



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN
CONSTRUCCIONES

**Diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de
tratamiento de aguas residuales para la comunidad de
Llintig, Gualaceo-Azuay**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Nombre de los Autores:
BERREZUETA ORELLANA MILTON EFRÉN
SARMIENTO FEJOO PABLO FERNANDO

Nombre del Director:
LARRIVA VÁSQUEZ JOSUÉ BERNARDO

CUENCA-ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de graduación a mi madre Claudia Orellana, que sin su ayuda, paciencia y amor este logro no hubiera sido posible alcanzarlo, yo sé que esta meta es tanto de ella como de mí, a mi padre Milton Berrezueta y hermanas Melina Berrezueta y Melissa Berrezueta que son un pilar fundamental en mi vida, a mi enamorada Kimberly Córdova por todo su apoyo y por estar siempre a mi lado.

A toda mi familia y amigos que siempre me apoyaron y confiaron en mí, y en especial a mis abuelitos Efrén Orellana y Beatriz López por los valores y consejos enseñados que siempre han guiado mis pasos.

Milton Efrén Berrezueta Orellana

Dedico este trabajo a Dios, por darme la fuerza y ser mi guía todos los días de mi vida; a mi madre Narcisa por ser mi fortaleza y guía para cada uno de mis pasos; a mi padre Aurelio quien me ha apoyado en todo momento, con su amor, sabiduría y motivación para hoy haber logrado cumplir esta meta; a mis hermanos Paúl y David, con los que he compartido alegrías y tristezas; a familiares y amigos que con su apoyo y confianza fueron parte fundamental para este objetivo.

Pablo Fernando Sarmiento Feijóo

AGRADECIMIENTO

Primeramente, queremos agradecer a Dios por darnos fuerza y ayudarnos como guía para enfrentar todas las dificultades que se han presentado en nuestras vidas.

A nuestros padres, hermanos, familiares y maestros por el apoyo incondicional brindado en todo momento y quienes fueron parte de nuestra formación.

A nuestro director de tesis el Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez por su guía, conocimientos y apoyo en el avance de este proyecto de grado; a la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones por darnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

Al GAD municipal de Gualaceo y al Ing. Ismael Maldonado por todo el apoyo brindado e información necesaria para la elaboración del proyecto.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES.....	4
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVOS	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
METODOLOGÍA	6
CAPÍTULO 1	7
BASE DEL DISEÑO	7
1.1 Descripción general de lugar	7
1.1.1 Ubicación geográfica	8
1.1.2 Vías de acceso.....	9
1.1.3 Clima.....	10
1.1.4 Temperatura	11
1.1.5 Aspecto socio-económico	11
1.1.5.1 Descripción general de la comunidad	12
1.1.5.2 Agricultura y ganadería.....	12
1.1.6 Estado sanitario actual	13
1.1.7 Salud	13
1.2 Caracterización económica de Llintig	14
CAPÍTULO 2.....	15
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	15
2.1 Generalidades	15

2.1.1 Topografía.....	15
2.2 Bases del diseño	16
2.2.1 Periodo de diseño.....	16
2.2.2 Población de diseño	16
2.2.3 Población futura.....	16
2.2.3.1 Población inicial.....	17
2.2.3.2 Tasa de crecimiento.....	17
2.3 Áreas de aportación	18
2.4 Dotación	18
2.5 Método de cálculo	20
2.5.1 Cálculo de la población futura mediante el método geométrico	20
2.6 Caudales de diseño	20
2.6.1.1 Factor de mayoración.....	21
2.6.1.2 Coeficiente de retorno.....	22
2.6.2 Caudales de aguas ilícitas o conexiones erróneas	22
2.6.3 Caudal de aguas por infiltración	23
2.7 Consideraciones en el diseño	23
2.7.1 Diámetros mínimos.....	23
2.7.2 Pendientes mínimas	23
2.7.3 Velocidades máximas y mínimas	24
2.7.4 Profundidad mínima	24
2.7.5 Rugosidad	24
2.7.6 Materiales que componen los elementos del alcantarillado.....	24
2.8 Obras complementarias	25
2.8.1 Pozos de revisión	25
2.8.1.1 Distancia entre pozos de revisión.....	25
2.8.2 Conexiones domiciliarias.....	26
2.9 Diseño de la red de alcantarillado	26
2.9.1 Descripción de la red	26
2.9.2 Diseño hidráulico.....	27
2.9.2.1 Flujo en tubería a sección llena.....	27
2.9.2.2 Flujo en alcantarillas parcialmente llenas	28
2.9.3 Datos utilizados para el diseño del sistema de alcantarillado	29

