



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA
CABECERA PARROQUIAL DE JUAN DE VELASCO”**

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ALAMA NICOLE YAULEMA BONILLA

TUTOR: DR. FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CABECERA PARROQUIAL DE JUAN DE VELASCO”**, de responsabilidad de la señorita egresada Alama Nicole Yaulema Bonilla, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Fausto Yaulema
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mónica Murillo
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Alama Nicole Yaulema Bonilla, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

ALAMA NICOLE YAULEMA BONILLA

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por brindarme, paciencia, fortaleza y valentía para poder seguir día a día.

A mis padres y a mi hermana por estar pendientes de mí y apoyarme en todo momento.

A mis maestros que han proporcionado su conocimiento y me han ayudado en el trayecto de mi carrera universitaria. Principalmente a la Ing. Mónica Murillo y al Dr. Fausto Yaulema por ser muchas veces la inspiración y apoyo en cada una de mis metas académicas.

Un gran agradecimiento a la Fundación M.A.R.CO. en la persona del Ing. Carlos Falconí Uquillas, Director Ejecutivo de esta prestigiosa Institución por haber confiado en mí y ser un apoyo durante este último año.

Alama

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que supieron brindarme su confianza y apoyo incondicional, en especial a Judith e Hilda mis abuelitas que han sido ejemplo de lucha, entrega y amor incondicional, han llenado mi vida de mucha alegría y son la fuente de inspiración en ella.

A mis amigos pilar fundamental en mi vida, que han apoyado cada uno de mis proyectos, mis aventuras y han estado ahí siempre brindando un abrazo, un consejo o solo con su presencia haciendo los días mejores.

Alama.

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO

RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	ii
OBJETIVOS.....	vii
General.....	vii
Específicos.....	vii
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Agua residual.....	1
1.2. Constituyentes de las aguas residuales.....	1
1.3. Clasificación de las aguas residuales.....	2
1.4. Caracterización de Aguas Residuales.....	4
1.4.1. Caudal.....	4
1.4.2. Muestreo de aguas residuales.....	7
1.4.3. Características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales	10
1.5. Niveles de tratamiento de aguas residuales.....	22
1.5.1. Tratamiento preliminar.....	23
1.5.2. Tratamiento primario.....	23
1.5.3. Tratamiento secundario.....	24
1.5.4. Tratamiento terciario o eliminación de organismos patógenos.....	26
1.6. Análisis y selección del proceso de tratamiento de aguas residuales.....	28
1.6.4. Criterios para el análisis.....	28
1.7. Plantas de tratamiento.....	28
1.7.4. Parámetros para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.....	29
1.7.5. Selección de un tratamiento.....	29
1.8. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.....	29
1.8.1. Canal de entrada.....	29
1.8.2. Criterios de diseño para el canal de llegada.....	30
1.8.3. Dimensionamiento del canal de llegada.....	30

1.8.4.	Rejas o rejillas.	31
1.8.5.	Criterios de diseño de rejas o rejillas.	32
1.8.6.	Dimensionamiento de Rejas o Rejillas.	32
1.8.7.	Tanque séptico.	35
1.8.8.	Criterios de diseño para un tanque séptico.	36
1.8.9.	Dimensionamiento del tanque séptico.	36
1.8.10.	Trampa de aceites y grasas.	39
1.8.11.	Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.	40
1.8.12.	Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas.	40
1.8.13.	Humedal Artificial.	42
1.8.14.	Criterios de Dimensionamiento de un Humedal Artificial.	42
1.8.15.	Dimensionamiento para Humedales Artificiales.	43
1.8.16.	Eras de secado.	45
1.8.17.	Criterios de diseño para eras de secado.	46
1.8.18.	Dimensionamiento para eras de secado.	46
1.8.19.	Desinfección.	48
1.8.20.	Criterios de diseño.	49
1.8.21.	Dimensionamiento del tanque de desinfección.	49
1.9.	Normativa ambiental.	50
CAPÍTULO II		
2.	PARTE EXPERIMENTAL.	52
2.1.	Lugar de investigación.	52
2.2.	Materiales y equipos.	54
2.2.1.	Materiales topográficos.	54
2.2.2.	Equipos topográficos.	54
2.2.3.	Materiales de medición del caudal.	54
2.2.4.	Equipos de medición del caudal.	54
2.2.5.	Materiales de muestreo.	54
2.2.6.	Equipos de muestreo.	55
2.3.	Métodos.	55
2.3.1.	Levantamiento de la línea base ambiental.	55
2.3.2.	Levantamiento de información Planimétrica.	55
2.3.3.	Medición de caudal.	56
2.3.4.	Muestreo del agua residual.	56

2.3.5.	Caracterización física, química y microbiológica del agua residual.	57
2.3.6.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento.	57
2.3.7.	Elaboración de planos.....	57
2.3.8.	Identificación y evaluación de impactos ambientales.	57
CAPÍTULO III		
3.	CÁLCULOS Y RESULTADOS.	59
3.1.	Cálculos.	59
3.1.1.	Población de diseño.	59
3.1.2.	Caudal de diseño.....	59
3.1.3.	Caracterización del agua residual.	59
3.1.4.	Esquema Propuesto.	60
3.1.5.	Dimensionado de la planta de tratamiento.	61
3.2.	Eficiencia de la planta.	73
3.3.	Resultados.	74
3.3.1.	Línea Base... ..	74
3.3.2.	Entrevistas.	88
3.3.4.	Planimetría.....	88
3.3.5.	Medición de caudal.....	89
3.3.6.	Caracterización del agua residual.	89
3.3.7.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento.	91
4.	Planes de Operación, Manejo y Emergencias para la PTAR-JV	95
4.1.	Plan de Operación y Mantenimiento.	95
4.2.	Plan de emergencia.....	96
4.3.	Descripción de los componentes.	96
4.3.1.	Afluente.	96
4.3.2.	Canal de entrada	97
4.3.3.	Rejillas.....	97
4.3.4.	Tanque séptico y Trampa de aceites y grasas.....	97
4.1.1.	Eras de secado.	97
5.	Verificación del cumplimiento con de la normativa ambiental vigente.....	98
6.	Presupuesto.....	98
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES.		102
BIBLIOGRAFÍA		103

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

H	Altura.
Q	Caudal.
cm	Centímetro
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.
DQO	Demanda Química de Oxígeno.
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días.
ρ	Densidad.
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
FWS	Flow water sistema- Sistemas de Flujo de Agua.
°C	Grados Celsius
EPP	Equipo de protección Personal.
g	Gramos.
H	Horas.
Hab	Habitantes
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
Kg	Kilogramo.
L	Litros.
m	Metro.
m/s	Metro por segundo.
m²	Metro cuadrados.
m³	Metro cúbicos.
mg	Miligramos
mg/L	Miligramo por cada litro.
mL	Mililitros.
mm	Milímetros.
min	Minutos.
OPS	Organización Panamericana de la Salud.
ppm	Partes por millón.
%	Porcentaje.
pH	Potencial hidrógeno.
PDOT	Plan de Ordenamiento Territorial
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
s	Segundo.

SS	Sólidos Suspendidos.
SST	Sólidos Suspendidos Totales.
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiente.
Tr	Tiempo de retención hidráulica.
UFC/100mL	Unidades formadoras de colonias por 100 mL.
UWWT	Urban Waste Water Treatment Regulations (Reglamento Urbano Tratamiento de Aguas Residuales).
v	Velocidad
V	Volumen

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Umbral de olor asociado con aguas residuales crudas.....	12
Tabla 2-1.	Clasificación de los organismos.....	18
Tabla 3-1.	Criterios de diseño para rejillas de limpieza manual.....	31
Tabla 4-1.	Coeficiente de pérdida para rejillas.....	33
Tabla 5-1.	Coeficiente de pérdida para rejillas.....	35
Tabla 6-1.	Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.....	39
Tabla 7-1.	Ventajas y desventajas de las eras de secado.....	45
Tabla 8-1.	Criterios de diseño para eras de secado.....	45
Tabla 9-1.	Criterios de diseño para desinfección.....	48
Tabla 10-1.	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	50
Tabla 1-2.	Métodos utilizados para el análisis del agua residual.....	54
Tabla 2-2.	Criterios cuantitativos de Evaluación de Impactos Ambientales.....	55
Tabla 3-2.	Criterios cualitativos de Evaluación de Impactos Ambientales.....	66
Tabla 1-3.	Población servida.....	58
Tabla 2-3.	Aspectos climatológicos del lugar.....	77
Tabla 3-3.	Temperatura anual (°C).....	77
Tabla 4-3.	Precipitación anual (mm).....	77
Tabla 5-3.	Punto de rocío anual (°C).....	78
Tabla 6-3.	Tensión del vapor anual (mlb).....	78
Tabla 7-3.	Velocidad del viento anual (m/s).....	78
Tabla 8-3.	Humedad atmosférica anual (%).....	79
Tabla 9-3.	Presión atmosférica anual (mmHg).....	79
Tabla 10-3.	Flora de la zona.....	79
Tabla 11-3.	Fauna de la zona.....	80
Tabla 12-3.	Población Pangor 2015.....	81
Tabla 13-3.	Caudal promedio diario.....	88
Tabla 14-3.	Resultados de laboratorio Muestra de Agua Residual.....	89
Tabla 15-3.	Resultados de laboratorio Muestra de Agua Fuente Receptora de Descarga.....	90
Tabla 16-3.	Resultados del dimensionado del canal de entrada.....	90
Tabla 17-3.	Resultados del dimensionado de rejillas.....	91
Tabla 18-3.	Resultados del dimensionado del tanque séptico.....	91
Tabla 19-3.	Resultados del dimensionado de la trampa de aceites y grasas.....	92
Tabla 20-3.	Resultados del dimensionamiento del humedal artificial.....	92
Tabla 21-3.	Resultados del dimensionado de eras de secado.....	93
Tabla 22-3.	Resultados del dimensionamiento del tanque de desinfección.....	93

Tabla 22-5.	Cumplimiento de la norma ambiental.....	96
Tabla 23-6.	Análisis económico de implementación de la planta de tratamiento.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Constituyentes del Agua Residual.....	2
Figura 2-1.	Distribución de los Sólidos en el Agua Residual.....	11
Figura 3-1.	Rejillas de desbaste y su limpieza manual.....	31
Figura 4-1.	Formas de las rejillas.....	34
Figura 5-1.	Diagrama de Tanque Séptico.....	41
Figura 6-1.	Humedal Artificial.....	44
Figura 1-3.	Ubicación del área de estudio.....	54
Figura 2-3.	Localización del área de estudio.....	54
Figura 3-3.	Área de estudio.....	55
Figura 4-3.	Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.....	59
Figura 5-3.	Inclinación de barras.....	62
Figura 6-3.	Sitio de estudio.....	74
Figura 7-3.	Uso de suelo Cabecera Parroquial Juan de Velasco.....	76
Figura 8-3.	Nivel de Estudio.....	81
Figura 9-3.	Telefonía Satelital.....	83
Figura 10-3.	Variación Semanal del Caudal.....	90

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Modelo de entrevista
ANEXO B	Cálculo del caudal monitoreado en siete días
ANEXO C	Fotografías del trabajo de campo
ANEXO D	Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos
ANEXO E	Planimetría de la zona
ANEXO F	Plano del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

RESUMEN.

Se dimensiono una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la cabecera parroquial de Juan de Velasco cantón Colta provincia de Chimborazo para mejorar el medio ambiente y la vida de los pobladores. Se determinó caudales durante 7 días utilizando métodos volumétricos, obteniendo un caudal de diseño es 2.98 L/min. Para las caracterizaciones físicas, químicas y microbiológicas se efectuó muestreos durante 3 días empleando un muestreo compuesto en intervalo de 12 horas, dando como resultado valores de: pH (7,40 Und.); temperatura (10.1 °C) y nitratos (0,3 mg/L) encontrándose dentro de los límites permisibles; La conductividad; DQO; DBO₅; fosfatos; sólidos totales; aceites y grasas; coliformes fecales y totales, no cumplen con los límites permisibles del TULSMA. Con los resultados de los análisis realizados se diseñó en software AUTOCAD, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la misma que consta de: canal de entrada, rejillas, tanque séptico, trampa de grasas y aceites, humedal artificial y tanque de desinfección y eras de secado. La remoción teórica del tanque séptico es: aceites y grasas 60 mg/L, DBO₅ 14,035 mg/L, sólidos suspendidos 287 mg/L y en el humedal artificial: DBO₅ 4.91 mg/L, DQO 23.6 mg/L, sólidos suspendidos 100 mg/L. Para la construcción se evidenció un lugar relativamente plano, cuyas coordenadas UTM son: 735705, 9797604, a una altura 3104 m.s.n.m, en las riberas del río Pangor y 3230 m.s.n.m de la comunidad, su área de implementación es 356.51 m². La implementación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en las zonas rurales permite descontaminación ambiental y mejor calidad de vida de los seres vivos. Por lo que se recomienda la implementación de la planta, específicamente en la Cabecera Parroquial Juan de Velasco y en otras comunidades rurales.

SUMMARY.

A Sewage Treatment Plant was built in Juan de Velasco Parish, Colta Canton, Chimborazo determined during seven days by using volumetric methods resulting in a desing flow of 2.98 L/min. got the physical, chemical and microbiological characterizations some samples were taken during 3 days using a 12-hour interval full sampling resulting in the following values: pH(7,40 Und.); temperature (10.1°C); and nitrates (0,3 mg/L), these are under the permissible limits; while DQO, DBO₅, phosphates, total solids, oil, fat, fecal and total coliforms are not under TULSMA permissible limits. The results of the analysis were used to design the Sewage Treatment Plant with the use of AUTOCAD, which contains input channel, grids, septic tank, fat and oil trap, artificial humidity, disinfection tank and drying beds. The septic tank theoretical removal is: oil and fat 60 mg/L, DBO₅ 14.035 mg/L, Suspended solids 287 mg/L, Artificial Humidity: DBO₅ 4.91 mg/L, DQO 23.6 mg/L, Suspended solids 100 mg/L. Artificial Humidity: DBO₅. For building the plant, it was necessary a relatively flat place which UTM coordinates are: 735705, 9797604, at a height of 3104 meters above sea level in Pangor river bank and 3230 meteres above sea level in the community, its area is 356,51 m², The implementation of the Sewage Treatment Plant in rural areas decontaminate the environment and improve the quality of life of living being, that is why it is recommended to implement the Plant in Juan de Velasco Parish and other rural communities.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales a nivel rural ha sido una deficiencia durante siglos, los ríos fuentes receptoras de todo tipo de contaminante ha sido un icono por el poder regenerativo y de auto depuración, pero con los avances de la frontera agrícola, el incremento poblacional, el uso de xenobióticos, han ido atenuando la capacidad de los ríos de auto depurarse haciendo necesario el tratamiento de las descargas residuales previo a la descarga en un cuerpo receptor.

Las zonas de amortiguamiento o zonas de transición son las de importancia biológica y de equilibrio medio ambiental ya que ayudan a la preservación de las zonas de paso biológicas y son fuente de vida y trabajo para las comunidades que habitan a las orillas de las fuentes de aguas.

El objetivo de la implementación de una planta depuradora de aguas residuales urbanas se centra en tratar las descargas y evacuar efluentes en óptimas condiciones preservando la vida animal, vegetal y la salud humana.

Además de acuerdo a normativa ambiental vigente las descargas de agua sobre un cuerpo de agua dulce o para uso de agrícola o pecuario hace necesario el tratamiento de la misma.

ANTECEDENTES.

La nueva Constitución de 2008 marca un hito, pues por primera vez se reconocen dos tipos de gestión para el agua de consumo humano, la pública y la comunitaria, y se da la responsabilidad al Estado (Art. 318) de “Fortalecer la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios”.

Asimismo el Estado, incorpora nuevas competencias a los gobiernos autónomos descentralizados a través del COOTAD, Art. 2, de los objetivos, literal c) manifiesta: “El fortalecimiento del rol del Estado mediante la consolidación de cada uno de sus niveles de gobierno, en la administración de sus circunscripciones territoriales, con el fin de impulsar el desarrollo nacional y garantizar el pleno ejercicio de los derechos sin discriminación alguna, así como la prestación adecuada de los servicios públicos”.

A través del COOTAD (Art. 137) se establece que los GADS deben “Fortalecer la gestión y el funcionamiento de las iniciativas comunitarias de agua”. Pese a la claridad del mandato constitucional y del COOTAD, en los artículos mencionados, en muchas experiencias la relación entre Municipios y JAAP se ha visto deteriorada porque algunas municipalidades hacen una incorrecta interpretación de los roles, responsabilidades e independencia, que asegure la gestión pública y comunitaria. Las municipalidades no ven el potencial de colaboración y trabajo coordinado en miras de hacer real el ejercicio pleno del derecho humano al agua.

La cobertura de saneamiento en el Ecuador aumentó considerablemente en los últimos años. Sin embargo, el sector rural se caracteriza por la pobre calidad y eficiencia del servicio y un alto nivel de dependencia en las transferencias financieras del gobierno nacional, provinciales y locales.

En la provincia de Tungurahua en el sector residencial de Ficoa, Ambato se trabajaba con una estación depuradora de tipo convencional llamada “El Peral”, con procesos de sedimentación, filtración y de pozo séptico, con el cual su efluente no llegaba a los límites permisibles, a la cual se añadió un componente extra a la estación depuradora, un humedal con combinación biológica de dos vegetales sucesivos para la descontaminación del agua residual de la Planta de Tratamiento “El Peral” EP-EMAPA.

En muchos sectores rurales las aguas residuales fluyen por cunetas, acequias, canales, quebradas que van directamente hacia los ríos. Este problema pone en riesgo sanitario a la población, que toman como “resuelto” el problema al disponer en pozos sépticos colapsados causando una

contaminación difusa la misma que por fenómenos de transporte contaminan las aguas subterráneas y superficiales.

El tratamiento en un tanque con vegetales también es utilizado en la zona para tratar aguas residuales rurales, sin un estudio previo ni post-instalación la comunidad de Varaspamba-Juan de Velasco cuenta con un humedal que se desconoce su funcionalidad.

La Empresa Cemento Chimborazo, Cantón Riobamba-San Juan, maneja sus residuos líquidos en piscinas con vegetales tipo Jacinto de agua, que ayudan a la empresa a cumplir con los límites permisibles.

A nivel internacional varias han sido las pequeñas poblaciones que han utilizado el sistema de humedales artificiales para el tratamiento de sus descargas de aguas residuales, un ejemplo de estos es el humedal artificial, implementado en El Embalse Paso de las Piedras- Argentina, que fue planteado como una alternativa ecológica, económicamente viable, para la remoción de nutrientes del arroyo.

JUSTIFICACIÓN.

Ecuador es el país con más zona de páramo en relación con su tamaño equivalente al 6% del territorio total. La zona de Pangor, denominada área de amortiguamiento por encontrarse entre altitudes que van desde 2850 a 3.500 m.s.n.m bordeado grandes extensiones de páramo.

La Parroquia de Juan de Velasco acoge a varias pequeñas poblaciones que tienen varias deficiencias en la gestión ambiental principalmente, el escaso manejo de las aguas residuales, se observa en la zona que los sistemas de alcantarillado son básicos y muchas veces no cubren todo el territorio poblado, habiendo colectores públicos previos a un cuerpo de agua y sin continuidad de conducción liberados hacia zonas de pastoreo y cultivo directamente, las cuales al inicio del invierno presentan inundaciones que provoca una mezcla de aguas residuales de actividades agropecuarias y domésticas, las mismas que son descargadas al río Pangor.

El río Pangor que atraviesa la Parroquia Juan de Velasco, para los pobladores se ha vuelto un foco de infecciones e intoxicaciones que muchas veces los pobladores no reconocen la magnitud de los efectos del estado de las aguas y por lo tanto desconocen totalmente el efecto que podría causar sobre su salud y un impacto ambiental hacia la flora y fauna.

Las situaciones anteriormente mencionadas se dan por falta de Educación Ambiental, la población no han tomado una conciencia acerca de un verdadero saneamiento ambiental mediante la implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de fácil manejo y bajo costo.

La falta de conciencia de las autoridades muchas ocasiones han asimilado erróneamente simplicidad de operación y la equivocada idea que una planta de tratamiento de aguas residuales es innecesaria, postergando esta actividad y la planificación de la misma, se suma la falta de apoyo general a actividades de saneamiento en pequeñas poblaciones por parte de los gobiernos Cantonales, siendo necesaria la presentación de un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Cabecera Parroquial de Juan de Velasco.

OBJETIVOS.

Objetivo General.

- Seleccionar, diseñar y dimensionar los componentes con los que debe contar una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) para la cabecera parroquial de Juan de Velasco, Provincia de Chimborazo.

Objetivos Específicos.

- Evaluar el espacio físico donde se prevé construir la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Determinar las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.
- Elegir los procesos y componentes más convenientes y eficientes para la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Dimensionar la planta de tratamiento de aguas en el programa AutoCAD.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.

1.1. AGUA RESIDUAL.

Cada una de las actividades diarias humanas está relacionada principalmente con el uso de agua, en la que se va añadiendo a esta, sustancias cambiando así su composición y características generando así las denominadas aguas residuales las que están conectadas a un sistema de alcantarillado a través del cual normalmente las aguas residuales tratadas o no son descargadas directamente a un cuerpo receptor alterando así ecosistemas y sistemas de producción y riego. **(Ramalho, 1993: 11)**

La capacidad de los sistemas naturales para modificar su composición del agua que reciben y eliminar contaminantes (sólidos en suspensión, materia orgánica, etc.) se conoce como capacidad de autodepuración. En la antigüedad la capacidad auto-regenerativa de la naturaleza y de los ríos en especial hacían que los contaminantes sean descompuestos y depurados, mediante el paso y de aguas residuales a través de las corrientes de los ríos, el progreso de la humanidad de manera descontrolada ha superado la capacidad de auto purificación de la naturaleza, obteniendo procesos cada vez más lentos y en ocasiones inexistentes de remoción y eliminación de contaminantes, causando consecuencias graves en el estado de salud de la naturaleza y provocando graves problemas de salud en cultivos, humanos y animales. **(Matthews & Weiner, 2003: 51)**

El tratamiento de las aguas residuales es una de las acciones más importantes que el hombre ha tenido, para intentar reducir en ciertas cantidades la contaminación causada. El tratamiento inicia con un análisis de todos los vertidos generados y su futura depuración mediante diversos procesos de manera eficaz. Existen distintos tratamiento para mejorar las aguas residuales dependiendo de los componentes que ellas presenten. **(Ramalho, 1993:10)**

1.2. CONSTITUYENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El análisis de los constituyentes de las aguas residuales se establecen como indicadores que ayudan a determinar cuáles son las características de las mismas y el posible comportamiento que esta tiene

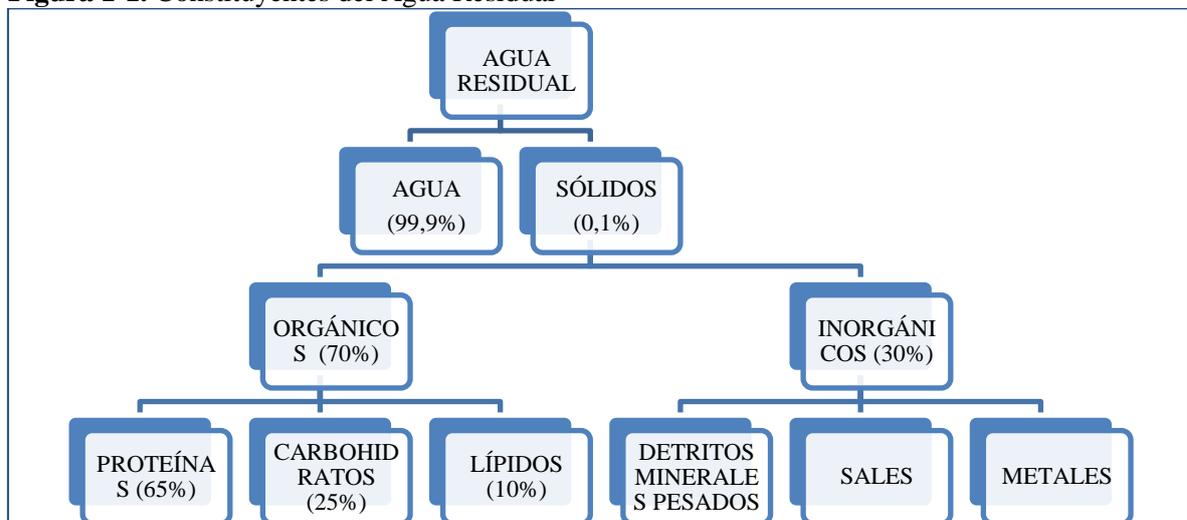
en el ambiente. Los tipos de constituyentes que tienen estas se pueden clasificar en 3 tipos como son: físicos, químicos y biológicos. (Crites & Tchobanoglous, 2000: 15)

La composición de las aguas residuales es sumamente diversa debido a los procesos previos a su descarga, que influyen en: su concentración (cantidad) y en su forma en sus indicadores (calidad), que dan la naturaleza al agua residual.

Las aguas residuales domésticas contienen aproximadamente el 99,9% de agua. La parte restante incluye una fracción orgánica e inorgánica, en suspensión sólida y disuelta, junto con microorganismos. Es debido a este 0,1% que la contaminación del agua tiene lugar y el agua residual debe ser tratada, (ver Figura 1-1).

La composición de las aguas residuales varía en función de los usos a los que el agua está expuesta, varían con el clima, la situación social y económica y hábitos de la población. Estos parámetros definen la calidad de las aguas residuales, y se pueden dividir en tres categorías: los parámetros: biológicos, físicas, químicas. (Sperling, 2007; 28)

Figura 1-1. Constituyentes del Agua Residual



Fuente: Datos tomados de Sperling (2007)

1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Se entiende por aguas residuales aquellas que han sido utilizadas con un fin consuntivo, incorporando a ellas sustancias que deterioran su calidad original (contaminación), disminuyendo su potencialidad de uso. Las aguas residuales más comunes corresponden a:

- **Aguas residuales domiciliarias (aguas servidas):** Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Esta agua tienen un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos.
- **Aguas residuales municipales:** Las aguas residuales municipales cuentan con residuos líquidos que son trasladados por el alcantarillado público y seguidamente tratados en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- **Aguas residuales industriales (residuos industriales líquidos):** Son aguas provenientes de los procesos industriales y la cantidad y composición de ellas es bastante variable, dependiente de la actividad productiva y de muchos otros factores (tecnología empleada, calidad de la materia prima, etc.). Así estas aguas pueden variar desde aquellas con alto contenido de materia orgánica biodegradable (mataderos, industria de alimentos), otras con materia orgánica y compuestos químicos (curtiembre, industria de celulosa) y finalmente industrias cuyas aguas residuales contienen sustancias inorgánicas u orgánicas no degradables (metalúrgicas, textiles, químicas, mineras).
- **Aguas pluviales:** La escorrentía generada por aguas de lluvias es menos contaminada que las aguas residuales domésticas e industriales, y su caudal mayor. La contaminación mayor se produce en las primeras aguas que lavan las áreas por donde escurre.
- **Aguas de infiltraciones y aportaciones incontroladas:** Estas aguas ingresan al sistema de alcantarillado a través de las uniones de las tuberías, paredes de las tuberías en mal estado, tuberías de inspección, limpieza.
- **Aguas residuales rurales:** Son aquellas generadas en viviendas, lugares comerciales y en general sitios donde se genere residuos que contengan gran cantidad de materia orgánica (heces fecales) y restos de moléculas producto de actividades de limpieza. , estos residuos reflejan las actividades de la población atendida. A medida que la población se expande, el efecto de estos residuos se vuelve cada vez más pronunciada tanto en el flujo de masas como en la presencia de contaminantes de las aguas residuales.

En Latinoamérica, alrededor del 6% de los habitantes poseen un sistema de tratamiento de aguas residuales. En nuestro país Ecuador, principalmente el 6,3% de las aguas residuales promedio reciben algún tipo de tratamiento, generando un porcentaje del 7% y 5% a nivel urbano y rural respectivamente.

Generalmente la mayor cantidad de empresas proveedoras de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas colocan plantas prefabricadas compactas diseñadas en países extranjeros, de esta manera se evidencia la pérdida de la eficiencia en estos procesos a medida que pasa el tiempo debido al desconocimiento de parámetros de control. (Matthews & Weiner, 2003: 5-10)

1.4. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Las características de las aguas residuales es expresada de muchas formas dependiendo de su propósito de estudio específico; sin embargo toda caracterización de agua residual implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio en conformidad con normas estándar que aseguren la precisión y exactitud de los resultados.

1.4.1. Caudal.

El caudal de agua o la descarga de un río es el volumen de agua que fluye a través de una sección transversal en una unidad de tiempo y por lo general se expresa como $m^3 s^{-1}$.

1.4.1.1. Medición de Caudales

Los caudales deben relacionarse con la población que aporta para determinar la contribución de agua residual per cápita. Se debe efectuar mediciones para conocer la cantidad de agua de infiltración y otros caudales afluentes relacionados con conexiones erradas, encontrar factores para caudales de infiltración de modo que se pueda proyectar el caudal deseado, considerar los periodos de sequía y de lluvia ya que influirá considerablemente en el diseño.

Las mediciones de caudales se pueden llevar a cabo por diversos métodos:

- Instalaciones de vertederos o canaletas Parshall para canales abiertos o alcantarillados parcialmente llenos.

- Método volumétrico, son adecuados para caudales pequeños.
- Estimación de caudales de bombeo.
- Contabilizando la distancia de un objeto flotante entre dos puntos fijos a lo largo de un recorrido.
- Examen de los registros de uso de agua residual, teniendo en consideración las pérdidas debido a la evaporación. Este método se usa para obtener datos aproximados.
- Cronometrando las variaciones de nivel en tanques, reactores que tengan descargas discontinuas. **(Ramalho, 1993; 27-89)**

1.4.1.2. Método de medición de caudal flotador

Este método de medición de caudal relaciona el área de la sección que conduce agua y la velocidad de escurrimiento. Se utiliza en canales, acequias y ríos; da sólo una medida aproximada de los caudales, siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere mayor precisión.

1.4.1.3. Método volumétrico de medición de caudal.

Consiste en llenar un recipiente del cual se conozca su capacidad, midiendo el tiempo que tarda en llenarse. Luego se divide la cantidad de agua llenada para el tiempo empleado en llenarse.

