 2015

La caracterización realizada al agua residual mostrada en la tabla 5-3 para muestras compuestas, nos muestra que los parámetros iniciales analizadas para el DBO₅ y el DQO se encuentra fuera de los límites establecidos en la Normativa Vigente Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Del Anexo 1 libro VI del TULSMA. En las siguientes tablas se indica la relación de DBO₅/DQO de las muestras de los meses de junio y julio y su índice de biodegradabilidad promedio mostrada en las tablas 7-3 y 8-3.

Tabla 7-3 Determinación del índice de biodegradabilidad mes de junio

MES DE JUNIO		
Parámetro	Unidad	Resultado
DBO ₅	mg/L	251.19
DQO	mg/L	806.92
División DBO ₅ /DQO	mg/L	0.311

Realizado por: Henry Trujillo. 2018

Tabla 8-3 Determinación del índice de biodegradabilidad mes de julio

MES DE JULIO		
Parámetro	Unidad	Resultado
DBO ₅	mg/L	270.46
DQO	mg/L	702.92
División DBO ₅ /DQO	mg/L	0.384

Realizado por: Henry Trujillo. 2018

Tabla 9-3 Promedio del índice de biodegradabilidad

Muestra	DBO ₅ /DQO	Promedio
Junio	0.311	0.348
Julio	0.384	

Realizado por: Henry Trujillo. 2018

Al calcular el índice de biodegradabilidad de cada muestra compuesta y obteniendo su promedio, nos da un valor de 0.348, lo que nos indica que los compuestos del efluente son de naturaleza biodegradable (ver Tabla 6-3), valor que nos permite implementar un sistema de tratamiento combinado, es decir físico-químico y biológico.

3.2.7. *Pruebas de tratabilidad.*

Reactor Biológico.

Se utilizó un reactor biológico secuencial de flujo discontinuo, en donde este tipo de modelos son utilizado para el tratamiento de aguas residuales tanto domesticas como industriales, este procedimiento se basa en un proceso que conforma reacción, aireación y la clarificación.

Para realizar las respectivas pruebas a nivel de laboratorio estas constaron de un balde circular de capacidad de 12 L, compresor, manguera de 1 m, para ello se siguió el siguiente procedimiento: en primer lugar se colocó 10 L de agua residual en el balde, seguidamente se introduce el aire mediante la ayuda del compresor, colocando la manguera perforada entre el dispositivo y el agua residual, produciéndose así la reacción por aireación, así el agua está continuamente aireándose con este proceso se logró que se produzca una degradación biológica mediante la formación de flóculos mediante las pruebas realizadas, su tiempo de aireación fue de 2 horas, la siguiente etapa del proceso consiste en la decantación con el fin de que los lodos generados reposen en el fondo del tanque.

Al realizar la respectiva caracterización del agua antes y después de su tratamiento se tiene que: El DBO₅ y DQO al ingreso tenían los siguientes valores 260.82 y 754.87 mg/l respectivamente, al realizar la prueba de tratabilidad del reactor se tiene que el DBO₅ y DQO al final del proceso se obtuvieron valores de 52.16 y 105.68 mg/l respectivamente dándonos una eficiencia en el tratamiento de 86 % (Tabla 13-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el reactor biológico).

Test de Jarras

La prueba de jarras es un procedimiento, en el cual nos permite determinar el tipo de coagulante óptimo, la dosificación adecuada del mismo, el tiempo de retención, la velocidad de agitación del agua residual que se esté tratando.

Para ello, se utilizaron los siguientes coagulantes: Policloruro de aluminio (PAC-25A), sulfato de

aluminio, como floculante aniónico se utilizó el Chemfloc N-932, con la finalidad de acelerar el proceso de floculación.

Para el proceso se utilizaron muestras compuestas en donde la turbiedad inicial 47.67 NTU, valor obtenido de la caracterización físico-química, la dosificación de los productos químicos se lo efectuó a diferentes concentraciones las mismas que se muestran en la tabla 10-3 y 11-3 en vasos de precipitación en donde se coloca las muestras a tratar, su aplicación se realizó en el equipo Floc Tester ET 730, en donde se inyectaron distintos volúmenes de coagulante y floculante y controlando que las variables de turbiedad, pH, color, se mantengan dentro de las especificaciones de la norma.

La dosis óptima de coagulante se elige con base al vaso de precipitación que proyecte valores más bajos de turbiedad final y color aparente. A continuación, se muestran los resultados de la caracterización de la prueba de Jarras:

Tabla 10-3 Resultado del test de jarras con Policloruro de Aluminio.

TURBIEDAD 47.67 NTU, (pHo=7.38, pHf=7.08), rpm=200, tiempo de agitación= 10 min							
Conc Au-xiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.02	1.75	3.50	4.80	10.00	3.81	92.00
0.80	0.02	3.50	7.00	5.40	11.00	4.05	91.50
0.80	0.02	5.25	10.50	6.00	13.00	4.29	91.00
0.80	0.02	7.00	14.00	6.60	16.00	4.53	90.50
0.80	0.03	1.75	3.50	7.20	15.00	4.77	90.00
0.80	0.03	3.50	7.00	7.80	12.00	5.01	89.50
0.80	0.03	5.25	10.50	8.40	11.00	5.24	89.00
0.80	0.03	7.00	14.00	9.00	14.00	5.48	88.50
0.80	0.04	1.75	3.50	9.60	12.00	1.67	96.50
0.80	0.04	3.50	7.00	6.00	9.00	0.82	98.28
0.80	0.04	5.25	10.50	2.40	11.00	3.10	93.50
0.80	0.04	7.00	14.00	4.20	13.00	3.34	93.00
0.80	0.05	1.75	3.50	2.40	16.00	3.58	92.50
0.80	0.05	3.50	7.00	4.80	14.00	3.81	92.00
0.80	0.05	5.25	10.50	3.60	15.00	4.05	91.50
0.80	0.05	7.00	14.00	4.20	17.00	4.29	91.00

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P-EMAPA-G

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 11-3 Resultados del test de jarras con Sulfato de Aluminio.

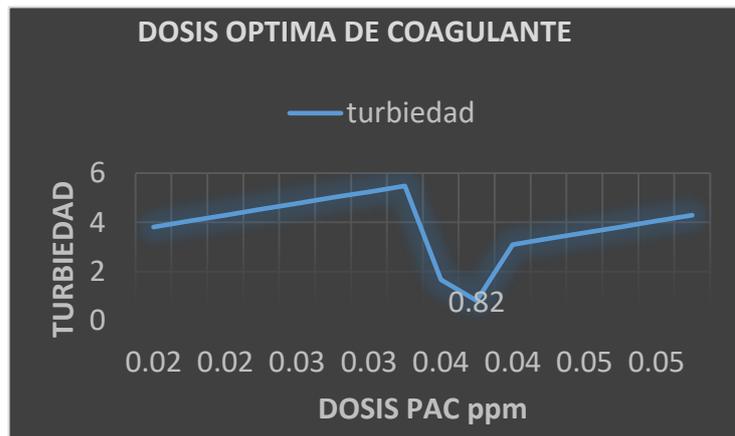
TURBIEDAD 47.67 NTU, (pHo=7.38, pHf=7.85), rpm=200, tiempo de agitación= 18 min							
Conc Au-xiliar	Conc Sulfato	Dosis Sulfato (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.02	5.00	6.00	5.00	7.50	18.00	62.24

0.80	0.02	10.00	12.00	6.00	9.00	18.50	61.19
0.80	0.02	15.00	18.00	8.00	12.00	19.50	59.09
0.80	0.02	20.00	24.00	9.00	13.50	20.00	58.04
0.80	0.03	5.00	6.00	11.00	16.50	21.00	55.95
0.80	0.03	10.00	12.00	12.00	18.00	21.50	54.90
0.80	0.03	15.00	18.00	14.00	21.00	22.50	52.80
0.80	0.03	20.00	24.00	16.00	24.00	23.50	50.70
0.80	0.04	5.00	6.00	18.00	27.00	24.50	48.60
0.80	0.04	10.00	12.00	12.00	18.00	2.50	50.70
0.80	0.04	15.00	18.00	5.00	7.50	20.00	58.04
0.80	0.04	20.00	24.00	9.00	13.50	22.00	53.85
0.80	0.05	5.00	6.00	6.00	9.00	20.50	57.00
0.80	0.05	10.00	12.00	12.00	18.00	23.50	50.70
0.80	0.05	15.00	18.00	9.00	13.50	22.00	53.85
0.80	0.05	20.00	24.00	11.00	16.50	23.00	51.75

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P-EMAPA-G

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Los valores mostrados en las tablas 10-3 y 11-3, nos muestran la eficiencia aplicada con cada producto químico utilizado, por ellos el policloruro de aluminio es el reactivo que presenta una mayor eficacia para el tratamiento del agua residual aplicada, para ello se tiene que la concentración óptima del PAC es de 0.04 ppm y la concentración del auxiliar es de 0.8 ppm con un tiempo de agitación de 10 minutos a 200 rpm, la misma que se realizaron en un vaso de precipitación de 1000 mL, estableciendo una dosificación adecuada de 3.50 mL de PAC y 7.00 mL del auxiliar Chemfloc, proporcionando una eficiencia del test de jarras de 98.28 % de remoción de la turbiedad, por tal motivo el PAC es el reactivo químico a utilizar en el proceso de coagulación floculación.



Gráfica 1-3 Dosis óptima de coagulante

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

Para la determinación de la dosificación óptima del coagulante y floculante en la planta de tratamiento nos basaremos mediante cálculos, a partir de los valores obtenidos en la planta piloto realizada a nivel de laboratorio, para ello tenemos.

❖ **Dosificación del Policloruro de Aluminio (PAC-P25A).**

$$DOS_{PAC} = \frac{V_{cf} * DOS_{PAC-jarras}}{V_{jarras}}$$

Ecuación. 1

Donde:

- DOS_{PAC} : Dosificación de PAC para la coagulación (ml).
- V_{cf} : Volumen del tanque agitador (L) ; $14 \text{ m}^3 = 14000 \text{ L}$.
- $DOS_{PAC-jarras}$: Dosis de PAC óptimo en el test de jarras (ml): 3.50 ml.
- V_{jarras} : Volumen de muestra en el test de jarras: 1000 ml.

$$DOS_{PAC} = \frac{14000 * 3.50}{1000}$$
$$DOS_{PAC} = 49 \text{ L}$$

El tratamiento del agua se lo realizará en 12 horas de funcionamiento de la planta, por lo que la dosificación para ese tiempo es de 25 L.

❖ **Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A).**

$$CONC_{PAC} = CONC_{PAC-JARRAS} * DOS_{PAC}$$

Ecuación. 2

Donde:

- $CONC_{PAC}$: Cantidad de dosificación de PAC (g/día).
- $CONC_{PAC-JARRAS}$: Cantidad de PAC óptimo en la prueba de jarras (mg/L) ; 0.04 mg/L.
- DOS_{PAC} : Dosis de PAC para la coagulación (L/día) ; $25 \frac{\text{L}}{\text{día}}$.

$$CONC_{PAC} = 0.04 * 25$$
$$CONC_{PAC} = 1.0 \text{ mg/día}$$
$$CONC_{PAC} = 0.001 \text{ g/día}$$

❖ **Dosificación de Auxiliar de coagulación (Chefloc N-932).**

$$DOS_{CHEMFLOC} = \frac{V_{cf} * DOS_{AUX-jarras}}{V_{jarras}}$$

Ecuación. 3

Donde:

- $DOS_{CHEMFLOC}$: Dosificación del CHEMFLOC (ml).
- V_{jarras} : Volumen de muestra en el test de jarras; 1000 ml.
- V_{cf} : Volumen del tanque agitador (L) ; 14 m³; 14000 L.
- $DOS_{AUX-jarras}$: Dosis óptima de CHEMFLOC test de jarras; 7 mL.

$$DOS_{CHEMFLOC} = \frac{14000 * 7}{1000}$$

$$DOS_{CHEMFLOC} = 98 L$$

La dosificación del auxiliar será en base a las 12 horas de funcionamiento de la planta, la dosis para ese tiempo es de 49 L.

❖ **Cantidad de CHEMFLOC.**

$$Conc_{AUX} = Conc_{AUX-JARRAS} * DOS_{CHEMFLOC}$$

Ecuación. 4

Donde:

- $Conc_{AUX}$: Cantidad de dosificación de PAC (g/día).
- $Conc_{AUX-JARRAS}$: Cantidad de PAC óptimo en la prueba de jarras (mg/L) ; 0.8 mg/L
- $DOS_{CHEMFLOC}$: Dosis de PAC para la coagulación (L/día) ; 49 $\frac{L}{día}$.

$$Conc_{AUX} = 0.8 * 49$$

$$Conc_{AUX} = 39.2 \text{ mg/día}$$

$$Conc_{AUX} = 0.040 \text{ g/día}$$

El agua tratada paso a su posterior tratamiento, el mismo que se trata de un sistema de filtración que consistía en dos filtros una de arena- grava y de carbón activado.

 **Filtración**

En este procedimiento de las pruebas de tratabilidad consistió en hacer pasar a través de dos sistemas de filtros con medios porosos a nivel de laboratorio el agua procedente del test de jarras. Por medio de este proceso nos ayuda a remover material no sedimentable, DBO, DQO, turbiedad, solidos, olor, color, se lo logra mediante la adherencia de estos contaminantes al medio poroso del sistema filtrante, consiguiendo mejorar la calidad del agua.

Para este procedimiento se utilizó dos sistemas de filtros conformado el primero por arena y grava, el segundo de carbón activado, el agua procedente del sistema anterior se hace pasar a través de estos sistemas de filtración, obteniéndose al final agua clarificada, este procedimiento fue utilizado, debido a que nos dio una mayor eficiencia en el tratamiento en comparación con la con el otro medio poroso utilizado como es la antracita, debido a que con este medio no se logró reducir en un alto porcentaje el color del agua que se está tratando, con la utilización del carbón activado se obtuvo un rendimiento superior en la remoción del color con un porcentaje del 88.64 % de eficacia (Tabla 43-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el filtro de carbón activado). Con respecto al espesor de los materiales utilizados para la filtración, se basaron estos en los criterios establecidos por (Romero Rojas, 2002), en donde establece que el espesor para la arena debe ser mayor de 30 cm, y de la grava es de 10-45 cm, al realizar las respectivas pruebas de tratabilidad, se determinó que el espesor que tenía mayor eficiencia estaba conformado por 30 cm de arena y 25 cm de grava, en base al tamaño efectivo de las partículas estas son arena 0.50 mm y grava 4 mm, esto con respecto al primer sistema de filtración. Para el siguiente proceso conformado de carbón activado, Romero Rojas establece que el espesor debe ser mayor a 45 cm y su tamaño efectivo debe estar comprendido entre 0.8-1.4 mm, realizadas las respectivas pruebas en el laboratorio, se obtuvieron los siguientes resultados el espesor es de 60 cm y su tamaño era de 1.1 mm.

Rendimiento de las pruebas de tratabilidad.

El rendimiento que se efectúan en las pruebas de tratabilidad, nos permiten establecer cuál es el grado de eficiencia que se obtiene en plantas de tratamiento de aguas residuales planteado en el presente trabajo.

Tabla 12-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el desarenador.

PRUEBAS DESARENADOR				
PARÁMETROS	UNIDADES	INICIAL	FINAL	%REMOCION
Turbiedad	NTU	47.67	38.14	20
Color	UTC	37.50	36.38	3

STD	mg/L	342.76	291.35	15
SST	mg/L	202.66	190.50	6

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 13-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el reactor biológico.

PRUEBAS REACTOR BIÓLOGICO				
PARÁMETROS	UNIDADES	INICIAL	FINAL	%REMOCION
Turbiedad	NTU	38.14	35.09	8
Color	UTC	36.38	35.65	2
DBO5	mg/L	260.83	48.16	82
DQO	mg/L	754.87	105.68	86
Ph	7.38	7.08	4

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 14-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el test de Jarras.

PRUEBAS DEL TEST DE JARRAS				
PARÁMETROS	UNIDADES	INICIAL	FINAL	%REMOCION
Turbiedad	NTU	35.09	0.70	98
Color	UTC	35.65	2.85	92
STD	mg/L	291.35	29.13	90
SST	mg/L	190.50	47.63	75
DBO5	mg/L	48.16	20.87	57
DQO	mg/L	105.68	26.42	75

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 15-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el sedimentador secundario.

PRUEBAS SEDIMENTADOR SECUNDARIO				
PARÁMETROS	UNIDADES	INICIAL	FINAL	%REMOCION
STD	mg/L	29.13	2.33	92
SST	mg/L	47.63	18.10	62

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 16-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el filtro de arena y grava.

PRUEBAS FILTRO ARENA Y GRAVA				
PARÁMETROS	UNIDADES	INICIAL	FINAL	%REMOCION

Color	UTC	2.85	1.85	35
SST	mg/L	18.10	10.86	40

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 17-3 Resultados de las pruebas de tratabilidad en el filtro de carbón activado.

PRUEBAS FILTRO CARBÓN ACTIVADO				
PARÁMETROS	UNIDADES	INICIAL	FINAL	%REMOCION
Color	UTC	1.85	0.21	88.64
SST	mg/L	10.86	7.06	35

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Resultados de la caracterización final del agua tratada

Una vez realizado el tratamiento propuesto, se realizó la caracterización final en el laboratorio del CESTTA, en donde con los resultados se puede comprobar que los parámetros se encuentran dentro de la Norma establecido para descargas en cuerpos de agua dulce, instaurando así, que el sistema propuesto es viable para su ejecución, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 18-3 Resultados de la caracterización final del agua tratada.

Parámetro	Unidades	Resultado	Valor Permisible
Grasas y Aceite	mg/L	1.2	30.0
Cianuro total	mg/L	0.001	0.1
Cloruros	mg/L	4	1000
Coliformes fecales	NMP/100ml	0	2000
Color	Pt/Co	0.21	Inapreciable en dilución 1/20
Cromo hexavalente	mg/L	0.006	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	6	200
Fluoruros	mg/L	0.20	5.0
Fósforo total	mg/L	0.33	10.0
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.02	30.0
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	4.00	50.0
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	7.49	6-9

Sólidos suspendidos	mg/L	6	130
Sólidos totales	mg/L	12	1600
Sulfatos	mg/L	1	1000
Tensoactivos	mg/L	0.01	0.5
Oxígeno disuelto	mg/L	6.4	-
Turbidez	UNT	0.003	-
Arsénico	mg/L	0.0014	0.1
Aluminio	mg/L	0.076	5.0
Bario	mg/L	0.013	2.0
Boro	μS/cm	0.0053	2.0
Cadmio	mg/L	0.00006	0.02
Zinc	mg/L	0.023	5.0
Cobre	mg/L	0.013	1.0
Hierro	mg/L	0.67	10.0
Manganeso	mg/L	0.0095	2.0
Níquel	mg/L	0.0013	2.0
Plata	mg/L	0.01	0.1
Plomo	mg/L	0.0001	0.2

Fuente: Laboratorio CESTTA

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Resultados de los porcentajes de remoción del tratamiento del agua residual.

Es primordial determinar los porcentajes de remoción que se obtuvieron en cada uno de los contaminantes presentes en el agua tratada, para ello en las gráficas a continuación se muestran los porcentajes de remoción de los parámetros físicos químicos biológicos más importantes, la efectividad global que se tuvo del tratamiento aplicado fue de 97.18 %.

Tabla 19-3 Caracterización del agua residual y tratada de grasas y aceites

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Grasas y Aceites	10.65	1,2	30	88.73

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



Gráfica 2-3 Resultado de la caracterización del agua residual y tratada de grasas

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 20-3 Caracterización del agua residual y tratada de cloruros

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Cloruros	1605	4	1000	99,75

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



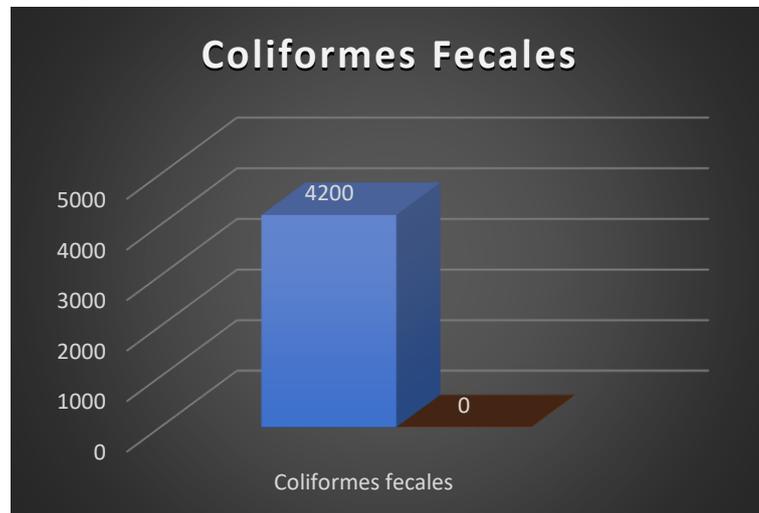
Gráfica 3-3 Resultados de la Caracterización del agua residual y tratada de cloruros

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 21-3 Caracterización del agua residual y tratada de coliformes fecales

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Coliformes fecales	4200	0	2000	100,00

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



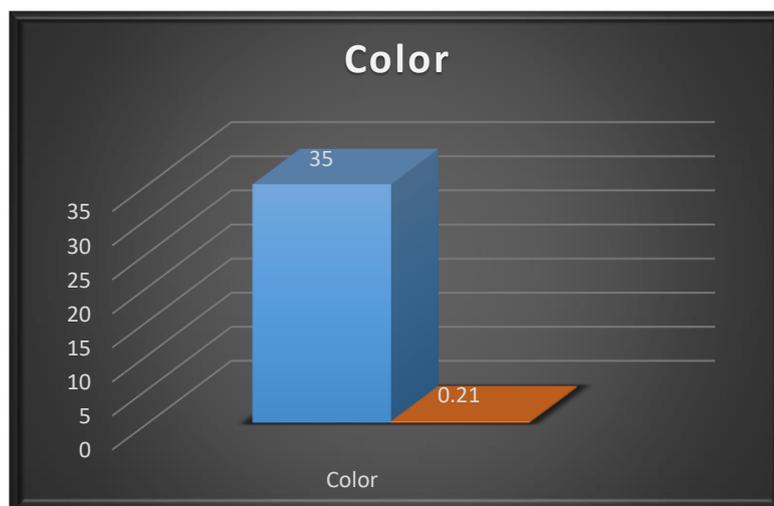
Gráfica 4-3 Resultados de la caracterización de coliformes fecales

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 22-3 Caracterización del agua residual y tratada de color

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Color	35	0,21	100	99,40

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



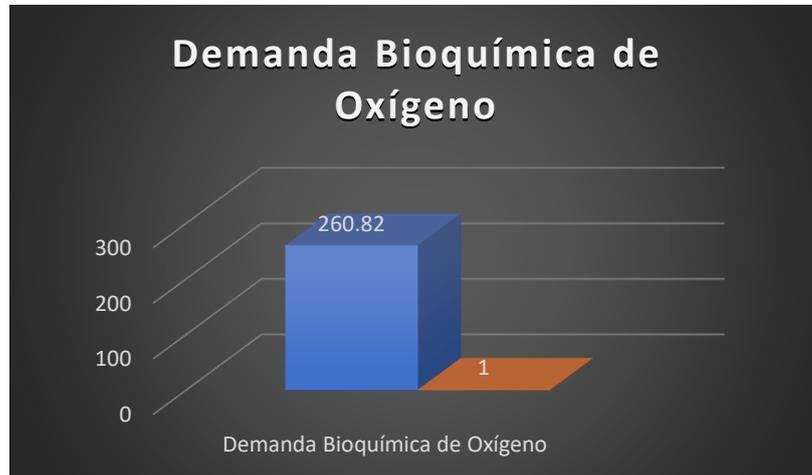
Gráfica 5-3 Resultados de la caracterización del color

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 23-3 Caracterización del agua residual y tratada de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Demanda Bioquímica de Oxígeno	260.82	1	100	99,62

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



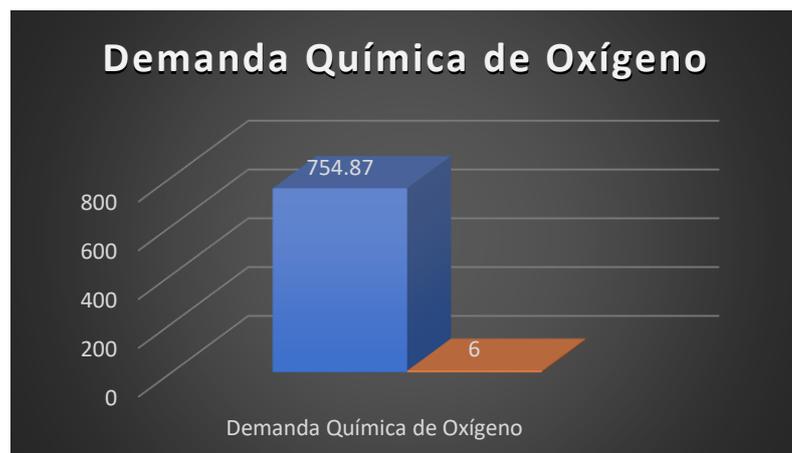
Gráfica 6-3 Resultados de la caracterización de DBO

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 24-3 Caracterización del agua residual y tratada de Demanda Química de Oxígeno

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Demanda Química de Oxígeno	702,82	6	200	99,21

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



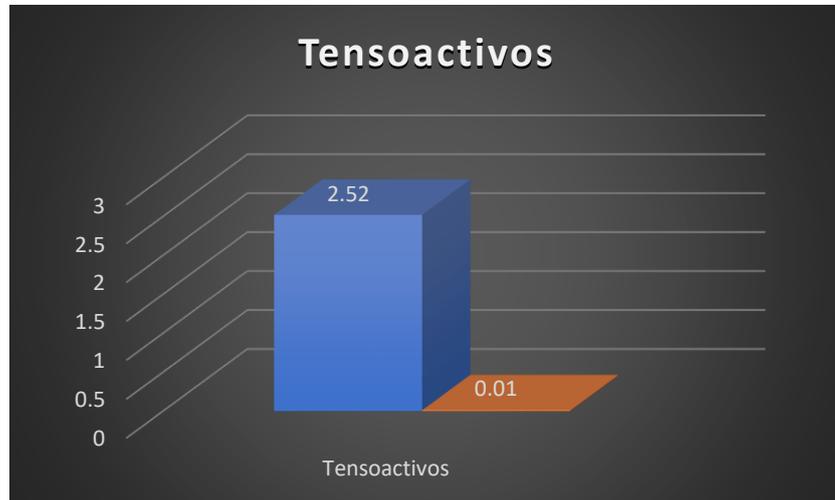
Gráfica 7-3 Resultados de la caracterización del DQO

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 25-3 Caracterización del agua residual y tratada de Tensoactivos.