2.9.4 Ubicación de los pozos de revisión.....	30
2.9.5 Trazado de las áreas de aporte	33
CAPITULO 3	36
DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	36
3.1 Generalidades	36
3.2 Características de las aguas residuales	36
3.2.1 Características físicas.....	36
3.2.2 Características químicas	37
3.2.3 Características biológicas	39
3.3 Propuesta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Llintig ...	40
3.3.1 Objetivo del tratamiento	41
3.3.2 Parámetros de la calidad a observarse en la depuración de agua residual.	41
3.3.3 Proceso de tratamiento y grados de remoción	42
3.4 Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales	43
3.4.1 Tratamiento primario	43
3.4.1.1 Consideraciones para el diseño	43
3.4.1.2 Dimensionamiento	44
3.4.1.3 Valores obtenidos en el dimensionamiento de la fosa	47
3.4.2 Disposición final de los efluentes sólidos de las fosas sépticas.....	48
3.4.2.1 Parámetros de diseño para el lecho de secado	49
3.4.2.2 Cálculos para el dimensionamiento del lecho de secado	49
3.4.2 Tratamiento secundario.....	50
3.4.2.1 Humedales artificiales.....	51
3.4.2.2 Humedales artificiales de flujo sub-superficial.....	51
3.4.2.3 Eficiencia de remoción de un humedal sub-superficial de flujo horizontal.....	53
3.4.2.4 Diseño de humedales de flujo sub-superficial	53
CAPITULO 4	58
PRESUPUESTO DEL PROYECTO	58
4.1 Análisis de precios unitarios.....	58
4.2 Presupuesto.....	58
4.3 Cronograma Valorado	59

4.4 Especificaciones técnicas	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación Azuay - Gualaceo	7
Figura 1.2 Mapa de ubicación Gualaceo - Zona del Proyecto.	8
Figura 1.3 Mapa de ubicación geográfica Llintig.	9
Figura 1.5 Mapa vía 2 de acceso a Llintig.	10
Figura 1.6 Productos agrícolas de la comunidad de Llintig (maíz - capulí - chirimoya).	12
Figura 1.7 Productos Ganaderos de la comunidad de Llintig (cuy - cerdos - vacas). 13	
Fuente: Elaboración propia.	13
Figura 1.8 Relieve del Cantón Gualaceo.....	15
Fuente: (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)	16
Figura 2.1 Pozo de revisión.....	25
Figura 2.2 Canal de sección circular parcialmente lleno.	28
Fuente: Elaboración propia.	28
Figura 2.3 Vista de la ubicación de los pozos de revisión en planta.....	30
Fuente: Elaboración propia.	30
Figura 2.4 Vista de las áreas de aporte en planta.	33
Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 3.1 Esquema de humedal de flujo sub-superficial horizontal.....	53
Fuente: Elaboración propia.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenadas U.T.M. Llintig	8
Tabla 1.2: Estación meteorológica: Gualaceo (M-139)	11
Tabla 2.1 Periodo de diseño para distinta densidad poblacional	16
Tabla 2.2 Datos estadísticos del censo Gualaceo-Ecuador 2010	17
Tabla 2.3 Tasa de crecimiento regional	18
Tabla 2.4 Niveles de servicio.	19
Tabla 2.5 Dotación de agua para los diferentes niveles de servicio.....	19
Tabla 2.6 Nivel de complejidad del sistema.	22
Tabla 2.7 Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas.	22
Tabla 2.8 Datos para el diseño del alcantarillado	29
Tabla 2.9 Ubicación pozos de saneamiento tramo principal 1.....	31
Tabla 2.10 Ubicación pozos de saneamiento tramo principal 2.....	32
Tabla 2.11 Ubicación pozos de saneamiento tramo principal 3.....	32
Tabla 2.12 Ubicación pozos de saneamiento tramos secundarios.	32
Tabla 2.13 Áreas tributarias por tramos.....	34
Tabla 3.1 Características de aguas residuales comunidad Llintig.....	40
Tabla 3.2 Valores promedios de la caracterización de las aguas residuales al ingreso de las lagunas de estabilización de Ucubamba año 2012.....	41
Tabla 3.3 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	42
Tabla 3.4 Proceso de tratamiento y grados de remoción.	42
Tabla 3.5 Dimensiones mínimas de diseño para fosa séptica.	44
Tabla 3.6 Dimensiones constructivas para la fosa séptica.	47
Tabla 3.7 Dimensiones constructivas para orificios internos de la fosa séptica.	47
Tabla 3.8 Resultados de remoción de la fosa séptica.....	47
Tabla 3.9 Tiempo requerido para digestión de lodos.....	48
Tabla 3.10 Parámetros de diseño del lecho de secado.	49
Tabla 3.11 Mecanismos de depuración en humedales de flujo horizontal sub-superficial.....	52
Tabla 3.12 Criterios de diseño para humedales de flujo horizontal sub-superficial horizontal.....	52
Tabla 3.13 Características típicas del medio para humedales sub-superficiales.....	54
Tabla 3.14 Resultados de remoción del humedal.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Resultados de cálculos hidráulicos del alcantarillado sanitario.