1.4.1.4. Caudales de las aguas residuales rurales.

El caudal o cantidad de agua que se genera está relacionado directamente con el desarrollo tanto económico y social de una comunidad o sector rural, puesto que un mayor desarrollo conlleva a un incremento en el consumo de agua debido a cada una de las actividades diarias. Los factores que influyen en la generación de agua son:

- Consumo de agua para abastecimiento.
- Pérdidas debido a fugas en los colectores.
- Ganancias por vertidos a las redes de alcantarillado o por intrusiones.

1.4.1.5. Caudales de diseño.

Se hace un análisis de la información disponible de los caudales de aguas residuales, se deberá analizar por lo menos lo correspondiente a los dos últimos años, para poder evaluar y determinar la

dinámica, cambios y tendencias en las variaciones de caudales. Mediante el análisis de los datos se tiene diversos parámetros:

➤ **Caudal máximo diario:** El caudal máximo diario es el máximo logrado en 24 horas, basadas en datos anuales. El cálculo de este puede direccionarnos al uso adecuado y estimación de costos de bombeo, de distribución de químicos, formación de lodos y tasa de descarga de orgánicos. (Ramos, 2009; 29-31)

➤ **Caudal pico horario:** El pico de flujo ocurrido diariamente basado en la información del caudal total del año. En otras palabras contempla el incremento de caudal sobre el caudal medio, que se recibe de manera puntual en la planta a determinación de las horas del día.

Si no se disponen de datos suficientes de caudales se pueden emplear los siguientes criterios:

- Para comunidades pequeñas: 4 veces el caudal medio diario.
- Para comunidades grandes: 1,5 veces el caudal medio diario.

➤ **Caudal máximo diario:** El caudal máximo que ocurre durante un período de 24 horas, basado en la información del caudal total del año.

El caudal máximo que puede llegar a una planta se puede estimar como el caudal punta en 1,5 a 2,5 veces.

➤ **Caudal mínimo diario:** El caudal mínimo que ocurre durante un período de 24 horas, basado en la información del caudal total del año.

Importante para el funcionamiento de las estaciones de bombeo y de la planta de tratamiento de aguas residuales durante los primeros años dado que se suele trabajar con caudales inferiores a los proyectados y se pueden producir retenciones.

Si no se disponen de datos suficientes de caudales se pueden emplear los siguientes criterios:

- Para comunidades pequeñas: 30% del caudal medio diario.
- Para comunidades grandes: 50% del caudal medio diario.

➤ **Caudal permanente:** Es el cual cuyo valor persiste o es excedido durante un número de días consecutivos, se obtienen de datos anuales, esta información es de gran importancia para el dimensionamiento de elementos hidráulicos.

1.4.2. Muestreo de aguas residuales.

1.4.2.1. Muestreo.

Las técnicas de muestreo empleadas para la caracterización de aguas residuales se usan para diversos propósitos como:

- Datos de operaciones de rutina sobre el desempeño de la planta de tratamiento.
- Datos que se pueden usar para tener constancia del desempeño de los procesos.
- Datos que se pueden usar para implementar nuevos programas o propuestas.
- Datos para reportar el cumplimiento y seguimiento de las normas vigentes.

Para alcanzar estos requerimientos la recolección de datos debe ser representativa, reproducible, sustentada y útil. Toda la documentación obtenida en el muestro servirá como base para el manejo adecuado de las aguas residuales. Antes de iniciar un muestreo se debe contar con un protocolo detallado para obtener mayor seguridad y eficiencia en el mismo. Se las puede clasificar de forma general en 3 tipos: **(Crites & Tchobanoglous, 2000; 25-32)**

a) **Muestra simple:** Se usa este tipo de muestra cuando el caudal de agua residual y su composición es relativamente constante, el flujo de agua residual es intermitente y cuando las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas de las aguas residuales (pH y temperatura). El volumen a tomarse en este tipo esta entre 1 y 2 litros. **(Crites & Tchobanoglous, 2000; 25-32)**

b) **Muestra compuesta:** Es una mezcla formada por muestras individuales tomadas en diferentes momentos. La cantidad de cada muestra individual que se añade a la mezcla compuesta debe ser proporcional al flujo de caudal en el momento en que la muestra fue tomada. **(Crites & Tchobanoglous, 2000; 25-32)**

$$V_i = \frac{(Q_i \times V)}{(Q_p \times n)}$$

Ecuación 1.

Dónde:

V_i = Volumen de cada muestra individual.

V = Volumen total de la muestra compuesta.

Q_p = Caudal promedio.

Q_i = Caudal instantáneo.

n = número de muestras tomadas.

Hay dos tipos de muestras compuestas proporcionales:

- a) **Proporcional al caudal:** en vez de tomar las muestras puntuales, se fraccionan en el laboratorio, de forma que el volumen de cada una de ellas sea proporcional al caudal medido en el momento en que la muestra puntual fue tomada.
- b) **Proporcional al tiempo:** es una muestra compuesta en la que el volumen apartado por las muestras simples que la integran es fijo, pero después de que cierta cantidad de flujo ha circulado luego de un periodo predeterminado por la estación de muestreo.

La diferencia que existe entre una muestra compuesta y una muestra compuesta proporcional o ponderada es que la segunda se obtiene de mezclar muestras simples en volúmenes proporcionales al gasto o flujo de descarga medido en el sitio y momento del muestreo; de tal manera que se determine la variación de los contaminantes del agua residual. Es decir, la diferencia es que la proporcional se obtiene de los valores promedio de las muestras compuestas. (Millán, et al., 2008: 2-5)

Recomendaciones para muestras compuestas:

Si la concentración y el gasto no fluctúan repentinamente, con tomar muestras cada hora durante periodos de 12 horas es suficiente.

➤ Si las variaciones son repentinas, pueden requerirse muestras de aproximadamente cada media hora o cuarto de hora. La cantidad de agua residual debe medirse al tomar cada muestra ajustando el volumen según el gasto. (Valdez & Vázquez, 2003: 23)

c) **Muestra integrada:** Se fundamenta en el análisis de muestras puntuales tomadas en diversos puntos simultáneamente. Esta integración se debe ejecutar de forma proporcional a los caudales obtenidos en el momento de tomar las muestras. Este tipo de muestreo se puede usar en los siguientes casos: en caracterizar el caudal de un río, en tratamientos combinados para distintas

corrientes de aguas residuales separadas y en el cálculo de la carga contaminante (kg/d) en corrientes de agua. **(RAS, 2000; 9)**

Para el análisis de aguas domésticas los parámetros básicos para ser analizados son: DQO, DBO₅, ST, aceites y grasas, fósforo, nitrógeno Kjeldahl y coliformes fecales y totales.

1.4.2.1.1. Control y Vigilancia del muestreo, preservación y análisis.

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis o denominado procedimiento de cadena de custodia, aseguran la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye la actividad de seguir o monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis.

Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra no sólo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro.

Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras:

- **Etiquetas.** La identificación de las muestras es necesaria para evitar confusiones, son colocadas en los frascos antes o en el momento del muestreo, las características son: papel engomado o etiquetas adhesivas, donde se escribirá con tinta a prueba de agua, la información necesaria para la identificación de la muestra.
- **Sellos.** Para evitar o detectar adulteraciones de las muestras, sellar los recipientes con papel autoadhesivo, en los que se incluya por lo menos la siguiente información: número de muestra (idéntico al número en la etiqueta), nombre del recolector, fecha y hora de muestreo; también son útiles los sellos de plástico encogible. Adherir el sello de tal manera que sea necesario romperlo para abrir el recipiente de la muestra, después de que el personal muestreador ceda la custodia o vigilancia.
- **Libro de campo.** Es una libreta donde se va a escribir, las características del punto de muestreo, las características de la muestra el tipo de muestreo, las personas que muestrean,

los códigos de denominación para las muestras, y las características de la muestra; fecha y hora de recolección, y todos los detalles de la cadena de custodia.

- **Registro del control y vigilancia de la muestra.** Ejecutar un formato de control y vigilancia de cada una de las muestras o grupo de muestras, las cuales deben estar acompañadas de este formato; en él se incluye la siguiente información: número(s) de la(s) muestra(s); firma del recolector responsable; fecha, hora y sitio de muestreo; tipo de muestra; firmas del personal participante en el proceso de cadena de custodia.
- **Formato de solicitud de análisis.** Este proceso se hace directamente con el personal del laboratorio, y se le entregara toda la información que tenemos en el libro de campo. Evitando la falta de información básica sobre la muestra y su conservación.
- **Entrega, recepción y registro de la muestra en el laboratorio.** La muestra entra al laboratorio junto con la solicitud de análisis, en el laboratorio se le asigna un código y la guardan hasta que sea asignada a un analista..
- **Asignación de la muestra para análisis.** El coordinador del laboratorio asigna la muestra para su análisis. Una vez la muestra está en el laboratorio, el auditor y los analistas son responsables de su cuidado y vigilancia. **(Cobalto Ltda., 2009: 1-11)**

1.4.3. Características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales.

1.4.3.1. Características físicas.

La fuerza de las aguas residuales se mide normalmente utilizando técnicas de análisis precisos. Los análisis más comunes utilizados para caracterizar las aguas residuales de entrada y salida de una planta son: Temperatura, DBO5, DQO, ST, pH, Fósforo total, Nitrógeno total, Coliformes Fecales. **(EPA, 1997: 23-56)**

1.4.3.1.1. Temperatura

La temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la dinámica acuática, y su acción sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción y en la aplicación del agua a usos útiles. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento de la velocidad de las reacciones químicas que supone un aumento de temperatura, junto con la disminución del oxígeno presente en las aguas superficiales, puede frecuentemente causar graves agotamientos en los meses de verano, de las concentraciones del oxígeno disuelto. Estos efectos se ven aumentados cuando se vierten cantidades suficientemente grandes de agua caliente a las

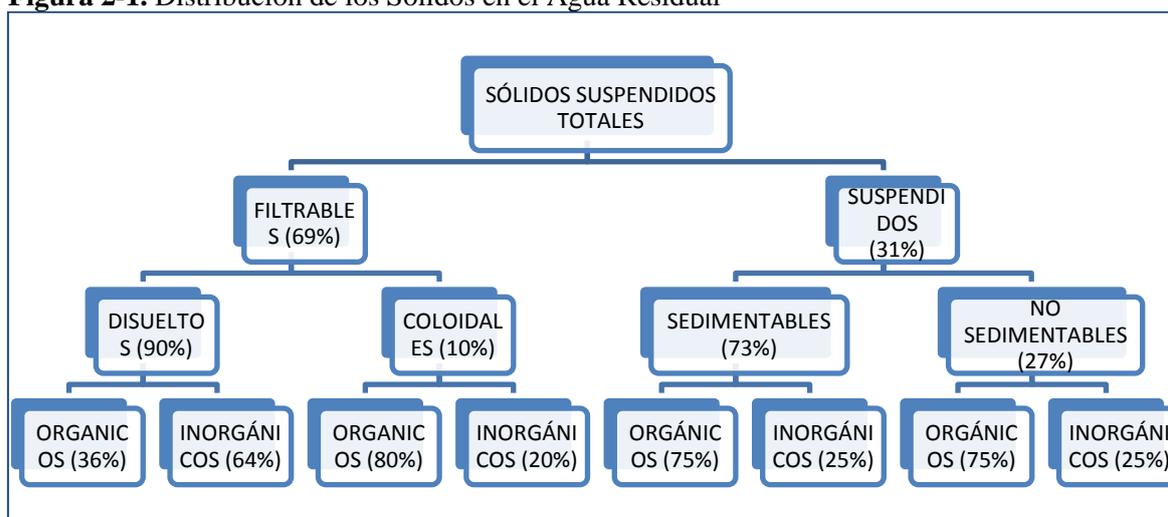
fuentes receptoras. Un cambio repentino de temperatura puede dar como resultado un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática. Las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a un crecimiento indeseable de plantas acuáticas y hongos.

1.4.3.1.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

DBO es la cantidad de oxígeno utilizado por organismos, mientras el consumo de materia orgánica en un agua residual muestra. Es posible evaluar el desempeño de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante la medición de la DBO5 de la entrada y la salida. Muchos factores pueden influir en esta prueba, como la temperatura de incubación, la tasa de dilución, la nitrificación, tóxico sustancias, la naturaleza de la semilla y la presencia bacteriana organismos de anaerobios. (Sperling, 2007: 28-76)

1.4.3.1.3. Sólidos Suspendedos Totales (SST):

Figura 2-1. Distribución de los Sólidos en el Agua Residual



Fuente: Datos tomados de EPA (1997)

Esta es la suma de las concentraciones de sólidos orgánicos e inorgánicos y pueden subdividirse en:

- a) **Sólidos Suspendedos:** Representan los sólidos que se encuentran en suspensión en el agua. Generalmente compuesta de 70% orgánico y 30% de sólidos inorgánicos y puede ser eliminado por medios físicos o mecánicos.
- b) **Sólidos Orgánicos:** Aproximadamente el 50% de los sólidos presentes en las aguas residuales urbanas se derivan de la productos de desecho de los animales y la vida vegetal. A veces

llamado la fracción combustible o volátil, sólidos como estos pueden ser expulsados por alta temperatura.

c) **Sólidos Inorgánicos:** Estas sustancias son inertes no sujetas a descomposición, entre estas encontramos: arena, limo y grava.

d) **Sólidos Sedimentables:** Este es un subconjunto de los sólidos en suspensión y representa la fracción de sólidos en suspensión que se asentarán en un período determinado.

e) **Sólidos Suspendedos Coloidales:** Estos se refieren a sólidos que no están realmente disueltos y sin embargo no se conforman fácilmente. Ellos tienden a referirse a sólidos orgánicos e inorgánicos de rápida descomposición. **(EPA, 1997: 20)**

1.4.3.1.4. Turbiedad.

El agua residual reciente suele ser gris: sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto se reduce a cero y el color del agua residual cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual es séptica. **(EPA, 1997:21)**

1.4.3.1.5. Color.

El color causado por la materia en suspensión es llamado color aparente y es diferente al color debido a extractos vegetales u orgánicos, que son coloidales, al que se llama color real. En el análisis del agua es importante diferenciar entre el color aparente y el real. **(UNE-WHO, 2006: 13)**

1.4.3.1.6. Olor.

El olor característico de aguas residuales crudas es desagradable, aunque más tolerable que el agua residual séptica. El olor viene dado por la presencia de gases resultado de la descomposición anaeróbica de materia orgánica por acción de microorganismos, uno de los más importantes la presencia de sulfuro de hidrógeno que se produce por el cambio de sulfatos a sulfitos. **(APHA, 1992: 10)**

Tabla 1.4.3-1. Umbral de olor asociado con aguas residuales crudas.

COMPUESTOS OLOSOSOS	OLOR CARACTERÍSTICO
Amoniaco	Amoniacal
Crotilmercaptano	Zorrillo
Dimetilsulfuro	Vegetales descompuestos
Etilmercaptano	Coles en descomposición
Sulfuro de hidrógeno	Huevo podrido
Metilmercaptano	Coles descompuestas
Eskatol	Materia fecal
Tiocresol	Zorrillo , rancio

Fuente: Crites & Tchobanoglous, 2000.

1.4.3.1.7. *Temperatura.*

La temperatura de las aguas residuales por lo general mayor al agua de abastecimiento, por incorporación de agua caliente derivada del uso doméstico. La temperatura en aguas de áreas rurales oscila entre 10 y 20 °C; facilitando el desarrollo de una fauna bacteriana y una flora autóctona, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente, tanto en época seca como en lluviosa, y en cualquier tipo de tratamiento biológico.

1.4.3.1.8. *Densidad (ρ_w) , gravedad específica (S_w) y peso específico (γ).*

Se conoce como densidad a la masa por unidad de volumen, se expresa en el Sistema Internacional (SI) como g/L o kg/m³. En ciertas ocasiones se emplea en lugar de la densidad la gravedad específica del agua denotada como:

$$S_w = \frac{\rho_w}{\rho_o}$$

Ecuación 2.

Dónde:

ρ_w = densidad del agua residual.

ρ_o = densidad del agua.

Se puede decir que tanto la densidad como la gravedad específica dependen de la temperatura y de la concentración de sólidos totales que se encuentran en ellas.

El peso específico se denomina como su peso por unidad de volumen, se expresa en lb/ft³ en el Sistema Inglés. Existe una relación entre el peso específico, la densidad y gravedad (g) es igual:

$$\gamma = \rho g \cdot A.$$

Ecuación 3.

Dónde:

γ = peso específico

ρ = densidad

g = gravedad

A= área

1.4.3.1.9. *Conductividad eléctrica.*

Es la medida de la capacidad de una solución para transmitir corriente eléctrica, esta corriente es trasladada por iones en solución. La conductividad eléctrica nos ayuda a determinar si el agua puede usar para el riego; se expresa en milisiemens por metro (mS/m) en el Sistema Internacional (SI). Usando la ecuación 4 es posible estimar la concentración de sólidos disueltos totales (SDT) en una muestra de agua. (Crites & Tchobanoglous, 2000: 33-72)

$$CE \cong \frac{TDS}{(550 - 700)}$$

Ecuación 4.

Dónde:

TDS= Sólidos disueltos totales (mg/L).

CE= conductividad eléctrica ($\mu\text{mho/cm}$ o dS/m).

1.4.3.2. *Características químicas.*

1.4.3.2.1. *Materia orgánica.*

Son sólidos que provienen de los reinos, animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.

Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%), y aceites y grasas (10%). Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes.

➤ **Proteínas:** las proteínas son los principales compuestos del organismo animal, mientras que su presencia es menos relevante en el caso de organismos vegetales. Están presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal cuando éstos están crudos. El contenido en proteínas varía mucho entre los pequeños porcentajes presentes en frutas con altos contenidos en agua (como los tomates) o en los tejidos grasos de las carnes, y los porcentajes elevados que se dan en algunas carnes magras. Todas las proteínas contienen carbono, común a todas las sustancias orgánicas, oxígeno e hidrógeno. Además como característica distintiva, contienen una elevada cantidad de nitrógeno, en torno al 16%. La urea y las proteínas son los principales responsables de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales.

➤ **Hidratos de Carbono:** Ampliamente distribuidos por la naturaleza, los hidratos de carbono incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en el agua residual.

Los hidratos de carbono contienen carbono, oxígeno e hidrógeno. Algunos hidratos de carbono son solubles en agua, principalmente los azúcares, mientras que otros, como los almidones, son insolubles.

1.4.3.2.2. *Alcalinidad.*

La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad de neutralizar ácidos También se utiliza el término capacidad de neutralización de ácidos (CNA). La alcalinidad de las aguas naturales se debe primariamente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también pueden contribuir.

La alcalinidad del agua natural puede ser causada por, de acuerdo con sus valores de pH, como sigue:

- Hidróxido
- Carbonato
- Bicarbonato

La alcalinidad debido a otros materiales es mínima y en realidad no es significativa.

La alcalinidad del agua se debe principalmente a sales de ácidos débiles y a bases fuertes, y esas sustancias actúan como amortiguadores para resistir la caída del pH, generalmente se expresa en ppm de CaCO₃ o meq/L.(1 meq/L CaCO₃ = 50 ppm CaCO₃). (**GESTA AGUA, 2003: 10**)

1.4.3.2.3. *Aceites y grasas.*

Los aceites y grasas se definen en los "Métodos Estándar" como "cualquier material recuperado en la forma de una sustancia soluble en el solvente". El triclorofluoroetano es el solvente recomendado; sin embargo, debido a los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos, se incluyen también solventes alternativos. La recolección de muestras y la medición deben realizarse con extremo cuidado. (**EPA, 1997: 16**)

1.4.3.2.4. *Oxígeno disuelto.*

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que pueden estar presentes en la solución, viene acondicionada por los siguientes aspectos:

- Solubilidad del gas
- Presión parcial del gas en la atmósfera;
- Temperatura y
- Pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión, etc.)

Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en las épocas estivales. El problema se agrava en los meses de verano, debido a que el caudal de los cursos de agua es generalmente menor, razón por la cual la cantidad total de oxígeno disponible es también menor. Dado que evita la formación de olores desagradables en las aguas residuales, es deseable y conveniente disponer de cantidades suficientes de oxígeno disuelto.

La importancia del oxígeno disuelto (OD) para la vida acuática se debe a que, en los casos en los que el nivel de OD se sitúa por debajo de 4-5 mg/l, se pueden producir efectos nocivos en determinadas especies.

El OD debe expresarse en el porcentaje de saturación. Esto se debe al hecho que el OD varía mucho en función de la temperatura y de la altitud. Para una temperatura de 20°C, por ejemplo, el tenor de saturación es de 9,2 mg/l para el nivel del mar; 8,6 mg/l para 500 m de altitud y 7,4 mg/l para 1000 m de altitud a esa temperatura (EPA, 1997, 24).

Se considera agua de mala calidad de 0 – 4 ppm y es aceptable entre los valores 4.1 – 7.9 ppm y de buena calidad de 8 – 12 ppm, más de 12 ppm debe repetirse la prueba

1.4.3.2.5. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).**

La DBO expresa la cantidad de oxígeno necesario para la degradación de las materias orgánicas por microorganismos, además permite apreciar la carga del agua en materias putrescibles y su poder autodepurador, y de ello se puede deducir la carga máxima aceptable, éste indicador se utiliza principalmente en el control del tratamiento primario en las Plantas de Tratamiento de

Aguas Residuales y en la evaluación el estado de degradación de los vertidos que tengan carga orgánica. (Seoanez, 2003: 210-220)

1.4.3.2.6. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La DQO es una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico y mineral (nitritos, amoníaco). En las aguas residuales, al verterse en un curso de agua, algunas sustancias captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras, satisfaciendo sus necesidades de oxígeno. (Seoanez, 2003: 210-220)

1.4.3.2.7. pH

La concentración de ión hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales. Todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como o la neutralización ácido – base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, depende del pH.

El agua residual con concentración de ión hidrógeno presenta elevadas dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ión hidrogeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ión hidrogeno o pH. El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro. (APHA, 1992: 18)

1.4.3.2.8. Nitrógeno

Es un elemento esencial para el crecimiento de plantas debido a que es básico para la síntesis de proteínas. Cuando el contenido de nitrógeno supere los límites permisibles se evidencia el crecimiento de algas en los cuerpos de agua. En la naturaleza el nitrógeno se halla primariamente combinado en forma de materia proteínica y urea, no obstante su paso a la forma amoniacal se produce enseguida.

En un agua residual la predominación del nitrógeno en forma de nitratos es un indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. Los nitritos que se encuentran en los efluentes de aguas residuales se oxidan por adición de cloro, lo cual incrementa la cantidad de cloro a dosificar y por lo tanto el coste de la desinfección. (Cabrera & Ortiz, 2005: 46-90)

1.4.3.2.9. Fósforo.

La importancia de la determinación del fosfato ha crecido rápidamente en la práctica de la ingeniería ambiental a medida que los profesionales han descubierto las muchas formas diferentes en que los compuestos del fósforo afectan a los fenómenos medioambientales.

Los únicos compuestos inorgánicos del fósforo que interesan en la práctica son los fosfatos en sus formas moleculares deshidratadas, usualmente llamadas poli fosfatos o fosfatos condensados. Por lo general, el fósforo unido en forma estructural tiene poca importancia. Los fosfatos son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica.

1.4.3.3. Características microbiológicas.

Tabla 2-1. Clasificación de los organismos.

Grupo	Estructura Celular	Caracterización	Organismos Representantes
Eucariotas	Eucariótica (Contienen núcleo verdadero encerrado dentro de una membrana nuclear)	Diferenciación amplia de células y tejidos (Multicelular). Escasa o nula diferenciación de tejidos. (Unicelular o Miceliares).	Plantas (musgos y helechos). Animales (con vertebras y sin vertebras). Protistas (algas, hongos y protozoos).
Bacterias	Procariótica sin membrana nuclear	Parecida a las células eucariotas en su parte química.	Bacterias
Arqueobacterias	Procariótica (sin membrana nuclear)	Distinta química celular.	Metanógenos, halófitos, termoacidófilos.

Fuente: Metcalf & Eddy., 1995. & Romero, J 1999

Se denomina aguas residuales a las aguas que fundamentalmente contienen los productos de excreción, provenientes de las actividades fisiológicas de las personas los que son eliminados con las materias fecales y la orina. Las aguas negras, especialmente las de origen doméstico albergan: bacterias, virus y otros organismos microscópicos.

El desarrollo y tipo de bacterias están relacionados directamente con la naturaleza de la materia orgánica. Estas bacterias pueden ser perjudiciales, útiles o inofensivas al hombre.

La población útil está formada por organismos saprófitos que tienen un rol importante en la estabilización de la materia orgánica, las cuales mediante sus enzimas producidas por medio de su metabolismo, transforman la materia orgánica compleja a otros compuestos más simples como los compuestos inorgánicos.

La población perjudicial está compuesta por los gérmenes patógenos que provienen del tracto intestinal de personas o animales enfermos. Entre las bacterias más importantes, se pueden citar las causantes de: fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea, disentería bacilar, cólera, etc.

Entre los virus se tiene los que producen la poliomielitis, la hepatitis infecciosa, la gastroenteritis, etc.

Los protozoarios patógenos son los responsables de la disentería amebiana y los helmintos son causantes de la Ascariasis, Ancylostomiasis, Enterobiasis, Strangyloidiasis, etc. (**VARGAS, 1980**)

1.4.3.3.1. Bacterias.

Los organismos patógenos más frecuentes en una agua residual municipal son los pertenecientes al género *Salmonella*. Este grupo de microorganismos comprende un gran número de especies capaces de producir enfermedades en las personas y en los animales. Las tres formas distintas de salmonelosis que pueden producirse en las personas son fiebres entéricas, las septicemias y la gastroenteritis aguda. La forma más intensa de fiebre entérica por salmonelosis es la producida por la *Salmonella typhi*.

En una agua residual pueden detectarse numerosos tipos distintos de bacterias, entre las que pueden nombrarse las especies *Vibrio*, *Mycobacterium*, *Clostridium*, *Leptospira sp* y *Yersinia*. Aunque estos microorganismos patógenos pueden encontrarse en el agua residual, sus concentraciones son normalmente muy bajas para iniciar un brote epidémico.

La frecuente declaración de casos de gastroenteritis de origen hídrico sin causa conocida ha hecho sospechar que el agente responsable sea de naturaleza bacteriana. Entre las posibles causas de esta enfermedad pueden encontrarse un grupo de bacterias gram negativas consideradas normalmente como no patógenas y en especial, las socas de *Escherichia Coli* enteropatógenas y diversas socas del genero *Pseudomonas* que pueden afectar a los recién nacidos. Últimamente se ha considerado

el papel como agente etimológico de brotes epidémicos de origen hídrico de *Campylobacter coli* en humanos. **(Mujeriego, 1990: 180-222)**

1.4.3.3.2. Parásitos.

El agua residual municipal puede contener una gran variedad de protozoos y metazoos de carácter patógeno para el ser humano. El más peligroso de estos parásitos es probablemente el protozoo *Entamoeba histolytica*, agente responsable de la disentería amébrica y de la hepatitis amébrica. Una de las principales enfermedades hídricas es la causada por otro protozoo, el flagelado *Giardia lamblia* causante de la giardiasis que provoca trastornos intestinales, flatulencias, diarreas y malestar general. Los agentes infecciosos de estos parásitos son quistes con gran resistencia a la desinfección con cloro.

El agua residual puede contener varios helmintos parásitos. Los más importantes de estos son los gusanos intestinales, entre los que encontramos *Ascaris lumbricoidea*, las tenias: *Taenia saginata*, *Trichuris richuira*, *Strongyloides stercolaris* y los anquilostomas *Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus*. Los ciclos biológicos de la mayoría de helmintos son complejos y requieren en algunos casos de haber estado en un huésped intermedio. El estadio infeccioso de algunos es o bien el organismo adulto o bien la larva, mientras que en otros casos los huevos o los quistes son las formas infecciosas de estos microorganismos. Tanto los huevos como las larvas son resistentes a las acciones medioambientales y pueden sobrevivir durante el proceso de desinfección de agua residual. **(Mujeriego, 1990: 180-222)**

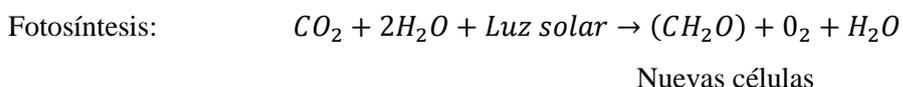
1.4.3.3.3. Hongos.

En ingeniería de tratamiento de aguas los hongos son considerados protistas multicelulares, heterotróficos, no fotosintéticos. Los hongos son estrictamente aeróbicos. Tienen la capacidad de crecer en condiciones de poca humedad y pueden tolerar un medio ambiente con bajos valores de pH, aunque su rango óptimo de pH es 5.6. Los requerimientos de nitrógeno son bajos y son de aproximadamente la mitad de los que requieren las bacterias comunes. Esta habilidad para sobrevivir a bajos valores de pH y con cantidades relativamente limitadas de nitrógeno, los hacen sumamente importantes en el tratamiento biológico de algunas aguas de origen industrial. **(Mujeriego, 1990: 180-222)**

1.4.3.3.4. Algas

Las algas son protistas unicelulares o multicelulares, autotróficos y fotosintéticos. La presencia de algas en las aguas es indeseable ya que producen malos olores y sabores en el agua de consumo. Interfieren en los procesos de filtración, y al darle coloración al agua disminuyen sus características

estéticas. En lagunas de oxidación, las algas son valiosas debido a que producen oxígeno a través del proceso de fotosíntesis. Por la noche, cuando no hay disponible luz para la fotosíntesis, emplean el oxígeno disponible para la respiración. Las reacciones bioquímicas simplificadas de los procesos bioquímicos que ocurren en la fotosíntesis y en la respiración son las siguientes:



En el medio ambiente acuático y como consecuencia de las reacciones anteriores, este proceso metabólico causa una variación diurna y nocturna del oxígeno disuelto. La habilidad de las algas para producir oxígeno es de vital importancia para la ecología del medio ambiente de las aguas. Para que una laguna de oxidación aeróbica o facultativa opere adecuadamente, se requiere de las algas, que son la fuente de oxígeno para las bacterias aeróbicas heterotróficas.