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Sólidos suspendidos	202.67	6	130	97,04

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



Gráfica 8-3 Resultados de la caracterización de Tensoactivos

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 26-3 Caracterización del agua residual y tratada de Sólidos Suspendidos

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Tensoactivos	2,52	0,01	0,5	99.60

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



Gráfica 9-3 Resultados de la caracterización de Sólidos Suspendidos

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 27-3 Caracterización del agua residual y tratada de la turbiedad

Parámetro	Inicial	Final	Límite permisible	Porcentaje de Remoción
Turbidez	45,18	0,003	-----	99,99

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017



Gráfica 10-3 Resultados de la caracterización de la turbiedad

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

Tabla 28-3 Determinación del porcentaje promedio global de remoción de contaminantes del agua tratada

Parámetro	Unidades	Caracterización Inicial	Caracterización Final	Limite	Porcentaje de remoción
Grasas y Aceite	mg/L	12,65	1,2	30	88.73
Cianuro total	mg/L	0,006	0,001	0,1	83,33
Cloruros	mg/L	1605	4	1000	99.75
Coliformes fecales	NMP/100ml	4200	0	2000	100,00
Color	Pt/Co	35	0,21	100	99,40
Cromo hexavalente	mg/L	0.08	0,006	0,5	92.50
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	260.82	1	100	99.62
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	754.87	6	200	99.21
Fluoruros	mg/L	5.77	0,2	5	96.53

Fósforo total	mg/L	12.62	0,33	10	97.39
Nitrógeno Amomiacal	mg/L	32.02	0,02	30	99,94
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	53,74	4	50	92,56
Sólidos suspendidos	mg/L	202.67	6	130	97.04
Sólidos totales	mg/L	445.42	12	1600	97.31
Sulfatos	mg/L	1225	1	1000	99,92
Tensoactivos	mg/L	2.52	0,01	0,5	99.60
Turbidez	mg/L	45,18	0,003		99,99
Arsénico	UNT	0.03	0,0014	0,1	95.33
Aluminio	mg/L	5.5	0,076	5	98.62
Bario	mg/L	2.36	0,013	2	99.45
Boro	mg/L	1.07	0,0053	2	99.50
Cadmio	µS/cm	0,007	0,00006	0,02	99,14
Zinc	mg/L	7.65	0,023	5	99.70
Cobre	mg/L	1.32	0,013	1	99.02
Hierro	mg/L	6.72	0,67	10	90.03
Manganeso	mg/L	1.34	0,0095	2	99.29
Níquel	mg/L	1.98	0,0013	2	99,93
Plata	mg/L	0,007	0,0001	0,1	98,57
Plomo	mg/L	0,006	0,0001	2	98,33
Promedio de porcentaje de remoción					97,18

Elaborador por: Trujillo Henry, 2017

3.2.8. *Tratamiento de las Aguas residuales*

3.2.8.1. *Aguas Residuales.*

Toda población presente, siempre genera residuos, los mismos que pueden ser sólidos o líquidos, hablando de residuos líquidos, es lo que conocemos como aguas residuales o aguas negras, producto del agua descargada de una población, una vez que esta ha sido utilizada para diferentes usos específicos, para las cuales fue empleada. Por lo tanto, podemos establecer que las aguas residuales son; “la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos,

procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y fluviales”. (Metcalf & Eddy & INC, 2009, p. 24).

3.2.8.2. *Pre-tratamiento*

Son destinados a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente y evitar problemas a los equipos mecánicos de la planta, sin obstruir tuberías, averías en válvulas, en bombas y causar depósitos permanentes en tanques. Entre estos procesos tenemos:

- ❖ **Desbaste:** son sistemas que sirven para proteger a las plantas de tratamiento, del arribo inoportuna de objetos de gran tamaño, los mismos que son capaces de provocar trabas en las distintas unidades que conforman el sistema de tratamiento. (Wiki (Editor), p. 30).
- ❖ **Tamizado:** es un proceso que consiste en un sistema de filtración sobre un soporte delgado, su función se basa en la eliminación de materia que debido a su tamaño pueda obstruir en los tratamientos posteriores establecidos. (Wiki (Editor), p. 34).
- ❖ **Desarenado:** su función es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, para así evitar que se produzca una sedimentación en los canales o sistemas de conducción, logrando así que se pueda proteger los equipos y sistemas posteriores, y además de evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente. (Wiki (Editor), p. 36).
- ❖ **Desaceitado-desengrasado:** su diseño consiste en eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes que son menos densos que el agua, que podrían distorsionar los procesos en los tratamientos implementados. (Wiki (Editor), p. 40).
- ❖ **Pre aireación:** este proceso nos ayuda al control de olores y mejorar el comportamiento hidráulico del agua residual que ingresa a la planta. (Wiki (Editor) p. 41).

3.2.8.3. *Tratamiento Físico.*

En esta etapa se eliminan los sólidos suspendidos, coloides y materia inorgánica del agua residual, no remueven microorganismos ni material soluble. Entre los procedimientos tenemos:

- ❖ **Enrejados:** son sistemas utilizados como unidades de protección de las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales, permite eliminar materias contaminantes visibles o de gran tamaño. (Ferrer Polo & Seco Torrecillas, 2005, p. 2)
- ❖ **Homogenización:** es un proceso utilizado para evitar los problemas de trabajo causados por las variaciones en la calidad y caudal de entrada al sistema de tratamiento, para así

lograr mejorar el rendimiento de los distintos procesos. (Ferrer Polo & Seco Torrecillas, 2005, p. 9).

- ❖ **Sedimentación:** es un medio por el cual se elimina la materia suspendida que se encuentra en una fase líquida por medio del proceso de la decantación, por medio de fuerzas gravitatorias, es decir, por el hecho de que la materia suspendida tiene mayor densidad.
- ❖ **Flotación:** nos permite lograr separar las partículas y líquidos que poseen poca densidad de una fase líquida en la que estos se encuentren. (Ferrer Polo & Seco Torrecillas, 2005, p. 52).
- ❖ **Filtración:** es un método por el cual el agua se hace pasar a través de un sistema filtrante, en donde el material suspendido presente en el agua queda adherido en la superficie del medio. (Ferrer Polo & Seco Torrecillas, 2005, p. 57).

3.2.8.4. *Tratamiento Químico.*

Los cambios en la calidad del agua se producen por medio de reacciones químicas, normalmente la adición de productos químicos al agua a tratar.

- ❖ **Precipitación:** consiste en la adición de productos químicos con la finalidad de alterar el estado físico de los sólidos disueltos y en suspensión que se encuentren presentes en el agua a tratar facilitando así su eliminación con formación de precipitados. (Metcalf & Eddy, 1995, p. 345).
- ❖ **Adsorción:** Es una etapa del sistema de tratamiento mediante el cual se extrae materia de una fase y se concentra sobre la superficie de otra fase, es por ellos denominado un fenómeno superficial. (Ferrer Polo et al., 2005, p. 97).
- ❖ **Desinfección:** Consiste en la destrucción de los microorganismos que provocan enfermedades. (Ferrer Polo et al., 2005 p. 140).
- ❖ **Coagulación:** Este proceso de coagulación consiste en que las partículas denominadas coloidales se las obtiene al adicionar al agua una sustancia llamado coagulante para así lograr la formación de coágulos por medio de una neutralización de sus cargas. Normalmente se utilizan las sales de hierro y aluminio. (Wiki (Editor), p. 44).

3.2.8.5. *Tratamiento Biológico.*

Los objetivos del tratamiento biológico son la coagulación y la eliminación de sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica, además la eliminación de algunos compuestos como fósforo y nitrógeno. (Metcalf & Eddy, 1995, p. 410).

3.3. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.3.1. Determinación del caudal de diseño.

✚ Cálculo de la población futura.

El presente sistema de tratamiento de aguas residuales es proyectado para una vida útil de 15 años, según lo establecido por la norma INEN 005-9-1 (1992), por tal motivo el cálculo pertinente se lo hará con una proyección al año 2033. La población actual establecida en el INEC 2010 es de 3742 Habitantes, para el año 2017 su población actual es de 4219 habitantes aplicando la respectiva ecuación 2, el pertinente diseño se establecerá para la población que dispone de alcantarillado, el mismo que está determinado en un 30 % de los habitantes de la parroquia, dicho valor está establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Facundo Vela vigente hasta el 2020, en el cual no se ha planificado aumentar el porcentaje del sistema de alcantarillado a la población, por lo que la población actual al año 2017 es de 1266 Habitantes.

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

Ecuación 5

Donde:

- P_f : Población futura en el año 2033 (habitantes).
- P_a : Población actual año 2017: 1266 (habitantes).
- r : Índice de crecimiento anual 1.73(%).
- n : Periodo de diseño: 15 (años).

$$P_f = 1266 * \left(1 + \frac{1.73}{100}\right)^{15}$$

$P_f = 1638$ habitantes

✚ Dotación del agua consumida.

Es el caudal de agua potable consumido a diario por la población, para su determinación se lo obtiene mediante la tabla establecida en el SENAGUA, la misma que se muestra a continuación.

Tabla 29-3 Dotaciones Recomendadas.

POBLACIÓN (habitantes)	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (L/hab-día)	CLIMA
5000	170 a 200	Cálido
	130 a 160	Templado
	120 a 150	Frío
5000 – 50000	180 a 200	Frío
	190 a 220	Templado
	200 a 230	Cálido
> 50000	Mayor a 200	Frío
	Mayor a 220	Templado
	Mayor a 230	Cálido

Fuente: (Secretaría Nacional del Agua)

Al tener una población menor de 5000 habitantes, con un clima templado alrededor de los 22° C, utilizando los valores de la tabla 29-3, escogemos el valor de dotación de 150 L/ hab-día.

✚ Cálculo del caudal medio.

$$Q_s = \frac{Cr * P_f * D_c}{86400}$$

Ecuación 6

Donde:

- Q_s : Caudal medio (L/s).
- D_c : Dotación del agua consumida: 150 (L/habitante-día).
- P_f : Población futura en el año 2032: 1638 (habitantes).
- Cr : Coeficiente de retorno: 0.8 valor establecido SENAGUA.

$$Q_s = \frac{0.8 * 1638 * 150}{86400}$$

$$Q_s = 2.28 \text{ L/s}$$

✚ Cálculo del coeficiente de mayorización.

Este coeficiente relaciona el gasto máximo y medio diario de acuerdo a las características que presenta la población.

$$CM = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P_f}{1000}}}$$

Ecuación 7

Donde:

- CM: Coeficiente de mayorización.
- P_f: Población futura en el año 2032: 1581 (habitantes).

$$CM = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{1581}{1000}}}$$

$$CM = 3.66$$

- ✚ Cálculo del caudal mayorado.

$$Q_{Ma} = CM * Q_s$$

Ecuación 8

Donde:

- Q_{Ma}: Caudal mayorado (L/s).
- Q_s: Caudal medio: 2.28 (L/s).
- CM: Coeficiente de mayorización 3.66

$$Q_{Ma} = 3.66 * 2.28$$

$$Q_{Ma} = 8.33 \text{ L/s}$$

- ✚ Cálculo del caudal aguas ilícitas.

Son todos los volúmenes de agua provenientes de conexiones erradas o malas conexiones, conexiones que se lo realiza de manera clandestina y que las mismas ingresan al sistema de alcantarillado, para ello se toma el valor de 80 L/habitante-día, valor establecido en el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.

$$Q_{ai} = \frac{80 \text{ L/habitante-día} * P_f}{86400}$$

Ecuación 9

Donde:

- Q_{ai} : Caudal de aguas ilícitas (L/s).
- P_f : Población futura en el año 2032: 1638 (habitantes).

$$Q_{ai} = \frac{80 * 1638}{86400}$$

$$Q_{ai} = 1.52 \text{ L/s}$$

- ✚ Caudal de diseño.

$$Q_d = Q_{Ma} + Q_{ai}$$

Ecuación 10

Donde:

- Q_d : Caudal de diseño (L/s).
- Q_{ai} : Caudal de aguas ilícitas 1.52 (L/s).
- Q_{Ma} : Caudal mayorado 8.33 (L/s).

$$Q_d = 8.33 + 1.52 + 0$$

$$Q_d = 9.9 \text{ L/s}$$

3.3.2. Dimensionamiento del canal.

- ✚ Criterios para el diseño del canal abierto

Tabla 30-3 Capacidad de conducción para canales con revestimiento de cemento

Anchura del fondo	Pendiente longitudinal %				Altura del agua
	0.15	0.10	0.05	0.02	
0.30 m	40-70	40-60	0.30	20-30*	0.60 m
0.50 m	120-200	100-160	0.40	40-70	0.40 m
0.80 m	400-650	320-530	0.60	140-240	0.30 m

Fuente: (fao) Estructuras de conducción de agua Sección 8.3

Tabla 31-3 Coeficiente de rugosidad de Manning utilizado en canales revestidos

Canales Revestidos	N
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013

Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013
Ladrillos, paredes rugosas	0,015
Ladrillos de mortero de cemento	0,020
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015

Fuente: (fao)

Tabla 32-3 Parámetros para establecer el borde libre del canal

Caudal	Borde libre
>0,50 m ³ /s	0,40 m
<0,50 m ³ /s	0,30 m

Fuente: (Pedro Rodríguez Rubio, 2008)

✚ Cálculo del radio hidráulico.

Los siguientes valores para el diseño del canal fueron recolectados de la Tabla 30-3 para un canal abierto con un valor de anchura de fondo de 0.50 m y 0,40 m de altura de agua en el canal.

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

Ecuación 11

Donde:

- *RH*: Radio hidráulico (m).
- *h*: Altura del canal: 0,40 (m)- Tabla 30-3 Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos cemento.
- *b*: Ancho del canal: 0,50 (m)- Tabla 30-3 Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos cemento.

$$RH = \frac{0.50 * 0.40}{0.50 + 2 * 0.40}$$

$$\mathbf{RH = 0.15 m}$$

✚ Cálculo de la velocidad de flujo en el canal.

El coeficiente de Manning se lo obtiene de la tabla 31-3 cuyo valor es 0,013 Hormigón, acabado

con paleta, paredes lisas y una pendiente de 0,02% para canales abiertos con revestimiento, obtenido el valor de la tabla 30-3.

$$v = \frac{1}{n} * RH^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Ecuación 12

Donde:

- v: Velocidad del flujo en el canal (m/s).
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.013 Tabla 31-3 Coeficiente de rugosidad de Manning utilizado en canales revestidos.
- S: Pendiente, utilizado para canal rectangular revestido de hormigón: 0,02 (%) - Tabla 30-3 Capacidad de conducción para canales con revestimiento de cemento.
- RH: Radio hidráulica: 0,15 m.

$$v = \frac{1}{0.013} * 0.15^{\frac{2}{3}} * 0.0002^{1/2}$$

$$v = 0.31 \text{ m/s}$$

✚ Cálculo del área del canal.

$$Ac = b * h$$

Ecuación 13

Donde:

- Ac: Área del canal (m²)
- h: Altura del canal: 0.40 (m) Tabla 30-3 Capacidad de conducción para canales con revestimiento de cemento.
- b: Ancho del canal: 0.50 (m)- Tabla 30-3 Capacidad de conducción para canales con revestimiento de cemento.

$$Ac = 0.50 * 0.40$$

$$Ac = 0.20 \text{ m}^2$$

✚ Cálculo del área de la sección transversal del canal.

$$A_{sc} = \frac{Q_d}{v}$$

Ecuación 14

Donde:

- A_{sc} : Área de la sección transversal del canal (m^2).
- Q_d : Caudal máximo de diseño: 0.0099 (m^3/s).
- v : Velocidad media del canal: 0.31 (m/s).

$$A_{sc} = \frac{0.0099}{0.31}$$
$$A_{sc} = \mathbf{0.03\ m^2}$$

- ✚ Nivel máximo del Agua en el Canal.

$$h_{mc} = \sqrt{\frac{A_{sc}}{2}}$$

Ecuación 15

Donde:

- h_{mc} : Nivel máximo del agua en el canal (m).
- A_{sc} : Área de la sección transversal del canal: 0.03 (m^2).

$$h_{mc} = \sqrt{\frac{0.03}{2}}$$
$$h_{mc} = \mathbf{0.12\ m}$$

- ✚ Cálculo de la altura total del canal.

De la Tabla 32-3 obtenemos el valor de $0,30$ como factor de seguridad h_s para el borde libre del canal.

$$H_T = h_{mc} + h_s$$

Ecuación 16

Donde:

- H_T : Altura total del canal (m).
- h_s : Factor de seguridad: 0.30 (m) Tabla 32-3 Parámetros para establecer el borde libre del canal.

➤ h_{mc} : Altura máxima del agua en el canal: 0.12 (m).

$$H_T = 0.12 + 0.30$$

$$H_T = 0.42 \text{ m}$$

3.3.3. Dimensionamiento de las rejillas.

✚ Criterios para el diseño de rejillas.

Tabla 33-3 Criterios de diseño para rejillas.

CARACTERÍSTICAS	LIMPIEZA MANUAL	Unidades	LIMPIEZA MECÁNICA
Tamaño de la barra			
Anchura	5 a 15	mm	5 a 15
Profundidad	25 a 37,5	mm	25 a 37,5
Separación entre barras	25 a 50	mm	15 a 75
Pendiente en relación a la vertical, grados	25 a 50	°	50 a 82,5
Velocidad de aproximación	150	m/s	150
Pérdida de carga admisible	150	mm	150

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 34-3 Valor para pérdida en rejillas.

FORMA	A	B	C	D	E	F	G
B	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (RAS, 2000)

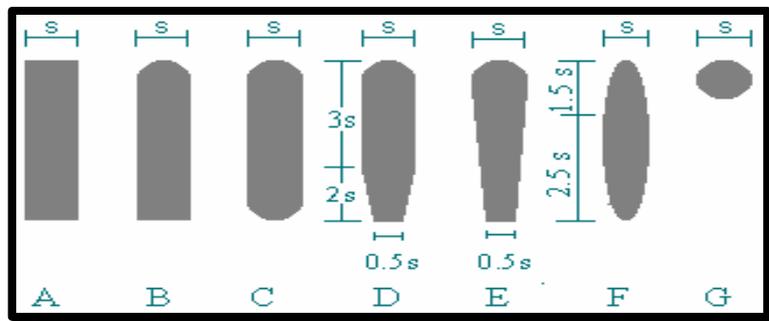


Figura 3-3 Formas de las Rejillas a utilizar

Fuente: (RAS, 2000)

Para el dimensionamiento de las rejillas se basara en los siguientes criterios de diseño, el tipo de rejilla será de tipo manual, por el motivo de que este tipo de rejillas son utilizadas para gastos menores que 0.05 m³/s, además en bibliografías establecen que las rejillas se deben instalar con una inclinación de 30 a 60° con respecto al plano en el eje horizontal, la velocidad oscila entre 0.6 a 1 m/s, valor a tomar de 0.6 m/s, dato sugerido por Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G y el tipo de rejilla que se utilizara será redonda

✚ Área libre entre barras de la rejilla.

$$A_{lr} = \frac{Qd}{v}$$

Ecuación 17

Donde:

- A_{lr}: Área libre entre barras (m²).
- Q_d: Caudal máximo de diseño: 0.0099 (m³/s).
- V: Velocidad de entrada del flujo: 0.60 (m/s) Dato sugerido por Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G.

$$A_{lr} = \frac{0.0099}{0.60}$$

$$A_{lr} = \mathbf{0.02 \text{ m}^2}$$

✚ Longitud a implementar de las barras.

$$l_b = \frac{h_c}{\text{sen } \theta}$$

Ecuación 18

Donde:

- l_b: Longitud a implementar de las barras (m).
- h_c: Altura del canal: 0.42 (m).
- Sen θ: Ángulo que poseen de inclinación las barras = sen 45 °. Tabla 33-3: Información sobre rejillas de limpieza manual, esta inclinación permite la fácil retención de los sólidos.

$$l_b = \frac{0.42}{\text{sen } 45}$$

$$l_b = \mathbf{0.60 \text{ m}}$$

✚ Número de Barras.

$$N_b = \frac{b - e}{e + t}$$

Ecuación 19

Donde:

- N_b : Número de barras.
- e: Separación entre barras: 25 mm = 0,025 m - Dato propuesto por la Dirección Técnica de la EP-EMAPAG, utilizado en otras plantas de tratamiento del Cantón.
- t: Espesor de las barras: 0,0127 m - Dato propuesto por la Dirección Técnica de la EP-EMAPAG, utilizado en otras plantas de tratamiento del Cantón.
- b: Ancho del canal: 0.50 (m) Tabla 31-3 Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos cemento.

$$N_b = \frac{0.50 - 0.025}{0.025 + 0.0127}$$

$$N_b = 12.6 \cong 13$$

✚ Cálculo del nivel máximo de agua.

Nos indica el nivel máximo de agua que va a circular dentro del canal.

$$dm_{\text{máx}} = \frac{Qd}{v * b}$$

Ecuación 20

Donde:

- $dm_{\text{máx}}$: Nivel máximo que circulará de agua en el canal (m).
- Qd: Caudal de diseño: 0.0099 (m/s).
- v: Velocidad con la que recorre el agua en el canal 0.60 (m/s) Dato sugerido por EP-EMAPAG.
- b: Ancho del canal 0.50 m Tabla 31-3 Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos cemento.

$$dm_{\text{máx}} = \frac{0.0099}{0.60 * 0.50}$$

$$dm_{\text{máx}} = 0.033 \text{ m}$$

✚ Longitud sumergida de las rejillas.

$$l_s = \frac{dm_{\text{máx}}}{\text{Sen } \vartheta}$$

Ecuación 21

Donde:

- l_s : Longitud sumergida de la rejilla (m).
- $\text{Sen } \vartheta$: Ángulo de inclinación de las barras = $\text{sen } 45^\circ$. Tabla 33-3: Información sobre rejillas de limpieza manual.
- $dm_{\text{máx}}$: Nivel máximo de agua: 0.033 (m).

$$l_s = \frac{0.033}{\text{Sen } 45}$$

$$l_s = \mathbf{0.046 \text{ m}}$$

✚ Cálculo de pérdidas de carga en la rejilla.

$$h_c = \beta * \left(\frac{s}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2g} * \text{sen } \vartheta$$

Ecuación 22

Donde:

- h_c : Pérdida de carga propuesta por Kirschmer (m).
- e : Separación entre barras (m): 0.025 Tabla 33-3 Criterios de diseño para rejillas.
- s : Espesor máximo de las barras: 0.0127 (m) Tabla 33-3 Criterios de diseño para rejillas.
- β : Factor dependiente de la forma de las barras: 1.79.

$$h_c = 1.79 * \left(\frac{0.0127}{0.025}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{0.60^2}{2 * 9.8} * \text{sen } 45$$

$$h_c = \mathbf{0.009 \text{ m}}$$

3.3.4. Dimensionamiento desarenador de flujo horizontal.

✚ Criterios de diseño desarenador de flujo horizontal.

Tabla 35-3 Correlación entre diámetro de las partículas con la velocidad de sedimentación.