ANEXO 2: Planos del sistema de alcantarillado sanitario.

ANEXO 3: Planos de PTAR

ANEXO 4: Análisis de precios unitarios.

ANEXO 5: Presupuesto.

ANEXO 6: Cronograma Valorado

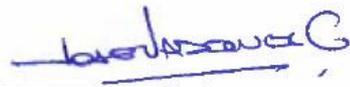
ANEXO 7: Especificaciones técnicas.

DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE LLINTIG, GUALACEO-AZUAY

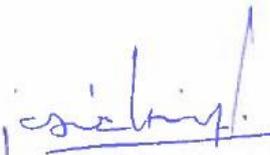
RESUMEN

La comunidad de Llintig perteneciente al cantón Gualaceo provincia del Azuay, al no disponer con una infraestructura para el correcto manejo de las aguas residuales, la población se ve obligada a evacuar las mismas de manera insalubre en fosas sépticas contaminado el medio ambiente y afectando a los habitantes del sector, su calidad de vida y su desarrollo. En vista de ello se realizó el diseño de la red de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales para resolver los problemas ocasionados por la ausencia de los mismos, tomando en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales, con la finalidad de que el GAD Municipal de Gualaceo cuente con la herramienta de gestión para la ejecución del proyecto.

Palabras claves: Infraestructura, alcantarillado, tratamiento, aguas residuales.



Ing. José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela



Ing. Josué Bernardo Larriva Vázquez
Director del Trabajo de Titulación



Milton Efrén Berrezueta Orellana



Pablo Fernando Sarmiento Feijóo

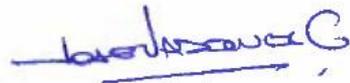
Autores

**DESIGN OF SANITARY SEWER NETWORKS AND WASTEWATER
TREATMENT PLANT FOR THE LLINTIG COMMUNITY,
GUALACEO - AZUAY.**

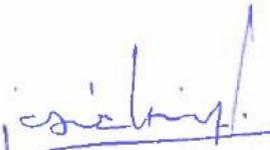
ABSTRACT

The Llntig community belonging to the city of Gualaceo -Azuay province- does not have the infrastructure to manage its wastewater properly; therefore, people are obligated to evacuate wastewater in an unhealthy way, using septic tanks, thus contaminating the environment as well as affecting directly the community, their quality of life and probable improvement. Due to this issues, we have designed a sanitary sewer network and wastewater treatment plant, as a solution. Taking into account technical, economic and environmental aspects, to help the Gualaceo's GAD Municipal have access to the management tool for the execution of the project.