Esta relación simbiótica entre las bacterias y las algas, es el mecanismo a través del cual las aguas residuales pueden ser depuradas en lagunas de oxidación. Debido a que las algas utilizan el dióxido de carbono en la actividad fotosintética, es posible que el agua alcance altos valores de pH. Si se alcanzan altos valores de pH, la alcalinidad tiende a ser alcalinidad de hidróxidos y carbonatos y si además en el agua es alta la concentración de calcio, se puede rebasar el valor de la constante de producto de solubilidad del carbonato de calcio, y este precipita.

Esta remoción del carbonato por precipitación evita que el pH se siga incrementando. De la misma forma a como ocurre con el oxígeno disuelto, existe una variación en el valor del pH. Durante el día, las algas consumen dióxido de carbono lo cual tiende a incrementar el valor del pH; por la noche, las algas producen CO₂ lo cual resulta en una disminución en el pH.

El resultado neto, en un sistema bien equilibrado es un valor más o menos constante en el valor del pH, que es requisito indispensable para el proceso de depuración de las aguas. También. Como los demás organismos, las algas requieren de compuestos inorgánicos para su reproducción. Los principales elementos requeridos de este tipo son nitrógeno y fósforo. Otros elementos traza o micronutrientes también son esenciales; entre estos se encuentran: hierro, cobre y molibdeno.

En lagos y lagunas naturales, el crecimiento excesivo de las algas es indeseable, por lo que uno de los procesos avanzados de tratamiento de aguas residuales, es la eliminación del nitrógeno o fósforo, o los dos en forma conjunta, para evitar la proliferación de este material. También la

remoción de los micronutrientes requeridos para su crecimiento y reproducción, es una alternativa para el control de las algas. **(Mujeriego, 1990: 180-222)**

1.4.3.3.5. *Virus*

Los virus son parásitos intracelulares obligados que sólo son capaces de multiplicarse dentro de la célula huésped. Los virus entéricos son aquellos que se multiplican en el conducto intestinal, expulsándose en los excrementos de la persona infectada.

Los virus entéricos humanos más importantes son: los enterovirus (polio, echo y Coxsackie), los rotavirus, los reovirus, los parvovirus, los adenovirus y los virus de la hepatitis A. El virus causante de la hepatitis A es el declarado con más frecuencia como transmisible a través del agua contaminada. El único huésped que se ha encontrado para el virus de la hepatitis A es la persona humana. Incluso varios investigadores han detectado la presencia del virus en aguas subterráneas. A pesar de todo parece ser que el agua juega un papel muy secundario en la transmisión de enfermedades virales, lo que no quiere decir que se deba subestimar este papel. En principio cualquier virus excretado y capaz de producir infección a través de su ingestión, puede ser transmitido mediante un tratamiento inadecuado del agua residual. **(Mujeriego, 1990: 180-222)**

1.5. NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

En los estudios de planificación para la implementación del tratamiento de aguas residuales, los siguientes puntos deben estar claramente dirigidos:

- Estudios de impacto ambiental sobre el cuerpo receptor
- Los objetivos del tratamiento
- Eficiencias nivel de tratamiento y eliminación

Los estudios de impacto ambiental que son necesarios para la evaluación del cumplimiento de los estándares que reciben del cuerpo receptor, son indicados en el TULSMA Capítulo 1 Anexo VI. Ya que son los requisitos que deben alcanzarse para el efluente son también una función de la normativa específica que define los estándares de calidad para el efluente y para el cuerpo receptor. La eliminación de contaminantes durante el tratamiento con el fin de alcanzar una calidad deseada o estándar de descarga requerida se asocia con los conceptos de nivel de tratamiento y eficiencia del tratamiento.

Tratamiento de aguas residuales se clasifican generalmente de acuerdo con los siguientes niveles:

- Preliminar
- Primario
- Secundario
- Terciario. (Sperling, 2007: 163-215)

1.5.1. Tratamiento preliminar.

Este tratamiento se encarga de la remoción principalmente de:

- Sólidos gruesos
- Arena

Los mecanismos básicos de eliminación son de orden físico. Además de las unidades de eliminación de sólidos gruesos, también hay una unidad de medición de caudal. Esto por lo general consiste en un canal normalizado, donde el nivel de líquido medido se puede correlacionar con el flujo. Presas (rectangulares o triangulares) y mecanismos de medición-tubería cerrada también se pueden adoptar.

La eliminación de sólidos gruesos se realiza con frecuencia por las pantallas o bastidores, pero las pantallas y trituradores estáticos o rotativos también pueden ser utilizados. En la proyección, se retira el material con dimensiones más grandes que los espacios entre las barras. Hay grueso, medio, y las pantallas finas, en función de la separación entre las barras. La eliminación del material retenido puede ser manual o mecanizada.

Los principales objetivos de la eliminación de sólidos gruesos son:

- Protección de los dispositivos de transporte de aguas residuales (bombas y tuberías)
- Protección de las unidades de tratamiento posteriores
- Protección de los cuerpos receptores. (Sperling, 2007: 163-215)

1.5.2. Tratamiento primario.

El tratamiento primario tiene como objetivo la eliminación de:

- Sólidos en suspensión sedimentables
- Sólidos flotantes

Después de pasar las unidades de tratamiento preliminar, alcantarillado todavía contiene sólidos finos en suspensión, que pueden eliminarse parcialmente en unidades de sedimentación. Una parte significativa de estos sólidos en suspensión se compone de materia orgánica en suspensión.

De esta manera, su eliminación mediante procesos simples, tales como la sedimentación implica una reducción en la carga de DBO dirigido al tratamiento secundario, donde su eliminación es más costosa.

Los tanques de sedimentación pueden ser circulares o rectangulares. Las aguas residuales fluyen lentamente a través de los tanques de sedimentación, permitiendo que los sólidos en suspensión con una densidad mayor que el líquido circundante para resolver lentamente a la parte inferior. La masa de los sólidos acumulados en la parte inferior se denomina lodo primario prima. Este lodo se elimina a través de un solo tubo en pequeños depósitos de tamaño o por medio de rascadores mecánicos y bombas en tanques más grandes. Material flotante, tal como grasa y aceite, tiende a tener una densidad menor que el líquido circundante y subir a la superficie de los tanques de sedimentación, donde se recogen y se retiran del tanque para su posterior tratamiento.

La eficiencia de tratamiento primario en la eliminación de sólidos en suspensión, y, como resultado, BOD, se puede mejorar mediante la adición de coagulantes. Esto se conoce como tratamiento primario avanzado o tratamiento primario químicamente mejorado.

Coagulantes puede ser sulfato de aluminio, cloruro férrico u otro, con la ayuda o no de un polímero. El fósforo puede ser retirado también por precipitación. Más lodos se forman, como resultado de la mayor cantidad de sólidos retirados del líquido y de los productos químicos añadidos. El lodo primario puede ser digerida por digestores convencionales, pero en algunos casos, también puede ser estabilizado con cal (simplificar el diagrama de flujo, más incremento de la cantidad de lodo que será eliminada).

Las fosas sépticas son también una forma de tratamiento primario. Los tanques sépticos y sus variantes, tales como tanques Imhoff, son básicamente los tanques de sedimentación, donde los sólidos sedimentables se retiran al fondo. Los sólidos (lodos) permanecen en la parte inferior de los tanques durante un largo período de tiempo (varios meses), que es suficiente para su digestión. Esta estabilización se produce en condiciones anaerobias. **(Sperling, 2007: 163-215)**

1.5.3. Tratamiento secundario.

El objetivo principal del tratamiento secundario es la eliminación de la materia orgánica. La materia orgánica está presente en las siguientes formas:

- Materia orgánica disuelta (soluble o filtrada DBO) que no se elimina por las operaciones meramente físicos, tales como la sedimentación que se produce en el tratamiento primario;

- La materia orgánica en suspensión (partículas suspendidas o DBO), que se elimina en gran medida en el tratamiento primario de vez en cuando existente, pero cuyos sólidos con sedimentabilidad más lenta (sólidos más finos) permanecen en la masa líquida.

Los procesos de tratamiento secundario se conciben de manera que se aceleren los mecanismos de descomposición que ocurren naturalmente en los cuerpos receptores. Por lo tanto, la descomposición de los contaminantes orgánicos degradables se consigue bajo condiciones controladas, y a intervalos de tiempo más pequeños que en los sistemas naturales.

La esencia de tratamiento secundario de aguas residuales domésticas es la inclusión de una etapa biológica. Mientras que los tratamientos preliminares y primarios tienen mecanismos físicos predominantemente, la eliminación de la materia orgánica en la etapa secundaria se lleva a cabo a través de reacciones bioquímicas, llevado a cabo por los microorganismos.

Una gran variedad de microorganismos toman parte en el proceso: bacterias, protozoos, hongos y otros. La base de todo el proceso biológico es el contacto eficaz entre estos organismos y la materia orgánica contenida en las aguas residuales, de una manera tal que puede ser utilizado como alimento para los microorganismos. Los microorganismos convierten la materia orgánica en dióxido de carbono, agua y material celular (crecimiento y la reproducción de los microorganismos). Esta descomposición biológica de la materia orgánica requiere la presencia de oxígeno como un componente fundamental de los procesos aeróbicos, además del mantenimiento de otras condiciones ambientales favorables, tales como temperatura, pH, tiempo de contacto, etc.

El tratamiento secundario incluye generalmente unidades de tratamiento preliminar, pero puede o no puede incluir unidades de tratamiento primario. Existe una gran variedad de procesos de tratamiento secundario, y los más comunes son:

- Humedales superficiales
- Las lagunas de estabilización
- Sistemas de eliminación de Tierra
- Reactores anaeróbicos
- Sistemas de lodos activados
- Reactores de biopelícula aeróbicos (**Sperling, 2007: 163-215**)

1.5.3.1. Humedales superficiales

Los humedales son superficies de terreno que se encuentran inundados permanentemente o de manera intermitente, por la influencia de aguas superficiales o subterráneas (acuáticos) que influyen directamente sobre las superficies terrestres, y la población vegetal determinada por las

características hidrometeorológicas, topográficas, diversidad biológicas y sobre todo las características químicas del agua. (Ciceana, 2001: 22)

Los humedales artificiales o estaciones de fitoremediación, infraestructuras diseñadas e implementadas por los humanos con el fin de mejorar las características de aguas contaminadas con vegetación que aprovecha las interacciones con el agua para formar películas bacterianas y la transferencia de oxígeno, logrando así la eliminación de varios microorganismos la remoción de materia orgánica y degradación o absorción de varios metales pesados. (Silva & Zamora, 2005: 33)

Sistemas de flujo libre (FWS), en el cual el nivel del agua está sobre la superficie del medio de soporte, el flujo de agua pasa a través de la grava y de la vegetación que incluye juncos, cañas, espadañas y eneas, que están sembradas y fijas. Los tallos, hojas y raíces proporcionan el oxígeno al humedal. Sistemas de flujo subsuperficial (SFS). Está construido típicamente en forma de un lecho o canal que contiene un medio apropiado; la vegetación emergente es la misma del FWS. El nivel del agua está por debajo de la superficie del soporte, el agua fluye únicamente a través del lecho de grava que sirve para el crecimiento de la película microbiana, que es la responsable en gran parte del tratamiento que ocurre, las raíces penetran hasta el fondo del lecho. Las aplicaciones para humedales artificiales son variadas e incluyen tratamiento de aguas residuales municipales, industriales y agrícolas. (Silva & Zamora, 2005: 33)

1.5.4. Tratamiento terciario o eliminación de organismos patógenos.

Los procesos mencionados anteriormente capaces de alcanzar una remoción de coliformes de 99.99% o más. En cuanto a los organismos patógenos, eficiencia de eliminación de bacterias es muy alta (igual o mayor que la remoción de coliformes), pero variable, dependiendo del mecanismo de eliminación y la resistencia de cada especie. Los principales procedimientos utilizados para la eliminación de organismos se enumeran a continuación:

1.5.4.1. Tipos naturales

1.5.4.1.1. Lagunas de maduración

Estanques poco profundos, donde la penetración de la radiación solar ultravioleta y las condiciones ambientales desfavorables provoca una alta mortalidad de los patógenos. Las lagunas de

maduración no necesitan productos químicos o de energía, pero requieren grandes áreas. Son sistemas muy recomendable (si hay espacio disponible), debido a su gran sencillez y bajo costo.

1.5.4.1.2. Tratamiento en medio terrestre (infiltración en el suelo)

Las condiciones ambientales desfavorables en el suelo favorecen la mortalidad de los agentes patógenos. En sistemas de tipo lento, existe la posibilidad de contaminación de la planta, dependiendo del tipo de aplicación. Productos químicos no son necesarios. Requiere grandes áreas.

1.5.4.2. Tipos Artificiales

1.5.4.2.1. Cloración

El cloro mata los microorganismos patógenos (aunque los quistes de protozoos y huevos de helmintos no son muy afectados). Altas dosis son necesarias, lo que puede aumentar los costes operativos, mayor es la remoción de materia orgánica anterior, menor es la dosis de cloro requerida. Hay una preocupación con respecto a la generación de subproductos tóxicos para los seres humanos. Sin embargo, el gran beneficio para la salud pública en la eliminación de patógenos debe ser tomado en consideración.

La toxicidad causada por el cloro residual en los cuerpos de agua es también motivo de preocupación. Hay mucha experiencia con el uso de cloro en el de tratamiento de agua en varios países en desarrollo.

1.5.4.2.2. Ozonización

El ozono es un agente muy eficaz para la eliminación de patógenos. Ozonización suele ser caro, aunque los costos se reducen, por lo que esta alternativa una opción competitiva en ciertas circunstancias específicas. Hay menos experiencia con ozonización en la mayoría de los países en desarrollo.

1.5.4.2.3. La radiación ultravioleta

La radiación ultravioleta, generada por lámparas especiales, afecta a la reproducción de los agentes patógenos. Subproductos tóxicos no se generan. Idealmente, el efluente debe estar bien claro para que la radiación penetre bien en la masa líquida. Este proceso ha demostrado recientemente

sustancial. Este proceso ha demostrado recientemente un desarrollo sustancial, que ha hecho que sea más competitiva o más ventajosa que la cloración en diversas aplicaciones.

1.5.4.2.4. Membranas

El paso de las aguas residuales tratadas a través de las membranas de las dimensiones diminutas (EJEMPLO: ultrafiltración, nanofiltración) constituye una barrera física para los microorganismos patógenos, que tienen dimensiones mayores que los poros. El proceso es muy interesante y no introduce productos químicos en el líquido. Los costos siguen siendo altos, pero se han ido reduciendo de manera significativa en los últimos años. (**Sperling, 2007: 163-215**)

1.6. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1.6.4. Criterios para el análisis

La decisión sobre el proceso de tratamiento de aguas residuales que se adopte debe ser derivada de un balance de un equilibrio entre los criterios técnicos y económicos, teniendo en cuenta los aspectos cuantitativos y cualitativos de cada alternativa. Si la decisión con respecto a los aspectos económicos puede parecer relativamente simple, la misma puede no ser el caso de los aspectos financieros. Además, los puntos técnicos son, en muchos casos intangibles y en un gran número de situaciones; la decisión final aún puede tener la subjetividad.

Criterios o ponderaciones se pueden atribuir a los diversos aspectos relacionados esencialmente con la realidad en el foco de contaminación, para que la selección realmente conduzca a la alternativa más adecuada para el sistema bajo análisis. No hay tales fórmulas generalizadas para esto, y el sentido común y la experiencia al atribuir la importancia relativa de cada aspecto técnico son esenciales. Mientras que el aspecto económico es fundamental, hay que recordar que la mejor alternativa no es siempre el que simplemente presenta el menor costo en los estudios económico-financieros. (**Sperling, 2007: 163-215**)

1.7. PLANTAS DE TRATAMIENTO.

Las PTAR son sistemas de saneamiento de aguas, las cuales mediante procesos físicos, químicos y biológicos, ayuda a mejorar las condiciones de las descargas previa a la incorporación de la misma hacia un cuerpo de agua receptor.

1.7.4. Parámetros para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.

La selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales depende de algunos factores, los cuales son:

- Características del agua residual.
- Calidad del efluente de salida requerido.
- Costo y disponibilidad del espacio para la construcción de la planta de tratamiento.
- Consideración de las futuras ampliaciones o la prevención de límites de calidad del vertido más estricto, que necesiten el diseño de tratamientos más sofisticados en el futuro.
- Coste local del agua; ciertos tratamientos sofisticados podrían justificarse en determinadas regiones en que el coste del agua es elevado, y estaría fuera de lugar en regiones de bajo coste del agua.
- Nivel de profesionalismo del personal. (Ramalho, 1993: 76-78)

1.7.5. Selección de un tratamiento.

Se debe tener en cuenta los contaminantes presentes, estos pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión y ser orgánicos e inorgánicos, teniendo como los más representativos: materia orgánica soluble, aceites, grasas, material flotante, detergentes, nutrientes, minerales, sólidos en suspensión, material coloidal, color, olor, turbidez, acidez, etc.

El objetivo primordial es la eliminación de estos posibles contaminantes, los cuales son molestos y nocivos para el entorno. La mejor forma de tratar un agua residual depende principalmente de diversos factores: caudal, composición, concentraciones, calidad requerida del efluente, cantidad de agua a tratar, posibilidades de reutilización y de descarga al alcantarillado, etc.

1.8. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑAS POBLACIONES.

1.8.1. Canal de entrada

El canal de entrada o llegada, es aquel por donde el agua residual entra al sistema de tratamiento, específicamente es la entrada al pre-tratamiento.

1.8.2. Criterios de diseño para el canal de llegada

Para el dimensionamiento del canal de entrada se debe tomar criterios o consideraciones según el Manual de Depuración URALITA, que nos ayuden a la hora de trabajar, los mismos que son:

- Tipo de canal: Rectangular.
- Pendiente del canal: $S \geq 0.5 \%$,
- $V > 0.6$ m/s (caudal medio) y $V < 2.5$ m/s (caudal máximo)
- Ancho del canal: $0.30 \text{ m} < b < 0.70 \text{ m}$.
- El canal será de hormigón por lo que la rugosidad de Manning es de 0.016.

1.8.3. Dimensionamiento del canal de llegada

a) Cálculo del coeficiente de Manning (K_M)

$$K_M = \frac{Q \times n}{b^{8/3} \times S^{1/2}}$$

Ecuación 5.

Dónde:

Q = Caudal medio diario (m³/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

b = Base del canal (m)

S = Pendiente del canal (m/m)

b) Cálculo de la altura de agua en el canal (h)

$$h = 16624 \times K^{0.74232} \times b.$$

Ecuación 6.

c) Cálculo del Radio Hidráulico (RH)

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

Ecuación 7.

d) **La velocidad se calcula con la ecuación de Manning:**

$$V = \frac{1}{n} RH^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 8.

Dónde:

V = Velocidad de flujo (m/s)

RH = Radio Hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

Verificación de velocidad en el canal:

1.8.4. Rejas o rejillas.

Las rejillas, rejas, mallas o cribas; tienen el fin de retener y separa los cuerpos flotantes y en suspensión, que trae consigo el agua residual.

Los beneficios del uso de rejillas son:

- Evitar posteriores depósitos.
- Obstrucciones en canales, tuberías, etc.
- Interceptar materias que podrían afectar a la posterior unidad de tratamiento.
- Aumentar la eficiencia de las posteriores unidades de tratamiento.

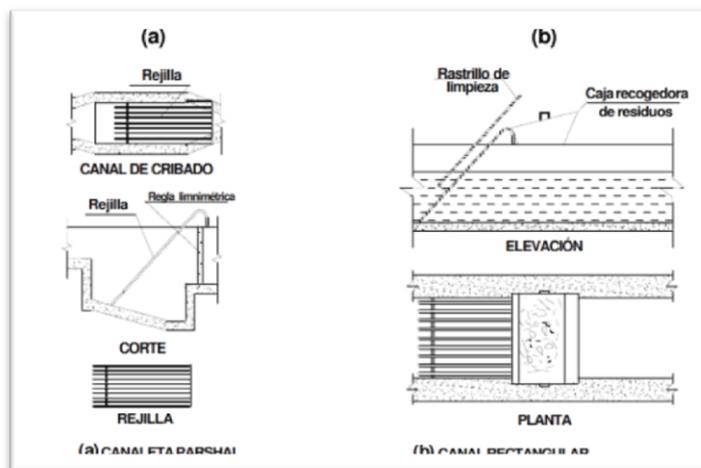
Para la selección de las rejillas para las estaciones depuradoras o plantas de tratamiento, se toman criterios como:

- Horizontales, verticales, inclinadas y curvas
- Finas, medias y gruesas
- Fijas o móviles

De limpieza automática, semiautomática

Aunque no existe un criterio único para la delimitación de los tipos de rejillas finas, medias o gruesas, se pueden considerar como rejillas finas aquellas en que la separación de aberturas es inferior a 1.5 cm y para rejillas medias o gruesas la separación oscila entre 1.5 y 5.0 cm. (**Villa, 2000: 55-80**)

Figura 3-1. Rejillas de desbaste y su limpieza manual



Fuente: VILLA, M., Planta de Tratamiento De Aguas Residuales, 2000.

1.8.5. Criterios de diseño de rejas o rejillas.

Tabla 3-1. Criterios de diseño para rejillas de limpieza manual.

Parámetro	Rango	Unidad
Espaciamiento entre barras	15 – 50	Mm
*Separación entre barras	25-50	mm
Velocidad de aproximación	0.3 – 0.6	m/s
Velocidad a través de las barras	0.3 – 0.6	m/s
Ángulo de inclinación	60 – 45	°

Fuente: *Metcalf & Eddy., 1995., Norma RAS., 2000.

1.8.6. Dimensionamiento de Rejas o Rejillas.

Para el dimensionamiento de rejillas el procedimiento es el siguiente:

- **Cálculo de la velocidad a través de las rejillas.**

$$A = \frac{Q}{v}$$

Ecuación 9.

Dónde:

A= Área (m²).

Q=Caudal (m³/s).

V= Velocidad (m/s).

- **Cálculo de la altura del tirante del agua.**

Se asume el ancho del canal y se tiene:

$$h_a = \frac{A}{w}$$

Ecuación 10.

Dónde:

h_a = Altura del tirante del agua (m).

w = Ancho asumido (m).

- **Cálculo de la altura total del canal.**

Considerando la altura de seguridad del canal se tiene:

$$H = h_a + h_s$$

Ecuación 11.

Dónde:

H = Altura total (m).

h_s = Altura de seguridad (m).

- **Cálculo de la longitud de barras.**

$$\text{sen } \alpha = \frac{H}{L}$$

Ecuación 12.

Dónde:

L = Longitud de barras (m).

α =Ángulo de inclinación de barras.

- **Cálculo del número de barras.**

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

Ecuación 13.

Dónde:

n = Número de barras.

s = Espesor de barras (mm).

w= Ancho del canal (mm).

e= Separación entre barras (mm).

- **Cálculo de la suma de separaciones entre barras.**

$$b_g = \left(\frac{w - e}{s + e} + 1 \right) e$$

Ecuación 14.

Dónde:

bg=Suma de la separación entre barras (mm).

- **Cálculo de la pérdida de carga.**

$$h = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{sen } \alpha$$

Ecuación 15.

Dónde:

h= Diferencia de alturas antes y después de las rejillas (m).

$v^2/2g$ =carga de velocidad antes de las rejillas (m).

α =Ángulo de inclinación de barras.

β =Coeficiente de pérdida para rejillas.

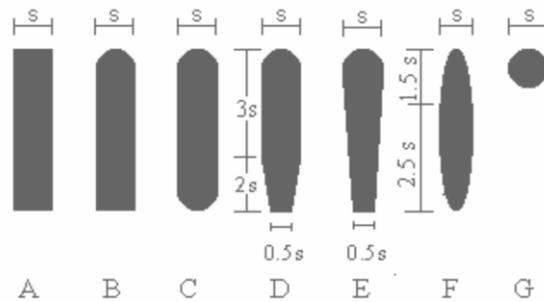
Dónde β se obtiene de la siguiente 1.8.6.1-1 con apoyo de la Figura 4-1.

Tabla 4-1. Coeficiente de pérdida para rejillas.

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

Fuente: RAS 2000., Título E: 51.

Figura 4-1. Formas de las rejillas.



Fuente: RAS, 2000.

Este procedimiento para calcular h_f es válido solo cuando la rejilla está limpia.

1.8.7. Tanque séptico.

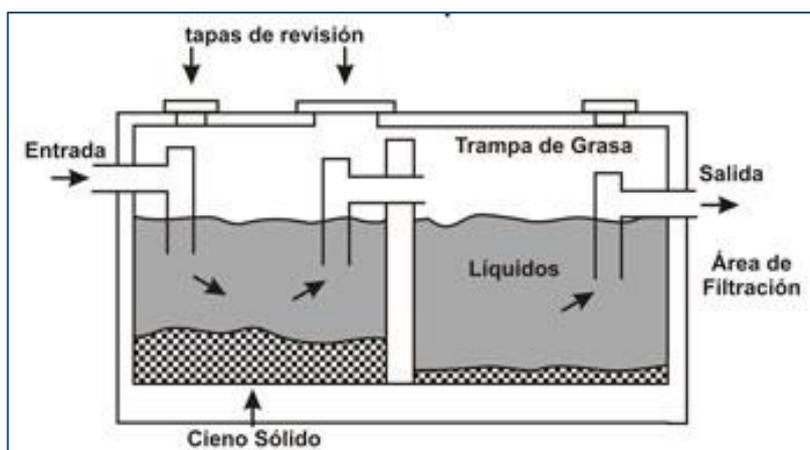
Son tanques combinados de sedimentación y desnatación, como digestor anaerobio sin mezcla ni calentamiento y como tanque de almacenamiento de lodos. (Crites & Tchobanoglous, 2000, 313-324)

El tanque séptico con su sistema de eliminación de efluentes (sistema de infiltración), presenta muchas de las ventajas del alcantarillado tradicional. No obstante, es más costoso que la mayor parte de los sistemas de saneamiento in situ. También requiere agua corriente en cantidad suficiente para que arrastre todos los desechos a través de los desagües hasta el tanque. Los desechos de las letrinas con arrastre hidráulico, y quizás también de las cocinas y de los baños, llegan a través de desagües a un tanque séptico estanco y herméticamente cerrado, donde son sometidos a tratamiento parcial.

Tras un cierto tiempo, habitualmente de 1 a 3 días, el líquido parcialmente tratado sale del tanque séptico y se elimina, a menudo en el suelo, a través de pozos de percolación o de zanjas de infiltración. Muchos de los problemas que plantean los tanques sépticos se deben a que no se tiene suficientemente en cuenta la eliminación del efluente procedente del tanque séptico.

El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero tiene un bajo desempeño en la destrucción de agentes patógenos. Tanto Majumber y sus colaboradores (1960) hallaron que, aunque los tanques sépticos estudiados habían destruidos del 80% al 90% de los huevos de anquilostomas y Ascaris, en términos absolutos el efluente aun contenía grandes cantidades de huevos viables, que estaban presentes en el 90% de las muestras.

Figura 4-1. Diagrama de Tanque Séptico



Fuente: OPS-OMS, 2002

Como el efluente de los tanques sépticos es anaerobio y contiene probablemente un elevado número de agentes patógenos, que son una fuente potencial de infección, no debe usarse para regar cultivos ni descargarse canales o aguas superficiales sin permiso de la autoridad sanitaria de acuerdo al reglamento nacional vigente. (OPS, 2005: 12)

1.8.8. Criterios de diseño para un tanque séptico.

Tabla 5-1. Criterios de diseño para tanque séptico.

Parámetro	Rango	Unidad
*hútil	1.2 m – 1.7	M
*Resguardo	> 0.3	M
*1 Compartimentos	-	-
*Tasa acumulación del lodo	0.04	m ³ /hab. Año
Tapa del tanque.	no menor a 0.60 x 0.60	M
Ancho del tanque	no menor a 0.60	M
Diámetro de tubería de entrada y salida	mínimo 100 y 75 respectivamente	Mm
Nivel de la tubería de salida	0.05 por debajo de la tubería de entrada	M
Diámetro del registro	mínimo 150	Mm
Parte superior de los dispositivos de entrada y salida tendrá una ventilación	no más de 0.05	Mm

Fuente: *Método USPHS., CEPIS., 2003.

1.8.9. Dimensionamiento del tanque séptico.

El procedimiento para dimensionar el tanque séptico se tiene a continuación:

- **Cálculo de período de retención hidráulica.**

$$Pr = 1.5 - 0.3 \log(P \times Q)$$

Ecuación 16.

Dónde:

Pr = Tiempo promedio de retención hidráulica (días).

P = Población servida.(hab).

Q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, (L/hab x día.).

- **Cálculo del volumen requerido para la sedimentación.**

$$V_s = 10^{-3} (P \times Q) \times PR$$

Ecuación 17.

Dónde:

V_s = Volumen de sedimentación (m³).

- **Cálculo del volumen de lodos producidos.**

Depende de las condiciones ambientales principalmente de la temperatura y de la descarga de residuos de cocina. Los valores a ser considerados son:

- **Clima cálido 40 L /hab x año.**
- **Clima frío 50 L /hab x año.**

En caso de descargas adicionales de lavaderos u otros aparatos sanitarios instalados que afecten al buen funcionamiento del sistema de evacuación de aguas residuales, a los valores anteriores se le adiciona el valor de 20 L/ hab x año. **(OPS, 2005)**

- **Cálculo del volumen de digestión y almacenamiento de lodos.**

$$V_d = G \times P \times N \times 10^{-3}$$

Ecuación 18.

Dónde:

V_d = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m³).

N = Intervalo deseado entre operaciones sucesivas de remoción de lodos (años).

G =Volumen de lodos producidos (L /hab x año).

- **Cálculo del volumen total.**

$$V_t = V_s + V_d$$

Ecuación 19.

Dónde:

$V_t =$ Volumen total (m^3).

- **Cálculo del área del tanque.**

$$V_t = L \times b \times h_u$$

Ecuación 20.

- **Cálculo de la longitud del tanque.**

$$A = L \times b$$

Ecuación 21.

Dónde:

L = Largo (m).

A= Área del tanque (m^2).

b = Ancho (m).

$h_u =$ Altura útil (m).

- **Cálculo de la profundidad máxima de espuma sumergida.**

$$He = \frac{0.7}{A}$$

Ecuación 22.