Material	Diámetro de partículas	Régimen	Velocidad de sedimentación	Ley Aplicable	Número de Reynolds
Grava	> 1.0	Turbulento	100	Newton $v_s = 1.82 \sqrt{d * g \frac{\rho_a - \rho}{\rho}}$	> 10000
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	Transición	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Allen $v_s = 0.22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left(\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right)$	1000 600 180 27 17 10 4 2
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	Laminar	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Stokes $v_s = \frac{g(\rho_a - \rho)}{18\mu} d^2$	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0

Fuente: (OPS/CEPIS/05.158, 2015)

Tabla 36-3 Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas.

TEMPERATURA (T) °C	VISCOSIDAD DINÁMICA ($\vartheta * 10^6$) m2/s	DENSIDAD (ρ) kg/m3	VISCOSIDAD DINÁMICA ($\mu * 10^3$) N.s/m2	TENSIÓN SUPERFICIAL (σ) N/m
0	1.785	999.8	1.781	0.0756
5	1.519	1000.0	1.518	0.0749
10	1.306	999.7	1.307	0.0742
15	1.140	999.1	1.139	0.0735
20	1.003	998.2	1.002	0.0728
25	0.893	997.0	0.890	0.0720
30	0.800	995.7	0.798	0.0710

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 37-3 Propiedades del agua a 20 °C.

Condiciones	Temperatura °C	Valor
Densidad del agua (g/cm ³)	20	0,9982
Viscosidad del agua (g/cm.s)	20	0,01009

Fuente: Separata de Operaciones Básicas de Ingeniería Química UCE, 1993

Tabla 38-3 Diseño para desarenadores rectangulares de flujo horizontal.

CARACTERÍSTICA	VALOR USUAL	UNIDAD	INTERVALO
Tiempo de retención para caudal pico	3	Min	2 – 5
Dimensiones:			
Profundidad	3	M	2 – 5
Ancho	3.5	M	2.5 – 7
Longitud	12	M	7.5 – 20
Relación Ancho - Profundidad	1.5:1	Razón	1:1 a 5:1
Relación Largo - Ancho	4:1	Razón	3:1 a 5:1

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 39-3 Remoción de depósitos

Condiciones	Remoción		
	87½%	50%	75%
1. Máximo teórico	0,875	0,500	0,750
2. Depósitos utilizando buenos deflectores	2,750	0,760	1,660
3. Depósitos utilizando deflectores deficientes o sin ellos	7,00	1,00	3,00
4. Depósitos utilizando muy buenos deflectores	2,370	0,730	1,520

Fuente: Weston & Bogert

✚ Velocidad de sedimentación.

$$v_s = \frac{g(\rho_a - \rho)}{18\mu} d_p^2$$

Ecuación 23

Dónde:

- v_s : Velocidad de sedimentación (cm/s).
- ρ_1 : Densidad del líquido a 20°C: 0,9982 (g/cm³). Tabla 36-3 Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas.
- g: Gravedad: 980 (cm/s²).
- ρ_a : Densidad de la partícula: 2,65 (g/cm³). Valor establecido OPS/CEPIS/05.158.
- μ : Viscosidad del líquido: 0,01009 (g/cm.s). tabla 36-3 Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas.
- d_p : Diámetro de la partícula: 0,005 (cm). Valor determinado en el laboratorio.

$$v_s = \frac{980(2.65 - 0.9982)}{18 * 0.01009} 0.005^2$$

$$v_s = 0.22 \text{ cm/s}$$

✚ Número de Reynolds.

Es un número adimensional que nos permite caracterizar el movimiento de un fluido, expresado mediante rangos: régimen turbulento > 4000, de transición 2300-4000, y laminar < 2300.

$$Re = \frac{v_s * d_p}{\mu}$$

Ecuación 24

Donde:

- Re: Reynolds (adimensional).
- v_s : Velocidad a la que se produce la sedimentación 0.22 (cm/s).
- μ : Viscosidad del agua: 0,01009 ((g/cm.s)). Tabla 36-3 Propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas.
- d_p : Diámetro de la partícula: 0,005 (cm). Valor determinado en el laboratorio.

$$Re = \frac{0.22 * 0.005}{0.01009}$$

$$Re = 0.11$$

✚ Tiempo de retención.

$$t_r = \frac{H}{v_s}$$

Ecuación 25

Donde:

- t_r : Tiempo de retención (s).
- H: Altura: 2.00 m (200 cm) Tabla 38-3 Diseño para desarenadores rectangulares de flujo horizontal. Altura recomendada en base al diámetro de la partícula.
- v_s : Velocidad de sedimentación: 0.22 cm/s.

$$t_r = \frac{200}{0.22}$$

$$t_r = 909.1 \text{ s}$$

✚ Remoción con buenos deflectores.

$$a = K * t_r$$

Ecuación 26

Donde:

- a: Remoción con buenos deflectores (s).
- t_r : Tiempo de retención: 909.1 (s).
- K: Constante: 1.66- tabla 39-3 eficiencia 75 %.

$$a = 1.66 * 909.1$$

$$a = 1509.11 \text{ s}$$

✚ Capacidad del desarenador.

$$Cd = Q_d * a$$

Ecuación 27

Donde:

- Cd: Capacidad que tendrá el desarenador (m³).
- a: Tiempo de retención 1509.11 (s).
- Q_d: Caudal de diseño 0.0099 (m³/s).

$$C = 0.0099 * 1509.11$$

$$C = 14.94 \text{ m}^3$$

- ✚ Superficie del desarenador.

$$A_{ds} = \frac{Cd}{H}$$

Ecuación 28

Donde:

- A_{ds}: Superficie desarenador (m²).
- H: Altura 2.00 (m) Tabla 38-3 Diseño para desarenadores rectangulares de flujo horizontal.
- Cd: Capacidad desarenador: 14.94 (m³).

$$A_{ds} = \frac{14.94}{2.00}$$

$$A_{ds} = 7.5 \text{ m}^2$$

- ✚ Base del desarenador.

$$B_{ds} = \sqrt{\frac{A_{ds}}{2}}$$

Ecuación 29

Donde:

- B_{ds}: Base desarenador (m).
- A_{ds}: Superficie desarenador 7.5 (m²).

$$B_{ds} = \sqrt{\frac{7.5}{2}}$$

$$B_{ds} = 1.9 \text{ m}$$

- ✚ Largo del desarenador.

$$L_{ds} = B_{ds} * 2$$

Ecuación 30

Donde:

- L_{ds} : Largo del desarenador (m).
- B_{ds} : Base desarenador: 1.9 (m).

$$L_{ds} = 1.9 * 2$$

$$L_{ds} = \mathbf{3.8\ m}$$

✚ Área total del desarenador.

$$A_{ds} = L_{ds} * B_{ds}$$

Ecuación 31

Donde:

- A_{ds} : Área total del desarenador (m²).
- L_{ds} : Largo del desarenador: 3.8 (m).
- B_{ds} : Base desarenador: 1.9 (m).

$$A_{ds} = 3.8 * 1.9$$

$$A_{ds} = \mathbf{7.22\ m^2}$$

✚ Carga Hidráulica.

Es la carga que provoca el volumen de agua aplicado sobre una superficie por la cual esta vaya a pasar.

$$q = \frac{Q_d}{A_{ds}}$$

Ecuación 32

Donde:

- q : Carga hidráulica (m³/m² día).
- A_{ds} : Superficie desarenador: 7.5 (m²).
- Q_d : Caudal de diseño: 0.0099 (m³/s).

$$q = \frac{0.0099}{7.5}$$

$$q = 1.32 * 10^{-3} \frac{m^3}{m^2} - día$$

✚ Cálculo del caudal por línea del desarenador.

Es la cantidad de líquido que va a fluir por cada desarenador.

$$Q_0 = \frac{Q_d}{N \text{ unidades}}$$

Ecuación 33

Donde:

- Q_0 : Caudal por línea de desarenador (m^3/s).
- Q_d : Caudal de diseño: 0.0099 (m^3/s).
- N Unidades: 2- Con fines de mantenimiento en los desarenadores.

$$Q_0 = \frac{0.0099}{2}$$

$$Q_0 = 0.0045 \text{ m}^3/s$$

✚ Velocidad horizontal.

$$V_{hds} = \frac{Q_0}{A_{ds}}$$

Ecuación 34

Donde:

- V_{hds} : Velocidad horizontal (m/s).
- A_{ds} : Superficie desarenador: 7.5 m^2
- Q_0 : Caudal por línea de desarenador: 0.0045 (m^3/s).

$$V_{hds} = \frac{0.0045}{7.5}$$

$$V_{hds} = 6.00 * 10^{-4} \text{ m/s}$$

3.3.5. Dimensionamiento del reactor biológico.

Para el diseño del reactor biológico, se considera pérdidas en el caudal, generado en el proceso del desarenador, siendo el mismo de 4 % por lo que da un caudal de 0.0095 m³/s.

✚ Volumen del reactor.

$$V_{\text{reactor}} = \frac{X_{\text{DBO5}}}{X * C_m}$$

Ecuación 35

Dónde:

- V_{reactor} : Volumen del reactor (m³).
- X_{DBO5} : Concentración de DBO₅ dentro del reactor: 52.16 (mg/L) Caracterización del agua residual en pruebas de tratabilidad.
- X : Concentración de sólidos suspendidos totales: 7.06 (mg/L).
- C_m : Carga másica: 0.50 ((mgDBO5/día)/(mgSST.m3)) valor para aireación convencional. Su rango establecido es de 0.30-0.60. Expresa la cantidad de sustrato DBO5 por unidad de tiempo suministrada a la materia orgánica.

$$V_{\text{reactor}} = \frac{52.16}{7.06 * 0.50}$$

$$V_{\text{reactor}} = 14.8 \text{ m}^3$$

✚ Tiempo de retención.

$$Tr_{\text{reactor}} = \frac{V_{\text{reactor}}}{Q_d}$$

Ecuación 36

Dónde:

- Tr_{reactor} : Tiempo de retención (horas).
- V_{reactor} : Volumen del reactor: 14.8 (m³).
- Q_d : Caudal de diseño: 821 (m³/día).

$$Tr_{\text{reactor}} = \frac{14.8}{821}$$

$$Tr_{\text{reactor}} = 0.018 \text{ días} \cong 0.45 \text{ horas}$$

Se considera un aumento en el tiempo de retención de un 90%, debido a que este porcentaje se dedujo de las pruebas piloto realizadas al reactor con un volumen de 10 litros, teniendo una pérdida en lodos del 10% lo que equivaldría a:

$$Tr_{\text{reactor}} = 0.86 \text{ horas}$$

✚ Carga volumétrica.

Es aquella relación que existe entre la masa que posee la materia orgánica que ingresa hacia el reactor por una unidad de tiempo, y el volumen que posee el reactor.

$$C_v = \frac{X_{\text{DBO5}} * Q_d}{V_{\text{reactor}}}$$

Ecuación 37

Donde:

- C_v : Carga volumétrica (kg DBO5/m³).
- X_{DBO5} : Concentración de DBO₅: 52.16 (mg/L) tabla 31-3 Caracterización del agua residual.
- V_{reactor} : Volumen del reactor: 14.8 (m³).
- Q_d : Caudal de diseño: 821 (m³/día).

$$C_v = \frac{52.16 * 821}{14.8}$$

$$C_v = 2893.5 \text{ mg/L - día}$$

$$C_v = 0.0029 \text{ Kg/L - día}$$

✚ Edad del fango.

Es el tiempo de retención de la masa de sólidos formadas en el proceso, el cual nos indica el tiempo promedio de permanencia de los fangos, desde que se forman hasta que es purgada.

$$Ef = \frac{1}{0.2C_m + C_m^{1.445}}$$

Ecuación 38

Dónde:

- Ef : Edad del fango (días).

- C_m : Carga másica 0.50 ((mgDBO₅/día) / (mgSST.m³)) valor para aireación convencional. Su rango establecido es de 0.30-0.60.

$$E_f = \frac{1}{0.2 * 0.50 + 0.50^{1.445}}$$

$$E_f = 2 \text{ días}$$

- ✚ Necesidad teórica de oxígeno.

Es la cantidad de oxígeno suministrado al reactor para la eliminación del DBO, es decir el proceso por el cual la materia orgánica del agua residual es eliminada. La necesidad teórica de oxígeno se determina a partir del DBO del agua residual y del conjunto de organismos purgados diariamente del reactor.

$$\alpha = 0.50 + 0.001E_f$$

Ecuación 39

Donde:

- α : Coeficiente que se utiliza cuando la edad del fango es igual o menor a 2 días. El valor de α , para edades de fango superiores a los 2 días es de 0.62 KgO₂/ Kg DBO.

$$\alpha = 0.50 + 0.001 * 2$$

$$\alpha = 0.502$$

El oxígeno necesario para la síntesis establece que es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para dos fines, el primero para degradar la materia orgánica y como segundo uso para realizar su respiración endógena. Es determinado en función de la edad del fango.

$$ON_{\text{síntesis}} = n * \alpha * C_{\text{DBO}_5}$$

Ecuación 40

Donde:

- $ON_{\text{síntesis}}$: Oxígeno necesario para la síntesis Kg O₂/día.
- C_{DBO_5} : Concentración de DBO 205.012 (Kg DBO₅/día) valor de concentración de DBO₅ que entra en el reactor, determinado a nivel de laboratorio.
- $\alpha = 0.502$ Kg O₂/ Kg DBO₅.
- n : Eficiencia 82 % valor mostrado en la tabla 40-3.

$$ON_{\text{sintesis}} = 0.82 * 0.502 * 205.012$$

$$ON_{\text{sintesis}} = \mathbf{84.39 \text{ Kg O}_2/\text{día}}$$

La respiración endógena, es aquel oxígeno que necesitan los microorganismos para poder sobrevivir, para ello realizan la oxidación del propio material celular o masa activa degradable. En función de la edad del fango y de la concentración de la materia orgánica a asimilar, se establece la cantidad de oxígeno necesario para dicha respiración.

$$b = \frac{0.13 * Ef}{1 + 0.16Ef}$$

Ecuación 41

Donde:

- b: Coeficiente necesario para realizar la endogénesis. $\text{Kg O}_2/\text{día}$

$$b = \frac{0.13 * 2}{1 + 0.16 * 2}$$

$$b = \mathbf{0.20 \text{ Kg O}_2/\text{día}}$$

$$ON_{\text{endogenesis}} = V_{\text{reactor}} * b * X_{\text{licor mezcla}}$$

Ecuación 42

Donde:

- $ON_{\text{endogenesis}}$: Oxígeno necesario para la realizar la endogénesis. $\text{KgO}_2/\text{ día}$.
- V_{reactor} : 14.8 m^3
- b: $0.20 \text{ KgO}_2/\text{ día}$.
- $X_{\text{licor mezcla}}$: 3.5 Kg/m^3 Valor típico para aireación por fangos activados. Nos indica la concentración de carga orgánica y microorganismos agrupada en flóculos dentro del reactor.

$$ON_{\text{endogenesis}} = 14.8 * 0.20 * 3.5$$

$$ON_{\text{endogenesis}} = \mathbf{10.36 \text{ Kg O}_2/\text{día}}$$

El oxígeno para nitrificación no se calculará, dado que el fango es de 4.24 días requiriéndose 23 días como tiempo para que se lleve a cabo una nitrificación del proceso.

✚ Necesidad de oxígeno total teórico.

Es el punto de oxigenación necesario para realizar el proceso de metabolismo celular por parte de los microorganismos. Para ello es determinado por la suma del oxígeno necesario para la síntesis y el oxígeno necesario para la endogénesis.

$$O_{teórico} = ON_{síntesis} + O_{endogénesis}$$

Ecuación 43

Donde:

- $O_{teórico}$: Kg O₂/Hora
- $ON_{síntesis}$: 84.39 Kg O₂/día
- $O_{endogénesis}$: 10.36 Kg O₂/día

$$O_{teórico} = \frac{84.39 + 10.36}{24}$$

$$O_{teórico} = 3.95 \text{ Kg O}_2/h$$

✚ Oxígeno de punta.

Consiste en multiplicar al valor del oxígeno teórico calculado por un factor punta que va de 1.5-2. Valor que indica la oxigenación máxima sobre la síntesis y la endogénesis. Se toma el valor de 1.5, por lo tanto, el oxígeno punta será:

$$ON_{punta} = O_{teórico} * 1.5$$

$$ON_{punta} = 3.95 * 1.5$$

$$ON_{punta} = 5.93 \frac{\text{KgO}_2}{h}$$

✚ Oxígeno real.

Corresponden al consumo real de oxígeno por parte de los microorganismos, los mismos que son determinados en condiciones normalizadas en el tanque del reactor.

$$OR = \frac{ON_{punta}}{K_t * C_{O_2} * E * C_c * \rho}$$

Ecuación 44

✚ Cálculo del coeficiente global de transferencia.

K_t es el coeficiente global de transferencia, determinado mediante la siguiente fórmula aplicativa.

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} * K_{t3}$$

Ecuación 45

✚ Coeficiente K_{t1} .

Este coeficiente tiene en cuenta el déficit que se presenta de oxígeno de saturación en el licor de la mezcla. Para ello toma los siguientes parámetros:

$$K_{t1} = \frac{C_{st} - C_x}{C_s}$$

Datos:

- T: Temperatura 20° C.
- C_x : Concentración media de oxígeno 2 (mg/L) valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- C_s : Concentración de saturación de oxígeno 11.33 (mg/L) valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).

Los valores mencionados son corregidos mediante los siguientes factores: C_p , C_A , y β .

- C_p : este coeficiente tiene en cuenta las variaciones de presión debidos a las diferentes altitudes a la que se encuentre el reactor diseñado. Para ello la altitud en donde se implementará está a 2840 msnm. Realizando el respectivo cálculo se tiene.

$$C_p = 1 - 0,111 \left(\frac{\text{altitud}}{1000} \right)$$

Ecuación 46

$$C_p = 1 - 0,111 \left(\frac{2840}{1000} \right)$$

$$\mathbf{C_p = 0,68}$$

- β : tiene en cuenta los solidos presentes en la mezcla y su salinidad cuyo valor es 2.5 mg/L, por lo tanto, su coeficiente es 0.98. valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- C_A : mediante este coeficiente se toma en cuenta la altura del tanque del reactor. Este proceso dentro del tanque la aireación se va a llevar a cabo mediante difusores, la profundidad del tanque será de 3 m.

✚ Concentración en el fondo.

Indica la relación de concentración de sólidos en el fondo del tanque.

$$C_{sf} = C_s \left(\frac{10,33 + P}{10,33} \right)$$

Ecuación 47

Dónde:

- C_s : Concentración de saturación de oxígeno 11.33 (mg/L) valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- P : Profundidad 3 m debido a los difusores se toma 2.5 m.

$$C_{sf} = 11.33 \left(\frac{10,33 + 2.5}{10,33} \right)$$

$$\mathbf{C_{sf} = 8.58}$$

✚ Requerimiento de transferencia de oxígeno.

Nos indica el rendimiento de la transferencia de oxígeno dentro del tanque de reacción.

$$E = 0,05P$$

Ecuación 48

Donde:

- P : Profundidad 3 m debido a los difusores se toma 2.5 m.

$$E = 0,05(2.5)$$

$$\mathbf{E = 0,13}$$

✚ Concentración en la superficie.

Este factor toma como principal factor la reducción de la presión parcial del oxígeno por disolución del rendimiento de transferencia de oxígeno.

$$C_{ss} = C_s \left(\frac{1 - E}{0,791 + 0,209(1 - E)} \right)$$

Ecuación 49

Datos:

- Cs: Concentración de saturación de oxígeno 11.33 (mg/L) valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- E: Requerimiento de transferencia de oxígeno 0.13

$$C_{ss} = 11.33 \left(\frac{1 - 0,13}{0,791 + 0,209(1 - 0,13)} \right)$$

C_{ss} = 10.13

✚ Coeficiente de saturación media.

Determinada la saturación media entre la concentración en el fondo y en la superficie.

$$C_{sm} = \frac{C_{sf} + C_{ss}}{2}$$

Ecuación 50

Dónde:

- C_{ss}: Concentración en la superficie 8.58
- C_{sf}: Concentración de saturación media 10.13

$$C_{sm} = \frac{10.13 + 8.58}{2}$$

C_{sm} = 9.36

C_A viene dado por la división del coeficiente de saturación media y concentración de oxígeno.

$$C_A = \frac{C_{sm}}{C_s}$$

Ecuación 51

$$C_A = \frac{9.36}{11.33}$$

C_A = 0.83

Por lo tanto, el coeficiente de saturación corregida C_{ST} viene dado por la siguiente expresión.

$$C_{ST} = C_s * \beta * C_p * C_A$$

Ecuación 52

Donde:

- C_s : Concentración de saturación de oxígeno 11.33 (mg/L) valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- β : 0.98 valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- C_p : 0.68
- C_A : 0.83

$$C_{ST} = 11.33 * 0.98 * 0.68 * 0.83$$

$$C_{ST} = 6.27$$

Donde K_{t1} :

$$K_{t1} = \frac{C_{st} - C_x}{C_s}$$

Ecuación 53

Datos:

- C_x : Concentración media de oxígeno 2 (mg/L) valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- C_s : Concentración de saturación de oxígeno 11.33 (mg/L) valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- C_{ST} : 6.27

$$K_{t1} = \frac{6.27 - 2}{11.33}$$

$$K_{t1} = 0,38$$

 Coeficiente K_{t2} .

Este coeficiente está relacionado con la influencia de la temperatura en la rapidez de difusión del oxígeno dentro del reactor.

$$K_{t2} = 1,024^{T-10}$$

Ecuación 54

Dónde:

- T : Influencia de la temperatura en la velocidad de difusión de oxígeno 20° C.

$$K_{t2} = 1,024^{20-10}$$

$$K_{t2} = 1,27$$

✚ Coeficiente K_{t3}

Está relacionado con la velocidad de difusión del oxígeno en función de la influencia de la temperatura según las características del licor de la mezcla. La presente aireación que se va a realizar es mediante difusores, y revisando la tabla 40-3 establecido por Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales” de Aurelio Lehmann, se toma el siguiente valor de 0.78.

Tabla 40-3 Coeficientes K_{t3} en base a la temperatura.

Temperatura	10°C	15°C	20°C
K_{t3}	0,80	0,79	0,78

Fuente: (Hernández Lehmann, 2015)

$$K_{t3} = 0,78$$

Ecuación 55

Por lo tanto, el coeficiente global de transferencia será:

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} * K_{t3}$$

Donde:

- $K_{t3} = 0,78$
- $K_{t2} = 1,27$
- $K_{t1} = 0,38$

$$K_t = 0.38 * 1.27 * 0.78$$

$$K_t = 0.37$$

Entonces el oxígeno suministrado en condiciones reales será de

$$OR = \frac{ON_{\text{punta total}}}{K_t * C_{O_2} * E * C_C * \rho}$$

Donde:

- OR: Oxígeno real (Kg O₂/día).
- ON_{punta total}: Oxígeno necesario 5.93 (Kg O₂/día).
- K_t : Coeficiente global de transferencia 0.37
- C_{O_2} : Contenido de O₂: 28 % valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).

- E: Eficiencia 0,3 (Kg/m³) Datos proporcionados por la Dirección técnica de la E.P-EMAPA-G.
- C_c: Coeficiente de corrección 0,6 coeficiente de corrección para difusores de burbuja fina.
- ρ: Densidad del aire a condiciones atmosféricas 1.204 Kg/m³ valor obtenido a temperatura de 20° C.

$$OR = \frac{5.93}{0,37 * 0,28 * 0,3 * 0.6 * 1.204}$$

$$OR = \frac{270 \text{ KgO}_2}{\text{día}}$$

- ✚ Potencia del compresor a instalar.

$$P_{cv} = \left(\frac{0,227 * Q_{\text{aire}}}{1,04} \right) * \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,283} - 1 \right) * C * 0.735$$

Ecuación 56

Dónde:

- P1: Potencia1: 10,33 mca, a condiciones atmosféricas valor dado en el libro (CALVO RUBIALES).
- P2: Potencia 2.
- C: Coeficiente de seguridad 10 % valor sugerido por la Dirección técnica EMAPA-G.
- Q_{aire}: Caudal de aire suministrado por el difusor.