Keywords: Infrastructure, sewerage, treatment, wastewater.



Ing. José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela



Ing. Josué Bernardo Larriva Vázquez
Director del Trabajo de Titulación



Milton Efrén Berrezueta Orellana



Pablo Fernando Sarmiento Feijóo

Autores



Milton Efrén Berrezueta Orellana

Pablo Fernando Sarmiento Feijóo

Trabajo de graduación

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez, Mst.

Febrero 2021

**DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE
LLINTIG, GUALACEO-AZUAY**

INTRODUCCIÓN

Un sistema de alcantarillado sanitario está formado por una red de colectores que se encuentran conectados por una serie de pozos de inspección, los cuales se encargan de recibir, recolectar y transportar las aguas residuales de un sector determinado hacia un cuerpo receptor o a una planta de tratamiento.

La comunidad rural de Llintig del cantón Gualaceo no cuenta con infraestructura sanitaria, por lo que la población se ve obligada a evacuar los desechos de manera insalubre en fosas sépticas, contaminando el medio ambiente debido a la falta de tratamiento de las aguas residuales.

En la comunidad se presentan riesgos de contaminación ambiental que afectan a la salud de la misma, impidiendo un buen desarrollo y una buena calidad de vida, por lo que el GAD Municipal del cantón Gualaceo, por medio de un convenio con la Universidad del Azuay, establece que se realice los estudios para poder implementar un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento eficiente que solvante los problemas como, enfermedades infecciosas, contaminación del suelo, que se generan por la inexistencia de los mismos.

ANTECEDENTES

La comunidad de Llintig dentro de sus necesidades básicas ha visto imprescindible la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario, por tal razón se crea una directiva con este objetivo precedida por la Sr. Fausto Tigre quienes acuden al GAD Municipal del cantón Gualaceo con la finalidad de trasladar esta necesidad tan sentida por las comunidades a las autoridades del cantón.

El alcalde Ing. Gustavo Vera Arízaga acogiendo la solicitud de las comunidades designa al Departamento de Planificación para preparar toda la documentación con la intención de realizar la consultoría del proyecto “Diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Llintig, Gualaceo-Azuay”.

La comunidad de Llintig en la actualidad está conformada de 120 familias, la cual requiere de forma inmediata del proyecto de diseño de redes de alcantarillado sanitario siendo viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental para un periodo de vida útil de 20 años.

La construcción de las redes del sistema de alcantarillado se diseña aprovechando la infraestructura vial de la comunidad y la planta de tratamiento de aguas residuales se situará en un terreno ya proporcionado por la comunidad.

El proyecto de redes de alcantarillado contribuirá al GAD Municipal de Gualaceo con informes técnicos y presupuesto para su futura construcción.

JUSTIFICACIÓN

La comunidad rural de Llintig del cantón Gualaceo al no contar con infraestructura sanitaria la población se ve obligada a evacuar las aguas residuales de manera insalubre en fosas sépticas contaminado el medio ambiente.

En virtud de ello surge la necesidad de realizar los estudios para poder implementar un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento eficiente que solvante los problemas como enfermedades infecciosas, contaminación del suelo, que se generan por la inexistencia de los mismos.

Por lo que el GAD Municipal de Gualaceo conjuntamente con los estudiantes de la Universidad del Azuay ejecutan el diseño de las redes de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Llintig, lo que en el futuro ayudará al desarrollo de la comunidad generando mejores condiciones de vida.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar unas redes de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales, para ayudar a la comunidad rural de Llintig, perteneciente a la parroquia Gualaceo, del cantón Gualaceo, provincia del Azuay a mejorar sus condiciones sanitarias y la calidad de vida.

Objetivos específicos

- Recopilar información necesaria para el diseño correspondiente a los datos existentes de la zona.
- Realizar el levantamiento topográfico.
- Revisar la Normativa existente y definir los parámetros de diseño.
- Diseño de redes de alcantarillado sanitario.
- Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Elaboración de planos, memoria técnica y presupuesto de la red de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarcará en dos etapas de investigación: Primero se inicia con el levantamiento de la información necesaria para el diseño e información de la zona, que serán obtenidos directamente del lugar en donde se va a realizar el proyecto; esto ayudará a identificar ciertas características de la zona y su población, así como observar en el campo posibles alternativas viables para la localización de las redes de alcantarillado, tomando en cuenta el lugar ya fijado por la comunidad para la planta de tratamiento. Segundo se procede con el levantamiento topográfico de la zona conjuntamente con el equipo y personal del Gobierno Autónomo Descentralizado - GAD Municipal de Gualaceo.