Dónde:

$He =$ Área superficial del tanque séptico en m^2 .

- **Cálculo de la longitud de los compartimentos.**

$$L_1 = 0.6L$$

Ecuación 23.

$$L_2 = 0.4L$$

Ecuación 24.

Dónde:

L_1 = longitud de compartimento 1.

L_2 = longitud de compartimento 2.

Se usó 2 compartimentos con una relación de 60/40; para una mejor depuración de aguas residuales.

- **Cálculo de la altura.**

$$V_d = L \times b \times h_L$$

Ecuación 25.

Dónde:

h_L = Altura (m).

- **Cálculo de la altura total.**

$$H_T = h_u + h_s$$

Ecuación 26.

Dónde:

H_T = Altura total (m).

1.8.10. Trampa de aceites y grasas.

Las trampas de grasa o interceptores de grasas son sistemas que mejoran sustancialmente el desempeño de una planta de tratamiento; así como el de las tuberías de descarga y drenajes.

Remueven las grasas del flujo. En la trampa de Grasa el flujo pierde velocidad, a la vez que es aireado. Ambos fenómenos permiten que las partículas de grasa se acumulen en grumos voluminosos y livianos, que mediante el concepto de Stocks, se irán hacia la superficie, donde son entonces atrapados por unos paneles especialmente diseñados para efectuar de forma repetitiva esta operación, con muy bajo mantenimiento. Es un proceso que se da sin necesidad de que medien sistemas químicos o mecánicos complejos.

Esta remoción permite que los procesos de biodegradación en la planta sean más eficientes, evitando que se “ahoguen” los bioactivos que llevan a cabo la degradación de las materias, situación que de presentarse ocasiona daños y atascamientos de los sistemas, a la vez que afecta la salud de los usuarios y del medio circundante. La remoción oportuna de grasas evita el taponamiento de los drenajes y disminuye requerimientos de limpieza periódica en los tanques sépticos. Entre muchas otras, la actividad de cocina es una de las más destacadas en la generación de grasas de desecho, y a la vez una de las más susceptibles ante la evacuación de las aguas servidas.

1.8.11. Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.

Tabla 6-1. Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.

Parámetro	Rango	Unidad
*Área horizontal del tanque	0.25 x 0.25 por lado	m
Relación ancho/longitud	1:4 - 1:18	-
* Tiempo de retención	2.5 – 3	min
Velocidad ascendente mínima	4	mm/s
Diámetro de tuberías (entrada)	>Mínimo 50	mm
Diámetro de tuberías (salida)	>por lo menos 100	mm
*Diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida	>0.05	m
*El espacio sobre el nivel del líquido	mínimo 0.30	m
*Parte inferior de la tubería de salida	no menos de 0.075 ni más de 0.15 del fondo.	m
*Parte superior de la tubería de salida deberá tener una ventilación	No más de 0.05.	m
*Parte inferior del codo de entrada	Deberá prolongarse hasta 0.15 por debajo del nivel de líquido.	m
*Pendiente	45 a 60	°

Fuente: *CEPIS., 2003 & RAS., 2000.

1.8.12. Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas.

Para el dimensionamiento de la de trampa de aceites y grasas se procede de la siguiente manera:

- **Cálculo del área del tanque.**

$$A = \frac{Q \times a}{60 \text{ L/min}}$$

Ecuación 27.

Dónde:

Q = caudal (L/ min).

a = Área (m²).

A = Área del tanque (m²).

- **Cálculo del ancho del tanque.**

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

Ecuación 28.

Dónde:

b = Ancho (m).

- **Cálculo del largo del tanque.**

$$L = b \times 4$$

Ecuación 29.

Dónde:

L = Largo (m).

- **Cálculo del volumen útil.**

$$V_u = Q \times Tr$$

Ecuación 30.

Dónde:

V_u = Volumen útil (m³).

Tr = Tiempo de retención hidráulica (min).

- **Cálculo de la profundidad útil.**

$$P_u = \frac{V_u}{A}$$

Ecuación 31.

Dónde:

P_u = Profundidad útil (m).

- **Cálculo de la profundidad total del tanque.**

$$P_t = P_u + P_s$$

Ecuación 32.

Dónde:

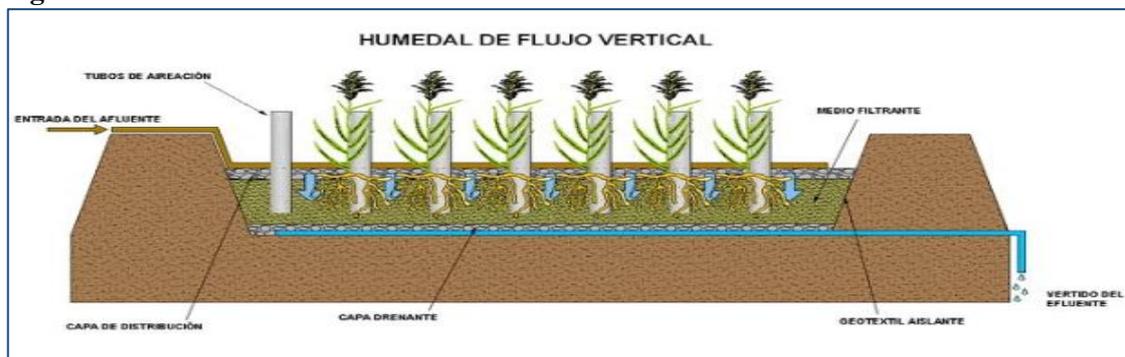
P_t = Profundidad total del tanque (m).

P_s = Profundidad de seguridad (m).

1.8.13. Humedal Artificial

Estudios de un método de tratamiento no convencional es la implementación de humedales artificiales, que tienen una fácil adaptabilidad de plantas y de diseño los vegetales más comunes usados son el Jacinto de Agua o Lechuguín (*Eichhornia crassipes* Fam. *Pontederiaceae*) y el “Carrizo” (*Arundo donax*, Fam. *Poaceae*), remueven grandes cantidades nitrógeno y fósforo, además de metales pesados como cobre, zinc, manganeso, cromo y plomo. Reduce también microorganismos patógenos y su sistema radicular es un excelente medio filtrante para minimizar los sólidos suspendidos. (Contreras, 2009: 68-90)

Figura 6-1. Humedal Artificial



Fuente: Manual de Diseño: Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Infiltración

1.8.14. Criterios de Dimensionamiento de un Humedal Artificial

Los criterios de dimensionamiento para la construcción de un humedal son los siguientes:

- El agua debe estar disponible durante todo el año para mantener las plantas y las bacterias vivas
- Los flujos grandes (causado por la lluvia torrencial) puede agobiar el sistema, y debe ser desaguado en el caso de una tormenta grande hasta que el agua esté debajo de la superficie de tierra
- Las aguas grises deben fluir naturalmente vía gravedad en el humedal o plantas domesticas

- El agua debe quedarse en el sistema por un promedio de 2-10 días para permitir el tratamiento por plantas
- Las aguas grises no deben superar los periodos de retención con esto evitamos la proliferación de vectores como insectos y los malos olores
- Una pared o capa impermeable debe rodear el humedal entero para prevenir que las aguas grises salgan antes de ser tratadas completamente. El desague apropiado permitirá que el agua salga del sistema después del proceso. **(Crites & Tchobanoglous, 1998: 511-656)**
- Una tubería con perforaciones con agujeros uniformes a lo ancho de la entrada del humedal para que el vertido entre en iguales condiciones.
- Para la entrada uniforme del flujo es necesaria la colocación de gravas de mayor tamaño (10-15 cm) a 30 cm de la primera capa del humedal y ocupando toda la profundidad del lecho.
- La tubería de entrada estará colocada en la parte superior entre la gravilla evitando olores provocados por el vertido. Puede ser que la distribución no sea el todo homogéneo debido al movimiento de la grava o a la deformación de la tubería, de todos modos se asume como una distribución adecuada. Tanto las tuberías de entrada como de salida deben estar accesibles para el correcto mantenimiento en el caso que los agujeros de éstas llegaran a obstruirse. En la tuberías de salida se facilita el drenaje con una tubería perforada que ocupe, como en la entrada, todo el ancho del humedal.

Para estipular la capacidad de un sistema biológico de filtración, se debe primero determinar la temperatura mínima del ambiente del sitio propuesto (°C), la cantidad de DBO₅ producido actualmente, y el nivel de DBO₅ deseado para el agua que sale del sistema. Se puede probar el cálculo con la profundidad variando de 55 a 85 centímetros para encontrar un tamaño apropiado. Por ejemplo, si hay una restricción en el área de terreno disponible para el humedal construido, una profundidad de 85 cm aminorará la huella del sistema. Estos cálculos están basados en la reducción de DBO₅, pero pueden estar adaptados para la reducción del nitrato por modificar los factores en el cálculo de la constante de [velocidad de reacción].

1.8.15. Dimensionamiento para Humedales Artificiales.

- **Constante de temperatura en el humedal.**

Constante de temperatura en el humedal Se determinó la constante de temperatura del humedal aplicando la fórmula:

$$K_T = K_{20}(1,06)^{T-20}$$

Ecuación 33.

Dónde:

K= temperatura del humedal

Constante de temperatura $K_{20}=1,2404^7$

T^a=Temperatura ambiente

- **Área superficial**

Se obtuvo el Área superficial aplicando la fórmula:

$$A_s = \frac{Q \ln(DBO_5)_e - \ln(DBO_5)_s}{K_T(y)(n)}$$

Ecuación 34.

Dónde:

A_s = Área Superficial

Q = Caudal

ln (DBO₅)_e = Concentración del contaminante al ingreso

ln (DBO₅)_s = Concentración del contaminante a la salida

K_T = constante de temperatura en el humedal

y = Profundidad del Humedal

n = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal.

- **Tiempo de retención Hidráulica**

Para obtener el THR se aplicó la siguiente Fórmula:

$$TRH = \frac{(A_a)(y)(n)}{Q}$$

Ecuación 35.

- **Ancho del Humedal**

Se calculó el ancho del humedal aplicando la fórmula:

$$W = \frac{1}{y} \times \frac{Q \times As}{(m)(Ks)}$$

Ecuación 36.

Dónde:

W = Ancho del Humedal

Q = Caudal / N° de Unidades

As = Área Superficial / N° de Unidades

m = Pendiente del Lecho

Ks = Conductividad Hidráulica promedio

- **Largo del Humedal**

Se determinó el largo del humedal utilizando la fórmula:

$$L = \frac{As}{W}$$

Ecuación 37.

Dónde:

L= Largo del humedal

As= Área superficial / N° de Unidades

W= Ancho del Humedal

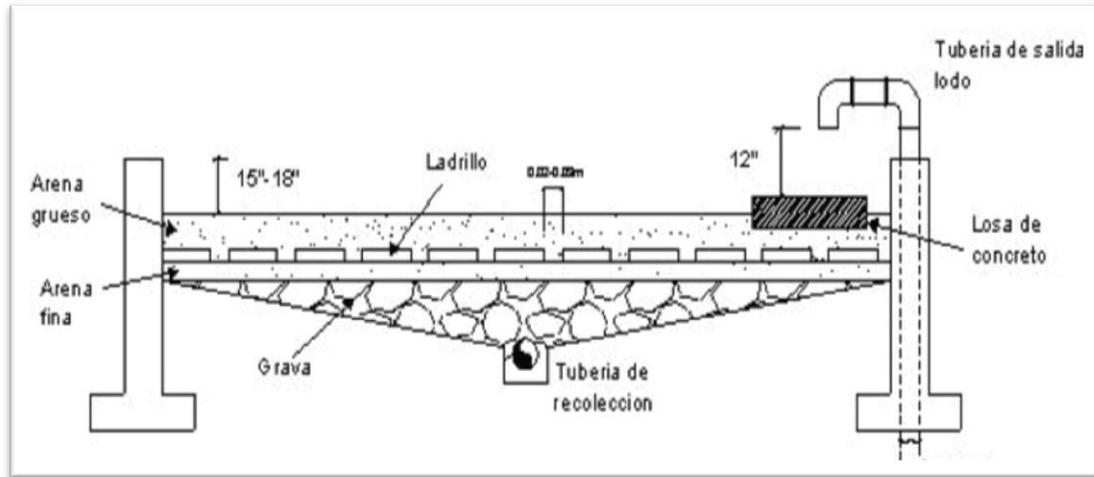
1.8.16. Eras de secado.

Los lechos de secado o simplemente eras de secado son los depósitos de los lodos recogidos del tanque séptico, para estabilizarlos antes de ser evacuados.

- Pueden ser hechos de concreto o tierra y con profundidades de 50 a 60 cm.
- Su ancho puede variar de 3 a 6m, aunque para instalaciones grandes puede ser de 10 m.
- Es recomendable haber dos o más lechos de secado, para una mejor eficiencia.
- El medio de drenaje generalmente es de 0.30 m de espesor, y consta de los siguientes componentes:
 - El medio de soporte tendrá una capa de ladrillos, separados entre 2 a 3 cm y un espesor de 15 cm.

- La arena servirá de medio filtrante, tendrá un tamaño de 0.3 a 1.3 mm. (OPS, 2003: 9-30)

Figura 5-1. Lechos de Secado para lodos del Tanque séptico



Fuente: OPS/CEPIS, 2005

Tabla 7-1. Ventajas y desventajas de las eras de secado.

Desventajas	Ventajas
Requiere áreas grandes.	No necesita operación especializada.
Visible al público.	Consumo bajo de energía.
Sensible a cambios de clima.	Poco sensible a cambios en las características del lodo.
Requiere gran cantidad de mano de obra para su remoción.	Contenido alto de sólidos en los lodos.

Fuente: Romero J., 2002.

1.8.17. Criterios de diseño para eras de secado.

Tabla 8-1. Criterios de diseño para eras de secado.

Parámetro	Rango	Unidad
Profundidad total útil	50 a 60	Cm
Ancho de eras de secado	3 a 6	M
Medio de drenaje	0.30 de espesor	m
*Diámetro de tuberías de drenaje	no menor de 100	mm
*Pendiente	no menor a 1	%
*Canales laterales de alimentación de las tuberías principales	Espaciamiento entre 2.5 y 3.	M
*Medio de soporte	capa de 15	cm
*Arena	Tamaño de 0.3 a 1.3	mm
*Grava	Entre 51 y 200 de espesor.	mm

Fuente: CEPIS 2005., * Norma RAS., 2000.

1.8.18. Dimensionamiento para eras de secado.

En el dimensionamiento de las eras de secado el procedimiento es el siguiente:

$$PE = \frac{V DBO}{C}$$

Ecuación 38.

Dónde:

PE=Población Equivalente (hab).

V= Volumen (m³/d).

DBO= DBO₅ del efluente doméstico (g /m³).

C= Carga orgánica contaminante típica per cápita g/hab*día (valor típico 60).

- **Cálculo de la carga de sólidos.**

$$SS = SS \times Q \times (1/p)$$

Ecuación 39.

Dónde:

SS= Sólidos suspendidos (g /m³).

Q = Caudal (m³/día).

P = Población (hab).

- **Cálculo de sólidos suspendidos.**

$$Cs = \frac{P \times SS}{1000 g}$$

Ecuación 40.

Dónde:

C_s = Contribución per cápita (KgSS/hab*día).

- **Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos.**

$$M_s = (0,5 \times 0,7 \times 0,5 \times C_s) + (0,5 \times 0,3 \times C_s)$$

Ecuación 41.

Dónde:

M_s = Masa de sólidos (KgSS/hab x día).

- **Cálculo del volumen diario de lodos digeridos.**

$$V_{ld} = \frac{M_s}{\rho_{lodos} \times (\%sol/100)}$$

Ecuación 42.

Dónde:

V_{ld} = Volumen diario de lodos digeridos (L/día).

ρ_{lodos} = 1,04 Kg/L

- **Cálculo del volumen de lodos a extraerse.**

$$V_{le} = \frac{V_{ld} \times T_r}{1000}$$

Ecuación 43.

Dónde:

V_{le} = Volumen de lodos a extraerse (m³).

T_r = Tiempo de retención hidráulica (día).

- **Cálculo de área de eras de secado.**

$$A_{ls} = \frac{V_{le}}{H_A}$$

Ecuación 44.

Dónde:

A_{ls} = Área de eras de secado (m²).

1.8.19. Desinfección.

Se refiere a la destrucción de los organismos causantes de enfermedades presentes en ella, teniendo como representantes a las bacterias, protozoos, virus y nemátodos. Se los puede clasificar en desinfectantes físicos (calor y rayos ultravioleta) y desinfectantes químicos (cloro).

El cloro se emplea principalmente en plantas de tratamiento medianas y grandes, el hipoclorito en plantas pequeñas, piscinas y pozos, pues es más sencillo de manejar, la capacidad del agua para disolver cloro es función de su temperatura, a mayor temperatura menor solubilidad. La eficiencia de remoción de patógenos es del 100%. (RAS, 2000: 70-90)

1.8.20. Criterios de diseño.

Tabla 9.1. Criterios de diseño para desinfección

Producto	Tiempo de almacenamiento (Meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión (Cl)	3- 6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio (Ca(ClO) ₂)	3- 6	1.4	4.3	10000-50000
Hipoclorito de sodio (NaClO)	< 1 Mes	1.7	23.1	10000-50000

Fuente: Rodríguez, Criterios de diseño para estaciones de cloración. Pp.235

1.8.21. Dimensionamiento del tanque de desinfección.

Para el dimensionamiento del tanque de desinfección se tiene:

- **Cálculo de la dosis promedio del desinfectante.**

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

Ecuación 45.

Dónde:

D = Dosis promedio del desinfectante (mg/ L).

D_M = Dosis máxima (mg/ L).

D_m = Dosis mínima (mg/ L).

- **Cálculo del peso requerido de desinfectante.**

$$P = Q \times D$$

Ecuación 46.

Dónde:

P= peso requerido de desinfectante (mg/s o Kg/d).

Q= Caudal (L/s).

- **Cálculo del volumen del tanque.**

$$V = Q \times Tr$$

Ecuación 47.

Dónde:

V = Volumen del tanque (m³).

Q= Caudal (m³/s).

Tr = tiempo de retención hidráulica (s) (1.5 min).

- **Cálculo de la altura del tanque.**

$$A_t = \frac{V}{L \times b}$$

Ecuación 48.

Dónde:

A_t = Altura del tanque (m).

V = Volumen del tanque (m³).

b= Ancho (m).

L = Largo (m).

- **Cálculo de la altura total del tanque.**

$$A_T = A_t + A_s$$

Ecuación 49.

1.9. NORMATIVA AMBIENTAL.

Para el diseño dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se consideró diversas normas que se presentan a continuación:

- Normas recomendadas por la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental del Ministerio del Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.
- Ley de gestión ambiental que incluye el Art.33

- Ley de aguas que incluye el Art. 21 y Art. 22.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental Secundaria TULSMA, libro VI, Tabla 6 , Anexo I y libro VI, Tabla 12 , Anexo I.

Tabla 10-1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	250
Fósforo Total	P	mg/L	10
Nitrógeno Total	N	mg/L	15
Coliformes Fecales	Nmp/100 mL		Remoción > al 99,9 %
Potencial hidrógeno	pH		5-9
Sólidos totales		mg/L	1 600
Temperatura	°C		< 35

Fuente: ECUADOR, Ministerio de Ambiente, Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2ª. Ed. snt. Libro VI Anexo 1. pp. 29 – 30.

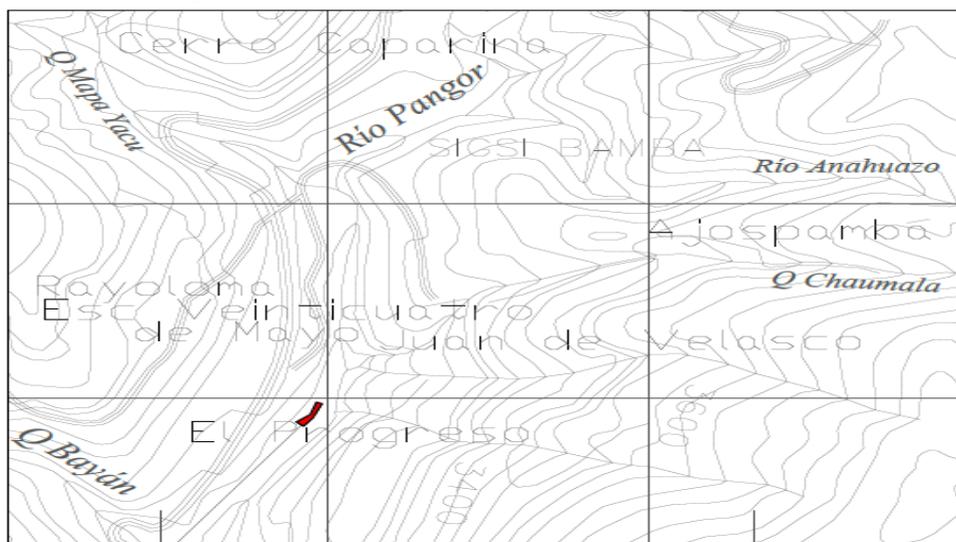
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Sección II Título E, Tratamiento De Aguas Residuales, República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C., Noviembre de 2000 (RAS 2000)

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL.

2.1. LUGAR DE INVESTIGACIÓN.

Figura 1-2. Ubicación del área de estudio.



Realizado por: Alama Yaulema, Planimetría AUTOCAD 2013

La presente investigación se llevó a cabo en la Cabecera Parroquial de Juan de Velasco (Pangor), Cantón Colta, Provincia de Chimborazo, localizada a 29 Km. desde Cajabamba con temperatura promedio de 10 a 12° C, altitud que va desde 2850 a 3.500 m.s.n.m bordeado por grandes extensiones de páramo, el 19 de Octubre son las fiestas de aniversario de la parroquia. Sus coordenadas UTM son: Latitud: -1.81667 Longitud: -78.8667

Gráfico 2-2. Localización del área de estudio.



Fuente: Datos de mapas Google Maps 2015 Terra Metrica

Figura 3-2. Área de estudio.



Realizado por: Alama Yaulema, 2015

Pangor la zona poblada cabecera Parroquial de Juan de Velasco es una comunidad en la que podemos encontrar varias actividades en relación directa con el recurso agua.

➤ **Área de la comunidad.**

Cuenta con:

- 1 Centro Educativo.
- 3 Restaurantes.
- 2 Tiendas.
- 1 Subcentro de Salud.
- Oficinas del Programa Hombre a Hombre MAGAP.
- 1 Oficinas de la Tenencia Política.
- 1 Oficinas del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Juan de Velasco.
- 48 Casas máximo de 2 pisos.
- 1 Piscina productora de Truchas.

EL área de influencia comprende 100 m aproximadamente alrededor del lugar.

➤ **Área de Influencia Directa:** Concierno el área donde se prevé construir la planta de tratamiento de aguas residuales y la totalidad de los predios del centro poblado de la cabecera parroquial de Juan de Velasco.

➤ **Área de Influencia Indirecta:** Áreas pobladas por las que atraviesa las riveras y orillas del río Pangor.

2.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

A continuación se detalla los materiales y equipos utilizados en el presente estudio.

2.2.1. Materiales topográficos.

- Libreta de campo.
- Bolígrafo con tinta indeleble.

2.2.2. Equipos topográficos.

- GPS.
- Computador.
- Cámara Fotográfica.

2.2.3. Materiales de medición del caudal.

- Guantes.
- Mascarilla.
- Probeta de 250ml.
- Recipiente graduado de 250 mL.
- Recipiente graduado de 3 litros.
- Recipiente graduado de 2 litros.
- Libreta de campo.
- Bolígrafo con tinta indeleble.

2.2.4. Equipos de medición del caudal.

- Cronómetro.
- Cámara Fotográfica.

2.2.5. Materiales de muestreo.

- Guantes.
- Mascarilla.
- Envase de vidrio (ámbar) y plástico (1L).
- Libreta de campo.
- Bolígrafo con tinta indeleble.
- Cooler.

2.2.6. Equipos de muestreo.

- Calculadora.
- Cámara fotográfica.

2.3. MÉTODOS.

2.3.1. Levantamiento de la línea base ambiental.

La metodología utilizada para efectuar el levantamiento de la línea base ambiental consta de lo siguiente:

- Elaboración de un formato de visita, el mismo que sirvió para la recopilación de información en campo.
- Visita al sitio de estudio (área de influencia directa e indirecta).
- Revisión de estudios relacionados efectuados en la zona o lugares cercanos.
- Procesamiento de la información recopilada.

➤ Para la caracterización de los componentes ambientales, se recurrió a las siguientes fuentes de información:

- Censo Nacional de Población y Vivienda, 2010.
- Ministerio de Salud.
- Instituto Geográfico Militar, 1991.
- Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial 2012 – 2021 del Gobierno Autónomo Parroquial Rural De Juan De Velasco/Pangor.
- Diagnóstico del Gobierno Autónomo Parroquial Rural De Juan De Velasco/Pangor.
- Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).
- Datos obtenidos en campo (entrevistas y encuestas).

2.3.2. Levantamiento de información Planimétrica.

Se uso un GPS de marca GARMIN ETREX; con la ayuda del mismo se georeferenció 2 puntos iniciales; el primer punto se colocó en el lugar de descarga de aguas residuales y el siguiente punto a 25 metros aproximadamente para ubicar el norte magnético, seguidamente se tomó una vista atrás de estos puntos.

Se empleó métodos planimétricos para encontrar las coordenadas planas y métodos altimétricos para obtener la diferencia de alturas; se procedió a descargar los datos y se los procesó mediante el

software en un computador, se los archivó en un documento de texto (.txt), se importó estos datos al programa AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2013, se realizó la triangulación y posteriormente las curvas de nivel obteniendo la planimetría deseada.

2.3.3. Medición de caudal.

Se eligió este método debido a que el caudal de estas aguas es fluctuante, pequeño y se puede cuantificar sin ninguna dificultad. Esta medición se realizó en un período de 7 días en un intervalo de 60 minutos, con una duración de 12 horas de (6:00 am – 6:00pm) con 12 repeticiones donde obtuvimos el caudal.

La metodología es la siguiente:

- Escogemos un punto del curso de agua donde la corriente sea constante, se procede a hacer un dique rústico para represar agua.
- El dique se lo puede realizar con piedras, palos y hojas, de árboles de la zona.
- Se coloca un recipiente con volumen conocido.
- Hay que evitar en lo posible grandes fugas de agua por el borde del recipiente.
- Se toma el tiempo que se demora en llenar el recipiente.
- Es importante tener la observación aguda en este momento para dar la mayor exactitud en el registro del tiempo. **(Rojas, 2010: 20-23)**

2.3.4. Muestreo del agua residual.

Las muestras fueron tomadas en el mismo lugar donde se realizaron las mediciones de caudal; se obtuvo una muestra compuesta con horario de recolección de (6:00 am- 18:00 pm), con un intervalo de muestreo de 50 minutos, la recolección por alicuota fue de 250mL, llegando a un volumen de 6000 mL, los cuales fueron homogenizados y separados en 2 envases plásticos 2L cada uno para el análisis, y realizamos una muestra puntual al medio día para el análisis de OD.

Las muestras conservadas mediante un baño de hielo con temperaturas entre (2°C y 5°C), almacenadas en un cooler, para garantizar la preservación de las mismas, enseguida se transportaron a los laboratorios: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica (CESTTA) y al Laboratorio de Análisis Técnico de La Facultad de Ciencias.

Durante el muestreo se midieron parámetros in situ (pH y Temperatura) usando el equipo multiparámetros para obtener datos más confiables.

2.3.5. Caracterización física, química y microbiológica del agua residual.

La caracterización del agua residual se fundamenta en los métodos empleados en los laboratorios que fueron los encargados de analizar las muestras, cada uno de ellos posee métodos específicos, los mismos que serán mencionados a continuación:

Tabla 1-2. Métodos utilizados para el análisis del agua residual.

Parámetro	Método	Laboratorio
pH	*4500-B	Análisis Técnicos
Temperatura	-	Análisis Técnicos
Demanda Química de Oxígeno	*5220-C	Análisis Técnicos
Demanda Bioquímica de Oxígeno	*5210-B	Análisis Técnicos
Fosfatos	*4500-P-D	Análisis Técnicos
Nitratos	*4500-NO3 C	Análisis Técnicos
Sólidos Totales	*2540-C	Análisis Técnicos
*Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B.	CESTTA
*Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 Standar Methods No. 9222 B	CESTTA
*Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/47 Standar Methods No. 9222 D y 92221	CESTTA

Fuente: * LAB CESTTA, Laboratorio de Análisis Técnico.

2.3.6. Dimensionamiento de la planta de tratamiento.

Para realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento se determinó la disponibilidad de espacio físico y se analizó la topografía, la planimetría, y las características del lugar donde se planifica ubicar la planta, se tomó en cuenta también las condiciones ambientales, el caudal, población servida y las características físicas, químicas y biológicas; debido a esto se propuso las etapas de tratamiento más convenientes y así garantizar una adecuada depuración del agua residual, cumpliendo con la normativa vigente del país; para que el agua de descarga cumpla con los requerimientos y límites permisibles para ser dispuesta en el cuerpo de agua es decir el río Pangor. Para este diseño se utilizó diversos criterios y ecuaciones propuestas por: Rodríguez Araya, Norma brasilera ABNT, Método USPHS, Norma RAS 2000, OPS-CEPIS 2003, Crites y Tchobanoglous, 2000.

2.3.7. Elaboración de planos.

Para la realización de los planos correspondientes se manipuló herramientas informáticas, específicamente el software AUTOCAD, usando una escala de 1:75 en los planos de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, y de 1:750 en el plano planimetrico.

2.3.8. Identificación y evaluación de impactos ambientales.

Para la identificación y evaluación de impactos ambientales se analizó los efectos causados por las acciones de la Cabecera Parroquial de Juan de Velasco. Los impactos ambientales se los identificó mediante la información recolectada en el sitio, seguidamente se empleó la matriz de causa – efecto que contiene en las columnas las acciones y en las filas los componentes e impactos ambientales generados. Mediante el uso de esta matriz se evaluó los diferentes impactos ambientales ya sean positivos y negativos de acuerdo a los 9 criterios de evaluación los cuales tenemos (naturaleza, magnitud, importancia, reversibilidad, duración, certeza, tipo, tiempo en aparecer, considerando en el proyecto) y se colocó una X en las actividades que tiene lugar el impacto.