- ✚ Cálculo del caudal del aire.

$$Q_{\text{aire}} = \frac{OR}{n \text{ difusor} * 0.239 * 1.248}$$

Ecuación 57

Donde:

- Q_{aire}: Caudal de aire suministrado por el difusor (m³/h).
- n difusor: Eficiencia del difusor 0.3 Valor dado para difusores AFD 350.
- OR: Oxígeno real $\frac{270 \text{ KgO}_2}{\text{día}}$.

$$Q_{\text{aire}} = \frac{270}{0.3 * 0.239 * 1.248}$$

$$Q_{\text{aire}} = 3106.8 \frac{m^3}{h}$$

$$P_2 = P_1 + \text{profundidad} + \text{pérdida del difusor} + \text{pérdida de tubería}$$

$$P_2 = 10,33 + 2 + 0,11 + 1,5$$

$$P_2 = 13,94 \text{ mca}$$

Por lo tanto, la potencia será:

$$P_{cv} = \left(\frac{0,227 * 3106,8}{1,04} \right) * \left(\left(\frac{13,94}{10,33} \right)^{0,283} - 1 \right) * 0,1 * 0,735$$

$$P_{cv} = 4.11 \text{ Kw}$$

✚ Cálculo del número de difusores.

$$\# \text{ difusores} = \frac{Q_{\text{aire}}}{Q_{\text{difusor}}}$$

Ecuación 58

Donde:

- # difusores: Número de difusores a ser instalados dentro del reactor.
- Q_{aire} : $3106,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
- Q_{difusor} : Caudal de aire a pasar en cada difusor $80 \text{ m}^3/\text{h}$. Valor obtenido de los difusores AFD 350.

$$\# \text{ difusores} = \frac{3106,8}{80}$$

$$\# \text{ difusores} = 38$$



Figura 4-3 Difusores de burbuja fina AFD

Fuente: (Pérez Pardo, 2012)

3.3.6. Dimensionamiento del tanque clarificador.

El diseño de este tanque clarificador será para separar el fango activo generado en el reactor biológico del agua tratada.

✚ Criterios de diseño del tanque clarificador.

Tabla 41-3 Parámetros de diseño clarificador secundario.

Parámetros	Aireación prolongada	Proceso convencional y contacto estabilización.
Carga Superficial (m ³ /m ² h)	Q _{med} < 0.5 Q _{máx} < 0.9	Q _{med} < 0.8 Q _{máx} < 1.5
Carga de Sólidos a MLSS (Kg/m ² h).	Q _{med} < 1.8 Q _{máx} < 3.2	Q _{med} < 2.5 Q _{máx} < 4.5
Tiempo de retención hidráulica (h)	3-5	2.5
Caudal por metro lineal de vertedero (m ³ /h)	Q _{med} < 12 Q _{máx} < 20	
Calado cilíndrico (m)	> 3	

Fuente: (Pérez Pardo, 2012)

Tabla 42-3 Parámetros para el diseño de clarificadores.

Tipo de Tratamiento	Carga de Superficie m ³ /m ² h		Profundidad
	Caudal medio	Caudal punta	
Sedimentación a continuación de fangos activados	0.678-1.356	1.695-2.035	3.6-6.0
Sedimentación a continuación de fangos activados con oxígeno	0.678-1.356	1.695-2.035	3.6-6.0
Sedimentación a continuación de fangos activados con aireación prolongada	0.339-0.678	24.42-1.356	3.6-6.0

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

✚ Cálculo del área del clarificador.

$$A_{cla} = \frac{Q_d}{C_s}$$

Ecuación 59

Donde:

- A_{cla} : Área del clarificador (m^2).
- Q_d : Caudal de diseño $35.64 m^3/h$.
- C_s : Carga superficial: $2.035 m^3/m^2 \cdot h$ Valor determinado en la tabla 22-3. Parámetros para el diseño de clarificadores.

$$A_{cla} = \frac{35.64}{2.035}$$
$$A_{cla} = 17.5 m^2$$

- ✚ Cálculo del diámetro del clarificador.

$$\phi_{cla} = \sqrt{\frac{4 * A_{cla}}{\pi}}$$

Ecuación 60

Donde:

- ϕ_{cla} : Diámetro del clarificador (m).
- A_{cla} : Área del clarificador $17.5 m^2$

$$\phi_{cla} = \sqrt{\frac{4 * 17.5}{\pi}}$$
$$\phi_{cla} = 4.72 m$$

- ✚ Cálculo del volumen del tanque clarificador.

$$V_{cla} = A_{cla} * H$$

Ecuación 61

Donde:

- V_{cla} : Volumen del clarificador m^3
- H : Altura del clarificador $3 m$ tabla 22-3 Parámetros para el diseño de clarificadores. Altura determinada en función del diámetro, Altura $3m$, cuando diámetro es $< 12 m$.

$$V_{cla} = 17.5 * 3$$
$$V_{cla} = 53 m^3$$

Con fines de diseño se construirán dos tanques clarificadores con el fin de que el volumen inicial

calculado sea reducido en concordancia con los demás parámetros calculados, por lo tanto, el volumen de cada tanque clarificador será de 27 m³.

Hay que tener en cuenta que es necesario realizar una recirculación de fangos activados hacia el reactor biológico, con el fin de mantener la carga o concentración del licor mezcla dentro del reactor. Cabe mencionar que el licor mezcla son los microorganismos agrupados en flóculos conjuntamente con la materia orgánica y materia mineral. Por lo que el volumen a recircular está establecido en bibliografías especificando que se recircula entre 5-8 kg/ m³, para tener una alta concentración dentro del reactor se determina una tasa de recirculación de 7 kg/ m³.

3.3.7. Dimensionamiento del tanque coagulación-floculación.

✚ Criterios para el diseño de un floculador mecánico vertical de paletas.

Para este proceso que consiste en tratar al agua residual con la adición de productos químicos que favorezcan la sedimentación rápida de flóculos, mediante el diseño de un floculador mecánica vertical de paleta el mismo que es utilizado para una agitación uniforme del agua a tratar y una fácil adición de los químicos, para ello es accionado por un motor que gira a determinadas revoluciones las paletas que se encuentran dentro del tanque, produciéndose así una mezcla uniforme entre los productos químicos y el agua a tratar.

Para el dimensionamiento del floculador se utiliza caudal de diseño con una pérdida del 2% determinada en la operación anterior, siendo el mismo un valor de 0.0090 m³/s o 772.2 m³/día.

Tabla 43-3 Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas.

Suspensión	Intervalo	Carga de superficie (m ³ /m ² d)
		Caudal punta
Flóculo de alúmina	25 – 50	50
Flóculo y hierro	25 – 50	50
Flóculo de cal	30 – 60	60
Agua residual cruda	25 – 50	50

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 44-3 Parámetros de diseño para paletas.

Características	Valor	
	Intervalo	Típico
Tiempo de retención (min)	20-60	30
Floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de velocidad de hasta el 30 % de velocidad máxima (m/s).	0,45-1,00	0,6
Agitación de paletas (rpm)	50-80	60

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 45-3 Valores usuales para procesos de tratamiento de agua residual.

PROCESO	TIEMPO DE RETENCIÓN	VALORES DE G, (s-1)
Mezcla: operaciones comunes en la mezcla rápida del agua residual	10 – 30 s	500 – 1500
Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivos químicos	≤ 1 s	1500 – 6000
Mezcla rápida de reactivos químicos en procesos de filtración por contacto	< 1 s	2500 – 7500
Floculación: procesos comunes de floculación empleados en el tratamiento de agua residual	20 – 60 min	50 – 100
Floculación en procesos de filtración directa	2 – 10 min	25 – 150
Floculación en procesos de filtración por contacto	2 – 5 min	25 – 200

Fuente: (CRITES, R., TCHOBANOGLIOUS G, 2000)

Tabla 46-3 Valores de C_D

Cantidad	C_D
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

Fuente: ROUSE., 2003

Tabla 47-3 Información usual para diseño de coaguladores y floculadores

PARÁMETRO	INTER-VALO	UNIDAD	VALOR USUAL
Rectangular			
Profundidad	3 – 4	m	3,6
Longitud	15 – 90	m	25 -40
Ancho	3 -25	m	5 – 10
Velocidad del barredor	0,6 – 1,2	m/s	0,9
Circular			
Profundidad	3 – 4,0	m	3,6
Longitud	3 – 60	m	12 - 45
Pendiente de la solera	6,25 -16	mm/m	8
Velocidad de los rasca-dores	0,02 – 0,05	(r/min)	0,03

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

✚ Área superficial.

$$As_{cf} = \frac{Q_d}{Cs}$$

Ecuación 62

Donde:

- As_{cf} : Área superficial (m^2).
- Q_d : Caudal de diseño: 804 ($m^3/día$).
- Cs : Carga superficial 50 ($m^3/m^2-día$) valor de la tabla 43-3 Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas.

$$As_{cf} = \frac{804}{50}$$

$$As_{cf} = 16.1 m^2$$

✚ Cálculo del radio del tanque floculador.

$$r_{cf} = \sqrt{\frac{As_{cf}}{\pi}}$$

Ecuación 63

Donde:

- r_{cf} : Radio del tanque floculador (m).
- As_{cf} : Área superficial: 16.1 (m²).

$$r_{cf} = \sqrt{\frac{16.1}{\pi}}$$

$$r_{cf} = 2.26 \text{ m}$$

- ✚ Cálculo del diámetro del tanque de floculador.

$$\emptyset_{cf} = 2r_{cf}$$

Ecuación 64

Donde:

- \emptyset_{cf} : Diámetro del tanque (m).
- r_{cf} : Ancho del tanque floculador 2.26 (m).

$$\emptyset_{cf} = 2 * 2.26$$

$$\emptyset_{cf} = 4.52 \text{ m}$$

- ✚ Cálculo del volumen del tanque floculador.

$$V_{cf} = Trh_{cf} * Q_d$$

Ecuación 65

Donde:

- V_{cf} : Volumen del tanque floculador (m³).
- Trh_{cf} : Tiempo de retención hidráulica 25 min: 1500 (s) tabla 45-3 Valores usuales para procesos de tratamiento de agua residual.
- Q_d : Caudal de diseño: 0.0093 (m³/s).

$$V_{cf} = 1500 * 0.0093$$

$$V_{cf} = 14 \text{ m}^3$$

- ✚ Cálculo del diámetro impulsor de la paleta.

$$C_{cf} = \frac{1}{3} * \emptyset_{cf}$$

Ecuación 66

Donde:

- C_{cf} : Diámetro impulsor de la paleta (m).
- \emptyset_{cf} : Diámetro del tanque: 4.52 (m).

$$C_{cf} = \frac{1}{3} * 4.52$$

$$C_{cf} = 1.5 \text{ m}$$

- ✚ Ancho de las paletas del impulsor.

$$q_{cf} = \frac{1}{5} * C_{cf}$$

Ecuación 67

Donde:

- q_{cf} : Ancho de las paletas (m).
- C_{cf} : Diámetro impulsor de la paleta: 1.5 (m).

$$q_{cf} = \frac{1}{5} * 1.5$$

$$q_{cf} = 0.3 \text{ m}$$

- ✚ Longitud de las paletas del impulsor.

$$lp_{cf} = \frac{1}{4} * C_{cf}$$

Ecuación 68

Donde:

- lp_{cf} : Longitud de las paletas del impulsor (m).
- C_{cf} : Diámetro impulsor de la paleta 1.5 (m).

$$lp_{cf} = \frac{1}{4} * 1.5$$

$$lp_{cf} = 0.38 \text{ m}$$

- ✚ Longitud de las paletas montadas en el disco central.

$$l_{DC} = \frac{1}{2} * C_{cf}$$

Ecuación 69

Donde:

- l_{DC} : Longitud de las paletas montadas en el disco central (m).
- C_{cf} : Diámetro impulsor de la paleta 1.5 (m).

$$l_{DC} = \frac{1}{2} * 1.5$$

$$l_{DC} = \mathbf{0.75\ m}$$

✚ Diámetro del disco central.

$$S_{cf} = \frac{1}{4} * \emptyset_{cf}$$

Ecuación 70

Donde:

- S_{cf} : Diámetro del disco central del tanque (m).
- \emptyset_{cf} : Diámetro que posee el tanque: 4.52 (m).

$$S_{cf} = \frac{1}{4} * 4.52$$

$$S_{cf} = \mathbf{1.13\ m}$$

✚ Cálculo de la potencia.

Es la potencia a la cual van a girar las paletas para producir el proceso de coagulación.

$$P_{cf} = G^2 * \mu * v_{cf}$$

Ecuación 71

Donde:

- P_{cf} : Potencia HP

- G^2 ; Gradiente de velocidad 75 s^{-1} – tabla 46-3 Valores usuales para procesos de tratamiento de agua residual.
- μ : Viscosidad del líquido = 0,001009 ((Kg/m.s)). Propiedades físicas del agua.
- v_{cf} ; Volumen del tanque floculador 14 (m^3).

$$P_{cf} = 75^2 * 0.001009 * 14$$

$$P_{cf} = 79.5 \text{ W} * \frac{1 \text{ CV}}{745.7 \text{ W}} * \frac{1 \text{ HP}}{0.9863 \text{ CV}}$$

$$P_{cf} = 0.11 \text{ HP}$$

3.3.8. Dimensionamiento del sedimentador secundario.

✚ Criterios para el diseño del sedimentador secundario.

Tabla 48-3 Información para diseño de tanques de sedimentación primaria y secundaria.

CARACTERÍSTICAS	TÍPICO	INTERVALO	UNIDAD
Tanques de Sedimentación primaria y secundaria			
Tiempo de retención	2	1.5-2.5	h
Carga de superficie $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$			
A caudal medio	40	30-50	m^3/s
A caudal punta	100	80-120	m^3/s
Carga sobre vertedero	250	125-500	$\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{día}$

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Tabla 49-3 Dimensiones típicas para el diseño de decantadores primarios

Ítem	Rango	Valor típico
Rectangulares		
Profundidad (m)	3 – 4.9	4.3
Longitud (m)	15 – 90	24 – 40
Ancho (m)	3 – 24	4.9 – 9.8
Velocidad de rascadores (m/min)	0.6 – 1.2	0.9
Circulares		
Profundidad (m)	3 – 4.9	4.3

Diámetro (m)	3 – 60	12 – 45
Pendiente de solera (m)	1/16 - 1/6	1/12
Velocidad de rascadores (m/min)	0.02 – 0.05	0.03

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Para este proceso considerar una pérdida de agua por la operación de coagulación- floculación del 5 %, por lo que el nuevo caudal es de 0.0088 m³/s, 763 m³/ día.

✚ Área superficial del sedimentador secundario circular.

$$A_{S_{sed}} = \frac{Q_d}{C_s}$$

Ecuación 72

Donde:

- $A_{S_{sed}}$: Área superficial del sedimentador secundario (m²).
- C_s : Carga superficial 120 (m³/m² día) valor de la tabla 48-3 Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria y secundaria.
- Q_d : Caudal de diseño 763 (m³/día).

$$A_{S_{sed}} = \frac{763}{120}$$

$$A_{S_{sed}} = 6.4 \text{ m}^2$$

✚ Diámetro del sedimentador.

$$\phi_{sed} = \sqrt{4 * \frac{A_{S_{sed}}}{\pi}}$$

Ecuación 73

Donde:

- ϕ_{sed} : Diámetro del sedimentador secundario (m).
- $A_{S_{sed}}$: Área superficial del sedimentador secundario: 6.4 (m²).

$$\phi_{sed} = \sqrt{4 * \frac{6.4}{\pi}}$$

$$\emptyset_{\text{sed}} = 2.85 \text{ m}$$

✚ Radio del sedimentador secundario.

$$R_{\text{sed}} = \frac{\emptyset_{\text{sed}}}{2}$$

Ecuación 74

Donde:

- R_{sed} : Radio del sedimentador secundario (m).
- \emptyset_{sed} : Diámetro del sedimentador secundario: 2.85 (m).

$$R_{\text{sed}} = \frac{2.85}{2}$$
$$R_{\text{sed}} = 1.43 \text{ m}$$

✚ Volumen del sedimentador secundario.

$$V_{\text{sed}} = A_{\text{Ssed}} * H$$

Ecuación 75

Donde:

- V_{sed} : Volumen del sedimentador secundario (m³).
- A_{Ssed} : Área superficial del sedimentador secundario: 6.4 (m²).
- H: Altura del sedimentador 2 (m)- Altura establecida por la SENAGUA, está comprendida entre 1,5 m y 2,5 m.

$$V_{\text{sed}} = 6.4 * 2$$
$$V_{\text{sed}} = 12.8 \text{ m}^3$$

✚ Carga sobre el vertedero de salida.

$$C_{\text{ver}} = \frac{Q_d}{\pi * \emptyset_{\text{sed}}}$$

Ecuación 76

Donde:

- C_{ver} : Carga sobre el vertedero (m³/m-día).

- ϕ_{sed} : Diámetro del sedimentador secundario: 2.85 (m).
- Q_d : Caudal de diseño: 763 (m³/día).

$$C_{\text{ver}} = \frac{763}{\pi * 2.85}$$

$$C_{\text{ver}} = 85.22 \text{ m}^2/\text{día}$$

- ✚ Tiempo de retención hidráulica.

$$\text{Trh}_{\text{sed}} = \frac{V_{\text{sed}}}{Q_d}$$

Ecuación 77

Donde:

- Trh_{sed} : Tiempo de retención hidráulica (h).
- Q_d : Caudal diseño: 31.68 (m³/h).
- V_{sed} : Volumen del sedimentador secundario: 12.8 (m³).

$$\text{Trh}_{\text{sed}} = \frac{12.3}{31.68}$$

$$\text{Trh}_{\text{sed}} = 0.4 \text{ H}$$

3.3.9. Dimensionamiento del sistema de filtración.

El proceso de filtración es un método por el cual el agua residual se purifica haciéndole que la misma pase a través de un material poroso, en donde involucra un proceso de eliminación de las partículas que se encuentran en suspensión en el agua a tratar, las mismas que no han podido ser aisladas en los procesos anteriores, además reduce la turbiedad del agua.

El diseño del presente filtro estará formado de arena y grava, y una segunda capa formado por carbón activado, para el diseño se tomará en cuenta la pérdida de caudal generada en el sedimentador secundario, el mismo que es de 4 %, por remoción de lodos que son enviados al lecho de secado, teniendo un caudal de 0.0084 m³/s o 30.41 m³/ hora.

- ✚ Criterio para el diseño del filtro

Tabla 50-3 Criterios de diseño para filtros

Parámetro	Unidad	Valor
Carbón activado granular		
Espesor de la capa de carbón	cm	≥ 45
Tamaño efectivo	mm	0,8-1,4
Arena		
Espesor de arena	cm	≥ 30
Tamaño efectivo	mm	0,45-0,65
Grava		
Espesor de grava gruesa en el fondo	cm	10-45
Tamaño efectivo	mm	2,4
Capa de agua sobrenadante		
Altura de agua	m	1-1,5
Borde libre	cm	20-30
Lecho de filtración		
Profundidad del medio	m	0,6-1,40
Tasa de filtración	m/d	2-12

Fuente: (Romero Rojas, 2002)

Tabla 51-3 Juicios de diseño para el drenaje

Parámetro	Valor	Unidades
Separación de los laterales	1-2	m
Diámetros de los orificios laterales	6,5-15,8	mm
Espaciamiento de los orificios de laterales	7,5-25	cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	3,5	cm

Fuente: (Romero Rojas, 2002)

Tabla 52-3 Criterios de diseño para tuberías

Parámetro	Valor	Caudal
Velocidad de diseño	0,9-1,8 m/s	efluente
Velocidad de diseño	0,3-12 m/s	afluente

Fuente: (Romero Rojas, 2002)

✚ Cálculo del número de filtros.

$$n_f = 0.044\sqrt{Q_d}$$

Ecuación 78

Donde:

- n_f : Número de filtros (adimensional).
- Q_d : Caudal de diseño: 730 (m³/día).

$$n_f = 0.044\sqrt{730}$$

$$n_f = 1.18 \cong 2$$

✚ Cálculo del área del filtro.

$$A_{fil} = \frac{Q_d}{n_f * v_f}$$

Ecuación. 79

Donde:

- A_{fil} : Área del filtro (m²).
- Q_d : Caudal de diseño: 30.41 (m³/h).
- v_f : 1.5 (m/h)-En el libro del autor CÉSAR MARRON, LIMA, 1999 sugiere una velocidad de filtración 1-1,5 m/h.
- n_f : 2 (adimensional).

$$A_{fil} = \frac{30.41}{2 * 1.5}$$

$$A_{fil} = 10.13 \text{ m}^2$$

✚ Cálculo del área de cada filtro.

$$A_{if} = \frac{A_{fil}}{n_f}$$

Ecuación 80

Donde:

- A_{if} : Área de cada filtro (m²).
- n_f : Número de filtros 2 (adimensional).
- A_{fil} : Área del filtro: 10.13 (m²).

$$A_{if} = \frac{10.13}{2}$$

$$A_{if} = 5.01 \text{ m}^2$$

✚ Cálculo del coeficiente mínimo costo.

Este coeficiente determina la relación que debe haber entre el largo y el ancho del dimensionamiento del filtro.

$$Kc = \frac{2 * n_f}{n_f + 1}$$

Ecuación. 81

Donde:

- Kc: Coeficiente de mínimo costo (adimensional).
- n_f : Número de filtros: 2 (adimensional).

$$Kc = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$Kc = 1.33$$

✚ Cálculo de la longitud de la unidad del filtro.

$$a_f = \sqrt{A_{if} * Kc}$$

Ecuación 82

Donde:

- a_f : Longitud del filtro (m).
- A_{if} : Área de cada filtro: 5.01 (m²).
- Kc: 1.33 (adimensional).

$$a_f = \sqrt{5.01 * 1.33}$$

$$a_f = 2.6 \text{ m}$$

✚ Cálculo del ancho de la unidad del filtro.

$$b_f = \sqrt{\frac{A_{if}}{Kc}}$$

Ecuación 83

Donde:

- b_f : Ancho de la unidad del filtro (m).
- A_{if} : Área de cada filtro: 5.01 (m²).
- Kc : 1.33 (adimensional).

$$b_f = \sqrt{\frac{5.01}{1.33}}$$

$$b_f = 1.93 \text{ m}$$

✚ Altura del lecho filtrante.

$$H_{if} = e_a + e_g + e_c$$

Ecuación.84

Donde:

- H_{if} : Altura del lecho filtrante (m).
- e_a : Espesor de la capa de arena 0.30 (m) Tabla 50-3 Criterios de diseño para filtros.
- e_g : Espesor de la capa de grava 0.25 (m) Tabla 50-3 Criterios de diseño para filtros.
- e_c : Espesor de la capa de carbón activado 0.60 (m) Tabla 50-3 Criterios de diseño para filtros.

$$H_{if} = 0.60 + 0.30 + 0.25$$

$$H_{if} = 1.15 \text{ m}$$

✚ Altura del filtro.

$$L_{tp} = fs * (Ca + H_{if} + Cs + Fc)$$

Ecuación 85

Donde:

- L_{tp} : Altura del filtro (m).

- fs: Factor de seguridad 15 % Valor recomendado por la dirección técnica de la EP-EMA-PAG.
- Ca: Altura de la capa de agua 1 (m) Tabla 50-3 Criterios de diseño para filtros.
- H_{if}: Altura del lecho filtrante 1.15 (m).
- Cs: Altura de la capa de soporte 0.30 (m) Tabla 50-3 Criterios de diseño para filtros.
- Fc: Altura del drenaje 0.20 (m) Tabla 50-3 Criterios de diseño para filtros.

$$L_{tp} = 1.20 * (1.00 + 1.15 + 0.30 + 0.20)$$

$$L_{tp} = 3.04 \text{ m}$$

- ✚ Cálculo del volumen del filtro.

$$V_{fil} = L_{tp} * a_f * b_f$$

Ecuación 86

Donde:

- V_{fil}: Volumen del filtro (m³).
- a_f: 2.6 (m).
- L_{tp}: 3.04 (m).
- b_f: 1.93 (m).

$$V_{fil} = 3.04 * 2.6 * 1.93$$

$$V_{fil} = 15.01 \text{ m}^3$$

- ✚ Cálculo del diámetro de la tubería que entra al filtro.

$$D_{tf} = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{v * \pi}}$$

Ecuación 87

Donde:

- D_{tf}: Diámetro de la tubería (m).
- v: Velocidad en la tubería 3 m/s (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EMAPA-G).
- Q_d: Caudal de diseño: 0.0084 m³/s.

$$D_{tf} = \sqrt{\frac{4 * 0.0084}{3 * \pi}}$$

$$D_{tf} = 0.060 \text{ m}$$

✚ Sistema de drenaje.

Se utilizará una tubería de PVC de media pulgada perforada conformando la estructura de salida de los filtros, conduciendo a la zona donde será contenida el agua filtrada.

✚ Cálculo del área de cada orificio.

$$A_0 = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Ecuación 88

Donde:

- A_0 : Área de cada orificio (m^2).
- D: Diámetro del orificio 8 mm- Tabla 51-3 Criterios de diseño para el sistema de drenaje.

$$A_0 = \frac{\pi * 0.008^2}{4}$$

$$A_0 = 5.3 * 10^{-5} m$$

✚ Cálculo del caudal que ingresa a cada orificio.

$$Q_0 = A_0 * v_0$$

Ecuación 89

Donde:

- Q_0 : Caudal en cada orificio (m^3/s).
- A_0 : Área de cada orificio: $5.02 * 10^{-5} m^2$
- v_0 : Velocidad que ingresa al orificio 3 m/s- Tabla 52-3 Criterios de diseño para tuberías.

$$Q_0 = 5.02 * 10^{-5} * 3$$

$$Q_0 = 1.51 * 10^{-4} m^3/s$$

✚ Cálculo del número de laterales.

$$\text{Número Laterales} = n * \frac{L_{tp}}{eL}$$

Ecuación 90

Donde:

- Número Laterale: Número de laterales (adimensional).
- n: Número de laterales por lado: 3 (Valor asumido)
- L_{tp} : Longitud total de la pared 3.04 (m).
- eL: Separación que existe entre laterales 2 m- tabla 51-3 Criterios de diseño para tuberías.

$$\text{Número Laterale} = 3 * \frac{3.04}{2}$$

$$\text{Número Laterale} = 5$$

✚ Cálculo de separación entre orificios.

Es la distancia mínima que debe estar separados los orificios presentes en la tubería.

$$\text{Sep}_0 = 2 * \frac{Li}{e}$$

Ecuación 91

Donde:

- Sep_0 : Separación entre orificios.
- Li : Longitud que debe haber entre cada lateral (m); 2 m (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G).
- e: Espacio entre cada orificio (m); 0.075 m- tabla 32-3 Criterios de diseño para tuberías.

$$\text{Sep}_0 = 2 * \frac{2}{0.075}$$

$$\text{Sep}_0 = 53.3$$

✚ Número total de orificios.

$$\text{Número orificios} = \text{Número Laterale} * \text{Sep}_0$$

Ecuación 92

Donde:

- Número orificios: Número total de orificios.
- Sep_0 : Separación entre orificios 53.33 (adimensional).
- Número Laterale: Número de laterales 5 (adimensional).

$$\begin{aligned} \text{Número orificios} &= 5 * 53.33 \\ \text{Número orificios} &= \mathbf{267 \text{ unidades}} \end{aligned}$$

- ✚ Área total de los orificios.

$$A_{to} = A_0 * \text{Número orificios}$$

Ecuación 93

Donde:

- A_{to} : Área total de los orificios (m^2).
- Número orificios: Número total de orificios 267 unidades.
- A_0 : Área de cada orificio: $5.02 * 10^{-5} m^2$

$$\begin{aligned} A_{to} &= 5.02 * 10^{-5} * 267 \\ A_{to} &= \mathbf{0.013 m^2} \end{aligned}$$

3.3.10. Dimensionamiento del lecho de secado.

Los lechos de secado son sistemas sencillos donde su función radica en secar los lodos provenientes de las diferentes etapas del tratamiento del agua residual, como resultado de los residuos generados en cada etapa del proceso. Estos lechos se eliminan el agua mediante la evaporación quedando un material sólido con bajo contenido de humedad.

- ✚ Parámetros para el diseño de lechos de secado.

Tabla 53-3 Tiempo requerido para digestión de lodos

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2015)

Tabla 54-3 Parámetros para lecho de secado

Parámetro		rango	unidad
ancho de lecho de secado	general	3-6	m
	instalaciones grandes	10	m
profundidad de lodos	general	0.2 – 0.4	m

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163, 2015)

✚ Contribución per cápita de los sólidos suspendidos.

Para determinar la contribución per cápita de los sólidos en suspensión generados por la población por día se lo realiza tomando en cuenta las siguientes consideraciones: el valor de los sólidos suspendidos es de $SS = 202.67 \text{ mg/L}$, valor obtenido de la caracterización primaria, con respecto al caudal, este será tomado por cada uno de los procesos en los cuales se genere lodos, siendo los mismos del tanque desarenador, del tanque coagulador-floculador, del tanque sedimentador secundario, dándonos un caudal promedio de $0.0093 \text{ m}^3/\text{s}$, $806.4 \text{ m}^3/\text{día}$.

$$P_s = \frac{S_s * Q * 1000 \text{ L}}{P_f * 1000\text{mg}}$$

$$P_s = \frac{202.67 * 806.4 * 1000 \text{ L}}{1638 * 1000\text{mg}}$$

$$P_s = 100 \frac{\text{gss}}{\text{hab. día}}$$

✚ Carga de los sólidos en suspensión.

Masa de sólidos en suspensión en el lecho de secado por metro cuadrado y por unidad de tiempo.

$$C = \frac{P_f * P_s}{1000}$$

Ecuación 94

Donde:

- C: Carga de sólidos en suspensión (Kgss/día).
- Pf: Población futura: 1638 habitantes.
- Per: Producción per cápita: 100 (gss/día).

$$C = \frac{1638 * 100}{1000}$$

$$C = 164 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

✚ Masa de sólidos que forman los lodos.

$$\text{Msdl} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Ecuación 95

Donde:

- Msdl: Masa de solidos (Kgss/día).
- C: Carga de sólidos en suspensión: 164 (Kgss/día).

$$\text{Msdl} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 164) + (0,5 * 0,3 * 164)$$

$$\text{Msdl} = 53.3 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

✚ Cálculo del volumen diario de los lodos digeridos.

$$V_{LD} = \frac{\text{Msdl}}{\rho * \% \text{ sólidos}}$$

Ecuación 96

Donde:

- V_{LD} : Volumen de lodos digeridos (L/día).
- Msdl: Masa de solidos 53.3 (Kgss/día).
- ρ : Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.- valor tomado de OPS/CEPIS/05.163
- % de sólidos: 12 % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12.- valor tomado de OPS/CEPIS/05.163.

$$V_{LD} = \frac{53.3}{1.04 * 0.12}$$

$$V_{LD} = 427.1 L$$

✚ Cálculo del volumen de lodos a extraerse del tanque.

Es el volumen a extraerse de lodos del lecho de secado, pasado los 40 días necesarios para la digestión de los mismos.

$$V_{\text{Ide}} = \frac{V_{\text{LD}} * t_{\text{DE}}}{1000}$$

Ecuación 97

Donde:

- V_{Ide} : Volumen de lodos a extraer (m^3).
- t_{DE} : Tiempo de digestión 40 días Tabla 53-3 Tiempo requerido para digestión de lodos.
- V_{LD} : Volumen de lodos digeridos: 427.1 (L/día).

$$V_{\text{EL}} = \frac{427.1 * 40}{1000}$$

$$V_{\text{EL}} = 17.1 \text{ m}^3$$

✚ Cálculo del área del lecho del secado.

$$A_{\text{IS}} = \frac{V_{\text{EL}}}{H_a}$$

Ecuación 98

Donde:

- A_{IS} : Área del lecho de secado (m^2).
- H_a : Profundidad de aplicación 0.40 m – Tabla 54-3: Parámetros para lecho de secado.
- V_{EL} : Volumen de lodos a extraer: 17.1 (m^3).

$$A_{\text{IS}} = \frac{17.1}{0.40}$$

$$A_{\text{IS}} = 42.8 \text{ m}^2$$

✚ Cálculo de la longitud del lecho de secado.

$$L_{\text{IS}} = \frac{A_{\text{IS}}}{B_{\text{IS}}}$$

Ecuación 99

Donde:

- L_{IS} : Longitud del lecho de secado (m).

- B_{1s} : Ancho del lecho de secado: 6 m-Tabla 54-3 Parámetros para lecho de secado.
- A_{1s} : Área del lecho de secado: 42.8 m²

$$L_{1s} = \frac{42.8}{6}$$

$$L_{1s} = 7.13 \text{ m}$$

- Cálculo del volumen del tanque para lodos.

$$V_{tl} = L_{1s} * B_{1s} * H_s$$

Ecuación 100

Donde:

- V_{tl} : Volumen del tanque (m³).
- L_{1s} : Longitud del lecho de secado: 7.13 m.
- B_{1s} : Ancho del lecho de secado: 6 m- Tabla 54-3 Parámetros para lecho de secado.
- H_s : Profundidad de aplicación: 0.40 m – Tabla 54-3 Parámetros para lecho de secado.

$$V_{tl} = 7.13 * 6 * 0.40$$

$$V_{tl} = 17.1 \text{ m}^3$$

- Intervalo de tiempo para desalojar los lodos.

Es el tiempo máximo en el que se debe separar los lodos del lecho, para evitar acumulaciones y reducción en la eficiencia del secado de los mismos.

$$T_{DL} = \frac{V_{tl}}{Q_d}$$

Ecuación 101

Donde:

- T_{DL} : Tiempo para desalojar los lodos (horas).
- V_{tl} : Volumen del tanque: 16.8 (m³).
- Q_d : Caudal 0.0090 (m³/s).

$$T_{DL} = \frac{16.8}{0.0090}$$

$$T_{DL} = 1866.7 \text{ s}$$

$$T_{DL} = 0.5 \text{ horas}$$

3.3.11. Análisis

El agua residual generado en Facundo Vela no recibe ningún tipo de tratamiento antes de su vertido al río Tunan, por tal motivo es de constante preocupación por parte de las autoridades Ambientales la afectación que estas descargas están generando a la principal arteria hídrica del sector. Por ello, mediante el trabajo de titulación se realizó el estudio correspondiente para la implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, con el propósito de dar solución al problema ambiental generado y cumplir con la Normativa Ambiental vigente.

En primer lugar, se determinó el caudal generado por la Parroquia, se utilizó el método volumétrico para su determinación, debido a que el caudal generado es variable. Para la obtención del caudal promedio, se realizó en los meses de junio y julio debido en que aquellos meses se presenta las estaciones de invierno y verano respectivamente, factor primordial para realizar el estudio correspondiente. Obteniéndose así caudales de 4.71 L/s y 3.79 L/s en los meses anteriormente citados, se trabajó con un caudal promedio de estos meses dándonos un valor de 4.02 L/s, el mismo que nos sirvió como punto de partida para los respectivos cálculos posteriores.

Se recolectaron muestras compuestas para su respectiva caracterización inicial, las mismas que fueron analizadas, tabuladas y comparadas con la TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE LIBRO TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. Los resultados mostrados indicaron que los siguientes parámetros se encuentran fuera de los límites permisibles siendo los siguientes: aluminio, bario, cinc, cloruros, cobre, sulfato, DBO5, DQO, fluoruros, fósforo total, nitrógeno amoniacal, parámetros físicos: sólidos suspendidos totales. Los mismos que representan un foco de contaminación al ser descargados sin su respectivo tratamiento. Valores mostrados en la tabla 8-3.

Para determinar el tipo de tratamiento que se debe aplicar a estas aguas residuales, nos basamos en el valor del índice de biodegradabilidad, el mismo que nos da un valor de 0.348, dicho resultado nos indica que el agua que se va a tratar es de naturaleza biodegradable, por lo que la propuesta que se aplicó es un sistema combinado, es decir, tratamiento físico, químico y biológico, cuyo proceso consiste de las siguientes etapas: rejillas, canal, desarenador, reactor biológico, tanque de coagulación floculación, sedimentador secundario, filtro de arena, grava y carbón activado.

Las pruebas de tratabilidad se realizaron a nivel de laboratorio, para ello se consideraron las siguientes etapas: con respecto al reactor biológico se utilizó un balde de 10 L conteniendo el agua a tratar en donde se le suministro aire mediante la ayuda de un compresor, con la intención de suministrar oxígeno para que los microorganismos presentes logren degradar la materia orgánica presente, además ayuda a la disminución de la turbiedad, sólidos suspendidos y totales, para comprobar su eficiencia se realizó su caracterización inicial y después del tratamiento teniendo que: El DBO₅ y DQO al ingreso tenían los siguientes valores 260.82 y 754.87 mg/l respectivamente, al realizar la prueba de tratabilidad del reactor se tiene que el DBO₅ y DQO al final del proceso se obtuvieron valores de 52.16 y 105.68 mg/l respectivamente dándonos una eficiencia en el tratamiento de 86 %. Los difusores a instalar serán de cerámica AFD 350, de tipo burbuja fina, debido a que estos tiene mayor transferencia de oxígeno y son utilizados en tratamientos biológicos, cada diámetro de difusor será de 0.35 m y la separación a existir entre cada difusor será de 5 cm, los poros son de membrana y de tipo cerámicos por ser más duraderos, soportan aireaciones agresivas y altamente corrosivas, proporcionan elevada transferencia de oxígeno y son económicas, especificaciones mostradas por la fabricadora Sanitaire.

Mediante la aplicación del test de jarras, se determinó la dosis de coagulante y floculante a utilizar así como el reactivo químico idóneo, se utilizaron como coagulantes el sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio y como auxiliares el chemflock y rapised, para la aplicación de estos reactivos se prepararon soluciones a diferentes concentraciones, teniendo que tanto el sulfato de aluminio como el PAC fueron preparados a 0.02, 0.03, 0.04 y 0.04 ppm, la concentración del auxiliar fue de 0.8 ppm. La respectiva prueba de tratabilidad en el test de jarras consistió en añadir diferentes volúmenes de coagulante y floculante en el test de jarras, hasta que el vaso de precipitación que contiene el agua que se está tratando se forme flóculos de gran tamaño y luego estos sedimenten, para ellos se determinó que el PAC a una concentración de 0.04 ppm con una dosificación de 3.50 mL y del auxiliar Chemfloc con un volumen de dosificación de 7.00 mL, dichos reactivos cumplen con los objetivos señalados. Presentando así una eficiencia del 98 % de reducción de turbiedad, 92 % con respecto al color y un 90 % de sólidos totales disueltos.

El siguiente proceso consistió en la filtración, para ellos se utilizaron dos sistemas el primero conformado de arena y grava y un segundo sistema de carbón activado, se utilizó estos sistemas debido a la gran eficiencia que poseen estos para remover material no sedimentable, turbiedad, solidos, olor, color, se lo logra mediante la adherencia de estos contaminantes al medio poroso del sistema filtrante, consiguiendo mejorar la calidad del agua, en la cual se procedió a pasar el agua a tratar por medio de estos medios filtrantes, al final el agua recolectada a través de este sistema nos mostró una reducción de 88.64 % con respecto al color y un 75 % de los SST. Con respecto al dimensionamiento el filtro estará conformado por carbón activado, arena y grava, no

se dimensionará por separado. Al utilizar el carbón activo como medio filtrante, este por su capacidad de adsorción que posee en su superficie, permite que los microorganismos presentes en el agua se queden adheridos al área de este medio, permitiendo así que al final el agua tratada no presente microorganismos, además con un alto grado de eficiencia reduce el color del agua tratada.

Con respecto a los lodos generados estos serán llevados a un lecho de secado para su respectiva deshidratación, con los lodos deshidratados estos serán estabilizados con cal con el propósito de eliminar los malos olores y reducir su contenido patógeno, posteriormente serán llevados al botadero general.

Realizadas las respectivas pruebas de tratabilidad, para su correspondiente validación de lo ejecutado, se procedió a enviar las muestras a un laboratorio certificado como fue el CESTTA, el mismo que certifica que el procedimiento utilizado es el adecuado, debido a que los resultados entregados por parte del laboratorio indican que los parámetros analizados se encuentran dentro de la Normativa Ambiental vigente. Se determinó el porcentaje promedio de remoción de contaminantes al final del tratamiento, dándonos una eficiencia de 97.18 %, verificando así que el proceso planteado para reducir la carga contaminante del agua es el adecuado, procedimiento por el cual debe ser implementado en la Parroquia en mención, con el fin de evitar la contaminación ambiental que se está generando, además de impedir que la autoridad Ambiental envíe llamados de atención tanto a la Junta Parroquial como a la E.P EMAPA-G, por las descargas a la principal arteria sin su tratamiento previo.

Con la validación ya certificada se procedió a realizar los respectivos cálculos de ingeniería, en donde se tomó en cuenta para un funcionamiento de la planta de 15 años con una población futura de 1638 habitantes y una caudal de diseño de 9.9 L/s, por medio de estos datos sirvieron como punto de partida para el dimensionamiento de la planta de tratamiento. Para su dimensionamiento se tomaron en cuenta criterios de diseño establecidos tanto en libros como en la Organización Panamericana de la Salud OPS, Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), quienes nos establecen las reglas necesarias que se debe tomar en cuenta antes de diseñar cualquier proceso. El respectivo dimensionamiento y resultados de los mismos se puede apreciar desde la tabla 55-3 hasta la tabla 65-3.

3.3.12. Resultados del dimensionamiento.

a) Población futura.

Tabla 55-3 Resultados de la población futura.

Parámetros	Valor	Unidades
Población actual 2017	1122	Habitantes
Periodo de diseño	15	Años
Índice de crecimiento	1.73	%
Población futura 2030	1638	Habitantes

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

b) Caudal de diseño

Tabla 56-3 Resultados de caudal de diseño.

Parámetros	Valor	Unidades
Dotación	50	L/hab*día
Caudal medio	2.28	L/s
Coefficiente de mayorización	3.66
Caudal Mayorado	8.33	L/s
Caudal de aguas ilícitas	1.52	L/s
Caudal de diseño	9.9	L/s

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

c) Dimensionamiento del canal.

Tabla 57-3 Resultados del dimensionamiento del canal.

Parámetros	Valor	Unidades
Radio hidráulico	0,15	m
Velocidad media del canal	0.31	m/s
Área del canal	0.20	m ²
Área de la sección transversal del canal	0.03	m ²
Altura máxima del agua en el canal	0.12	m
Altura total del canal	0.42	m

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

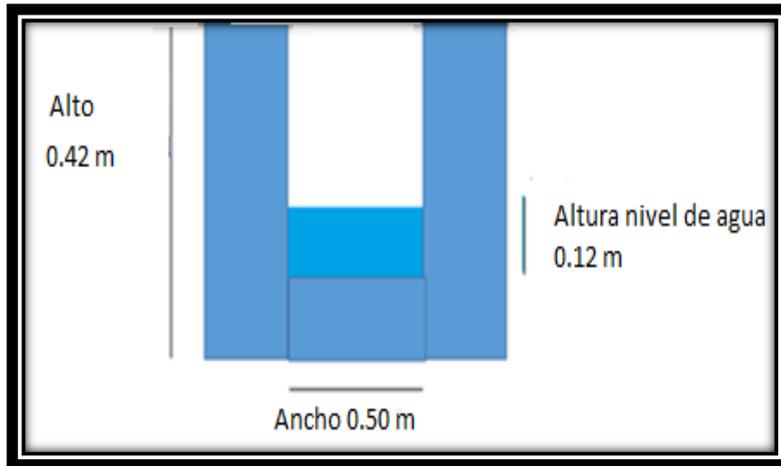


Figura 5-3 Dimensionamiento del canal

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

d) Dimensionamiento de las rejillas.

Tabla 58-3 Resultados del dimensionamiento de las rejillas.

Parámetro	Valor	Unidades
Área libre entre las rejillas	0.02	m ²
Velocidad de flujo	0.60	m/s
Ángulo de inclinación	45	°
Longitud de barras	0.60	m
Número de barras	13	unidades
Pérdida de carga	0.05	m
Separación entre barras	0.025	m

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

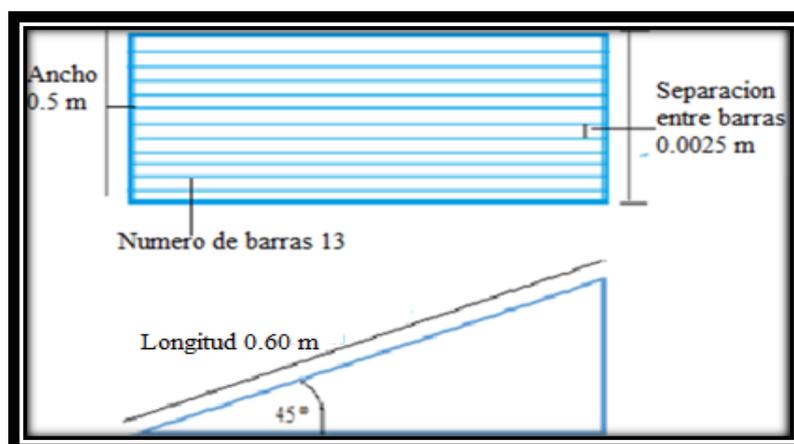


Figura 6-3 Dimensionamiento del sistema de rejillas

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

e) Dimensionamiento del desarenador.

Tabla 59-3 Resultados del dimensionamiento del desarenador.

Parámetro	Valor	Unidades
Velocidad de sedimentación	0.22	cm/s
Número de Reynolds	0.11	adimensional
Tiempo de retención	909.1	segundos
Capacidad	14.94	m ³
Superficie	7.5	m ²
Base	2.2	m
Largo	4.4	m
Carga hidráulica	$9.8 \cdot 10^{-4}$	m ³ /m ² día
Caudal por línea del desarenador	0.0045	m ³ /s
Velocidad horizontal	$6 \cdot 10^{-4}$	m/s

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

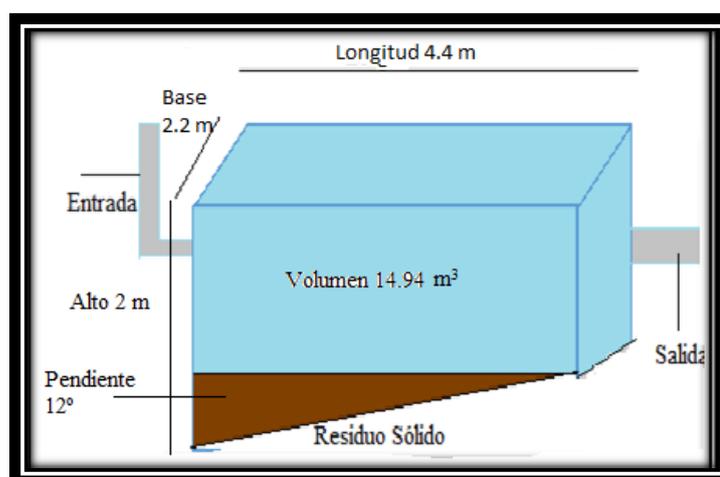


Figura 7-3 Dimensionamiento del desarenador

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

f) Dimensionamiento del reactor biológico.

Tabla 60-3 Resultados del dimensionamiento del reactor biológico.

Parámetro	Valor	Unidades
Volumen del reactor	14.8	m ³
Tiempo de retención	0.86	Horas
Carga volumétrica	0.0029	Kg DBO ₅ /m ³ día

Edad del fango	2	Días
Oxígeno real	$2.53 \cdot 10^{-6}$	Kg O ₂ /día
Potencia a instalar	4.11	Kw
Altura del reactor	2	m
Altura de difusores	0.5	m
Diámetro del reactor	3	m

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

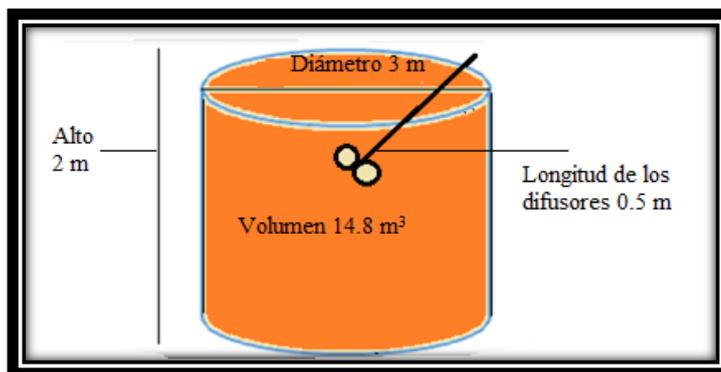


Figura 8-3 Dimensionamiento del Reactor Biológico.

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

g) Dimensionamiento del clarificador secundario.

Tabla 61-3 Resultados del dimensionamiento del clarificador secundario.

Parámetros	Valor	Unidad
Área	17.5	m ²
Diámetro	4.72	m
Volumen	27.0	m ³
Tiempo de retención hidráulica	2.5	horas
Altura	3	m

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

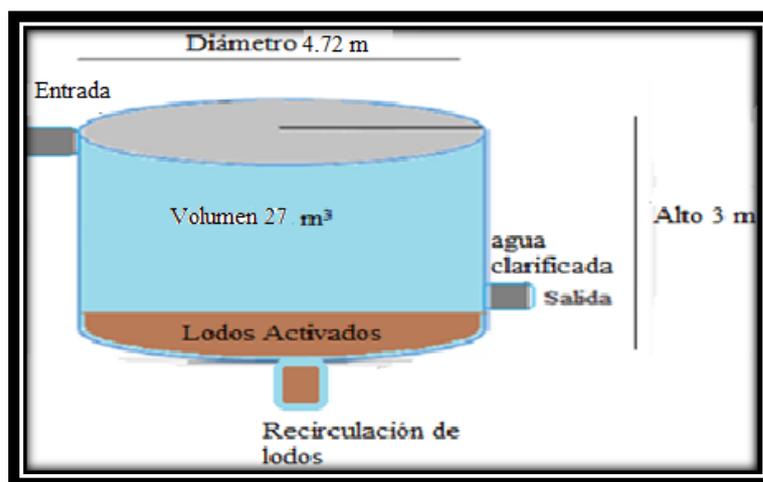


Figura 9-3 Dimensionamiento del clarificador secundario

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

h) Dimensionamiento del tanque floculador mecánico.

Tabla 62-3 Resultados del dimensionamiento del tanque floculador mecánico.