Tabla 2-2. Criterios cuantitativos de Evaluación de Impactos Ambientales.

Valoración	Criterios de evaluación
Magnitud	(1) Baja intensidad. (2) Moderada intensidad. (3) Alta intensidad.
Importancia	(0) Sin importancia. (1) Menor importancia. (2) Moderada importancia. (3) Importante.
Reversibilidad	(1) Reversible. (2) No Reversible.
Duración	(1) Corto plazo. (2) Mediano plazo. (3) Largo plazo.

Realizado por: Alama Yaulema, 2015

Tabla 3-2. Criterios cualitativos de Evaluación de Impactos Ambientales.

Valoración	Criterios de evaluación
Naturaleza	(+) Positivo. (-) Negativo. (N) Neutro. (X) Previsible.
Certeza	(C) Cierto. (P) Probable. (I) Improbable. (D) Desconocido.
Tipo	(Pr) Primario. (Sc) Secundario. (Ac) Acumulativo.
Tiempo en Aparecer	(C) Corto plazo. (M) Mediano plazo. (L) Largo plazo.
Considerando en el proyecto	(S) Si. (N) No.

Realizado por: Alama Yaulema, 2015

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

3.1. CÁLCULOS.

3.1.1. Población de diseño.

Debido a la gran variación de población que asiste, se consideró como población de diseño la capacidad máxima del sitio. A continuación se registran los datos:

Tabla 1-3. Población servida.

Área	Población
Comunidad	179
Total	179 habitantes

Realizado: Alama Yaulema.

3.1.2. Caudal de diseño.

Para la identificación del caudal de diseño se eligió el caudal más alto de los 7 días de muestreo, tomando en consideración, la población servida.

$$Q_{diseño} = 8,33 \text{ L/min}$$

$$P_{servida} = 179 \text{ hab}$$

$$Q = P \times D$$

$$D = \frac{Q}{P} = \frac{6,37 \text{ L/min}}{149 \text{ hab}}$$

$$D = 0,047 \text{ L/min} \times \text{hab} \approx 67,01 \text{ L/día} \times \text{hab}$$

3.1.3. Caracterización del agua residual.

Se realizó el análisis de laboratorio de una serie de parámetros entre los cuáles se tiene: pH y temperatura, nitratos, fosfatos, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO₅), sólidos totales, coliformes fecales, coliformes fecales y aceites y grasas.

Para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se toma en consideración los valores más altos de los resultados del análisis de laboratorio, que se encuentran en la **Tabla 10-3**.

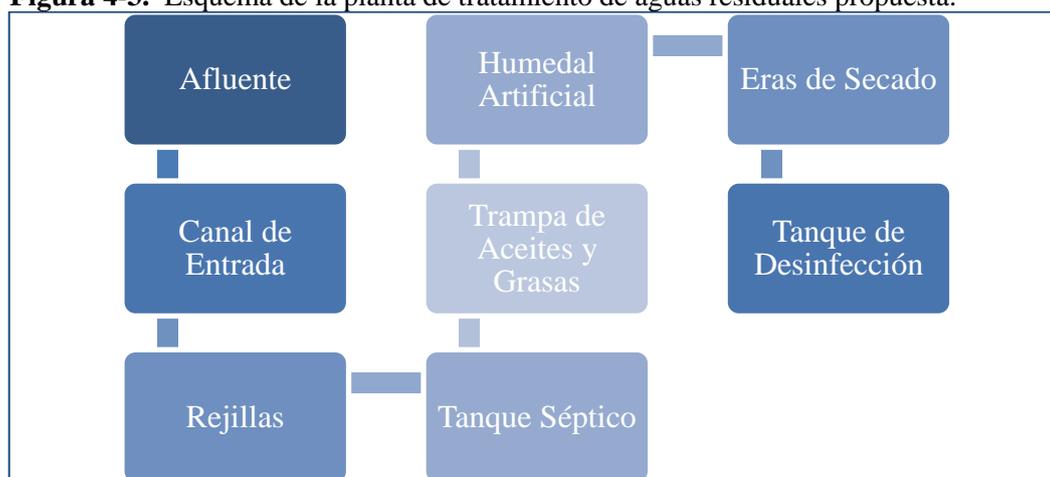
3.1.4. Esquema Propuesto.

Debido a las actividades que se realizan y al tipo de descarga perteneciente a la Cabecera Parroquial de Juan de Velasco (Pangor), se decidió el diseño de un sistema mixto de tratamiento de plantas residuales componentes que se describirán a continuación.

La descripción del diseño empieza con el ingreso del efluente a través de un canal de entrada, seguido por un sistema de cribado, lo cual ayudará a la eliminación de sólidos de gran tamaño; conducido a un tanque séptico que nos ayudará a la eliminación de sólidos sedimentables, después pasara por un sistema de eliminación o trampa de grasas, formadas principalmente en las actividades domésticas, el proceso continua con un humedal artificial con plantas vasculares de alta absorción que nos ayudará con la remoción de microorganismos y patógenos y al final pasarán por un tanque de desinfección con cloro.

Después de estos procesos de tratamiento como resultado se tiene un exceso de lodos los cuales se deshidrataran en eras de secado acondicionando las características para emplearlo como abono en la comunidad.

Figura 4-3. Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.



Realizado por: Alama Yaulema

3.1.5. Dimensionado de la planta de tratamiento.

3.1.5.1. Dimensionamiento del canal de entrada

Como indica la Ecuación 5 hacemos los siguientes cálculos.

a) **Cálculo del coeficiente de Manning (K_M)**

$$K_M = \frac{Q \times n}{b^{8/3} \times S^{1/2}}$$

$$K_M = \frac{4.96 \times 10^{-5} \times 0.016}{0,4^{8/3} \times 5 \times 10^{-4}^{1/2}}$$

$$K_M = 365.27 \approx 3.6527$$

b) **Cálculo de la altura de agua en el canal (h)**

$$h = 16624 \times K^{0.74232} \times b.$$

$$h = 16624 \times 3.65^{0.74232} \times 0,4$$

$$h = 17395.42 \text{ m} \approx 1,7 \text{ m}$$

c) **Cálculo del Radio Hidráulico (RH)**

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

$$RH = \frac{0.4 \times 1.7}{0.4 + 2(1.7)}$$

$$RH = 0.179 \text{ días}$$

d) **La velocidad se calcula con la ecuación de Manning:**

$$V = \frac{1}{n} RH^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0.016} 0.179^{\frac{2}{3}} \times 0.05^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 4.44 \text{ m/s}$$

3.1.5.2. Dimensionamiento de rejillas.

Se seleccionó rejillas de limpieza manual debido a su menor costo, fácil manipulación y caudal mínimo de aporte, teniendo en consideración los criterios de la Norma RAS 2000 y de Metcalf & Eddy 1995. Para el dimensionamiento los datos de la **Tabla 7-1**, sobre criterios de diseño y **Tabla 8-1**, sobre el coeficiente de pérdida de para rejillas y la Figura 4. Para la elección de la forma de rejillas.

- **Cálculo del área de las rejillas.**

Teniendo en cuenta la velocidad propuesta por la Norma RAS 2000, se realiza el despeje de la ecuación 9 obteniendo:

* $v = 0.6 \text{ m/s}$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{8.33^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$A = 0.014 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la altura del tirante del agua.**

Usando criterios, se asume el ancho del canal y despejando la ecuación 7 se tiene:

* $w = 0.30 \text{ m}$

$$h_a = \frac{A}{w} = \frac{0.014 \text{ m}^2}{0.30 \text{ m}}$$

$$h_a = 0.047 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura total del canal.**

Según criterios se tiene:

* $h_s = 0.30 \text{ m}$

$$H = h_a + h_s$$

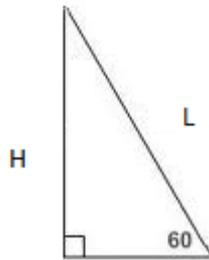
$$H = 0.047m + 0.30 m = 0.35 m$$

$$H \approx 0.35 m$$

- **Cálculo de la longitud de barras.**

Considerando un ángulo de inclinación de 60° .

Figura 5-3. Inclinación de barras.



Realizado por: Alama Yaulema

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{H}{L}$$

$$L = \frac{H}{\text{sen } 60^\circ} = \frac{0.35 m}{\text{sen } 60^\circ} = 0.40 m$$

- **Cálculo del número de barras.**

Se asume por criterios de diseño:

$$*s = 0.005 m$$

$$*e = 0.015 m$$

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

$$n = \frac{0.30 m}{0.005 m + 0.015 m} = 15 \text{ barras}$$

- **Cálculo de la suma de separaciones entre barras.**

$$b_g = \left(\frac{w - e}{s + e} + 1 \right) e$$

$$b_g = \left(\frac{0.30 \text{ m} - 0.015 \text{ m}}{0.005 \text{ m} + 0.015 \text{ m}} + 1 \right) 0.015 \text{ m} = 0.23 \text{ m}$$

- **Cálculo de la pérdida de carga.**

Asumiendo los criterios se tiene:

$$*\beta_c = 1.67$$

$$h = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{sen } 60$$

$$h = 1.67 \left(\frac{0.005 \text{ m}}{0.015 \text{ m}} \right)^{4/3} \left(\frac{(0.6 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} \right) \text{sen } 60$$

$$h = 6.14^{-3} \text{ m}$$

3.1.5.3. Dimensionamiento del tanque séptico.

Los criterios que se toman en cuenta son los del método USPHS y la Norma OPS/ CEPIS 2003

- **Cálculo de período de retención hidráulica.**

$$Pr = 1.5 - 0.3 \log(P \times Q)$$

$$Pr = 1.5 - 0.3 \log(179 \text{ hab} \times 67.01 \text{ L/hab} \cdot \text{ día})$$

$$Pr = 0.28 \text{ días}$$

- **Cálculo del volumen requerido para la sedimentación.**

$$V_s = 10^{-3} \times (P \times Q) \times PR$$

$$V_s = 10^{-3} \times (179 \text{ hab} \times 67.01 \text{ L/hab} \times \text{ día}) \times 0.28 \text{ días}$$

$$V_s = 33.58 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del volumen de lodos producidos.**

La cantidad de lodos producidos es directamente proporcional a las características climatológicas y a los factores como temperatura ambiental y de la descarga, los valores promedio son:

- **Clima cálido 40 L /hab x año**
- **Clima frío 50 L /hab x año**

- **Cálculo del volumen de digestión y almacenamiento de lodos.**

El diseño de la PTAR, se realiza en un clima frío se consideró 50L/hab x año

$$V_d = G \times P \times N \times 10^{-3}$$

$$V_d = 50 \text{ L/hab} \times \text{año} \times 179 \text{ hab} \times 1 \text{ año} \times 10^{-3}$$

$$V_d = 8,95 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del volumen total.**

$$V_t = V_s + V_d$$

$$V_t = 33.58 \text{ m}^3 + 8.95 \text{ m}^3$$

$$V_t = 42.53 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del área del tanque.**

Según criterios se tiene:

$$*b = 3 \text{ m}$$

$$*h_u = 1.7 \text{ m}$$

$$V_t = L \times b \times h_u$$

$$L = \frac{V_t}{b \times h_u}$$

$$L = \frac{42.53}{3 \times 1.7} = 8.33 \text{ m}$$

$$A = L \times b$$

$$A = 8.33 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$A = 25.01 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de Longitud del tanque**

$$A = L \times b$$

$$L = \frac{A}{b} = \frac{25.01 \text{ m}^2}{3 \text{ m}} = 8.33 \text{ m}$$

- **Cálculo de la profundidad máxima de espuma sumergida.**

$$He = \frac{0.7}{A}$$

$$He = \frac{0.7}{25.01 \text{ m}^2} = 0.028 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la altura.**

* b = 3m

$$V_d = L \times b \times h_L$$

$$h_L = \frac{V_d}{L \times b}$$

$$h_L = \frac{42.53 \text{ m}^3}{8.33 \text{ m} * 3 \text{ m}} = 1.70 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura total.**

Se considera la altura de seguridad:

hs = 0.30 m

$$H_T = h_u + h_s$$

$$H_T = 1.7 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

3.1.5.4. Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas.

Se considera la Norma OPS/ CEPIS 2003 y la Norma RAS 2000.

- **Cálculo del área del tanque.**

*a=0.25

$$A = \frac{Q \times a}{60 \text{ L/min}}$$

$$A = \frac{67.01 \text{ L/min} \times \text{hab} \times 0.25 \text{ m}^2}{60 \text{ L/min}}$$

$$A = 0.279 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del ancho del tanque.**

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}} = \sqrt{\frac{0.279 \text{ m}^2}{4}} = 0.26 \text{ m}$$

- **Cálculo del largo del tanque.**

$$L = b \times 4 = 0.26 \times 4 = 1,05 \text{ m}$$

- **Cálculo del volumen útil.**

$$V_u = Q \times Tr$$

$$V_u = 67.01 \text{ L/min} \times 0.28 \text{ min} = 18.76 \text{ L} = 0.0187 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de la profundidad útil.**

$$P_u = \frac{V_u}{A}$$

$$P_u = \frac{0.0187 \text{ m}^3}{0.279 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0.1 \text{ m}$$

- **Cálculo de la profundidad total del tanque.**

$$*P_s=0,3$$

$$P_t = P_u + P_s$$

$$P_t = 0.10 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 0.40 \text{ m}$$

3.1.5.5. Dimensionamiento para Humedales Artificiales.

- **Constante de temperatura en el humedal.**

$$*K_{20}=1.84$$

$$*k_s=420 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$$

$$K_T = K_{20}(1,06)^{T_a-20}$$

$$K_T = 1,84 \times (1,06)^{10-20} = 1.3$$

- **Calculo del Área superficial**

$$*y=0.85$$

$$*n=0.42$$

$$A_s = \frac{Q \ln(DBO_5)_e - \ln(DBO_5)_s}{K_T(y)(n)}$$

$$A_s = \frac{8.33 \ln(50) - \ln(10)}{1.3(0.85)(0.42)} = 65.25 \text{ m}^2$$

- **Tiempo de retención Hidráulica**

Para obtener el THR se aplicó la siguiente Fórmula:

$$TRH = \frac{(Aa)(y)(n)}{Q}$$

$$TRH = \frac{(65.25)(0.85)(0.42)}{8.33} = 2.79 \text{ días}$$

- **Ancho del Humedal**

Se calculó el ancho del humedal aplicando la fórmula:

$$W = \frac{1}{y} \times \frac{Q \times As}{(m)(Ks)}$$

$$W = \frac{1}{0.85} \times \frac{8.33 \times 65.25}{(0.01)(420)} = 639.45 \text{ cm} = 6 \text{ m}$$

- **Largo del Humedal**

Se determinó el largo del humedal utilizando la fórmula:

$$L = \frac{As}{W}$$

$$L = \frac{65.25}{6} = 10.9$$

3.1.5.6. Dimensionamiento de las eras de secado.

Consideramos los criterios de la Norma OPS/ CEPIS 2005 y RAS 2000.

- **Cálculo del volumen**

El volumen del filtro se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Vf = Q_{\text{diseño}} * Tr$$

$$Vf = 67.01 \text{ m}^3 / \text{día} * 1 \text{ día}$$

$$Vf = 67.01 \text{ m}^3$$

- **Población Equivalente**

*C=60 g/hab x día

$$PE = \frac{V \times DBO_5}{C}$$

$$PE = \frac{67.01 \text{ m}^3/\text{día} \times 250 \text{ g/m}^3}{60 \text{ g/hab} \times \text{día}}$$

$$PE = 279 \text{ hab}$$

- **Cálculo de la carga de sólidos.**

$$SS = SS \times Q \times \left(\frac{1}{PE}\right)$$

$$SS = 574 \text{ g/m}^3 \times 67.01 \text{ m}^3/\text{día} \times \left(\frac{1}{279 \text{ hab}}\right)$$

$$SS = 137.86 \text{ gSS/hab} \times \text{día}$$

- **Cálculo de sólidos suspendidos.**

$$Cs = \frac{P \times SS}{1000 \text{ g}}$$

$$Cs = \frac{279 \text{ hab} \times 137.86 \text{ KgSS/hab} \times \text{día}}{1000 \text{ g}}$$

$$Cs = 38.46 \text{ KgSS/hab} \times \text{día}$$

- **Cálculo de la masa sólidos que conforman los lodos.**

$$M_s = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times Cs) + (0.5 \times 0.3 \times Cs)$$

$$\begin{aligned} M_s &= (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times 38.46 \text{ KgSS/hab} \times \text{día}) + (0.5 \times 0.3 \times 38.46 \text{ KgSS/ha} \times \text{día}) \\ &= 10.99 \text{ KgSS/hab} \times \text{día} \end{aligned}$$

- **Cálculo del volumen diario de lodos digeridos.**

$$V_{ld} = \frac{M_s}{\rho_{lodos} * (\%sol/100)}$$

$$V_{ld} = \frac{10.99 \text{ KgSS/hab} \times \text{día}}{1.04 \text{ Kg/L} \times (12/100)} = 88.06 \text{ L/día}$$

- **Cálculo del volumen de lodos a extraerse.**

$$V_{le} = \frac{V_{ld} * T_r}{1000}$$

$$V_{le} = \frac{88.06 \text{ L/día} \times 55 \text{ día}}{1000} = 4.84 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del área de eras de secado.**

$$A_{ls} = \frac{V_{le}}{H_A}$$

$$A_{ls} = \frac{4.84 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}} = 12.10 \text{ m}^2$$

- **Número de eras de secado.**

$$N_{es} = 1$$

Asumiendo se tiene:

$$*b = 4 \text{ m}$$

$$*L = 5.5 \text{ m}$$

3.1.5.7. Dimensionamiento del tanque de desinfección.

Con los criterios de Rodríguez Arraya, se utilizó Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) para la desinfección del efluente resultado del tratamiento de aguas residuales de la Cabecera parroquial, ya que se conoce de su eficiencia, de su uso frecuente y de su bajo costo.

- **Cálculo de la dosis promedio del desinfectante.**

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

$$D = \frac{4.3 \text{ mg / L} + 1.4 \text{ mg / L}}{2}$$

$$D = 2.85 \text{ mg / L}$$

- **Cálculo del peso requerido del desinfectante.**

$$P = Q \times D$$

$$P = 0.65 \text{ L/s} \times 2.85 \text{ mg / L}$$

$$P = 1.85 \text{ mg/s}$$

$$P = 0.16 \text{ Kg/d}$$

- **Cálculo del volumen del tanque.**

$$V = Q * Tr$$

$$V = 0.00065 \text{ m}^3 / \text{s} * 90 \text{ s}$$

$$V = 0.06 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de la altura del tanque.**

$$* L = 0.40 \text{ m}$$

$$* b = 0.30 \text{ m}$$

$$A_t = \frac{V}{L \times b}$$

$$A_t = \frac{0.06 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}}$$

$$A_t = 0.50 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura total del tanque.**

* $A_s = 0.30 \text{ m}$

$$A_T = A_t + A_s$$

$$A_T = 0.50 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$A_T = 0.80 \text{ m}$$

3.2. EFICIENCIA DE LA PLANTA.

Según las etapas de tratamiento diseñadas la eficiencia de los procesos de acuerdo a criterios establecidos es la siguiente:

La eficiencia de remoción de las rejillas es despreciable, debido a que solo retiene material sólido de gran tamaño.

En el tanque séptico la remoción del DBO_5 en forma teórica puede ser alrededor del 30 – 50%, grasas y aceites del 70-80% y del 50-70% de sólidos.

La trampa de aceites y grasas funcionan solamente para contener las grasas y aceites del proceso de tratamiento y no existe una remoción teórica establecida.

Utilizando el valor más bajo de los datos obtenidos en el muestreo y los valores antes mencionados se tiene:

- Remoción de la DBO_5 .

$$DBO_5 = (20.05 - (0.30 \times 20.05))mg/L$$

$$DBO_5 = 14.035 mg/L$$

- Remoción de sólidos totales.

$$sólidos\ totales = (574 - (0.50 \times 574))mg/L$$

$$sólidos\ totales = 287 mg/L$$

- Remoción de aceites y grasas.

$$Aceites\ y\ grasas = (200 - (0.70 * 200))mg/L$$

$$Aceites\ y\ grasas = 60 mg/L$$

- En el humedal artificial la remoción de DBO es del 65-80 %, DQO del 60-80 %, microorganismos patógenos 60-70%. Utilizando el valor más bajo de los datos obtenidos en el muestreo y los valores antes mencionados se tiene:

- Remoción de la DBO₅.

$$DBO_5 = (14.035 - (0.65 \times 14.035))mg/L$$

$$DBO_5 = 4.91 mg/L$$

- Remoción de la DQO.

$$DQO = (59 - (0.60 \times 59))mg/L$$

$$DQO = 23.6 mg/L$$

- El tanque de desinfección ayuda a la remoción total de patógenos.
- Las eras de secado se utilizan para deshidratar sólidos que resultan del proceso de tratamiento de aguas residuales y no existe una remoción teórica establecida para esta etapa de tratamiento.

3.3. RESULTADOS.

3.3.1. Línea Base

Comprende el diagnóstico del sitio, donde se tendrá información necesaria y correctamente recopilada la cual medirá los cambios producidos en el ambiente, mediante el conocimiento e

identificación del medio físico, biológico y socioeconómico; los cuales se encuentran dentro del área de influencia.

La obtención de los componentes analizados permitirá conocer las condiciones existentes y las capacidades que posee el ambiente, donde se desarrollan las actividades diarias del ser humano, siendo una herramienta primordial para la caracterización de los efectos causados al entorno.

Se va a describir la situación actual del lugar y evidenciar los impactos ambientales generados por la descarga sin previo tratamiento de las aguas residuales provenientes de las actividades realizadas resaltando las que causan mayor daño al ambiente como (alimentación, hospedaje y limpieza).

3.3.1.1. Medio Físico.

3.3.1.1.1. Superficie.

Figura 6-3 Sitio de estudio.



Realizado por: Alama Yaulema, 2015

La Parroquia Juan de Velasco se encuentra ubicada en el Cantón Colta, Provincia de Chimborazo, en la vía Panamericana Latitud: -1.93333 Longitud: -78.9833

EL área de influencia comprende 100 m aproximadamente alrededor del lugar.

- **Área de Influencia Directa:** Concierno al el área donde se planea la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, además de toda la comunidad de Pangor por donde atraviesa la red de alcantarillado.
- **Área de Influencia Indirecta:** Corresponde las áreas pobladas río abajo del río Pangor.

3.3.1.1.2. *Hidrografía*

Debido a las características del territorio en la Parroquia Juan de Velasco/Pangor cruza el Río Pangor, que tiene su nacimiento en los páramos de la parroquia, formando parte de la Cuenca del río Guayas, además la parroquia cuenta con un sin número de pequeñas lagunas sobre todo en los páramos de la zona.

3.3.1.1.3. *Uso del agua.*

Los usos actuales del río Pangor son diversos debido a la actividad antrópica del lugar; se utiliza para abastecimiento de agua en la agricultura, ganadería, acuicultura y vida silvestre, lavado de ropa y cuerpo de agua para la descarga de agua residual.

3.3.1.1.4. *Aire*

Juan de Velasco es una zona donde según las encuestas y datos tabulados el aire es muy poco contaminado gracias a la existencia de grandes extensiones de paramo, bosque natural y exótico, sin embargo la causa principal de contaminación es el humo emanado por los vehículos ya que la carretera que va desde Riobamba hasta Guayaquil cruza su territorio de norte a sur, generando smog en ese trayecto, otra de las causas fundamentales para la contaminación del aire en el sector de Juan de Velasco es la quema de plásticos con residuos de pesticidas químicos y está comprobado que este tipo de emanaciones generan furanos que son muy dañinos para el medio ambiente.

Son estas las dos fuentes principales de contaminación en este sector, sin contar con otros que son de menor importancia para este caso.

3.3.1.1.5. *Topografía*

La topografía del sitio posee una pendiente elevada con gran variación de alturas; el terreno se ubica dentro de la zona rural posee suelos nivelados.

La orografía del área cercana está representada por cerros y lomas. (Instituto Geográfico Militar., 1991)

3.3.1.1.6. *Geomorfología.*

Es el conjunto de formas y accidentes geográficos de la corteza terrestre. El área de estudio se encuentra en el cantón en la Región Sierra, que es una barrera montañosa de entre 100 y 200 kilómetros de ancho, que tienen en general un paisaje compuesto por las cordilleras Occidental y

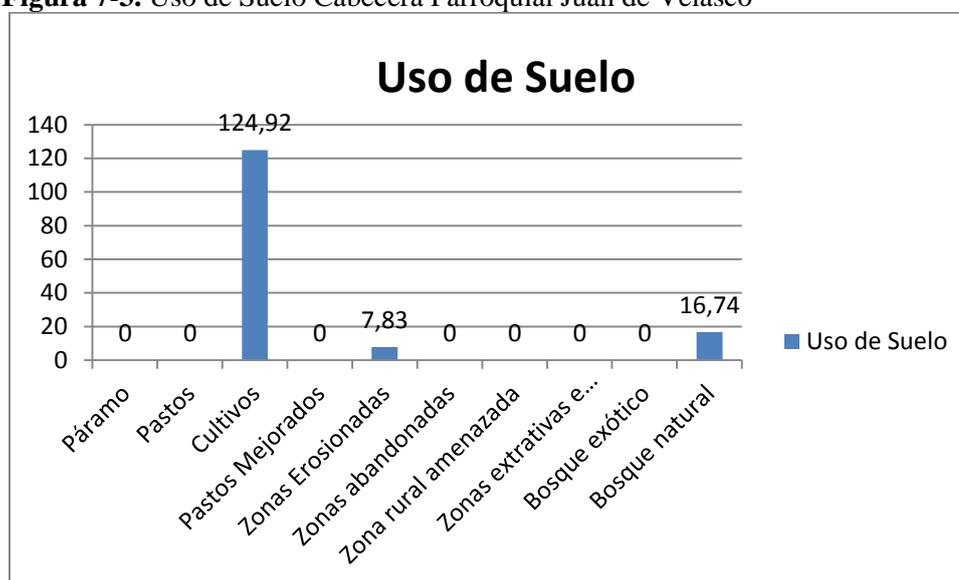
Oriental, que se extienden paralelamente de sur a norte, con alturas medias de 4000 a 4500 m, separadas por depresiones interandinas cuyas altitudes varían de 1600 a 4500m, En el cantón Colta se pueden observar grades formas propias de la región interandina.

3.3.1.1.7. Características del suelo.

El suelo del área de estudio, posee una textura franco arenoso, una estructura generalmente suelta y un alto drenaje; no se ha observado presencia de rocas grandes en la zona.

3.3.1.1.8. Uso Actual del Suelo

Figura 7-3. Uso de Suelo Cabecera Parroquial Juan de Velasco



Realizado por: Alama Yaulema, 2015, Datos tomados de: PDOT-JV 2012-2020

Los principales usos de suelo en la Cabecera Parroquial de Juan de Velasco en su mayoría es usada en los cultivos en su mayoría con 124,92 Ha, además con una 7,83 Ha de Bosque natural y 7,83 Ha de zonas erosionadas.

La dinámica del uso y afección del suelo da como resultado varias interacciones causando una gran problemática como el uso inadecuado de pesticidas tóxicos causando afección directa a las características del suelo, cambiando su contenido nutricional y alterando la estructura física, por ende la consecuencia es el empobrecimiento del mismo.

Otra alteración importante es la presencia de los desechos sólidos, como residuos de pesticidas, de bebidas como botellas de plástico, caucho y otros que se suscitan en varias comunidades de Juan de Velasco. (DJV-2012-2020)

3.3.1.1.9. Clima.

La época lluviosa comprende los meses de febrero, marzo, abril y mayo; existe una época de escasa cantidad de lluvia, intervienen los meses de octubre, noviembre y diciembre. En la época seca se encuentran los meses de julio y agosto.

Posee un clima templado frío seco, siendo los meses de agosto, noviembre y diciembre los de mayor variación de temperaturas y los meses más fríos; febrero, marzo y abril son los meses más calurosos. (Estación Meteorológica de Recursos Naturales ESPOCH).

Tabla 2-3. Aspectos climatológicos del lugar.

Parámetro	Medición
Velocidad del viento	0.7 m/s
Velocidad máxima promedio del viento	2.0 m/s
Velocidad mínima promedio del viento	0.4 m/s
Temperatura	10.2 °C
Sensación térmica	10.2 °C
Altitud	3104 m.s.n.m

Fuente: PDOT-JV, 2012-2020

Tabla 3-3. Temperatura anual (°C).

Temperatura (°C)	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	13.5	14.3	*14.1	*13.4	*14.5
Febrero	13.3	15.1	*13.7	*12.6	*13.3
Marzo	14.4	15.1	*14.3	*13.3	*14.2
Abril	14.1	14.7	*13.3	*13.1	*14.2
Mayo	13.9	14.6	*13.5	*12.6	*13.9
Junio	13.2	13.2	*13.0	*12.4	*13.0
Julio	12.9	13.3	*12.2	*12.4	*12.3
Agosto	13.3	12.2	*12.9	*12.2	*12.7
Septiembre	13.3	13.0	*16.7	*12.1	*13.1
Octubre	14.4	13.9	*14.0	*13.5	*13.8
Noviembre	14.9	13.7	*13.7	*13.6	*14.2
Diciembre	15.1	13.8	*13.4	*14.1	*14.1
Promedio anual	13.86	13.91	13.73	12.94	13.61

*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

Tabla 4-3. Precipitación anual (mm).

Precipitación (mm)	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	*61.5	*1.1	*44.6	*61.1	*9.6
Febrero	*50.2	*32.9	*137.1	*58.9	*90.5
Marzo	*27.5	*29.4	*43.7	*28.8	*29.9
Abril	*34.9	*81.1	*148.2	*79.0	*43.8
Mayo	*28.2	*60.2	*34.7	*23.3	*68.5
Junio	27.2	*51.7	*30.6	*11.2	*17.3
Julio	*17.2	*51.0	*22.8	*6.9	*6.0
Agosto	*4.3	*13.4	*11.0	*17.4	*8.5
Septiembre	*2.0	*28.2	*27.3	*14.5	*6.6
Octubre	*59.6	*64.0	*17.0	*104.8	*49.3
Noviembre	*20.6	*104.6	*125.5	*45.7	*37.2
Diciembre	*19.6	*75.8	*68.9	*12.8	*18.2
Promedio anual	-	-	-	-	-

*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).
Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

Tabla 5-3. Punto de rocío anual (°C).

Punto de rocío (°C)	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	*9.7	*8.5	*7.9	*10.0	*10.0
Febrero	*8.7	9.4	9.4	9.0	10.4
Marzo	9.0	9.6	7.8	9.1	10.1
Abril	8.7	10.5	9.8	9.9	9.6
Mayo	8.6	9.6	9.1	9.1	10.1
Junio	8.6	9.9	8.6	9.8	8.7
Julio	7.2	7.9	7.9	8.3	7.7
Agosto	7.3	6.3	7.9	7.4	7.7
Septiembre	6.3	6.9	9.0	7.8	7.4
Octubre	8.3	7.7	5.9	9.5	9.1
Noviembre	7.7	9.6	8.0	10.0	8.5
Diciembre	9.2	9.0	9.5	9.0	8.9
Promedio anual	8.28	8.74	8.40	9.08	9.02

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).
*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

Tabla 6-3. Tensión del vapor anual (mlb).

Tensión del vapor (mlb)	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	*12.0	*11.1	*10.7	*12.3	*12.3
Febrero	*10.8	*11.9	*11.9	*11.2	*12.6
Marzo	*11.5	*12.0	*10.1	*11.6	*12.4
Abril	*11.1	*12.6	*12.1	*11.5	*12.0
Mayo	*11.2	*12.2	*11.6	*11.6	*12.4
Junio	*11.2	*12.5	*11.1	*14.7	*11.3
Julio	*10.4	*10.8	*10.9	*10.9	*10.5
Agosto	*10.3	*9.6	*10.6	*10.4	*10.6
Septiembre	*9.6	*10.0	*9.1	*10.5	*10.4
Octubre	*11.3	*10.6	*9.7	*11.9	*11.5
Noviembre	*10.4	*10.7	*10.9	*12.3	*11.1
Diciembre	*11.7	*11.6	*12.1	*11.6	*11.4
Promedio anual	10.96	11.30	10.90	11.71	11.54

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).
*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

Tabla 7-3. Velocidad del viento anual (m/s).

Velocidad del viento (m/s)	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	2.0	2.8	*1.9	*1.8	*2.1
Febrero	2.0	2.7	1.6	*1.6	*1.7
Marzo	2.3	2.6	1.6	*1.9	*2.3
Abril	2.2	2.1	1.4	*1.5	*2.1
Mayo	2.3	2.1	1.6	*2.0	*1.9
Junio	2.4	2.1	2.0	*2.2	*2.4
Julio	2.8	2.2	1.8	*2.3	*2.5
Agosto	2.9	2.4	1.8	*2.0	*2.2
Septiembre	3.2	2.4	1.7	*2.5	*2.4
Octubre	2.4	2.2	1.9	*2.0	*2.3
Noviembre	2.5	1.8	2.2	*1.7	*2.1
Diciembre	2.4	2.0	1.8	*2.1	*2.3
Promedio anual	2.45	2.28	1.78	1.92	2.19

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).
*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

Tabla 8-3. Humedad atmosférica anual (%).

Humedad atmosférica (%)	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	*76.3	*54.7	*62.1	*65.8	*50.5
Febrero	*71.1	*63.6	*69.5	*60.4	*66.8
Marzo	*68.1	*62.4	*60.3	*58.5	*63.4
Abril	*68.6	*70.4	*74.4	*61.7	*61.3
Mayo	*69.0	*69.0	*69.4	*62.3	*66.4
Junio	*70.8	*76.6	*61.6	*55.9	*61.1
Julio	*65.0	*64.8	*61.7	*57.5	*60.7
Agosto	*61.8	*52.3	*56.8	*89.5	*58.9
Septiembre	*53.8	*56.9	*57.7	*53.7	*55.8
Octubre	*68.9	*66.5	*51.6	*60.9	*58.5
Noviembre	*55.0	*61.8	*58.9	*55	*64.6
Diciembre	*60.4	*67.9	*68.3	*46.7	*62.7
Promedio anual	65.73	63.91	62.69	60.66	60.89

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

Tabla 9-3. Presión atmosférica anual (mmHg).

Presión atmosférica (mmhg)	2009	2010	2011	2012	2013
Enero	576.4	576.3	*547.1	576.3	*548.2
Febrero	576.3	576.3	*547.5	576.3	*547.7
Marzo	576.3	576.4	547.5	576.3	*548.3
Abril	576.4	576.4	548.1	588.3	*548.6
Mayo	576.4	576.5	548.2	603.2	*548.8
Junio	576.4	576.5	548.4	603.2	*548.5
Julio	576.4	576.5	548.1	603.2	*548.5
Agosto	576.4	576.5	548.8	603.2	*548.4
Septiembre	576.4	576.4	548.8	603.2	*548.5
Octubre	576.3	576.4	547.7	603.2	*548.1
Noviembre	576.3	576.3	547.7	603.2	*547.4
Diciembre	576.3	576.2	547.4	603.2	*547.8
Promedio anual	576.36	576.39	547.94	595.23	548.23

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

3.3.1.2. Medio Biótico.

Juan de Velasco es una zona rica en recursos Fito genéticos, existen una variedad de especies, tanto en la zona de paramos, bosques, ríos y quebradas, sin embargo algunas especies se han extinguido por la falta de cuidado y mantenimiento del ecosistema natural. La actividad humana ha ido modificando el hábitat natural de animales y plantas disminuyendo su diversidad de especies de flora y fauna que ocupan el área de estudio.

3.3.1.2.1. Flora

Tabla 10-3. Flora de la zona

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PROCEDENCIA
--------------	-------------------	-------------

Maíz	<i>Zea mays</i>	Nativa
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	Introducida
Centeno	<i>Secale cereale</i>	Introducida
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Nativa-tubérculo
Mel loco	<i>Ullucus tuberosus</i>	Nativa-tubérculo
Oca	<i>Oxalis tuberosa</i>	Nativa-tubérculo
Col	<i>Brassica spp.</i>	Introducida-verdura
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Introducida-raíz
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Introducida-bulbo
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Introducida-bulbo
Berro	<i>Lepidium sativum</i>	Nativa-verdura
Sambo	<i>Cucurbita ficifolia</i>	Nativa-fruto
Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nativa-arbustiva
Pepino	<i>Solanum muricatum</i>	Nativa-herbácea
Capulí	<i>Prunus serótina</i>	Nativa-arbórea
Tomate de árbol	<i>Solanum betaceum</i>	Nativa-arbustiva
Nogal	<i>Juglans neotropica</i>	Nativa-arbórea

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

3.3.1.2.2. Fauna

Los mamíferos que se señalan a continuación son visibles en todo el cantón Colta evidenciándose un 6% en el páramo de la parroquia Juan de Velasco. Las aves señaladas a continuación se encuentran en toda la zona de la parroquia de Juan de Velasco que acoge al 41% del total en el cantón Colta.

Tabla 11-3. Fauna de la zona

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	USO
Conejo	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Ah, otro
Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>	Ah, otro
Zorro	<i>Vulpes</i>	Med, otro
Ratón	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Med, otro
Raposa	<i>Caluromissp.</i>	Ah, med
Cabra	<i>Capra aegagrus hircus</i>	Ah, med, otro
Llama	<i>Lama glama</i>	Ah, med, otro
Guarro	<i>Genanoaetus</i>	Med, otro
Mirlo	<i>Turdus merula</i>	Med, otro
Tórtola	<i>Strepto peliaturtur</i>	Ah, med, otro
Colibrí	<i>Archilochus colubris</i>	Med, otro
Pájaro	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Med, otro
Perdiz	<i>Alectoris rufa</i>	Ah, med, otro
Ah: alimentación humana, med: medicinal		

FUENTE: Equipo Técnico de Ordenamiento Territorial GAD Colta.

➤ **Peces**

Se encuentran presentes peces en los ríos del cantón como truchas, producidos a través de piscicultoras de la zona y también en el río Pangor.

3.3.1.3. Medio Socioeconómico.

3.3.1.3.1. Demografía.

La población total de Cabecera de Juan de Velasco/Pangor es de 196 habitantes, la población desde 15 hasta 29 años es la de mayor número en la cabecera Parroquial de Velasco, representado por un 10.71% de hombre y un 14.8% de mujeres, sin embargo la población menor a un año representa el 1%, esto nos indica que el índice de natalidad es bajo. **(D-JV 2012-2021)**

Tabla 12-3. Población Pangor 2015

Rango de Edades	% Hombres	% Mujeres	% Total
Menores de 1 año	0,51	0,51	1,02
Entre 1-9 años	11,22	10,20	21,43
entre 10 -14 años	8,16	5,10	13,27
Entre 15-29 años	10,71	14,80	25,51
Entre 30-49 años	8,16	9,69	17,86
Entre 50-64 años	5,10	4,59	9,69
Más de 65 años	7,14	4,08	11,22
TOTAL	51,02	48,98	100

Elaborado por: Alama Yaulema; Datos tomados PDOT-JV

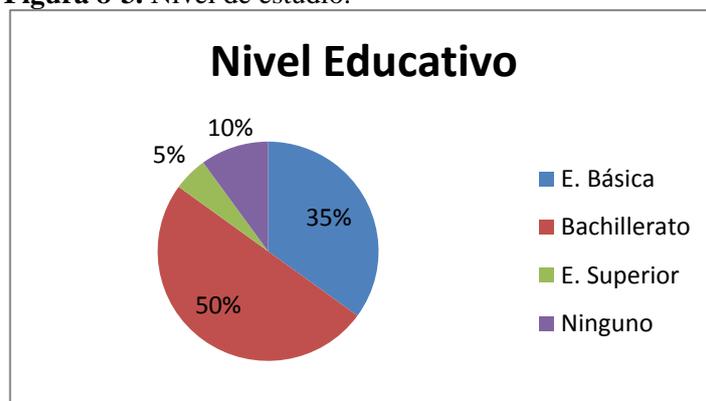
El área de estudio cuenta con una población total 196 habitantes distribuidas en 50 viviendas habitadas, edificadas generalmente de bloque y ladrillo, de datos del Diagnóstico de la Parroquia se ubica a la Pangor con un total de 49 jefes de familia.

3.3.1.3.2. Educación.

Dentro del área de Pangor se cuenta con una Unidad Educativa, la cual cuenta con educación básica y Bachillerato, donde los habitantes pueden acceder a los servicios educativos, en cuanto a

niveles de educación superior pocas personas tienen el acceso a la misma. Teniendo como nivel el siguiente:

Figura 8-3. Nivel de estudio.



Elaborado por: Alama Yaulema Datos tomados, POT-JV 2012-2020

3.3.1.3.3. *Salud.*

En Juan de Velasco existe un solo Sub Centro de Salud para toda la población, el mismo que funciona en la cabecera parroquial, atendiendo con servicios básicos: Planificación Familiar y atención primaria. (DJV, 2012)

3.3.1.3.4. *Economía*

Del total aproximado de la población económicamente activa (104 personas), el 44.26% netamente se dedica a la actividad agrícola, esto significa que la mayoría de habitantes se dedica a esta actividad y es su principal ingreso económico, seguido por la actividad pecuaria con un 22.95% que representa una de las actividades económicas de trascendencia para la población, un 16.39% se dedica al comercio en su mayoría informal en las diferentes ciudades de nuestro país.

La migración es uno de los factores fundamentales en la economía de la parroquia Juan de Velasco/Pangor, la población migra temporalmente a las diferentes ciudades del país, ya sea para realizar actividades de comercio básicamente informal y en temporadas de zafra en los ingenios azucareros en la región Costa. De nuestra población se registra que existe un total 17 casos de migración nacional, de los cuales el 47% migra al Oriente y también se tiene 5 casos de migración 3 a E.E.U.U. y 2 a España esto ocurrió básicamente en la época de crisis económica suscitado en el país por los años 2000.

3.3.1.3.5. *Servicios básicos.*

El área de influencia cuenta con los siguientes servicios básicos:

3.3.1.3.5.1. Agua entubada y distribución de agua para consumo humano.

La comunidad dispone de un sistema de agua entubada, tienen una red de distribución por red pública, que permanentemente les llega a sus domicilios, en su mayoría requieren de reparación ya que datan de los años 90 y la mayoría sobrepasa los 20 años de existencia, los mismos que fueron construidos en la época de IEOS (Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias).

No posee de una fuente de captación el Reservorio de Agua presenta fisuras, la tubería principal suele tener taponamientos, la tubería de distribución nos muestra roturas y taponamientos, existen daños en las obras de regulación como son las válvulas de aire finalizando con la inoperancia de los medidores.

3.3.1.3.5.2. Alcantarillado.

Las 49 familias están conectadas a la red de alcantarillado que cubre las necesidades de conducción de la comunidad, las aguas residuales son conducidas a un desfogue donde atraviesa predios de la comunidad en un canal abierto sin recubrimiento y el cual desemboca en el río Pangor sin ningún tratamiento previo, las familias no cuentan con ningún sistema de tratamiento como pozos sépticos o letrinas.

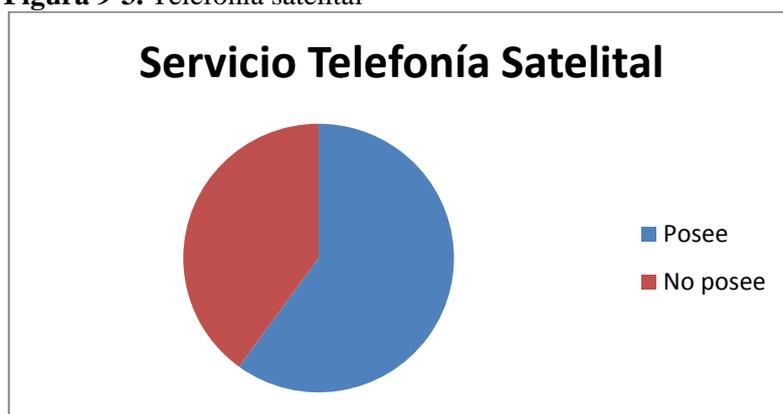
3.3.1.3.5.3. Energía eléctrica.

El 100% de la población se encuentra conectada a la red Pública de energía Eléctrica, el servicio de energía eléctrica se encuentra administrado y operado por la Empresa Eléctrica Riobamba S. A. ubicada en el centro de la ciudad en las calles Larrea 22-60 y Primera Constituyente de Riobamba y en l. En el área de influencia la mayoría de familias disponen del servicio durante las 24 horas del día.

3.3.1.3.5.4. Telefonía.

En el sector debido a la ubicación del mismo no poseen red de telefonía fija sin embargo han tomado como opción la telefonía satelital siendo un 60% de la población que cuenta con el servicio.

Figura 9-3. Telefonía satelital



Elaborado por: Alama Yaulema

3.3.1.3.5.5. *Transporte.*

La ubicación de Pangor al costado de la Carretera Vía a Riobamba-Guayaquil hace que cuenten con la accesibilidad de transporte interprovincial casi con una cobertura de 24 horas, la población también tiene el acceso de alquiler de camionetas que cubren rutas de Pangor-Colta.

3.3.1.3.5.6. *Disposición de desechos sólidos.*

Los desechos producida en el sector son eliminada a través de un sistema de recolección a cargo de la comisión de Higiene del GAD Cantonal Colta, sin embargo existe una gran generación de desechos que son quemados en su mayoría, aunque a partir del año 2014, la comunidad cuenta con 9 estaciones de reciclaje.

En la comunidad ningún tipo de aprovechamiento de los residuos: orgánicos e inorgánicos y son recolectados por el servicio de recolección separada para residuos hospitalarios y residuos domésticos.

3.3.1.3.6. Descripción y Evaluación de los Impactos Ambientales.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS																
RECURSO	Acciones que inciden sobre el recurso natural	Acumulación (A)			Extensión (E)			Intensidad (I) Grado de destrucción			Persistencia (P) Permanencia del efecto			Valoración de la importancia		Requerimiento de valoración cuantitativa
		simple	Acumulativo	Sinergico	Puntual	Parcial	Extenso	Baja	Media	Alta	Temporal	Temporal	Permanente	Importancia	Importancia normalizada	
		Solo se interfiere tan solo sobre el recurso (agua o suelo o aire)	La acción repetida influye cada vez más sobre el recurso (agua o suelo o aire)	La acción interfiere además sobre otros recursos	Ocurre sobre la mitad del territorio	ocurre sobre más de la mitad del territorio	Ocurre sobre más de la mitad del territorio	Esta acción se inició hace menos de 5 años	Esta acción inició entre 5 y 10 años	Esta acción se repite desde hace más de 10 años	Esta acción se repite rara vez	Esta acción se repite de manera frecuente	Esta acción se aprecia de manera permanente			
		1	3	5	1	2	3	1	4	8	1	2	3	Suma	Suma-MínimoMáximo-Máximo	
AGUA	Pastoreo en las vertientes cercanas		3			2			8		2		15	0,73	REQUIERE VALORACIÓN CUANTITATIVA	
	Desecho de agua servida		3					3	8			3	17	0,87	REQUIERE VALORACIÓN CUANTITATIVA	
	Insumos Fertilizantes		3			2			8		2		15	0,73	REQUIERE VALORACIÓN	

																CUANTITATIVA
	Basura sólida	1				1			8			3	13	0,6		VALORACIÓN CUANTITATIVA NO REQUERIDA
SUELO	Quema de paja	1				2		4			2		9	0,33		VALORACIÓN CUANTITATIVA NO REQUERIDA
	Fumigación del suelo	1				2			8			3	14	0,67		VALORACIÓN CUANTITATIVA NO REQUERIDA
	Desechos Plásticos y botellas	1					3		8			3	15	0,73		REQUIERE VALORACIÓN CUANTITATIVA
AIRE	Quema de páramos	1			1				8	1			11	0,47		VALORACIÓN CUANTITATIVA NO REQUERIDA
	Acumulación de basuras orgánicas	1			1				8			3	13	0,6		
	Fumigación con insecticidas	1			1			4				3	9	0,33		
	Humo de los carros	1				2			8		2		13	0,6		
	Quema de plásticos desechables	1				2			8		2		13	0,6		

Fuente: PDOT-JV & D-JV.

3.3.2. Entrevistas.

Mediante la recopilación de información se presentan a continuación los resultados de la encuesta socioeconómica en el área de influencia y la encuesta para la cuantificación del caudal en el sitio de estudio.

En el área de influencia cuenta con 38 viviendas de un piso, 10 viviendas de dos pisos, con una población total de 149 habitantes entre hombres y mujeres, el 100% cuenta con agua entubada, el 10 % de sus pobladores no cuentan con un nivel de estudio, un 35% poseen un nivel de estudio básico, 50% bachillerato y un 5% posee una educación avanzada, el 100% cuentan con energía eléctrica, el 50% posee telefonía con base satelital y no cuentan con servicio de telefonía móvil.

Realizamos la entrevista a 49 personas jefes de familia, que nos dotaron información media del uso y descargas de agua doméstica, en cada una de sus casas: las instalaciones son antiguas el grifo de agua usada para lavar platos y aseo personal descarga 9 L/min y aproximadamente al día se consume 12960 L/día como caudal alto y el servicio higiénico cuenta con un tanque que almacena 8 litros de agua, teniendo como volumen total 1292 L/min en un día.

3.3.3. Levantamiento de la línea base ambiental.

Según el levantamiento de la línea base ambiental se tomó en consideración la participación ciudadana, aplicando entrevistas que nos ayuden a conseguir información.

Con relación a las actividades realizadas como: financiera, comunicación interna y externa, se puede demostrar que existe una mayor afección negativa que positiva, por las actividades que se realiza en este lugar. La matriz de ponderación nos ayudó en la interpretación de las afecciones al ambiente en los tres componentes primordiales los cuales son: agua, aire y suelo.

3.3.4. Planimetría.

Mediante el levantamiento de información planimétrica realizado en el área de estudio, se pudo evidenciar que el terreno es relativamente plano y presenta una pendiente mínima que va de oeste a este. Se dotó de datos georeferenciales los cuales mediante programas informáticos ubicaron al predio donde se realizó el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Ver el plano topográfico en el **Anexo E**.

3.3.5. Medición de caudal.

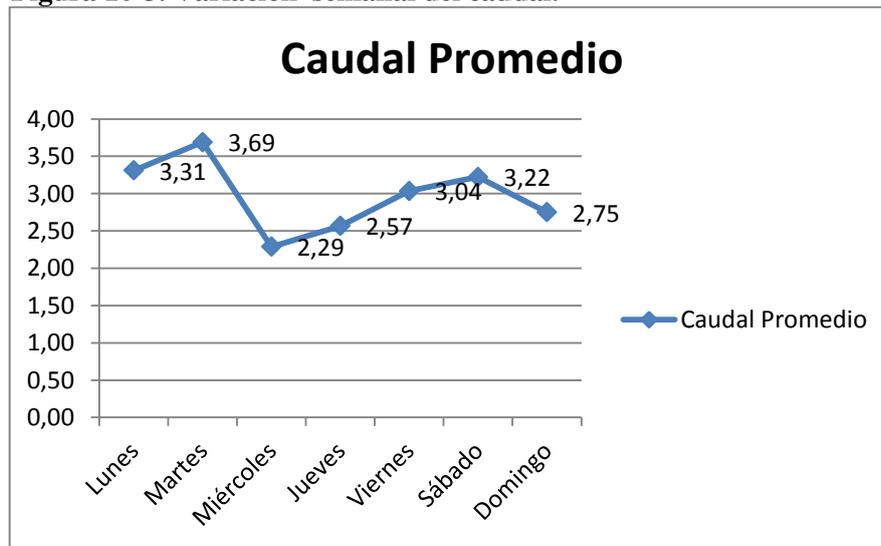
Tabla 13-3. Caudal promedio diario.

Días	Caudal Promedio (L/min)
Lunes	3,31
Martes	3,69
Miércoles	2,29
Jueves	2,57
Viernes	3,04
Sábado	3,22
Domingo	2,75

Elaborado por: Alama Yaulema

La tabla 13-3. y en la Figura 14-3. Resumen el caudal promedio diario que se logró medir en un intervalo de 1 hora, por 12 horas, en 7 días de muestreo.

Figura 10-3. Variación semanal del caudal.



Fuente: Alama Yaulema

Se observa que los datos son homogéneos dándonos como media 2,98 L/min, esto nos quiere decir que durante la semana hay un consumo uniforme, ya que tenemos la misma población servida

3.3.6. Caracterización del agua residual.

Mediante la caracterización se pudo establecer que la descarga de agua residual presenta ciertas características importantes analizadas in situ y en el laboratorio:

Los parámetros analizados in situ son pH y temperatura. El pH registrado en los tres días de muestreo cuenta con un valor máximo de 7.64 y un valor mínimo de 7.2, la temperatura posee como valor máximo 10.9 ° C y como valor mínimo 9.4 ° C, estos dos parámetros tienen una mínima variación y se encuentran dentro de los límites permisibles de la normativa ambiental; ya que estas aguas constan generalmente de los mismos componentes orgánicos e inorgánicos.

Los parámetros analizados en el laboratorio son: conductividad, DBO₅, DQO, Oxígeno Disuelto, fosfatos, nitratos, sólidos totales, aceites y grasas, coliformes fecales, coliformes totales.

En la Tabla 14-3. Tenemos los resultados de los análisis realizados a las 3 muestras de agua residual, y en la Tabla 15-3., indica el estado actual de la fuente receptora de la descarga.

Tabla 14-3. Resultados de laboratorio Muestra de Agua Residual.

Determinaciones	Unidades	*Método	24-feb	25-feb	02-mar	PROMEDIO MUESTRAS DESCARGA RESIDUAL	**Límites
			MUESTRA 1 DESCARGA RESIDUAL	MUESTRA 2 DESCARGA RESIDUAL	MUESTRA 3 DESCARGA RESIDUAL		
pH	Und.	4500-B	7,64	7,35	7,2	7,40	5-9
Color	Und. Co/Pt		85	15	16	38,67	75
Turbiedad	UNT	2130-B	9,6	2.6	16	12,80	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	59	312	36.9	185,50	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	37	130	12.6	83,50	100
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D	1,68	3,85	3,35	2,96	>80 <6
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	0,2	0,1	0,6	0,30	10
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	1,1	1,54	1,8	1,48	10
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	636	512	574	574,00	1600
*Coliformes Totales	UFC/100 MI	PEE/LABCE STTA/47 Standar Methods No. 9222 B	2,3x10 ⁴	2,9x10 ³	2,0x10 ³	9,3x10 ³	-
*Coliformes Fecales	UFC/100 MI	PEE/LABCE STTA/47 Standar Methods No. 9222 D y 92221	1,2x10 ⁵	4,0x10 ³	1,0x10 ³	2,066x10 ³	-
*Grasas y Aceites	mg/L	PEE/LABCE STTA/42 Standar Methods No. 5520 B	<2	<2	<2	<2	-

Fuente: *LAB CESTTA., Laboratorio de Análisis Técnicos.

En la **Tabla 15-3**. Resultados de laboratorio Muestra de Agua Residual se observan los parámetros determinados en laboratorio los cuales se encuentran en los límites que indica la norma, con variaciones en el estado de contenido de grasas y aceites y coliformes fecales y totales.

Tabla 15-3. Resultados de laboratorio Muestra de Agua Fuente Receptora de Descarga.

Determinaciones	Unidades	*Método	24-feb	25-feb	02-mar	PROMEDIO MUESTRAS CUERPO AGUA DULCE	**Límites
			MUESTRA 1 CUERPO DE AGUA DULCE	MUESTRA 2 CUERPO DE AGUA DULCE	MUESTRA 3 CUERPO DE AGUA DULCE		
pH	Und.	4500-B	7,48	7,85	7,15	7,49	5-9
Color	Und. Co/Pt		13	8	9	10,00	75
Turbiedad	UNT	2130-B	2,9	1.8	9.6	2,90	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	17	8.4	8,6	12,80	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	7	3,1	2	4,03	100
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D	7,56	8,3	7,5	7,79	>80
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	0,1	0,5	0,3	0,30	10
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	0,31	0,36	0,54	0,40	10
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	268	376	308	317,33	1600

Fuente: *LAB CESTTA., Laboratorio de Análisis Técnicos.

En la **Tabla 15-3**. Resultados de laboratorio Muestra de Agua Fuente Receptora de Descarga se observan los parámetros determinados.

3.3.7. Dimensionamiento de la planta de tratamiento.

Se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los componentes del diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Cabecera Parroquial de Juan de Velasco. Se considera los criterios de diseño y las características de la descarga.

3.3.7.1. Dimensionamiento de canal de entrada

Tabla 16-3. Resultados del dimensionado del canal de entrada.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Dotación	D	L/día x hab	67.01
Caudal máximo	Q	m ³ /s	8.33
Velocidad de flujo	V	m/s	4.44
*Velocidad caudal medio	V	m/s	0.6
*Velocidad de caudal máximo	V	m/s	2.5
*Pendiente	s	m/m	0.05
Ancho de canal	W	m	0.7
Rugosidad de Manning	-		0.016
Retención Hidráulica	RH	días	0.179
Coefficiente de Manning	K _M		

Altura de agua en el canal	h_c	m	1.7
*Altura de seguridad	h_s	m	0.3

Realizado por: Alama Yaulema.* URALITA

3.3.7.2. Dimensionamiento de rejillas.

Tomando en considerando el caudal pequeño con el que podrá ingresar, se dimensionó rejillas de limpieza manual para una mejor retención de sólidos de gran tamaño que pueden afectar al tratamiento. En la **Tabla 17-3.**, se evidencia los resultados del dimensionamiento de rejillas.

Tabla 17-3. Resultados del dimensionado de rejillas.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /s	67,01
*Velocidad de aproximación	V	m/s	0.60
Ángulo de aproximación	°	-	60
*Espesor de las barras	s	m	0.028
*Separación entre barras	e	m	0.015
Coefficiente de pérdida(circular)	β	-	0.014
Área	A	m ²	0.014
*Ancho	w	m	0.3
Altura del tirante del agua	h_a	m	0.047
Altura de seguridad	h_s	m	0.30
Altura total del canal	H	m	2
Longitud de barras	L	m	0.35
Número de barras	n	-	15
Suma de separación entre barras	b_g	m	0.28
Pérdida de carga	h	m	0.014

Realizado por: Alama Yaulema, 2015

3.3.7.3. Dimensionamiento del tanque séptico.

Para reducir los porcentajes de materia orgánica (DBO, DQO), aceites y grasas, sólidos presentes, fosfatos y una mínima cantidad de otros componentes que contienen las aguas residuales, se dimensionó un tanque séptico ubicado antes de la trampa de aceites y grasas. Como medida de emergencia se colocó una tubería que dirige las aguas al río Pangor, solo se utilizará si el caudal que ingresa a la planta es sumamente grande para evitar así un colapso en el sistema; seguidamente se obtiene los resultados que presenta la siguiente tabla (**Tabla 18-3**):

Tabla 18-3. Resultados del dimensionado del tanque séptico.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /día	60.01
Población futura	P_f	hab	329
Periodo de retención	P_r	días	0.28
Volumen de sedimentación	V_s	m ³	33.58
Volumen de digestión y almacenamiento de	V_d	m ³	8.95

Iodos			
Volumen total	V_t	m^3	42.53
Área del tanque	A	m^2	5.01
Ancho del tanque	b	m	25.01
Longitud del tanque	L	m	8.33
Altura de seguridad	h_s	m	0.30
Altura	h_L	m	1.7
Altura útil	h_u	m	2
Longitud compartimento 1	L_1	m	8.33
Profundidad máxima de espuma sumergida	H_e	m^2	0.028
Altura total	H_T	m	2.00
Diámetro de tuberías (entrada)	\varnothing_{te}	mm	200
Diámetro de tuberías (salida)	\varnothing_{ts}	mm	200
Diámetro de tuberías de emergencia	\varnothing_{tem}	mm	200
Diámetro de tubería de registro	\varnothing_{tr}	mm	0.75

Realizado por: Alama Yaulema.

3.3.7.4. Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas.

Mediante el dimensionado de esta etapa de tratamiento, los aceites y grasas generadas principalmente en actividades de alimentación que se realiza en el lugar de estudio, serán contenidos en la parte superior de esta etapa para evitar inconvenientes en los procesos posteriores de tratamiento. Se presenta en la tabla ubicada a continuación los resultados obtenidos del dimensionamiento.