Parámetros	Valor	Unidades
Área superficial	16.1	m ²
Radio	2.26	m
Diámetro	4.52	M
Volumen del tanque	14.0	m ³
Tiempo de retención hidráulica	20	Minutos
Diámetro de las paletas del impulsor	1.5	M
Ancho de las paletas del impulsor	0.30	M
Longitud de las paletas del impulsor	0.38	M
Longitud de las paletas montadas en el eje del disco central	0.75	M
Diámetro del disco central	1.13	M
Potencia	0.11	HP

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

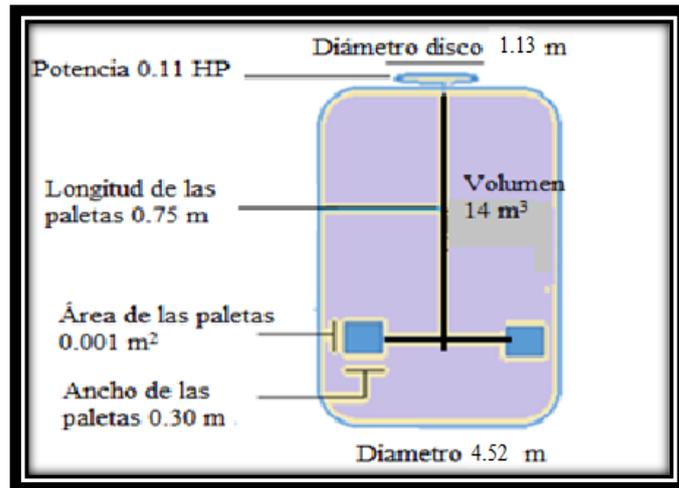


Figura 10-3 Dimensionamiento del tanque coagulador floculador

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

i) **Dimensionamiento del sedimentador secundario.**

Tabla 63-3 Resultados del dimensionamiento del sedimentador secundario.

Parámetros	Valor	Unidad
Área	6.4	m ²
Diámetro	2.85	m
Radio	1.43	m
Volumen	12.8	m ³
Carga sobre el vertedero de salida	85.22	m ³ /m ² día
Tiempo de retención hidráulica	0.4	Horas

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

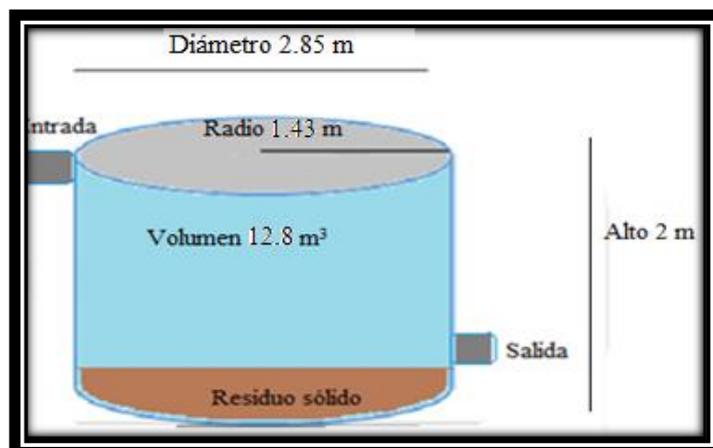


Figura 11-3 Dimensionamiento del sedimentador secundario

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

j) **Dimensionamiento del filtro.**

Tabla 64-3 Resultados del dimensionamiento del filtro.

Parámetros	Valor	Unidades
Área de filtración	10.13	m ²
Determinación de número de módulos de filtración	2	unidades
Área de cada unidad	5.01	m ²
Longitud de la unidad	2.6	m
Ancho de la unidad	1.93	m
Longitud total de la pared	3.04	m
Diámetro de la tubería de entrada al filtro	0.0061	m
Sistema de drenaje		
Diámetro de los orificios laterales	0,008	m
Área de cada orificio	$5.3 \cdot 10^{-5}$	m ²
Caudal que ingresa a cada orificio	$1.51 \cdot 10^{-4}$	m ³ /s
Número de laterales	5	unidades
Separación entre orificios	53.33	Unidades
Número total de orificios	267	unidades
Área total de orificios	0.013	m ²

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

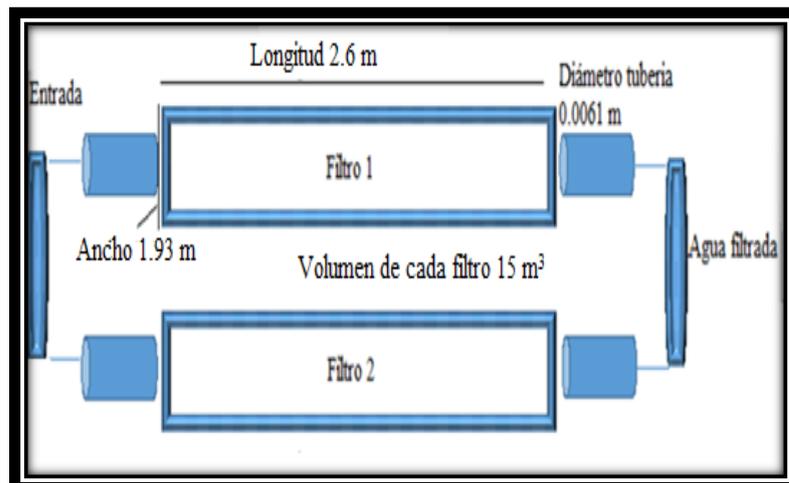


Figura 12-3 Dimensionamiento del sistema de filtración

Elaborado por: Trujillo Henry, 2017

k) **Dimensionamiento del lecho de secado.**

Tabla 65-3 Resultados del dimensionamiento del lecho de secado.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen del tanque	17.1	m ³
Profundidad	0.40	m
Longitud	7.13	m
Área	42.8	m ²
Ancho	6.00	m
Tiempo para desalojar el lodo	0.5	h

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

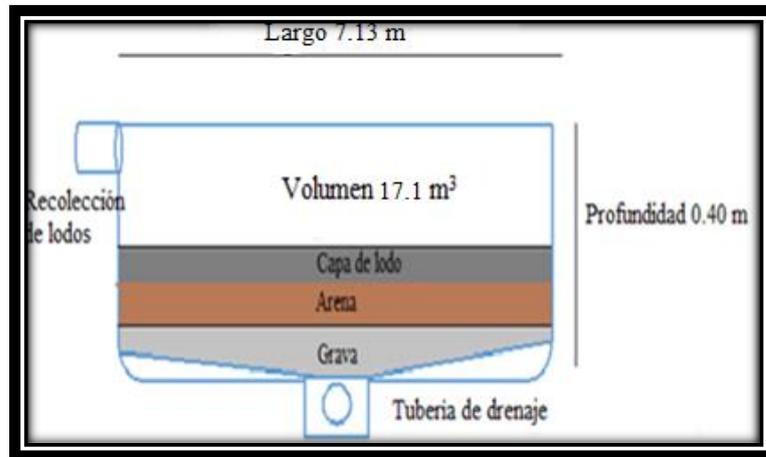
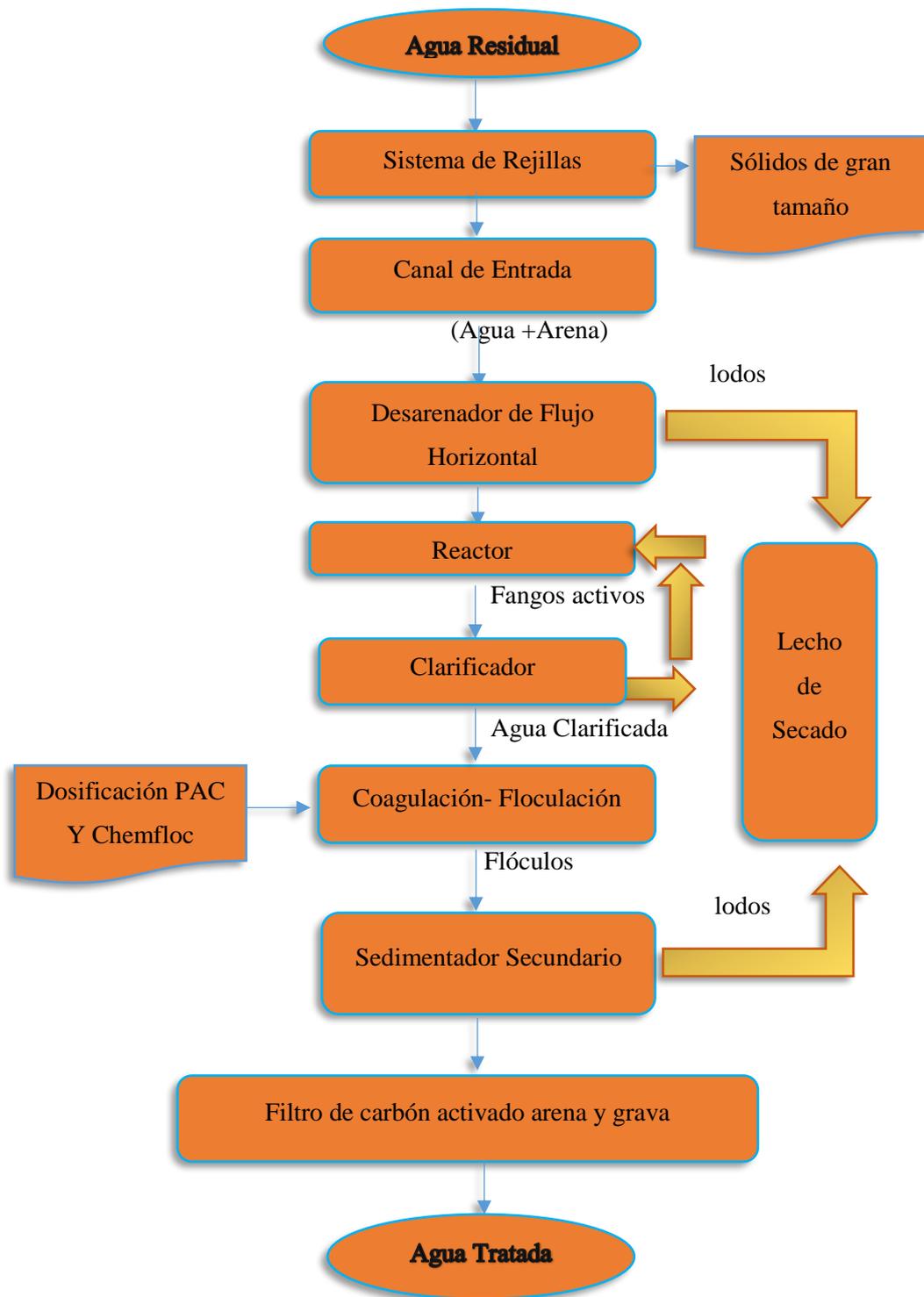


Figura 13-3 Dimensionamiento del lecho de secado

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

3.4. Proceso de producción.



Gráfica 11-3 Diagrama de flujo del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

3.5. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.

Tabla 66-3 Materiales y equipos utilizados para determinación de caudal.

Cámara fotográfica	Cronómetro	Balde de 120 L
Mandil	Mascarilla	Cuaderno
Lápiz	Recipientes de vidrio	Envases
Botellones plásticos	Guantes	Libreta
Gps	Botas de caucho	

Elaborado por: Trujillo Henry, 2018

Tabla 67-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados para la caracterización física del agua residual.

PARÁMETRO	MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS/ SUSTANCIAS
Ph	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaso de precipitación 250 ml ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potenciómetro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua problema ▪ Buffer pH 4.0 ▪ Buffer pH 7.0
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaso de precipitación 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua problema
Turbiedad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Celda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Turbidímetro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua problema
Conductividad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vasos de precipitación ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conductímetro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua problema
Solidos totales disueltos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vasos de precipitación ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conductímetro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua problema
Color	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubeta de análisis 10 mL ▪ Pipeta ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ HACH DR 2800 (Espectrofotómetro) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Agua problema

Fuente: MÉTODO HACH DR 2800, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización "Chaquishca".

Tabla 68-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados para la caracterización química del agua residual.

PARÁMETRO	MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
DBO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tubos para incubación ▪ Tampones para los tubos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo de DBO 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soluciones Tampón Fosfato

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cápsula magnética ▪ Termómetro 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solución de sulfato magnesio ▪ Solución de cloruro férrico
DQO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaso de precipitación ▪ Tubos de digestión con su respectiva tapa ▪ Toallas de cocina ▪ Pipetas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hach DQO 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ dicromato potásico concentración 0.1N ▪ ácido sulfúrico ▪ sulfato ferroso en solución
Dureza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erlenmeyer de 50 mL ▪ Bureta de 50 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Vaso de precipitación de 50 mL 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solución Tampón para dureza. ▪ Negro de Eriocromo T ▪ Solución EDTA 0,02 N
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aluminio Aluver3 ▪ Ácido Ascórbico ▪ Bleaching3
Bario	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un sobre de reactivo Bariver4
Bromo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo.
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobres de reactivo de FerroVer en polvo.
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobres de reactivo Cobre Cuver1 en polvo.

Cromo hexavalente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobres de reactivo ChromaVer3 en polvo.
Cromo total	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas de análisis de 10 mL. ▪ Pipetas de 10 mL. Baño maría. ▪ Baño de agua fría. ▪ Termómetro. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reactivo ácido en polvo. ▪ Reactivo Chromaver3 en polvo. ▪ Reactivo Cromo1 en polvo. ▪ . Reactivo Cromo2 en polvo.
Cloruros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 mL Solución férrica. ▪ 2 mL Solución de tiocianato mercurico.
Sulfatos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobres de reactivo SulfaVer en polvo.
Niquel/Cobalto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0,5 mL de Solución indicadora PAN 0,3% ▪ Sobres de reactivo de EDTA en polvo ▪ Sobres de reactivo de phthalate-fosfato en polvo
Fosfatos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobres de reactivo fosfato PhosVer3 en polvo
Molibdeno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cubetas cuadradas, de 10 mL ▪ Pipeta de 10 mL ▪ Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobres de reactivo Molibdeno1 en polvo ▪ Sobres de reactivo Molibdeno2 en polvo

			<ul style="list-style-type: none"> Sobres de reactivo Molibdeno³ en polvo
Fluor	<ul style="list-style-type: none"> Cubetas cuadradas, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> 2 mL de Solución SPADNS Reagent
Manganeso	<ul style="list-style-type: none"> Cubetas cuadradas, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> Solución de reactivo de cianuro alcalino Solución indicadora PAN 0,1% Sobres de ácido ascórbico en polvo
Nitrógeno amoniacal	<ul style="list-style-type: none"> Cubetas cuadradas, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> Solución de reactivo Nessler Estabilizante mineral Agente dispersante Alcohol polivinílico
Nitritos	<ul style="list-style-type: none"> Cubetas cuadradas, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> Sobre de reactivo NitriVer en polvo
Nitrato	<ul style="list-style-type: none"> Cubetas cuadradas, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro DR 2800 	<ul style="list-style-type: none"> Sobre de reactivo NitraVer 5 en polvo

Fuente: MÉTODO HACH DR 2800, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización "Chaquishca".

Tabla 69-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados para realizar la caracterización microbiológica del agua residual.

PARÁMETRO	MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Coliformes totales	<ul style="list-style-type: none"> Membranas de filtro 0.47 Cajas Petri Toallas de cocina pinzas termómetro lente de aumento 	<ul style="list-style-type: none"> Cámara Incubadora equipo de filtración 	<ul style="list-style-type: none"> alcohol antiséptico metanol m-COLI BLUE 24* BROTH

	<ul style="list-style-type: none"> tubo de grasa lubricante 		
Coliformes fecales	<ul style="list-style-type: none"> Membranas de filtro 0.47 Cajas Petri 	Cámara Incubadora equipo de filtración	cultivo Lauryl Sulfato

Fuente: MÉTODO HACH DR 2800, Laboratorio de Control de la Planta de Potabilización "Chaquishca".

3.6. Análisis de Costo/beneficio del proyecto.

Tabla 70-3 Costo civil de la obra (Obras Preliminares).

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Obras Preliminares					
01	Derrochamiento de estructura existente	m ³	250	3,60	900,00
02	Limpieza y desbroce	m ²	500	0,90	450,00
03	Replanteo y nivelación	m ²	500	1,70	850,00
04	Cerramiento (postes, alambre de púas)	M	500	10,00	5000,00
05	Excavación con maquinaria mayor a 4m	m ³	300	3,75	1.125,00
06	Desalojo de tierra y material	m ³	310	3,00	930,00
Subtotal:					9.255,00

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 71-3 Costo civil de la obra (Rejillas)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Canal de Llegada y Rejillas					
01	Adecuación del canal	m ²	2,00	8,10	16,20
02	Encofrado recto	m ²	2,00	10,90	21,80
03	Compuerta de volante de acero inoxidable	U	1,00	200	200,00
04	Hormigón S. F'c=210 kg/cm ²	m ³	1,00	110,45	110,45
05	Malla electrosoldada 6mm 15x15	m ²	2,00	7,55	15,10

	cm				
06	Barras de acero inoxidable	U	13,00	7,50	97,50
07	Costo de instalación de rejillas en el actual canal	-	1,00	20,00	20,00
Malla Porosa					
08	Malla perforada según el diseño de acero inoxidable de 1.5 x 0.5 m	U	1,00	65,00	65,00
09	Costo de instalación de la malla en el actual canal	-	1,00	12,00	12,00
10	Barras laterales de acero	M	2,00	9,00	18,00
11	Soldadura de la malla	-	2,00	6,00	12,00
Subtotal:					588,05

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 72-3 Costo civil de la obra (Desarenador)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Desarenador Convencional					
01	Trazo y replanteo	m ²	9,68	10,00	96,80
02	Excavación con maquinaria (retroexcavadora suelo normal)	m ³	14,50	15,00	217,50
03	Eliminación de material de excavación	m ³	14,50	14,00	203,00
04	Hormigón simple f'c=210 kg/cm ² incl.encof (PISO) e=15cm	m ³	8,00	194,50	1556,00
05	Hormigón simple f'c=210 kg/cm ² incl.encof (PAREDES) e=15cm	m ³	5,00	194,50	972,50
06	Tapa metálica tool e= 4 mm 1.0x1.0m incl. candado	U	3,00	85,40	256,20
07	Capa impermeabilizante	m ²	14,00	9,25	129,50
08	Malla Electrosoldada 6 mm de 15x15 cm	m ²	6,00	7,25	43,50
09	Tubería PVC 110 mm	U	6,00	8,50	51,00
10	Codo de PVC 110 mm de 90°	U	4,00	9,75	39,00

11	Compuerta metálica con tornillo sin fin de 1" y volante hf	U	1,00	199,99	199,99
Subtotal:					3.764,49

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 73-3 Costo civil de la obra (Reactor Biológico)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Tanque Reactor Biológico					
1	Estructura circular de acero inoxidable	m ³	3,00	312,33	936,99
2	Estructura de soporte de acero	U	1,00	245,00	245,00
3	Excavación de suelo h=1m	m ³	1,00	20,75	20,75
4	Hormigón S. F'c=210 kg/cm ²	m ³	0,80	99,15	79,32
5	Difusores de oxígeno	U	40,00	25,40	1.016,00
6	Motor de agitación industrial (flow control)	U	1,00	270,00	270,00
7	Adecuación del fondo de la zanja	m ²	1,00	15,55	15,55
8	Válvulas de Compuerta de acero Inoxidable de 110 mm	U	2,00	150,00	300,00
Subtotal:					2.883,61

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 74-3 Costo civil de la obra (Clarificador)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Sedimentador Secundario					
01	Excav. h=0 a 1,5 m (retroexcavadora suelo normal)	m ³	2,00	7,75	15,50
02	Adecuación del fondo de la zanja	m ²	6,00	7,55	45,30
03	Estructura circular de acero inoxidable	m ³	6,00	412,00	2.472,00
04	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m ²	2,00	19,50	39,00
05	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m ²	6,40	5,25	33,60

06	Motor de 3 hp	U	1,00	450,00	450,00
07	Tubos de acero (corredor de inspección)	M	7,00	15,25	106,75
08	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (Encofrado) e=15cm	m ³	2,00	190,50	381,00
09	Tubería PVC D=200 mm *6m	M	20,00	20,00	400,00
10	Alambres de acero inoxidable de 4-6 cm	M	20,00	20,40	408,00
11	Codo 90° PVC D=200 mm presión	U	8,00	18,00	144,00
12	Codo 45° PVC D=200 mm presión	U	2,00	20,00	40,00
13	Válvulas de Compuerta de acero Inoxidable de 110 mm	U	2,00	150,00	300,00
Subtotal:					4835.15

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 75-3 Costo civil de la obra (Tanque Floculador Mecánico)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Tanque Floculador Mecánico					
1	Estructura circular de acero inoxidable	m ³	14,00	75,33	1.054,62
2	Estructura de soporte de acero	U	1,00	200,50	200,50
3	Excavación de suelo h=1m	m ³	1,00	16,75	16,75
4	Hormigón S. F'c=210 kg/cm2	m ³	0,80	105,38	84,30
5	Turbina de 4 aspas	U	1,00	125,30	125,30
6	Motor de agitación industrial (flow control)	U	1,00	910,00	910,00
7	Adecuación del fondo de la zanja	m ²	0,75	20,55	15,41
8	Válvulas de Compuerta de acero Inoxidable de 110 mm	U	2,00	150,00	300,00
Subtotal:					2.706,88

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 76-3 Costo civil de la obra (Sedimentador Secundario)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Sedimentador Secundario					
01	Excav. h=0 a 1,5 m (retroexcavadora suelo normal)	m ³	2,00	7,75	15,50
02	Adecuación del fondo de la zanja	m ²	6,00	7,55	45,30
03	Estructura circular de acero inoxidable	m ³	6,00	412,00	2.472,00
04	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m ²	2,00	19,50	39,00
05	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m ²	6,40	5,25	33,60
06	Motor de 3 hp	U	1,00	450,00	450,00
07	Grava media (3-5 cm)	m ³	2,00	150,00	300,00
08	Tubos de acero (corredor de inspección)	M	7,00	15,25	106,75
09	Hormigón simple f'c=210 kg/cm ² incl.encof (Encofrado) e=15cm	m ³	2,00	190,50	381,00
10	Arqueta de acero inoxidable	M	5,00	55,50	277,50
11	Tubería PVC D=200 mm *6m 0.50MPA	M	20,00	20,00	400,00
12	Alambres de acero inoxidable de 4-6 cm	M	20,00	20,40	408,00
13	Codo 90° PVC D=200 mm presión	U	8,00	18,00	144,00
14	Codo 45° PVC D=200 mm presión	U	2,00	20,00	40,00
15	Válvulas de Compuerta de acero Inoxidable de 110 mm	U	2,00	150,00	300,00
Subtotal:					5.412,65

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 77-3 Costo civil de la obra (Filtro de Carbón Activado, Grava y Arena)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Filtro Rápido de Carbón Activado, Grava y Arena (2 Unidades)					
01	Exca. De 0 a 2 m a máquina	m ³	350,00	3,25	1.137,50

	(retroexcavadora)				
02	Desajo del material con maquinaria	m ³	350,00	3,20	1.120,00
03	Estructura con Hormigón S. F'c=210 kg/cm ²	m ³	5,00	105,38	526,90
04	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m ²	12,50	7,25	90,63
05	Carbón Activado 0.5 mm	m ³	5,00	350,00	1.750,00
06	Grava media (2-3 cm)	m ³	3,00	50,80	152,40
07	Arena de 0.3 mm	m ³	6,00	49,00	294,00
08	Grava Fina (0.5-1 cm)	m ³	4,00	52,00	208,00
09	Prov. Inst. De Tubería de PVC D=60 mm	M	12,00	9,30	111,60
10	Prov. Inst. De Tubería de PVC D=90 mm	M	10,00	7,50	75,00
11	Prov. Inst. De Codo de PVC D=60 mm x 90°	U	8,00	7,35	58,80
12	Prov. Inst. De Codo de PVC D=90 mm x 90°	U	8,00	6,75	54,00
13	Compuerta de volante de acero inoxidable	U	4,00	150	600,00
Subtotal:					6.178,83
Subtotal por las dos unidades:					12.257,66

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 78-3 Costo civil de la obra (Lecho de Secado de Lodos)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Lecho de Secado de Lodos					
01	Exca. De 0 a 2 m a máquina (retroexcavadora)	m ³	10,00	6,20	62,00
02	Desajo del material con maquinaria	m ³	10,00	8,20	82,00
03	Estructura con Hormigón S. F'c=210 kg/cm ²	m ³	3,00	195,25	585,75
04	Empedrado en contrapiso e=20cm	m ²	3,50	9,50	33,25

	(piedra de mina)				
05	Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m ²	9,50	7,25	68,88
06	Grava media (2-3 cm)	m ³	12,00	50,80	609,60
07	Arena de 30 mm	m ³	16,00	48,00	768,00
08	Compuerta metálica con tornillo sin fin de 1" y volante hf	U	3,00	200,99	602,97
09	Prov. Inst. De Tubería de PVC D=90 mm	M	75,00	5,50	412,50
10	Prov. Inst. De Codo de PVC D=90 mm x 90°	U	20,00	6,75	135,00
Subtotal:					3.359,95

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 79-3 Costo civil de la obra (Mano de Obra)

Ítems	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Mano de Obra					
01	Chofer	-	2,00	400,00	800,00
02	Ayudante de maquinaria	-	2,00	500,00	1000,00
03	Albañil (jefe)	-	1,00	800,00	800,00
04	Albañil (ayudante)	-	4,00	500,00	2000,00
05	Soldador	-	1,00	200,00	200,00
06	Operador de maquinaria pesada	-	1,00	400,00	400,00
Subtotal:					5.200,00

Realizado por: Henry Trujillo, 2018

Tabla 80-3 Costo civil de la obra (Total)

Descripción	Costo
Obras Preliminares	9255,00
Canal y Rejillas	588,05
Desarenador Convencional	3764,49
Tanque Reactor Biológico	2883,61
Tanque Floculador Mecánico	2706,88

CONCLUSIONES.

- Se efectuó la caracterización físico- química y biológica del agua residual de la Parroquia, en base al Acuerdo Ministerial 097-A, publicado en el Registro Oficial Edición Especial N° 387 del 4 de noviembre del 2015, Anexo 1, Tabla 9 Límites de descarga a cuerpos de agua dulce, se identificaron los siguientes parámetros que se encuentran fuera de norma: aluminio 5.5 mg/L, bario 2.36 mg/L, cinc 7.65 mg/L, cloruros 1605 mg/L, cobre 1.32 mg/L, sulfato 1225 mg/L, DBO₅ 260.82 mg/L, DQO 754.87 mg/L, fluoruros 5.77 mg/L, fósforo total 12.62 mg/L, nitrógeno amoniacal 32.02 mg/L, sólidos suspendidos totales 202.67 mg/L, tensoactivos 2.52 mg/L.
- Se obtuvo un valor de 0.348 de índice de biodegradabilidad el cual nos indicó que el tratamiento que se debe emplear es un sistema combinado, es decir que comprenda procesos físicos químicos y biológicos, siendo necesario la aplicación de un proceso combinado debido a la carga que presentan las aguas a tratar.
- Se realizaron las pruebas de tratabilidad que constaron de las siguientes etapas, un reactor biológico el mismo que nos permitió realizar el proceso que conforma reacción, aireación y la clarificación, posteriormente paso al test de jarras, proceso que establece la coagulación y floculación, utilizando para ello Policloruro de Aluminio y Chemfloc como reactivos para dicha etapa, el siguiente proceso comprendía de un sistema de filtración conformado por arena y grava y de carbón activado.
- Se obtuvo una eficiencia de remoción en el reactor biológico: DBO₅ 82 % y DQO 86 %, con respecto al test de jarras: turbiedad 98 %, color 92 %, SST 75 %, con el sistema de filtración: color 88.64 %. Mostrando una alta validez en las pruebas de tratabilidad.
- Se efectuaron los respectivos cálculos de ingeniería para el sistema de tratamiento de agua residual planteado teniendo para ello los siguientes procesos:
 - **Canal:** cuyas medidas son 0.50 de ancho 0.40 m de alto.
 - **Rejillas:** serán construidas de hierro, conformadas por 13 rejillas de limpieza manual, con un ángulo de inclinación de 45°, 0.025 m de separación entre las barras, la longitud de las mismas será de 1.13 m.
 - **Desarenador:** tendrá un volumen de 14.94 m³, con una base de 2.2 m y largo 4.4 m y una pendiente de 12° para facilitar el proceso de sedimentación
 - **Reactor:** con una capacidad de 14.8 m³, una potencia de 4.11 Kw
 - **Tanque de coagulación floculación:** tendrá una capacidad de 14 m³, con un diámetro de 4.42 m, potencia de agitación de las paletas de 0.11 HP.
 - **Sedimentador secundario:** con un volumen de 12.8 m³, un diámetro de 2.80 m. con un ángulo de inclinación de 15° para facilitar la purga de lodos decantados

- **Filtros:** los dos filtros conformados por arena, grava y carbón activado, su volumen de 15.01 m³, longitud de 2.6 m, ancho de 1.93 m y una altura de 3.04 m
 - **Lecho de secado:** con una capacidad de 17.1 m³, profundidad de 0.40 m.
- Se validó el respectivo tratamiento propuesto, para ello se recurrió a un laboratorio certificado como fue el CESSTA, verificándose que los principales contaminantes detectados en la caracterización inicial se encontraban con baja carga y dentro de los límites establecidos en la Normativa Ambiental vigente.
- Se determinó también el costo de implementación de la planta con el respectivo diseño propuesto, teniendo un valor de 63834.57 \$. Dicho valor abarca adecuación del terreno, materiales de construcción con sus respectivos accesorios y mano de obra calificada.

RECOMENDACIONES

- Realizar las respectivas caracterizaciones físicas químicas y biológicas del agua tratada de manera eventual, en un laboratorio acreditado que pertenezca al Organismo Ecuatoriana de Acreditación para obtener resultados confiables, con el propósito de comprobar que la planta de tratamiento esté funcionando correctamente.
- El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guaranda, quienes dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Saneamiento son las responsables de prevenir, controlar o solucionar problemas de contaminación, para ello se recomienda que se emita una ordenanza en donde de darse el caso de que llegaran a construirse fabricas u otro tipo de empresas en la parroquia, para que realicen el tratamiento previo de sus aguas residuales antes de que estas sean descargadas en el sistema de alcantarillado.
- Con respecto al desarenador se deberá remover la arena cuando ésta ocupe aproximadamente 1/3 del volumen del tanque garantizando la eficiencia del equipo.
- Los lodos generados deben ser evacuados cada tres meses hacia el lecho de secado para que no se interfieran en el funcionamiento eficiente de la planta.
- Si el Municipio dotara de sistema de alcantarillado para el total de la población, se recomienda hacer un nuevo estudio del sistema de propuesto.
- Realizar un nuevo estudio del sistema de tratamiento con el propósito de implementar nuevas aplicaciones tecnológicas, tomando en consideración poblaciones actuales de diseño y variaciones de caudal en las diferentes épocas del año y métodos de Muestreo.
- Al efectuar este nuevo estudio al sistema de tratamiento de aguas residuales, se debe estudiar nuevos conjuntos de técnicas alternativas para evitar la utilización de tratamientos químicos en el proceso de coagulación-floculación.
- Realizar caracterizaciones de las aguas residuales después del reactor biológico propuesto en este estudio, mediante la aplicación de pruebas de tratabilidad, con el fin de verificar el cumplimiento a la Normativa especificada en el TULSMA, en la tabla 9-Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce; logrando de esta manera optimizar los procesos en el sistema de tratamiento propuesto.
- Este nuevo alcance al sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas, permitirá bajar los costos de construcción, implementación y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto en el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- **APHA, AWWA, WPCF.** *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.* Madrid: Díaz de Santos, S. A, 1992.
- **CALVO RUBIALES, IGNACIO .** *Anejo_I Dimensionamiento del proceso. PFC. Diseño y construcción de una planta depuradora de aguas residuales.* [En línea] [Consulta: 07 febrero 2018]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5161/fichero/02+ANEJOS%25252FANEJO+I-DIMENSIONAMIENTO+DEL+PROCESO%25252FANEJO+I-DIMENSIONAMIENTO+DEL+PROCESO.pdf>.
- **Comisión Nacional del Agua.** *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales:Pretratamiento y Tratamiento Primario.* México: s.n.
- **CRITES, R., TCHOBANOGLIOUS G.** *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.* 2^{da} ed. Bogotá- Colombia : Mc Graw-Hill Interamericana, 2000.
- **Ecuador. Asamblea Nacional.** *Registro Oficial N° 305. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.* Ecuador- Quito: s.n., 2014.
- **Ecuador. Ministerio del Ambiente.** *Registro Oficial N° 387 Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria.* Ecuador-Quito : s.n., 2015.
- **Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda-. 2012.** *Manual de Diseño De Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.* Guaranda : Brito, 2012, págs. 21-22.
- **Enrique César Valdez y Alba B. Vázquez González.** *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales.* México : s.n., 2003.
- **Ferrer Polo, José; & Seco Torrecillas, Aurora.** *Tratamientos físicos y químicos de aguas residuales.* Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2005, pp. 2, 9, 52, 57, 97, 140.

- **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL VELA.** *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia rural de Facundo Vela del cantón Guaranda, Provincia de Bolívar.* Facundo Vela: s.n., 2015, pp. 13, 73.

- **Hernández Lehmann, Aurelio.** *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales.* 2^{da} ed. Madrid : Madrid : Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ; Garceta,cop. 2015.

- **Metcalf & Eddy.** *Ingeniería de Aguas Residuales.* 3^{ra} ed. Madrid-España: McGraw-Hill, 1995.

- **MOLINA BRAVO, EDUARDO.** *Estudio de impacto ambiental: planta de tratamiento de la comuna Valdivia*". [En línea]. 2014. [Consulta: 15 noviembre 2017]. Disponible en: <https://maesantaelena.files.wordpress.com/2014/11/eia-planta-de-tratamiento-comuna-valdivia.pdf>.

- **NTE INEN 1108:2014.** *Agua potable requisitos.*

- **NTE INEN 2176:2013.** *Agua. Calidad del agua muestreo. Técnicas de muestreo.*

- **NTE INEN: 2169:2013.** *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.*

- **Organización Panamericana de la Salud/Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria/05.158.** *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.* [En línea] 2015. [Consulta: 20 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>.

- **Organización Panamericana de la Salud/Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria /05.163.** *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización.* [En línea] 2015. [Consulta: 22 octubre 2017]. Disponible en: http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lag/Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lagunas_estabilizaci%C3%B3n.pdf.

- **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.** *Estructuras de conducción de agua.* [En línea] [Citado el: 16 septiembre 2017]. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm.

- **Pérez Pardo, Carlos.** *Diseño y cálculo del tratamiento secundario mediante aireación prolongada de una EDARU.* [En línea] 2012. [Consulta: 12 febrero 2018]. Disponible en: https://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16081/PFC_Carlos_Perez_Pardo.pdf;jsessionid=88FF9F7518C2EC7F02BA5FEA92EEDF4A?sequence=1.

- **RAS. 2000.** *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento: Tratamiento de Aguas.*

- **Rojas Bustamante, Oscar.** *Manual Básico Para Medir Caudales.* 2006.

- **Romero Rojas, Jairo Alberto. 2002.** *Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño.* Bogotá- Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.

- **SALAZAR LUISATAXI, JHON.** *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Parroquia Simiatug del Cantón Guaranda Provincia de Bolívar.* Riobamba (Tesis). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba- Ecuador. 2016.

- **Secretaría Nacional del Agua.** *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.* [En línea] [Consulta: 18 noviembre 2017]. Disponible en: http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf.

- **Wiki (Editor).** *Ingeniería de aguas residuales i.* pp 34, 36, 40, 41, 44, 410.

ANEXOS

ANEXO A Acuerdo Ministerial 097-A, publicado en el Registro Oficial Edición Especial N° 387 del 4 de noviembre del 2015, Anexo 1, Tabla 9 Límites de descarga a cuerpos de agua dulce

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	mg/l	30,0
Alkil mercurio	mg/l	No detectable
Aluminio	mg/l	5,0
Arsénico total	mg/l	0,1
Bario	mg/l	2,0
Boro total	mg/l	2,0
Cadmio	mg/l	0,02
Cianuro total	mg/l	0,1
Cinc	mg/l	5,0
Cloro Activo	mg/l	0,5
Cloroformo	mg/l	0,1
Cloruros	mg/l	1000
Cobre	mg/l	1,0
Cobalto	mg/l	0,5
Coliformes fecales	NMP/100ml	2000
Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución:1/20
Compuestos fenólicos	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno(5 días)	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
Estaño	mg/l	5,0
Fluoruros	mg/l	5,0

Fósforo Total	<i>mg/l</i>	10,0
Hierro total	<i>mg/l</i>	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	<i>mg/l</i>	20,0
Manganeso Total	<i>mg/l</i>	2,0
Materia Flotante		Ausencia
Mercurio Total	<i>mg/l</i>	0,005
Níquel	<i>mg/l</i>	2,0
Nitrógeno Amoniacal	<i>mg/l</i>	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	<i>mg/l</i>	50,0
Compuestos Organoclorados	<i>mg/l</i>	0,05
Compuestos organofosforados	<i>mg/l</i>	0,1
Plata	<i>mg/l</i>	0,1
Plomo	<i>mg/l</i>	0,2
Potencial Hidrógeno		6-9
Selenio	<i>mg/l</i>	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	<i>mg/l</i>	130
Sólidos Totales	<i>mg/l</i>	1600
Sulfatos	<i>mg/l</i>	1000
Sulfuros	<i>mg/l</i>	0,5
Temperatura	°C	Condición natural ±3
Tensoactivos	<i>mg/l</i>	0,5
Tetracloruro de Carbono	<i>mg/l</i>	1,0

ANEXO B Validación del Sistema de Tratamiento Propuesto.

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
--	--	--

INFORME DE ENSAYO No:	A-865-17
ST:	401- 17 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	EP-EMAPAG
Atn.	EP-EMAPAG
Dirección:	García Moreno y 7 de Mayo Guaranda-Bolívar
FECHA:	22 de Noviembre del 2017
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2017/11/10 – 12:50
FECHA DE MUESTREO:	2017/11/08 – 06:15
FECHA DE ANÁLISIS:	2017/11/10 – 2017/11/22
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
CÓDIGO CESTTA:	LAB-A 864 -17
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	E.P-LAB-HT-001
PUNTO DE MUESTREO:	Descarga Desinfección Planta Piloto. Parroquia Facundo Vela
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico-Químico-Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Henry Trujillo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	±30%	30,0
Cianuro Total	PEE/CESTTA/22 Standard Methods Ed. 22. 2012 4500-CN ⁻ C y E	mg/L	<0,017	±12%	0,1
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl ⁻ C	mg/L	<10	±4%	1000
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100mL	<1,8	±48%	2000
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	<8	±25%	Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo Hexavalente	PEE/CESTTA/32 Standard Methods, Ed. 22. 2012 3500 Cr B	mg/L	<0,02	±22%	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	<2	±32%	100
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	<30	±14%	200
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F- D	mg/L	<0,3	±20%	5,0

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 3
Edición 1



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
**Acreditación
Ecuatoriano**

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Fosforo total	PEE/CESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	10,0
Nitrógeno Amoniacal	PEE/CESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	<0,1	±28%	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	PEE/CESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	4,00	±16%	50,0
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H+ B	Unidades de pH	7,49	±0,2	6-9
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	<50	±20%	130
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	<100	±12%	1600
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500-SO ² 4 E	mg/L	<8	±25%	1000
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	<0,05	±24%	0,5
*Oxígeno disuelto	PEE/CESTTA/45 Standard Methods No. 4500-O G	mg/L	6,4	-	-
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	<0,64	±24%	-
Arsénico	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±22%	0,1
Aluminio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,5	±8%	5,0
Bario	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,5	±15%	2,0
Boro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	uS/cm	<0,25	±11%	2,0
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,004	±20%	0,02
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,25	±11%	5,0
Cobre	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±18%	1,0

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 2 de 3
Edición 1



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

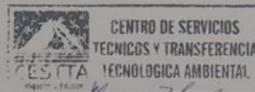
Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

*Cobalto	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	---	0,5
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,67	±16%	10,0
Manganeso	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±23%	2,0
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±25%	2,0
Plata	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±17%	0,1
Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP – AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±18%	0,2

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- “Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE”.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE. Contempla los límites máximos permisibles indicados en la Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. AM 097. Libro VI. Anexo I. Solicitados por el cliente.

RESPONSABLES DEL INFORME:



Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

ANEXO C ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PAC-0.8

BENEFICIOS:

- ✓ Producto utilizado para clarificar agua, para uso potable.
- ✓ Reemplaza satisfactoriamente el uso de Sulfato de aluminio y otros coagulantes inorgánicos
 - Solubilidad Total en agua.
 - No forma incrustaciones, No causa taponamientos de filtros.
 - No afecta el pH del agua tratada.
 - Efectivo en agua con bajos y altos valores de turbidez.
 - Dependiendo la calidad del agua, este producto puede ser utilizado en sistemas con oxidación previa, cualquiera que sea el método utilizado.
 - Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 6.0 – 8.5
 - No requiere de la ayuda de un Floculante para aglomeración de flocs.

USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua que será destinada para uso potable.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación y Floculación.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Apariencia:	Líquido amarillo – marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.250 ± 0.100
PH puro:	2.700 ± 0.500
% Al ₂ O ₃ :	12.000 – 18.000
%Cloruros:	25 ± 0.500
%Basicidad relativa:	40 ± 1.500
Viscosidad a 25°C:	30 ± 0.500 mPas
Densidad	2,5 g/L

DOSIS:

La dosis del PAC - 08 en general está en función de la turbidez del agua a tratarse, pudiendo variar entre 20 a 250 ppm para afluentes destinados a potabilización, para lo cual por pruebas de tratabilidad en nuestro laboratorio, se determinará la dosis óptima y un técnico especializado lo instalará en su sistema.

APLICACIÓN:

- ✓ Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución cuando las dosificaciones y el caudal a tratar son muy bajos.
- ✓ Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador para máxima homogenización. No necesita el uso de floculantes adicionales.

MANEJO:

- ✓ Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- ✓ Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.
- ✓ Se recomienda revisar las hojas de seguridad del producto.

ALMACENAMIENTO:

- ✓ Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- ✓ No es explosivo.
- ✓ Manténgase alejado del personal no autorizado.

SUMINISTRO:

- ✓ Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- ✓ Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

ANEXO D PRODUCTO NEUTRO FLOCULANTE N-100

BENEFICIOS:

- ✓ Este producto es diseñado para facilitar y acelerar la aglomeración de floculo
- ✓ Las reacciones son muy rápidas; el 85% del floculante se adsorbe dentro de 100 en combinación con productos catiónicos o aniónicos.
- ✓ No causa incrustaciones ni taponamientos de filtros.
- ✓ No son corrosivos en concentraciones de dosificación.
- ✓ No varía el ph del agua tratada.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Producto presentación original

COLO	blanco
APARIENCI	granular
FORMA	sólido
OLO	ninguno

El floculante neutro es una formulación de polímeros orgánicos no iónicos (poliacrilamidas), usados en solución acuosa.

DOSIS:

- ✓ La dosis del floculante neutro generalmente está en el rango de 0,5 a 5 ppm, para tratamiento de agua para consumo.

ALIMENTACIÓN:

- ✓ Debe aplicarse a la línea de agua en solución acuosa al 0.1 %

MANEJO:

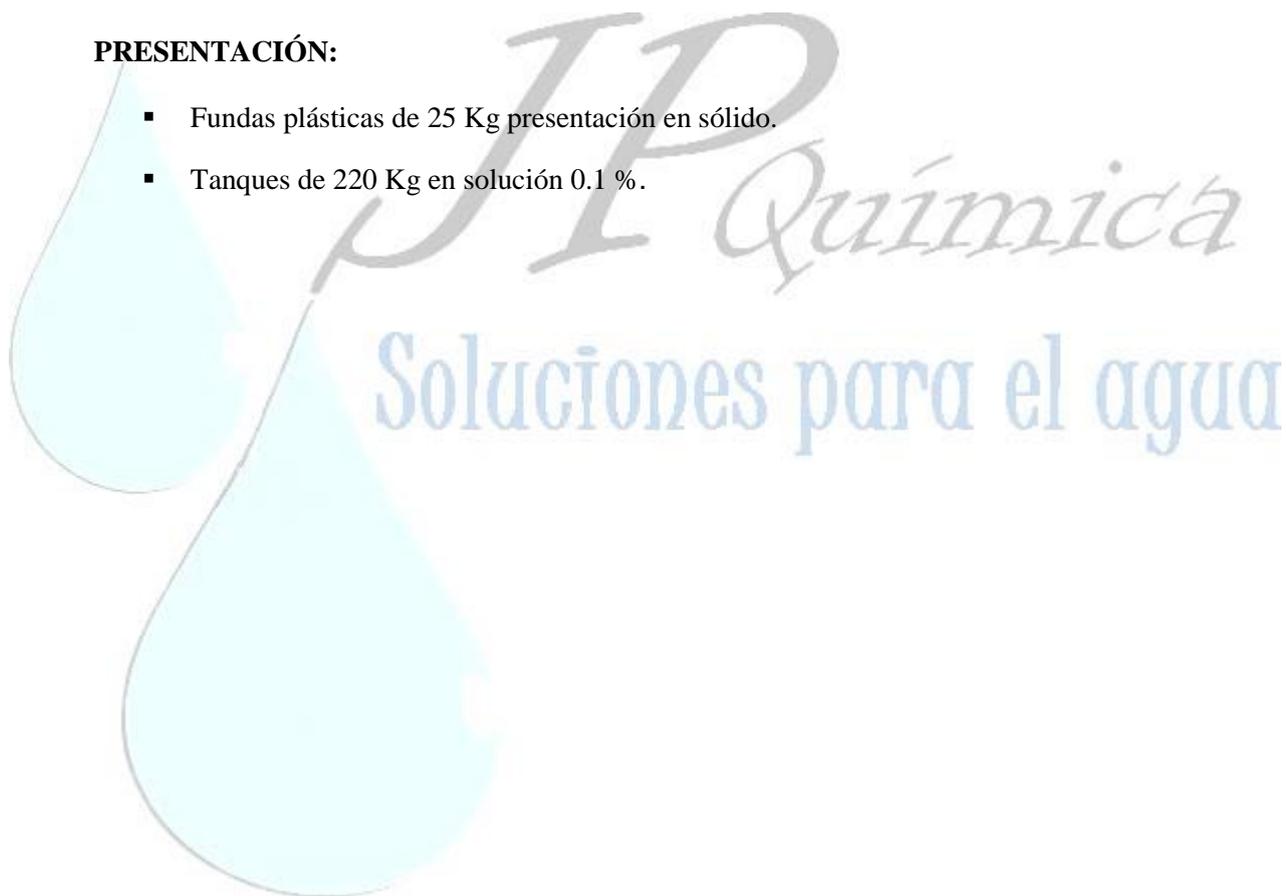
- ✓ Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- ✓ Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel

ALMACENAMIENTO:

- ✓ Almacene el producto en su forma original, fundas plásticas en un lugar cubierto y seco. Una vez abierta la funda evitar el contacto con agua a no ser que se vaya a realizar la mezcla a inyectarse.
- ✓ El producto en solución pasados los 30 días va perdiendo efectividad.
- ✓ No es explosivo ni corrosivo.

PRESENTACIÓN:

- Fundas plásticas de 25 Kg presentación en sólido.
- Tanques de 220 Kg en solución 0.1 %.



ANEXO E FECHA TÉCNICA DE ARENA Y GRAVA SILISICA

INFORMACIÓN GENERAL:

- ✓ Producto utilizado como material filtrante para sistemas de potabilización y en tratamiento de efluentes.
- ✓ La grava silícica debido a su alta resistencia, ha sido ampliamente utilizada en sistemas de filtración para retener Sólidos suspendidos y disminuir la turbidez en el agua tratada.
- ✓ Existen variadas granulometrías dependiendo del uso final, para sistemas de presión y gravedad se recomienda el uso de Malla N° 16 (aproximadamente 0.6 a 12 cm)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

COLOR:	Plomo a Marrón
MALLA N°:	16
FORMA :	sólido
OLOR:	ninguno
SOLUBILIDAD:	No aplicable
DENSIDAD APARENTE:	1.25 g/cc a 20°C

MANEJO Y APLICACIÓN:

- ✓ Debe colocarse en su forma original en el sistema de filtrados, como soporte para otros materiales como arena o carbón.
- ✓ Para eliminación de sólidos y turbidez en el agua, se recomienda las siguientes proporciones:
 - ✓ En sistemas de gravedad el 15 %
 - ✓ En sistemas de presión el 20 – 25 %
- ✓ En recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad, para evitar irritación en ojos y piel.

ALMACENAMIENTO:

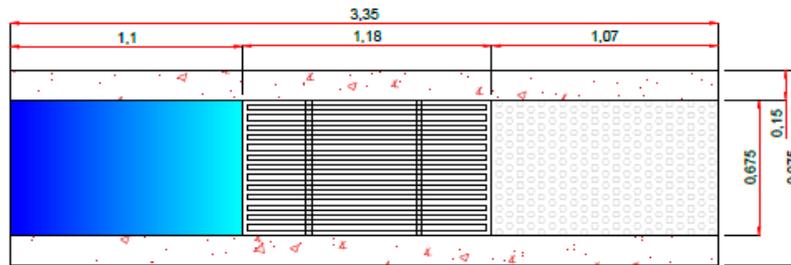
- ✓ Almacene el producto en su forma original, los sacos deben estar cubiertos y en un lugar seco.
- ✓ El producto no es perecible.
- ✓ No es explosivo ni corrosivo.