Tabla 19-3. Resultados del dimensionado de la trampa de aceites y grasas.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	L/min	39.01
Área	a	m^2	0.25
Área del tanque	A	m^2	0.16
Ancho del tanque	b	M	0.20
Largo del tanque	L	M	0.80
Relación ancho/largo	b/L	-	1:4
Volumen útil	V_u	m^3	0.0975
Tiempo de Retención Hidráulica	Tr	Min	2.50
Profundidad de seguridad	P_s	M	0.30
Profundidad útil	P_u	M	0.60
Profundidad total del tanque	P_t	M	0.90
Diámetro de tuberías (entrada)	\varnothing_{te}	Mm	110
Diámetro de tuberías (salida)	\varnothing_{ts}	mm	110
Pendiente	-	$^\circ$	45

Realizado por: Alama Yaulema

3.3.7.5. Dimensionamiento de humedal artificial.

Mediante el dimensionado de esta etapa de tratamiento, los aceites y grasas generadas principalmente en actividades de alimentación que se realiza en el lugar de estudio, serán contenidos en la parte superior de esta etapa para evitar inconvenientes en los procesos posteriores de tratamiento. Se presenta en la tabla ubicada a continuación los resultados obtenidos del dimensionamiento.

Tabla 20. Resultados del dimensionamiento del humedal artificial.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /día	67.01
Población Equivalente	PE		279
Carga de sólidos	SS	gSS/hab*día	137.88
Sólidos suspendidos salientes	Cs	KgSS/hab*día	38.46
Masa de sólidos que conforman los lodos	Ms	KgSS/hab*día	10.99
Volumen diario de lodos digeridos	V _{ld}	L/día	159.38
Volumen de lodos a extraerse	V _{le}	m ³	8.77
Área de eras de secado	A _{js}	m ²	20
Largo de eras de secado	L	m	5
Ancho de eras de secado	b	m	4
*Profundidad de seguridad	H _s	m	0.30
Profundidad de lodos	H _A	m	0.40
Espesor de la capa de arena	E _a	m	0.20
Espesor de la capa de grava	E _g	m	0.30
Altura total de eras de secado	H	m	1
Número de eras de secado	N _{es}	-	1

Fuente: Alama Yaulema

3.3.7.6. Dimensionamiento de las eras de secado.

De acuerdo a la cantidad de los lodos generados en el proceso de digestión anaeróbica del tanque séptico se procedió a diseñar una era de secado; seguido a este tratamiento el lodo resultante tiene propiedades que son aptas para que se lo pueda utilizar como abono en las instalaciones. Las dimensiones propuestas de las eras de secado se establecen en la siguiente **Tabla 21-3**:

Tabla 21-3. Resultados del dimensionado de eras de secado.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /día	67.01
Población Equivalente	PE		279
Carga de sólidos	SS	gSS/hab*día	137.88
Sólidos suspendidos salientes	Cs	KgSS/hab*día	38.46
Masa de sólidos que conforman los lodos	Ms	KgSS/hab*día	10.99
Volumen diario de lodos digeridos	V _{ld}	L/día	159.38
Volumen de lodos a extraerse	V _{le}	m ³	8.77
Área de eras de secado	A _{js}	m ²	20
Largo de eras de secado	L	m	5
Ancho de eras de secado	b	m	4
*Profundidad de seguridad	H _s	m	0.30
Profundidad de lodos	H _A	m	0.40
Espesor de la capa de arena	E _a	m	0.20
Espesor de la capa de grava	E _g	m	0.30
Altura total de eras de secado	H	m	1
Número de eras de secado	N _{es}	-	1

Fuente: Alama Yaulema

3.3.7.7. Dimensionamiento del tanque de desinfección.

Debido a los resultados obtenidos en el análisis de aguas residuales se evidencia una cantidad elevada de coliformes fecales y totales, se vio la necesidad de diseñar un tanque de desinfección para contar con un agua libre de contaminantes microbiológicos que posteriormente será utilizada para riego de las áreas verdes de las instalaciones. El tanque de desinfección usa hipoclorito de

calcio debido a su menor costo y efectividad en este tipo de agua. En la siguiente tabla se presenta las dimensiones propuestas:

Tabla 22-3. Resultados del dimensionado del tanque de desinfección.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Dosis promedio del desinfectante	D	mg / L	2.85
Peso requerido de desinfectante	P	Kg/ d	0.16
Largo del tanque	L	m	1.00
Ancho del tanque	b	m	0.80
Volumen del tanque	V	m ³	0.06
Altura del tanque	A _t	m	0.50
Altura de seguridad	A _s	m	0.30
Altura total del tanque	A _T	m	0.80

Fuente: Alama Yaulema.

4. PLANES DE OPERACIÓN, MANEJO Y EMERGENCIAS PARA LA PTAR-JV

- **Objetivo:** Mantener el buen funcionamiento de la PTAR-JV y el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes de la misma.

Este manual especifica las acciones preventivas, correctivas y de emergencia, que debe tomar el personal que está a cargo del mantenimiento de la PTAR-JV. De acuerdo a esto se toma en consideración las siguientes recomendaciones:

- Realizar sus labores con los adecuados intervalos de tiempo y acorde a los planes de operación, manejo y emergencias.
- El operario u operarios deben estar dotados de EPP, como son: casco, mascarilla, guantes y botas.
- Se debe contar con un equipo de medición in situ para la verificación de la calidad de las descargas y para verificar el correcto funcionamiento de la PTAR-JV.

4.1. PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Este plan describe cada una de las tareas planificadas que debe llevar a cabo el operario, las cuales podemos dividir en dos actividades que son:

4.1.1. Verificación periódica

Detecta anomalías a lo largo del sistema, esto se realiza con el control de la calidad del efluente en cada uno de los procesos, son metodologías que se pueden controlar diariamente o de acuerdo a la normativa que puede ser mensualmente.

4.1.2. Mantenimiento periódico: Consiste en la reparación, renovación y remoción de material extraño que se encuentra interceptando el curso normal del agua en tratamiento en el sistema de tratamiento. Se realizará una vez al año como mínimo.

➤ **Herramientas de mantenimiento de la planta.**

Para el mantenimiento de las etapas de tratamiento de aguas residuales, se tiene como instrumentos necesarios los siguientes:

- Palas para la remoción del material sólido presente en las rejillas, para la recolección de los lodos de las eras de secado.
- Varilla de acero para medir la cantidad de lodos presentes en la fosa séptica.
- Manguera y baldes para la limpieza de la fosa séptica
- Rastrillo para remover los lodos de las eras de secado.
- Carretillas para el transporte del lodo de las eras de secado.
- Azadón para la limpieza de malezas cercanas a la planta.
- Entre otras herramientas afines para el cuidado de la planta de tratamiento.
- Red de piscinas, para limpieza de la espuma generada en la trampa de grasas y aceites.

4.2. PLAN DE EMERGENCIA.

Basado principalmente en la renovación y reubicación de tuberías para mejorar el flujo del agua, también incluye este procedimiento en casos extremos como ruptura de tuberías, taponamientos o fugas en cualquier componente del sistema. Este procedimiento se lleva a cabo en intervalos de tiempo cuando las condiciones así lo ameriten.

En casos de desastres naturales o lluvias tormentosas el encargado de la planta de tratamiento de aguas residuales será el encargado de abrir las compuertas de paso del agua hacia la planta, para evitar el colapso de la planta y de los componentes de la misma.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES.

4.3.1. Afluente.

Se denomina afluente al flujo de agua proveniente de la actividad de la comunidad, esta dotación posee contaminantes orgánicos e inorgánicos los cuales mediante procesos: físicos, químicos y biológicos van a ser tratados.

4.3.2. Canal de entrada

El canal de entrada será el encargado de conducir los caudales de aportación de la comunidad y de las diferentes actividades que se realizan en la Cabecera Parroquial de Juan de Velasco, este tendrá un interceptor que en caso de existir problemas de exceso de lluvia será abierto para su descarga en el río evitando así el colapso de la planta de tratamiento.

4.3.3. Rejillas.

Las rejillas son el proceso principal del tratamiento ayudan con el desbaste de los materiales de gran tamaño los cuales son retirados para su posterior tratamiento o disposición final adecuada.

4.3.4. Tanque séptico y Trampa de aceites y grasas

Este tanque está dividido en dos secciones para un mejor saneamiento del agua.

Para comenzar con el mantenimiento del tanque séptico debe permanecer abierto por un período mayor a 15 minutos para evitar el contacto directo con los gases tóxicos o explosivos.

Los lodos y espumas generadas deben ser removidos generalmente en un período de un año, por operadores totalmente capacitados que dispongan del equipamiento adecuado para garantizar un correcto funcionamiento, este intervalo se puede ampliar o disminuir dependiendo de las actividades que se efectúen en las instalaciones, las cuales pueden afectar el rendimiento del tanque; debe también tener una correcta ventilación, dispositivos de entrada y salida, control de lodos y caudales, etc.

Debe operarse y limpiarse regularmente para evitar la salida de cantidades grandes de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza debe realizarse generalmente cada que la cantidad de grasa supere el 75% de la capacidad de retención.

4.1.1. Eras de secado.

Los lodos del tanque séptico y de la trampa de grasas se llevan a las eras de secado para su deshidratación, después puede ser usado como fuente de nutrientes en áreas verdes de la comunidad.

5. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON DE LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE.

Tabla 23-3. Cumplimiento de la norma ambiental.

Determinaciones	Unidades	*Método	PROMEDIO MUESTRAS DESCARGA RESIDUAL	**Limites	CUMPLIMIENTO
Ph	Und.	4500-B	7,40	5-9	CUMPLE
Color	Und. Co/Pt		38,67	75	CUMPLE
Turbiedad	UNT	2130-B	12,80	100	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	33,70	250	CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	20,05	100	CUMPLE
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D	2,96	>80	CUMPLE
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	0,30	10	CUMPLE
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	1,48	10	CUMPLE
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	574,00	1600	CUMPLE
Coliformes Totales	UFC/100 MI	PEE/LABCESTTA/47 Standar Methods No. 9222 B	9,3x10 ³	-	NO CUMPLE
Coliformes Fecales	UFC/100 MI	PEE/LABCESTTA/47 Standar Methods No. 9222 D y 92221	2,066x10 ³	-	NO CUMPLE
Grasas y Aceites	mg/L	PEE/LABCESTTA/42 Standar Methods No. 5520 B	<2	-	NO CUMPLE

Realizado por: Alama Yaulema

Para que cumpla con la normativa ambiental los aceites, grasas y sólidos suspendidos, se toma en consideración la disminución de la cantidad de contaminantes.

6. PRESUPUESTO.

Tabla 24-3. Análisis económico de implementación de la planta de tratamiento.

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo. Unitario	Costo. Total
-------------	----------	--------	-----------------	--------------

Excavación y recolección del material	120	m ³	4,5	540
Hormigón f'c 210 kg/cm ² y encofrado	118	m ³	125	14750
Hormigón Replanteo f'c 180 kg/cm ² (e= 5cm)	10	m ³	80	800
Acero de refuerzo (e=12mm)	30	Qq	50	1500
Empedrado (e=10cm)	30	m ²	7	210
Tubería				
PVC-D 110mm	5	M	14	70
Tubería				
PVC-D 160mm	10	M	23	230
Tubería				
PVC-D 75mm	1	-	11,1	11,1
Codo				
PVC-D 110 mm	1	-	3,25	3,25
Codo				
PVC-D 160 mm	2	-	9	18
Válvula de Compuerta (110 mm)	3	-	76,23	228,69
Válvula de Compuerta (160 mm)	3	-	482	1446
Tee PVC-D 110 mm	1	-	4,69	4,69
Tee PVC-D 160 mm	2	-	14,17	28,34
Reducción PVC-D 160-110 mm	2	-	12,77	25,54
Humedal Artificial				
Arena	5	m ³	7	35
Plantas	340	-	0,3	102
Grava	7	m ³	7	49
Mano de obra				
Albañil (jefe)	1	-	180	180
Albañil (ayudante)	4	-	110	440
Subtotal			22587,62	

Imprevistos (10%)	2.258,76
Total	24846,38

Realizado por: Alama Yaulema

CONCLUSIONES

- El lugar que se seleccionó para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales para la cabecera Parroquial de Juan de Velasco es relativamente plano localizado a en la zona 17M- 735705, 9797604: Datos WGS-84, una altitud de 3104 m.s.n.m, en las riberas del río Pangor. Contando con un área de total de implementación 356.51 m².
- El caudal máximo de diseño determinado es 8.33 L/min, posteriormente se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos, cuyos valores máximos son los siguientes: pH 7.40, temperatura 10.1 °C, nitratos 0.3 mg/L, fosfatos 1.48 mg/L; DQO 33.7 mg/L, DBO₅ 20,05 mg/L, fosfatos 23.1 mg/L, sólidos totales 574 mg/L, se encuentran dentro de los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental TULSMA, libro VI, Tabla 6, Anexo I y libro VI, Tabla 12, Anexo I, aceites y grasas <2 mg/L, coliformes: fecales 2.6X10⁵ UFC/100mL y totales 1.2 X10⁶ UFC/100mL, permaneciendo fuera de los límites permisibles.
- Con los resultados obtenidos se dimensionó la planta de tratamiento de aguas residuales que incuye: canal de entrada, rejillas, trampa de aceites y grasas, tanque séptico, humedal artificial y eras de secado. Los planos realizados en el software AUTOCAD se encuentran en el Anexo 7.
- La eficiencia teórica del sistema propuesto es 70 % aceites y grasas, 30 % de DBO₅ y 50 % de sólidos suspendidos en el tanque séptico; teniendo como resultados finales de la remoción de mismo: 14.035 mg/L, 60 mg/L y 287 mg/L respectivamente. Mientras que en el humedal artificial, la eficiencia teórica es 65 % de DBO₅, 60 % de DQO y 60 % de sólidos suspendidos, presentando como valores finales de remoción 4.91 mg/L, 23.6 mg/L y 100 mg/L respectivamente.

RECOMENDACIONES.

- La Cabecera Parroquial de Juan de Velasco (Pangor) cuenta con distintas descargas procedentes de viviendas y de algunas piscinas piscicultoras las cuales deben dirigirse bajo tubería, directamente a la planta de tratamiento propuesta, para que el agua en su totalidad sea tratada.

- En el momento de la implementación del proyecto de construcción de la planta de tratamiento de agua se debe considerar, varias medidas de precaución en caso de fenómenos naturales, como son los aliviaderos y recirculación dentro del sistema.

- En la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales se debe poner en práctica los manuales tanto de operación y mantenimiento, propuestos en esta investigación para asegurar el buen funcionamiento de la misma.

- Se debe hacer investigaciones sobre la calidad de agua que ingresa a las plantas piscicultoras, ya que mediante la observación de campo estas ingresan directamente a las mismas, evitando contaminación a los pobladores y consumidores de este producto.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, M. et al. Tratamiento Físico – Químico De Aguas Residuales. Coagulación – Floculación. Murcia - España. Universidad De Murcia. 2002. Pp. 44-45.

ARBOLEDA, J., Teoría y Práctica de la Purificación del Agua (Tomo 2). 3era Ed., Bogotá - Colombia. Mcgraw-Hill. 2000., Pp. 642-646.

CRITIES, R. & TCHOBANOGLIOUS, G. Tratamiento De Aguas Residuales En Pequeñas Poblaciones. Sonora – Mexico, Mc. Graw-Hill. 2000. Pp. 25-27; 33-34; 42-48; 70-71; 75, 84; 240-243; 246-249; 313-316

DELTORO T., JIMÉNEZ R. & FRAGUEIRO V., Bases para el manejo y control de Arundo donax L. (Caña común) España - Valencia, Colección de manuales técnicos. 2012. Pp. 69.

FERRER, J. et al. Tratamientos Biológicos De Aguas Residuales. Valencia-España. Alfaomega. 2008., Pp. 9-14.

MATTHEWS, R. et al. Environmental Engineering. 4th Edition. United States Of America., Butterworth Heinemann. 2003. Pp. 81-250

METCALF, C. et al. Ingeniería De Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido Y Reutilización (Volumen 2). 3a. Ed., Madrid-España., Mcgraw-Hill. 1995. Pp. 509-513.

MILLÁN, F. et al. Caracterización de Aguas Residuales Trabajo Prelaboratorio., México D. F.- México. 2008.

MUJERIEGO, R. Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña - España. 1990. Pp: 50-134.

OROZCO, A. Bioingeniería De Aguas Residuales: Teoría Y Diseño. Bogotá-Colombia. Acodal. 2005. Pp. 13-15; 17-19.

OSORIO, F. et al. Tratamiento De Aguas Para La Eliminación De Microorganismos Y Agentes Contaminantes. Madrid-España. Díaz De Santos. 2010. Pp. 1-7.

RAMALHO, R. Tratamiento De Aguas Residuales. 2da. Ed. Barcelona-España., Reveté. 2003. Pp. 29; 77-78; 92, 585.

ROMERO, J. Calidad Del Agua. 3era. Ed. Escuela Colombiana De Ingeniería. Bogotá-Colombia. 2009. Pp. 111; 123-124; 186-187; 198-199; 209-210.

SPERLING, M. Wasterwater Characteristics, treatment and disposal. Londres: IWA Publishing. 2007. Pp. 30-55.

VALDEZ, E. & VÁZQUEZ, G. Ingeniería De Los Sistemas De Tratamiento Y Disposición De Aguas Residuales. Fundación Ica. México, D.F.-México. 2003. Pp. 87; 95-97; 145.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for The Examination Of Water And Wastewater. 18th Ed., APHA, American Water Works Association Water Environment Federation. Washington- Estados Unidos, 1992, Pp. 198 - 207.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17th Ed. Washington- Estados Unidos, APHA, American Water Works Association Water Environment Federation. Washington- Estados Unidos, 1992, Pp. 98 - 120

COGOLLO FLÓREZ, Juan Miguel. Clarificación De Aguas Usando Coagulantes Polimerizados: Caso Del Hidroxicloruro De Aluminio. Universidad Nacional de Colombia Medellín – Colombia. 2011. P. 11. **Caudal De Aguas Residuales.** <Http://Www.Centa.Es/Uploads/Publicaciones/Doc4f965da41fa7d.Pdf>
2014-12-15

SIMPSON, B. Wastewater Sampling. Sese Operating Procedure Washington, D.C.- Estados Unidos. EPA. 2003. P. 24. 2013., Epa Sitio Web: <http://www.epa.gov/region4/sese/fbqstp/Wastewater-Sampling.pdf>

26-01-2015

TERRY, C. & Otros. Manejo De Aguas Residuales En Gestión Ambiental. La Habana-Cuba. Cigea. 2010. Pp. 10-11; 15.

VILLA, M. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Quito – Ecuador. Tecni-Construcciones S.A. 2000. Pp. 9, 36 – 37.

VILLABLANCA, Alexis; & VILLAVICENCIO, Abelardo. Métodos de Aforo de Caudal (Parte 1). Informativo #50. INIA – URURI, Arica y Parinacota - Chile. 2010. P. 8.

GUIAS, MANUALES

BETANCORT, J. et al. Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población Mejora de la calidad de los efluentes. Instituto Tecnológico de Canarias-España. 2006. P. 128.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con cloro, Office of Water. Washington, D.C.- Estados Unidos. 1990. http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf

27-01-2015

HERNÁNDEZ, A. Manual De Saneamiento Uralita: Sistemas De Calidad En Saneamiento De Aguas. 2da. Ed. Madrid - España. Paraninfo. 2004. Pp. 18-19.

LETTERMAN, R. Calidad y Tratamiento Del Agua: Manual De Suministros De Agua Comunitaria., 5ta. Ed., Madrid-España., Mcgraw-Hill., 2002., Pp. 297; 318-319; 1020-1021; 1036-1037.

ROJAS, O. Manual básico para medir caudales y calidad de agua para consumo humano. Tungurahua-Ecuador. 2010. P. 32.

SEOÁNEZ, M. Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias Colección Tecnología de Alimentos Series. Ed Ilustrada. 2000.

BOLAÑOS, I., Diseño Espacial Y Estructural De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para La Universidad Tecnológica De Mixteca. **Tesis.** Universidad Tecnológica De Mixteca., Escuela De Ingeniería En Diseño. México, D.F-México. 2012. Pp. 13-23.

CABRERA, F. et al. Propuesta de Diseño de una Planta de Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales Domésticas para la Parroquia San Pablo del Lago. **Tesis.** Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra., Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Ibarra-Ecuador. 2005. Pp. 16; 90.

CONTRERAS, K. Diseño de un Sistema de Tratamiento Secundario de la descarga de aguas grises y Negras en el Terminal de GLP Oyambaro. **Tesis.** Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental escuela de Ingeniería Ambiental. Universidad Central de Ecuador. 2009. Pp. 45-78

ORTIZ, D. Evaluación del Recurso Suelo y Agua (E.R.S.A) para el Sistema de Gestión Ambiental del Proyecto Agroforestal perteneciente a Fundación M.A.R.CO. Provincia de Chimborazo. Tesis. Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad De Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental. Riobamba-Ecuador. 2009. Pp. 64-72.

RAMOS, A. Diseños del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Juive Chico-La Pampa (Baños-Tungurahua). Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2009. Pp. 29.

SILVA, R. et al. Humedales Artificiales. Trabajo de Grado; Modalidad Monografía. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 2005. P. 100.

VARGAS, A. Residuos Industriales Líquidos: Conceptos Básicos Y Formas De Tratamiento. Tesis. Universidad De Chile, Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas, Chile. 2004, Pp 3 -24.

VARGAS, C. Operación y Mantenimiento de Lagunas Estabilizadoras de Aguas Residuales. Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado Tesis. Ingeniería Sanitaria. Lima-Perú. 1980. Pp 3 -24.

COLOMBIA., MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico., Tratamiento De Aguas Residuales., Vol E., Bogotá-Colombia., 2000., Pp.19; 23-24; 28, 49, 80, 89, 104.

ECUADOR, SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS. Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores A 1000 Habitantes. Décima Parte (X). Quito – Ecuador. 1992. Pp.344 - 345 – 346.

PERÚ. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA PARA LA SALUD /CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE, Especificaciones Técnicas Para El Diseño De Tanques Sépticos. Lima-Perú. 2003. Pp.7-11.

BOLIVIA, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA PARA LA SALUD/ORGANIZACIÓN MUNDIAL PARA LA SALUD, Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías en municipios rurales y pequeñas comunidades. Bolivia. Centro Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. 2002. Disponible: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/0gral/0bienvenida.htm>
26-01-2015

ECUADOR, TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA MEDIO AMBIENTAL, Texto Unificado De Legislación Ambiental Secundaria (Tulas); “Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua” Disponible: <Http://Www.Recaiecuador.Com/Biblioteca%20ambiental%20digital/Tulas.Pdf/Libro%20vi%20anexo%201.Pdf>
26-01-2015

ANEXOS

ANEXO A. Formato de Entrevista.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

OBJETIVO: Estimar la cantidad de agua residual descargada en la Cabecera Parroquial de Juan de Velasco.

En su casa....	SIEMPRE	MUCHAS VECES	ALGUNAS VECES	NUNCA
¿Mientras lava platos o ropa deja correr el agua?				
¿Cierra el grifo al salir del baño?				
¿Cuándo ve un grifo abierto se levanta a cerrarlo?				
¿Suele tirar basura en el baño?				
¿Utilizas desinfectantes, cloro u otros productos químicos?				
¿Arroja desperdicios de comida por el lavaplatos?				
	Frecuencia	Más de 5 veces	4-5 veces	1-3 veces
Uso de baterías sanitarias	Diario			
Lavar Ropa	Semanal			
Duchas	Semanal			
Riego Cultivos	Semanal			

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

ANEXO B. Cálculo del caudal monitoreado.

Figura 12. Caudal Lunes

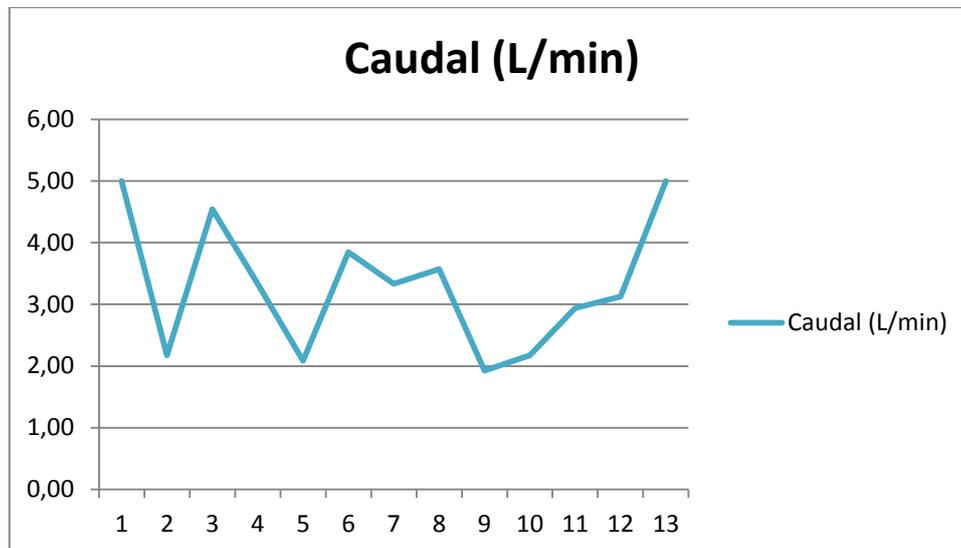


Tabla II-1. Calculo de Caudal Lunes.

Hora(h)	Volumen (L)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
6:00	0,50	0,1	5,00
7:00	0,50	0,23	2,17
8:00	0,50	0,11	4,55
9:00	0,50	0,15	3,33
10:00	0,50	0,24	2,08
11:00	0,50	0,13	3,85
12:00	0,50	0,15	3,33
13:00	0,50	0,14	3,57
14:00	0,50	0,26	1,92
15:00	0,50	0,23	2,17
16:00	0,50	0,17	2,94
17:00	0,50	0,16	3,13
18:00	0,50	0,1	5,00
Total			43,05
Promedio			3,31
Máximo			5,00

Figura 13. Caudal Martes

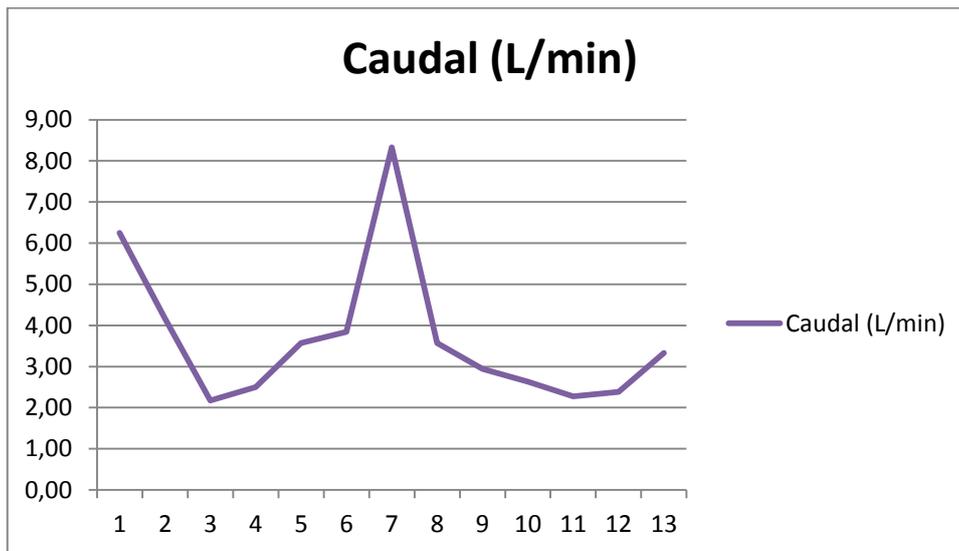


Tabla II-2. Calculo de Caudal Martes.

Hora(h)	Volumen (L)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
6:00	0,50	0,08	6,25
7:00	0,50	0,12	4,17
8:00	0,50	0,23	2,17
9:00	0,50	0,2	2,50
10:00	0,50	0,14	3,57
11:00	0,50	0,13	3,85
12:00	0,50	0,06	8,33
13:00	0,50	0,14	3,57
14:00	0,50	0,17	2,94
15:00	0,50	0,19	2,63
16:00	0,50	0,22	2,27
17:00	0,50	0,21	2,38
18:00	0,50	0,15	3,33
Total			47,97
Promedio			3,69
Máximo			8,33

Figura 14. Caudal Miércoles

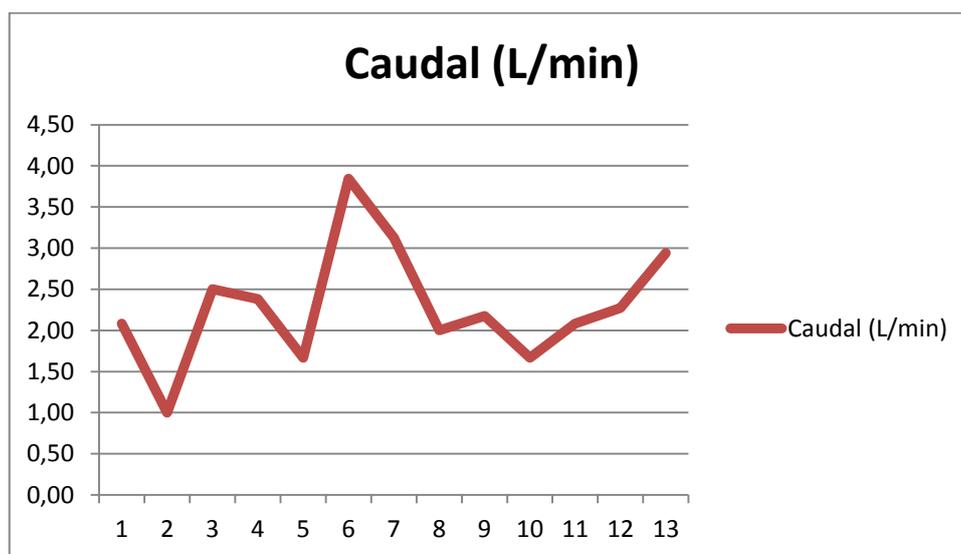


Tabla II-3. Calculo de Caudal Miércoles.