PRESENTACIÓN: Sacos de 50 Kg presentación

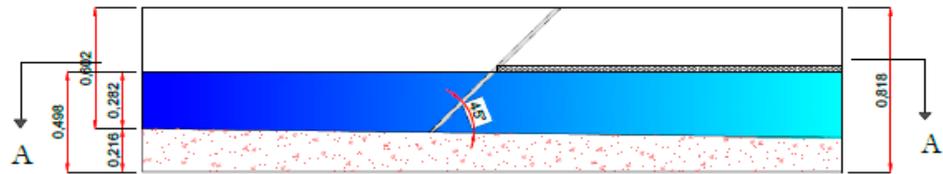
ANEXO F PLANOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

REJILLAS

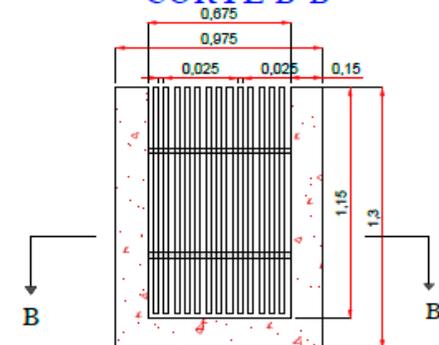
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



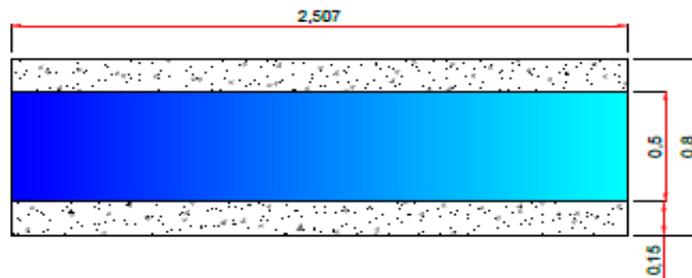
CORTE B-B'



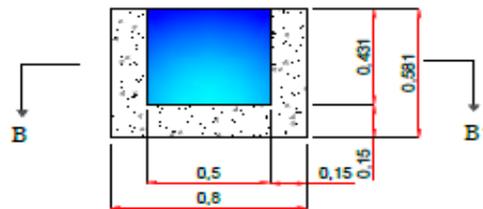
		"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES PARA LA PARROQUIA FACUNDO VELA DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR"	
CONTIENE: REJILLAS, VISTA PLANTA Y CORTES			
REALIZADO POR: HENRY TRUJILLO		REVISADO POR: ING. HUGO CALDERÓN ING. MAYRA ZAMBRANO	
ESCALA: 1:200	FECHA: 18-04-2019	LAMINA: 04/11	

CANAL DE LLEGADA

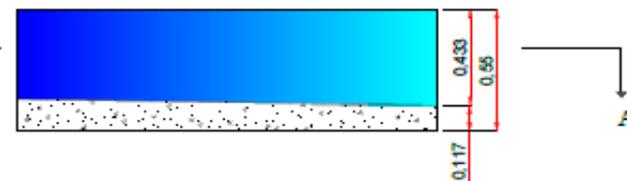
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



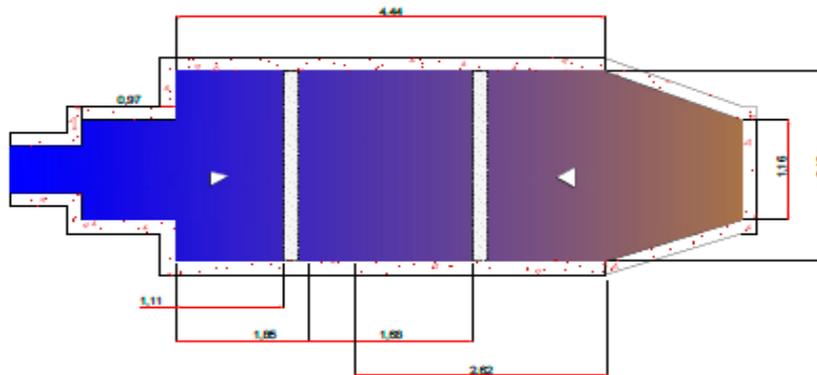
CORTE A-A'



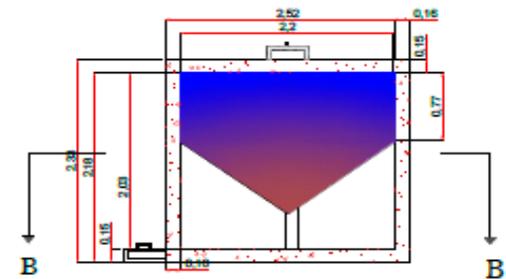
	"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES PARA LA PARROQUIA FACUNDO VELA DEL CANTÓN GABARANDA PROVINCIA BOLÍVAR"	
CONTIENE: CANAL DE LLEGADA, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: HENRY TRUJILLO	REVISADO POR: ING. HUGO CALDERÓN ING. MAYRA ZANERANO	
ESCALA: 1:200	FECHA: 19-06-2018	LÁMINA: 06/11

DESARENADOR CONVENCIONAL

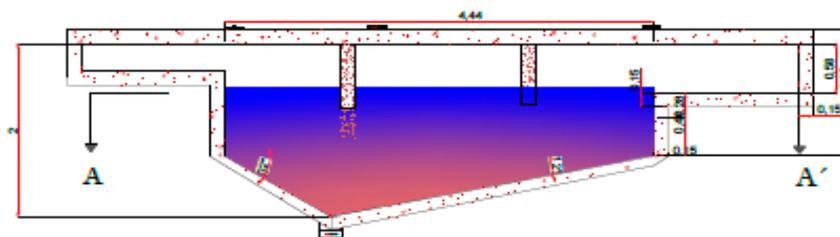
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



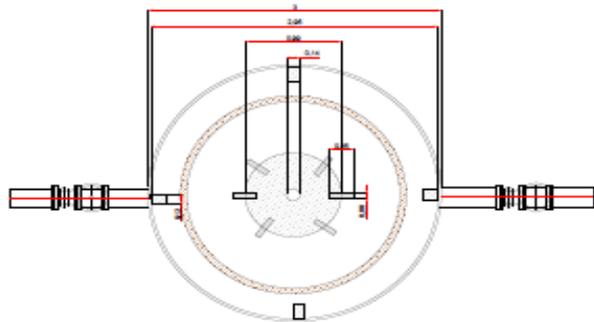
CORTE A-A'



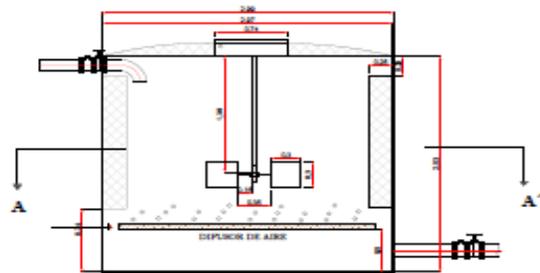
	"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES PARA LA PARROQUIA FACINDEO VELA DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR"	
CONTIENE: DESARENADOR CONVENCIONAL, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: HENRY TRUJILLO	REVISADO POR: EDO. SEJOO CALDERÓN ING. MAYRA ZAMBRANO	
ESCALA: 1:200	FECHA: 10-08-2024	LÁMINA: 08/11

REACTOR BIOLÓGICO

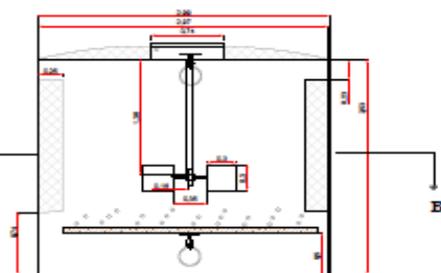
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



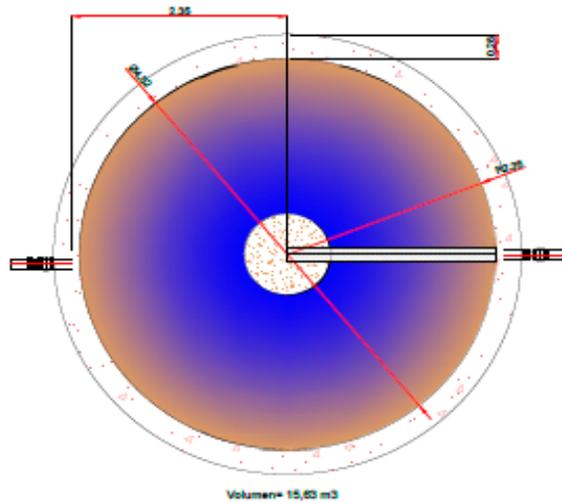
CORTE B-B'



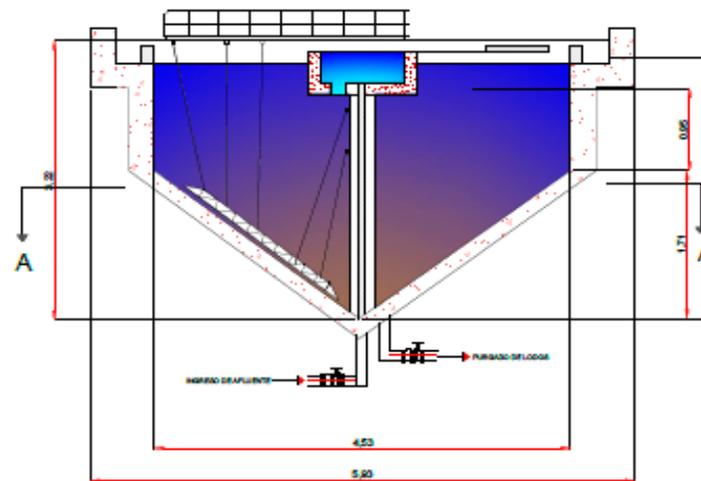
	"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA FUNDADO VELA DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR"	
CONTIENE: REACTOR BIOLÓGICO, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: HERVEY TRUJILLO	REVISADO POR: ING. JESÚS CALDERÓN ING. MATEA CAMERANO	
ESCALA: 1:800	FECHA: 10-08-2018	LÁMINA: 04/11

CLARIFICADOR SECUNDARIO

VISTA PLANTA



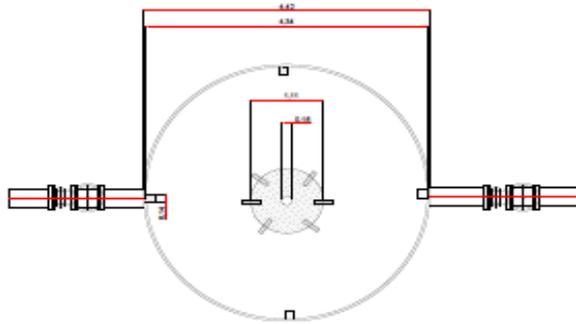
CORTE A-A'



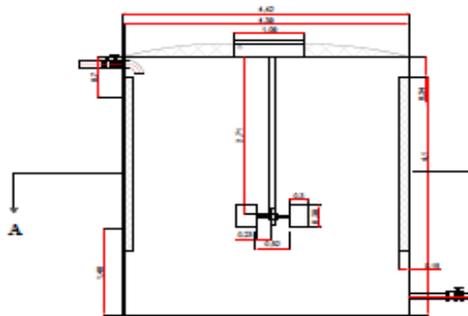
		TITULO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA PARRQUIA YAGUAJAY DEL CANTÓN OLGA EN LA PROVINCIA DE SANTI SPIRITO	
CONTIENE: CLARIFICADOR SECUNDARIO, VISTA PLANTA Y CORTES			
REALIZADO POR: HENRY TRUJILLO		REVISADO POR: ING. HUGO CALDERIN ING. ANITA SUAREZ	
ESCALA: 1:50	FECHA: 18/03/18	LAMINA: 001	

FLOCULADOR MECÁNICO

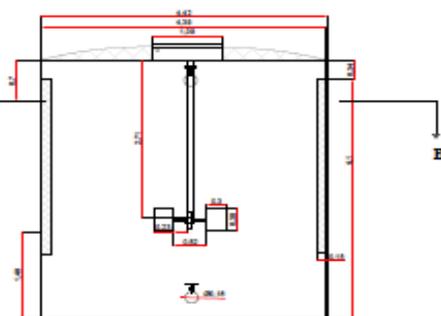
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



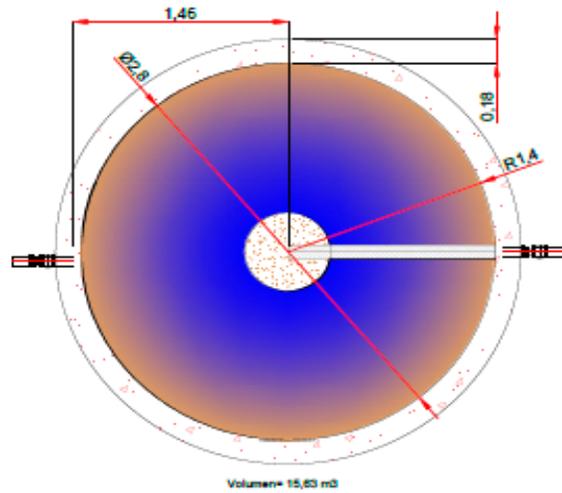
CORTE B-B'



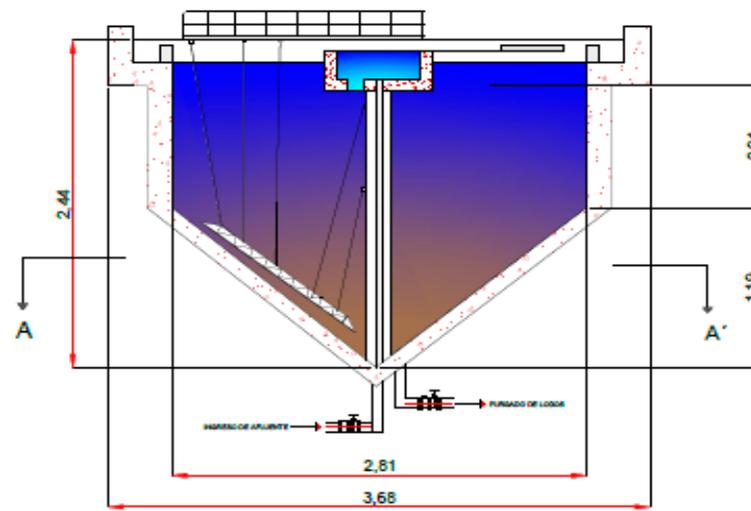
		
"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES PARA LA PARROQUIA FALCÓN VELA DEL CANTÓN OGARANDA PROVINCIA BOLÍVAR"		
CONTIENE: FLOCULADOR MECÁNICO, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: HENRY TUJILLO	REVISADO POR: ING. HELVO CALDERÓN DGO. MAYRA ZAMBRANO	
ESCALA: 1:400	FECHA: 04/04/2014	LÁMINA: 04/01

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

VISTA PLANTA



CORTE A-A'

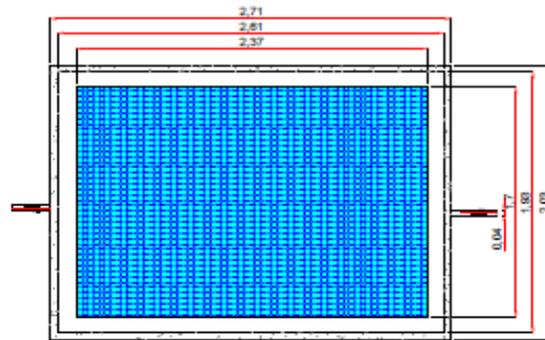


"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA PARROQUIA FACUNDO VELA DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR"

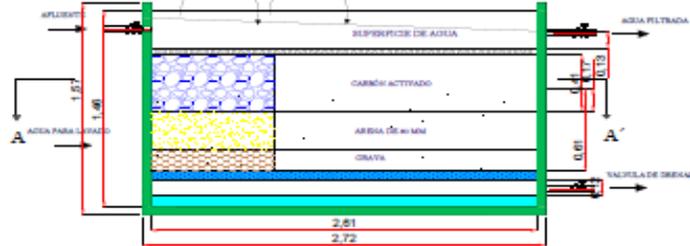
CONTIENE: SEDIMENTADOR SECUNDARIO, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: HENRY TRUJILLO	REVISADO POR: ING. HUGO CALDERÓN ING. MAYRA ZAMBRANO	
ESCALA: 1:300	FECHA: 20/03/2018	LÁMINA: 02/11

FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO, GRAVA Y ARENA

VISTA PLANTA

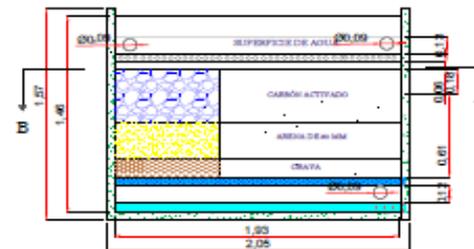


„CORTE A-A’



AREA: 7.048

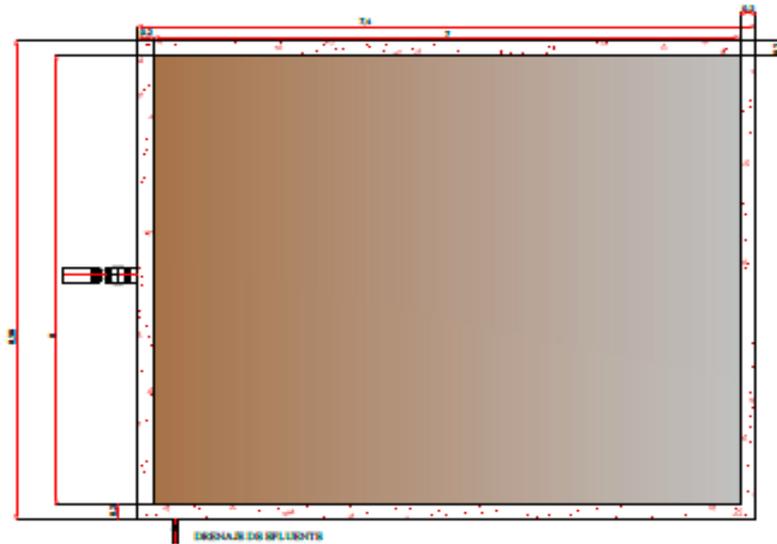
CORTE B-B’



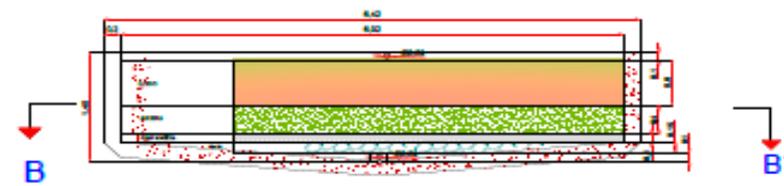
		
<small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS</small>		
CONTENIDO: FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO, ARENA Y GRAVA. VISTA PLANTA Y CORTE		
<small>PROFESOR:</small> DR. ROBERTO GARCÍA	<small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS</small> INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	
<small>FECHA:</small> 2014	<small>PROFESOR:</small> DR. ROBERTO GARCÍA	<small>LABORATORIO:</small> 1011

LECHO DE SECADO DE LODOS

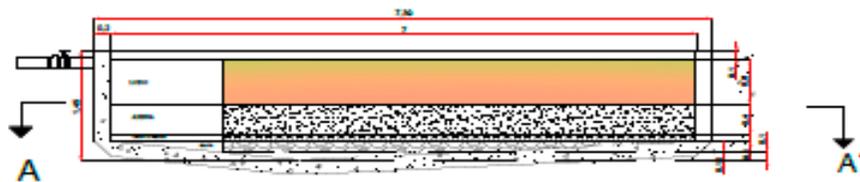
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

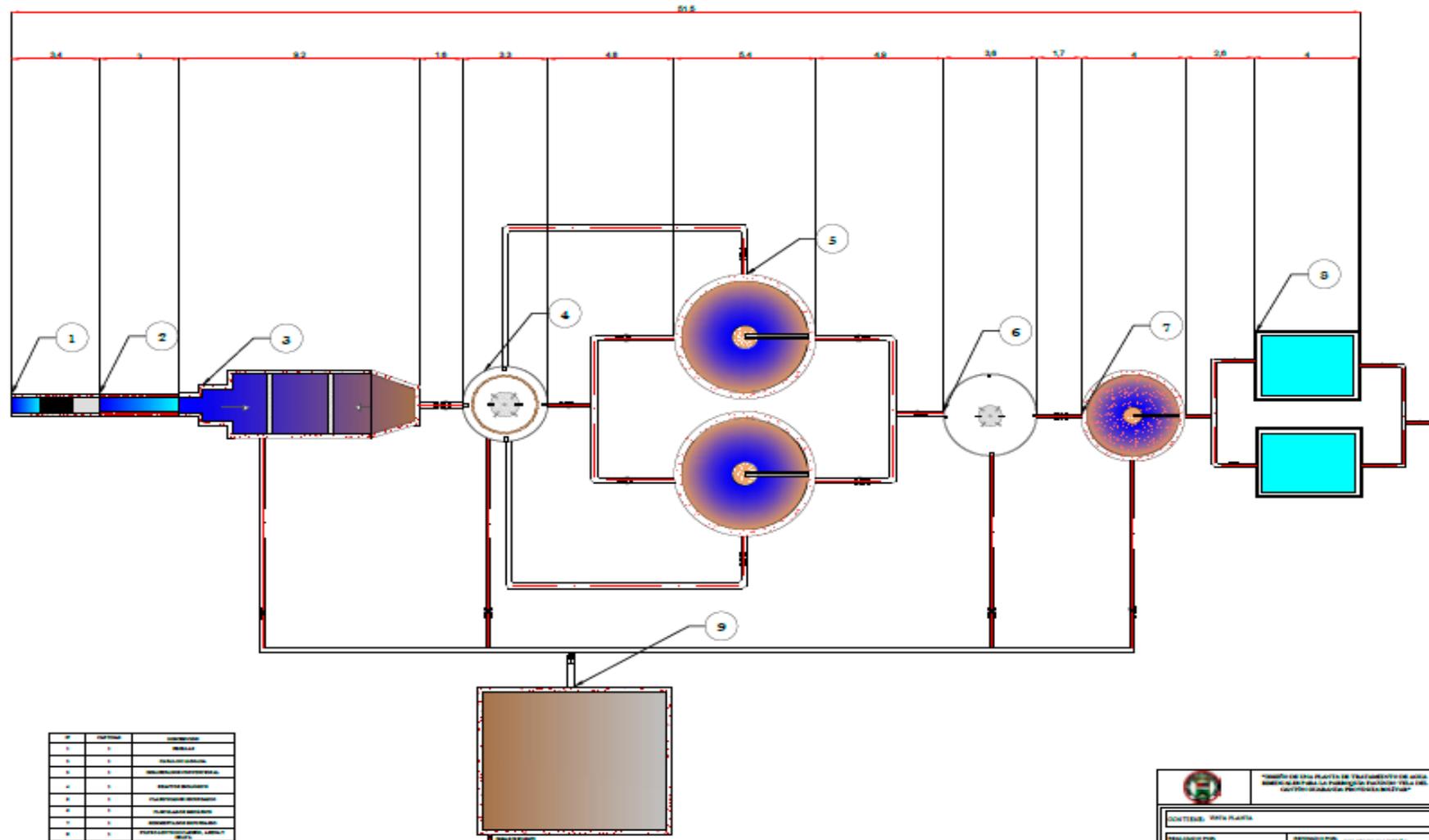


CORTE A-A'



		MUNICIPIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA SANEAMIENTO PARA LA PARROQUIA FACTORÍA PÉLA DEL CANTÓN OMBAYÁ, PROVINCIA BOLÍVAR
CONTENIDO: LECHO DE SECADO DE LODOS - VISTA PLANTA Y CORTE		
PROYECTADO POR: ARROYO GARCÍA	REVISADO POR: ING. FERRER CALDERÓN ING. ANDRÉS CARRERA	
ESCALA: 1:50	FECHA: 21/05/2018	LÁMINA: 001

VISTA PLANTA



Nº	Descripción	Características
1	1	RECEPTOR
2	1	RECEPTOR
3	1	RECEPTOR
4	1	RECEPTOR
5	1	RECEPTOR
6	1	RECEPTOR
7	1	RECEPTOR
8	1	RECEPTOR
9	1	RECEPTOR

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS		
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS		
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS AV. LOS RÍOS, S/N. LA VILLA, MÉRIDA, YUC.	INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS AV. LOS RÍOS, S/N. LA VILLA, MÉRIDA, YUC.	INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS AV. LOS RÍOS, S/N. LA VILLA, MÉRIDA, YUC.
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS AV. LOS RÍOS, S/N. LA VILLA, MÉRIDA, YUC.	INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS AV. LOS RÍOS, S/N. LA VILLA, MÉRIDA, YUC.	INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS AV. LOS RÍOS, S/N. LA VILLA, MÉRIDA, YUC.