Hora(h)	Volumen (L)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
6:00	0,50	0,24	2,08
7:00	0,50	0,5	1,00
8:00	0,50	0,2	2,50
9:00	0,50	0,21	2,38
10:00	0,50	0,3	1,67
11:00	0,50	0,13	3,85
12:00	0,50	0,16	3,13
13:00	0,50	0,25	2,00
14:00	0,50	0,23	2,17
15:00	0,50	0,3	1,67
16:00	0,50	0,24	2,08
17:00	0,50	0,22	2,27
18:00	0,50	0,17	2,94
Total			29,74
Promedio			2,29
Máximo			3,85

Figura 15. Caudal Jueves

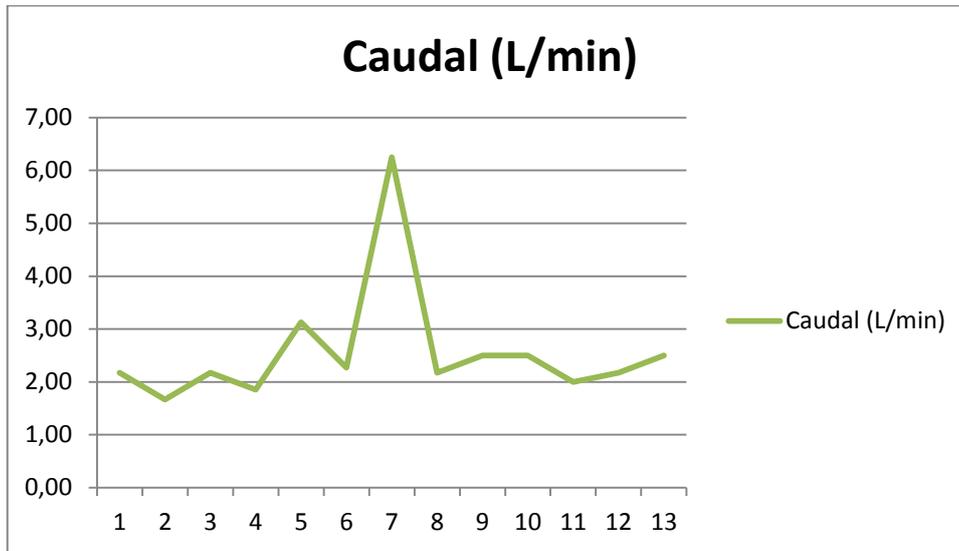


Tabla II-4. Calculo de Caudal Jueves.

Hora(h)	Volumen (L)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
6:00	0,50	0,23	2,17
7:00	0,50	0,3	1,67
8:00	0,50	0,23	2,17
9:00	0,50	0,27	1,85
10:00	0,50	0,16	3,13
11:00	0,50	0,22	2,27
12:00	0,50	0,08	6,25
13:00	0,50	0,23	2,17
14:00	0,50	0,2	2,50
15:00	0,50	0,2	2,50
16:00	0,50	0,25	2,00
17:00	0,50	0,23	2,17
18:00	0,50	0,2	2,50
		Total	33,36
		Promedio	2,57
		Máximo	6,25

Figura 16. Caudal Viernes

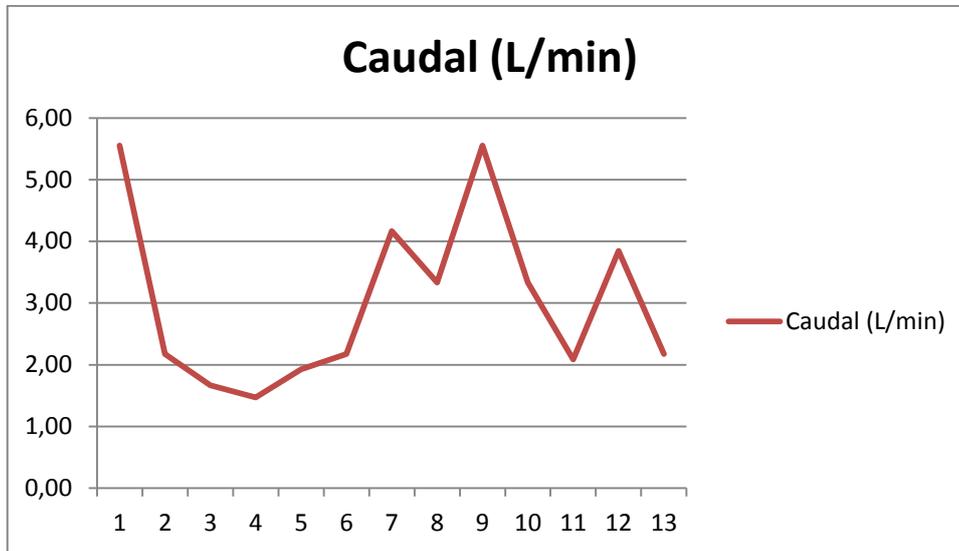


Tabla II-5. Calculo de Caudal Viernes.

Hora(h)	Volumen (L)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
6:00	0,50	0,09	5,56
7:00	0,50	0,23	2,17
8:00	0,50	0,3	1,67
9:00	0,50	0,34	1,47
10:00	0,50	0,26	1,92
11:00	0,50	0,23	2,17
12:00	0,50	0,12	4,17
13:00	0,50	0,15	3,33
14:00	0,50	0,09	5,56
15:00	0,50	0,15	3,33
16:00	0,50	0,24	2,08
17:00	0,50	0,13	3,85
18:00	0,50	0,23	2,17
Total			39,46
Promedio			3,04
Máximo			5,56

Figura 17. Caudal Sábado

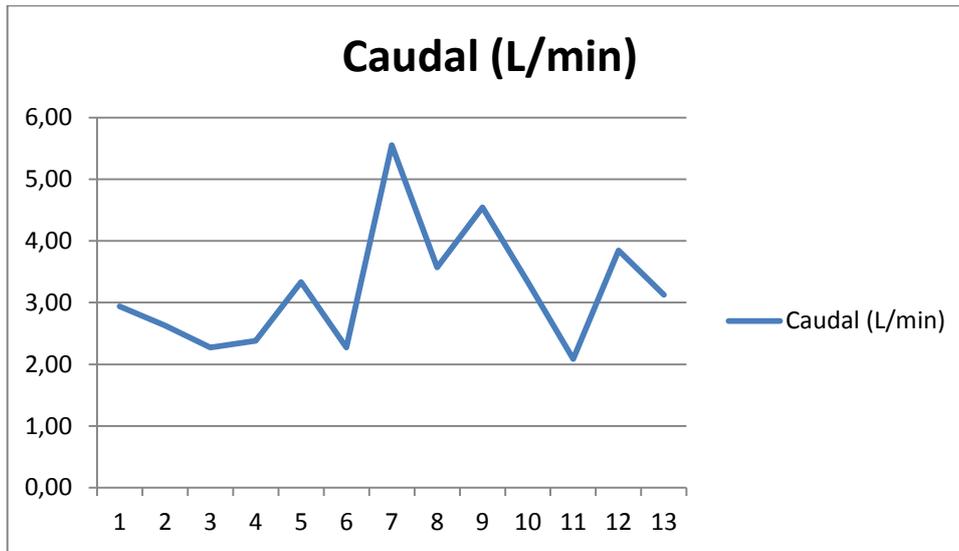


Tabla II-6. Calculo de Caudal Sábado.

Hora(h)	Volumen (L)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
6:00	0,50	0,17	2,94
7:00	0,50	0,19	2,63
8:00	0,50	0,22	2,27
9:00	0,50	0,21	2,38
10:00	0,50	0,15	3,33
11:00	0,50	0,22	2,27
12:00	0,50	0,09	5,56
13:00	0,50	0,14	3,57
14:00	0,50	0,11	4,55
15:00	0,50	0,15	3,33
16:00	0,50	0,24	2,08
17:00	0,50	0,13	3,85
18:00	0,50	0,16	3,13
Total			41,89
Promedio			3,22
Máximo			5,56

Figura 18. Caudal Domingo

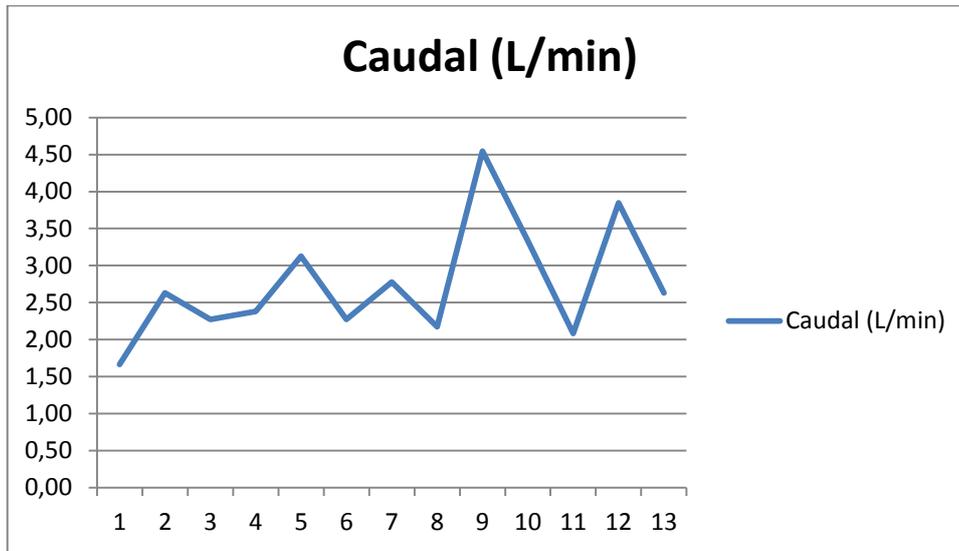


Tabla II-7. Calculo de Caudal Domingo.

Hora(h)	Volumen (L)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
6:00	0,50	0,3	1,67
7:00	0,50	0,19	2,63
8:00	0,50	0,22	2,27
9:00	0,50	0,21	2,38
10:00	0,50	0,16	3,13
11:00	0,50	0,22	2,27
12:00	0,50	0,18	2,78
13:00	0,50	0,23	2,17
14:00	0,50	0,11	4,55
15:00	0,50	0,15	3,33
16:00	0,50	0,24	2,08
17:00	0,50	0,13	3,85
18:00	0,50	0,19	2,63
Total			35,74
Promedio			2,75
Máximo			4,55

Figura 19. Caudales Máximos

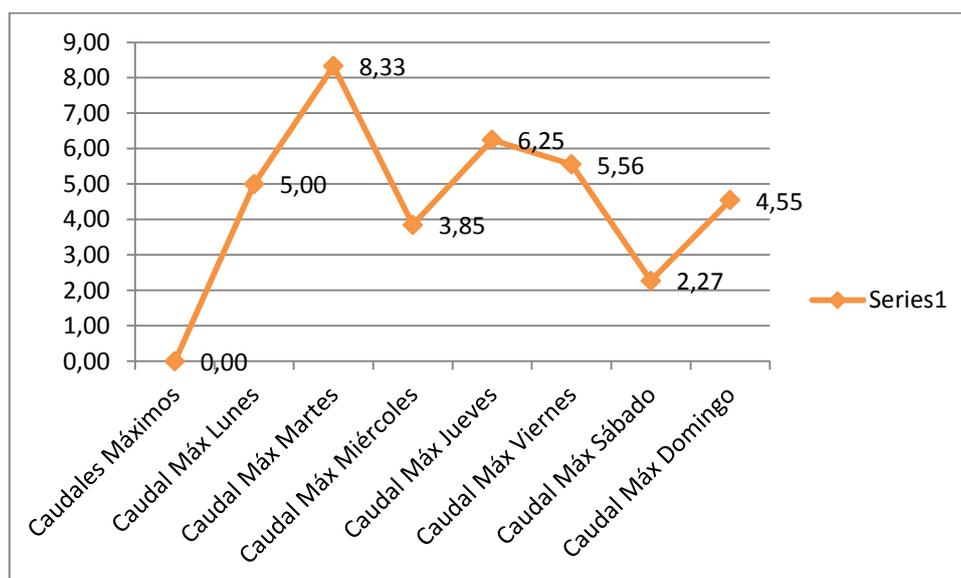
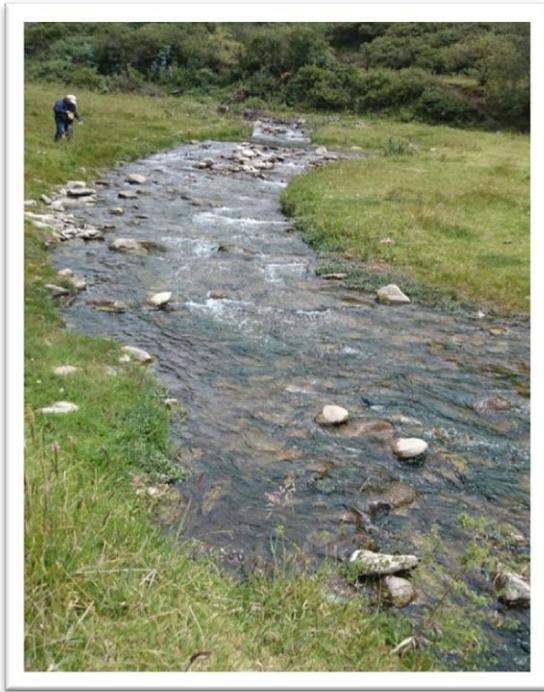


Tabla II-8. Caudales Máximos

Caudales Máximos	
Caudal Máx. Lunes	5,00
Caudal Máx. Martes	8,33
Caudal Máx. Miércoles	3,85
Caudal Máx. Jueves	6,25
Caudal Máx. Viernes	5,56
Caudal Máx. Sábado	2,27
Caudal Máx. Domingo	4,55
CAUDAL DE DISEÑO	8,33

ANEXO C. Fotografías del trabajo de campo.

FOTOGRAFÍA 1. Puntos georeferenciados.



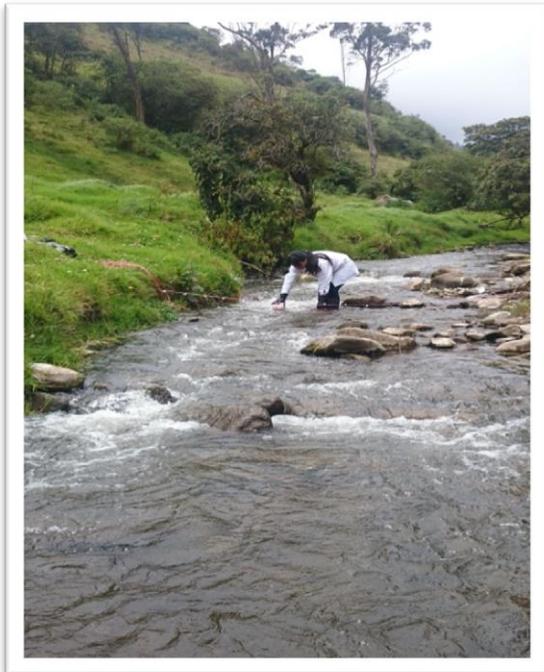
Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 2. Determinación de Área del río.



Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 3. Medición de Velocidad de la Corriente del río



Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 4. Toma de muestras.



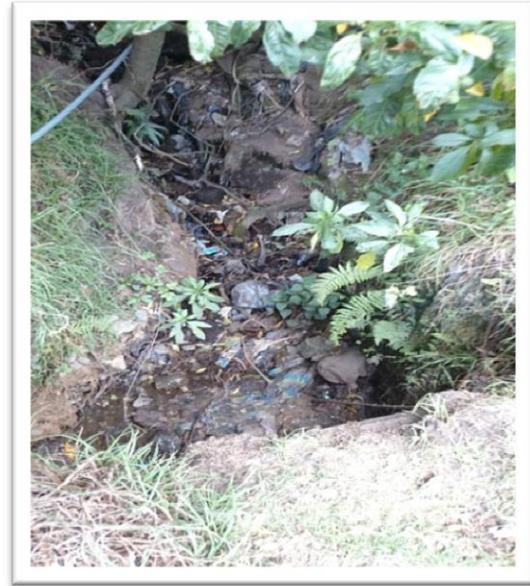
Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 5. Toma de muestras.



Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 8. Punto de descarga del Alcantarillado.



Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 6. Medición de Caudal en el Canal de Descarga de Agua Residual.



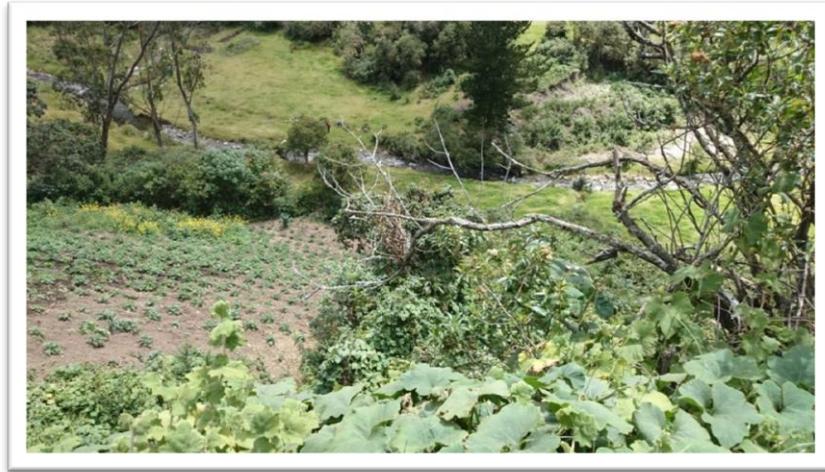
Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 9. Lugar seleccionado para el diseño de la PTAR-JV



Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 9. Canal de conducción de la descarga de Agua Residual



Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 10 y 11. Aspecto del río después de la Descarga de Agua Residual



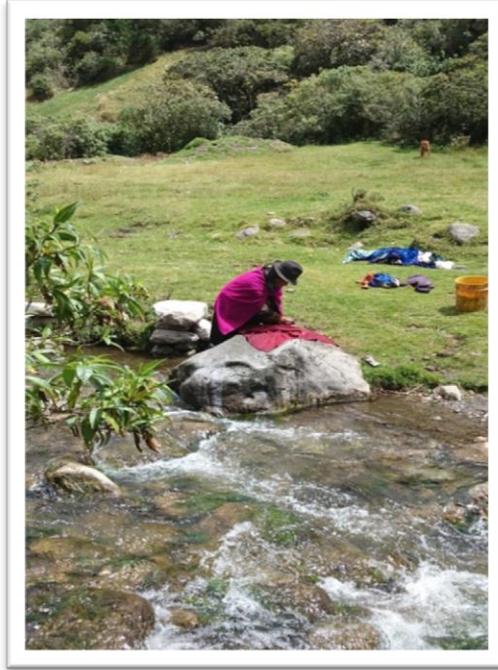
Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 13. Usos del agua del río. (Recreación)



Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 12. Usos del agua del río. (Lavado de ropa)



Tomada por: Alama Yaulema

FOTOGRAFÍA 13. Usos del agua del río. (Pesca)



ANEXO D. Resultado del análisis físico, químico y microbiológico.

Muestra 1-Calidad de Agua Cuerpo Receptor de Aguas Residuales



Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260

Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Alama Yaulema

Fecha de Análisis: 25 de febrero del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de marzo del 2015

Tipo de muestras: Agua superficial Río Pangor.

Localidad: Parroquia Juan de Velasco Cantón Colta - Chimborazo

TRABAJO DE TESIS DE GRADO

Código LAT/020-15

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.48
Color	Und. Co/Pt			13
Turbiedad	UNT	2130-B		2.9
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	17
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	7
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D		7.56
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	10	0.1
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	10	0.31
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	268

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Muestra 2 – Análisis de Agua Cuerpo Receptor de Aguas Residuales



Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Alama Yaulema

Fecha de Análisis: 26 de febrero del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de marzo del 2015

Tipo de muestras: Agua superficial Río Pangor.

Localidad: Parroquia Juan de Velasco Cantón Colta - Chimborazo

TRABAJO DE TESIS DE GRADO

Código LAT/022-15

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.85
Color	Und. Co/Pt			8
Turbiedad	UNT	2130-B		1.8
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	8.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	3.1
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D		8.3
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	10	0.5
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	10	0.36
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	376

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



Muestra 3- Análisis de Agua Cuerpo Receptor de Aguas Residuales



Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Alama Yaulema

Fecha de Análisis: 4 de marzo del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de marzo del 2015

Tipo de muestras: Agua superficial Río Pangor.

Localidad: Parroquia Juan de Velasco Cantón Colta - Chimborazo

TRABAJO DE TESIS DE GRADO

Código LAT/028-15

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.15
Color	Und. Co/Pt			9
Turbiedad	UNT	2130-B		9.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	8.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	2.1
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D		7.5
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	10	0.3
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	10	0.54
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	308

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Muestra 1 - Análisis de Agua Residual.



Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Alama Yaulema

Fecha de Análisis: 25 de febrero del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de marzo del 2015

Tipo de muestras: Agua superficial Río Pangor, después de la descarga de aguas residuales

Localidad: Parroquia Juan de Velasco Cantón Colta - Chimborazo

TRABAJO DE TESIS DE GRADO

Código LAT/021-15

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.64
Color	Und. Co/Pt			85
Turbiedad	UNT	2130-B		9.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	59
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	37
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D		1.68
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	10	0.2
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	10	1.1
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	636

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



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

INFORME DE ENSAYO No: 386
ST: 118 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Alama Yaulema
Dirección: Arupos del Norte
 Riobamba – Chimborazo

FECHA: 09 de Marzo del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/02/25 – 12:40
FECHA DE MUESTREO: 2015/02/24 – 06:00/18:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/02/25 – 2015/03/09
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 220-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Pangor Juan de Velazco
ANÁLISIS SOLICITADO: Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Alama Yaulema
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 Standard Methods No. 9222 B	UFC/100 ml	2,3*10 ⁴	±20%	-
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	1,2*10 ⁵	±20%	-

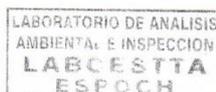
OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- El cliente indica que se trata de una muestra compuesta.

RESPONSABLE:



Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





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

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

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



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

INFORME DE ENSAYO No: 385
ST: 117 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Alama Yaulema
Dirección: Arupos del Norte
Riobamba – Chimborazo
09 de Marzo del 2015

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/02/25 – 12:40
FECHA DE MUESTREO: 2015/02/24 – 06:00/18:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/02/25 – 2015/03/09
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 219-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Pangor Juan de Velazco
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Alama Yaulema
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

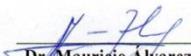
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	±30%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- El cliente indica que se trata de una muestra compuesta.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH

Muestra 2- Análisis de Agua Residual.



Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Alama Yaulema

Fecha de Análisis: 26 de febrero del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de marzo del 2015

Tipo de muestras: Agua superficial Río Pangor, después de la descarga de aguas residuales

Localidad: Parroquia Juan de Velasco Cantón Colta - Chimborazo

TRABAJO DE TESIS DE GRADO

Código LAT/023-15

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.35
Color	Und. Co/Pt			15
Turbiedad	UNT	2130-B		2.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	312
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	130
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D		3.85
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	10	0.1
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	10	1.54
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	512

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



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

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

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



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

INFORME DE ENSAYO No: 390
ST: 121 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Alama Yaulema
Dirección: Arupos del Norte
Riobamba – Chimborazo

FECHA: 10 de Marzo del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/02/26 – 08:16
FECHA DE MUESTREO: 2015/02/25 – 06:00/18:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/02/26 – 2015/03/10
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 223-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Pangor Juan de Velazco
ANÁLISIS SOLICITADO: Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Alama Yaulema
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

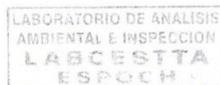
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 Standard Methods No. 9222 B	UFC/100 ml	2,9*10 ⁵	±20%	-
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	4,3*10 ³	±20%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- El cliente indica que se trata de una muestra compuesta.

RESPONSABLE:

**Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO**





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

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

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



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

INFORME DE ENSAYO No: 394
ST: 120 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Alama Yaulema
Dirección: Arupos del Norte
Riobamba – Chimborazo
10 de Marzo del 2015

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/02/26 – 08:16
FECHA DE MUESTREO: 2015/02/25 – 06:00/18:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/02/26 – 2015/03/10
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 222-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Pangor Juan de Velazco
ANALISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Alama Yaulema
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

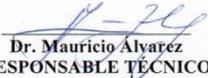
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	±30%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- El cliente indica que se trata de una muestra compuesta.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH

Muestra 3- Análisis de Agua Residual.



Contáctanos: 0993387300 - 032924322 ó 0993806600 – 032360260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Alama Yaulema

Fecha de Análisis: 4 de marzo del 2015

Fecha de Entrega de Resultados: 16 de marzo del 2015

Tipo de muestras: Agua superficial Río Pangor, después de la descarga de aguas residuales

Localidad: Parroquia Juan de Velasco Cantón Colta - Chimborazo

TRABAJO DE TESIS DE GRADO

Código LAT/028-15

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.20
Color	Und. Co/Pt			16
Turbiedad	UNT	2130-B		16
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	36.9
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	12.6
Oxígeno Disuelto	mg/L	2540-D		3.35
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	10	0.6
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	10	1.8
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	574

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



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

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

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



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

INFORME DE ENSAYO No: 401
ST: 225 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Alama Yaulema
Dirección: Arupos del Norte
Riobamba – Chimborazo

FECHA: 17 de Marzo del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/03/04 – 08:16
FECHA DE MUESTREO: 2015/03/03 – 06:00/18:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/03/03 – 2015/03/17
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 225-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Pangor Juan de Velazco
ANÁLISIS SOLICITADO: Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Alama Yaulema
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

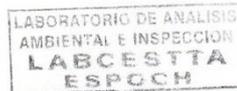
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Coliformes Totales	PEE/LABCESTTA/47 Standard Methods No. 9222 B	UFC/100 ml	2,0*10 ³	±20%	-
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	4,0*10 ³	±20%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- El cliente indica que se trata de una muestra compuesta.

RESPONSABLE:

**Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO**





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

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

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



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

INFORME DE ENSAYO No: 439
ST: 136 – 15 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: NA
Atn. Alama Yaulema
Dirección: Arupos del Norte
Riobamba – Chimborazo
17 de Marzo del 2015

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/03/04 – 08:16
FECHA DE MUESTREO: 2015/03/03 – 06:00/18:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/03/03 – 2015/03/17
TIPO DE MUESTRA: Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 260-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Pangor Juan de Velazco
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Rubén Choto
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	±30%	-

OBSERVACIONES:

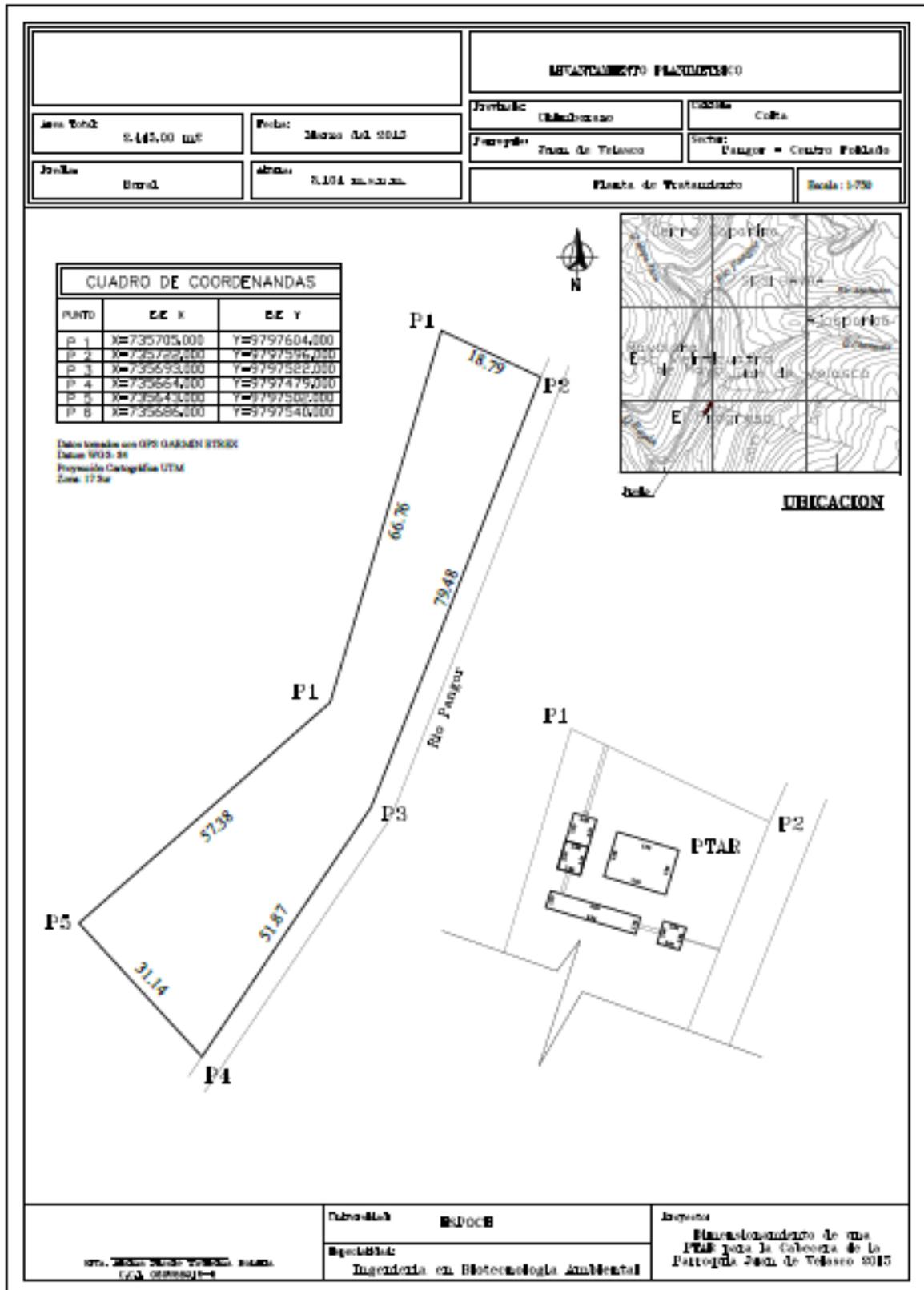
- Muestra transportada en refrigeración.
- El cliente indica que se trata de una muestra compuesta.

RESPONSABLE:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH

ANEXO E. Planimetría.



ANEXO D. Plano y ubicación del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