Posteriormente se modela y calcula la red sanitaria y la planta de tratamiento, conjuntamente con la elaboración de su presupuesto.

Al final del estudio se obtendrá el diseño, presupuesto de la obra, observaciones y especificaciones técnicas definidas, para luego hacer posible su construcción en el menor tiempo posible.

“El cantón tiene una superficie de 345.48 kilómetros cuadrados. En la parte más baja la altura territorial alcanza los 2100 m.s.n.m., mientras que en sus páramos de mayor altitud consígueme elevación cercana a los 4000 m.s.n.m.” (GAD Municipal de Gualaceo, 2015).

En la figura 1.2 se puede observar que “El cantón Gualaceo está conformado por ocho parroquias rurales que son: Mariano Moreno, Daniel Córdova Toral, Luis Cordero Vega, Remigio Crespo Toral, Jadan Zhidmad, San Juan y Simón Bolívar y la conforman también la parroquia central del mismo nombre” (GAD Municipal de Gualaceo, 2015).

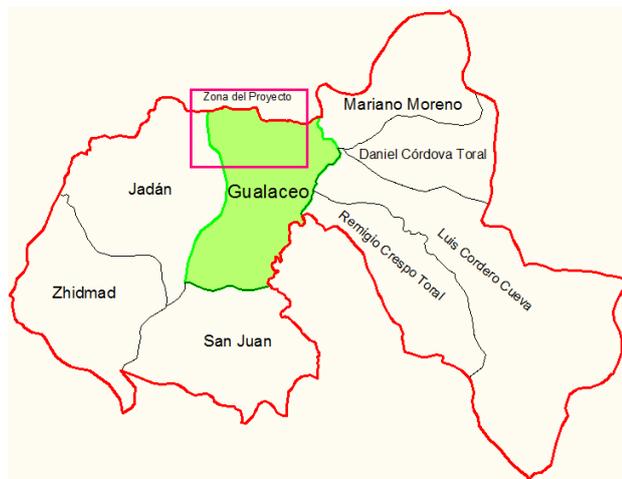


Figura 1.2 Mapa de ubicación Gualaceo - Zona del Proyecto.

Fuente: (Orellana, 2013)

1.1.1 Ubicación geográfica

La comunidad de Llintig se encuentran ubicadas al sur de la cabecera cantonal Gualaceo, provincia del Azuay, a aproximadamente 4.50 kilómetros; cuyas coordenadas en el sistema WGS 84 son:

Tabla 1.1 Coordenadas U.T.M. Llintig

COORDENADAS U.T.M. WGS 84				OBSERVACIONES
Latitud	Longitud	Altura	Temperatura media	
9676075.75	743853.34	2498.43	20 °C	Iglesia de Llintig

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1.3 se muestra la ortofoto de la ubicación geográfica de Llintig.



Figura 1.3 Mapa de ubicación geográfica Llintig.

Fuente: (GOOGLE EARTH, 2021)

1.1.2 Vías de acceso

Para el ingreso de la comunidad de Llintig existen dos vías de acceso: En la figura 1.4 Mapa vía 1 de acceso a Llintig, la longitud es de 3.63 km tomando como referencia desde el PAI de Gualaceo, con un tiempo aproximado de 10 minutos. La capa de rodadura no está pavimentada (lastre).



Figura 1.4 Mapa vía 1 de acceso a Llintig.

Fuente: (GOOGLE EARTH, 2021)

- En la figura 1.5 Mapa vía 2 de acceso a Llintig, la longitud es de 8,28 km tomando como referencia desde el Centro parroquial de San Juan, con un tiempo aproximado de 22 minutos. La capa de rodadura no está pavimentada (lastre).

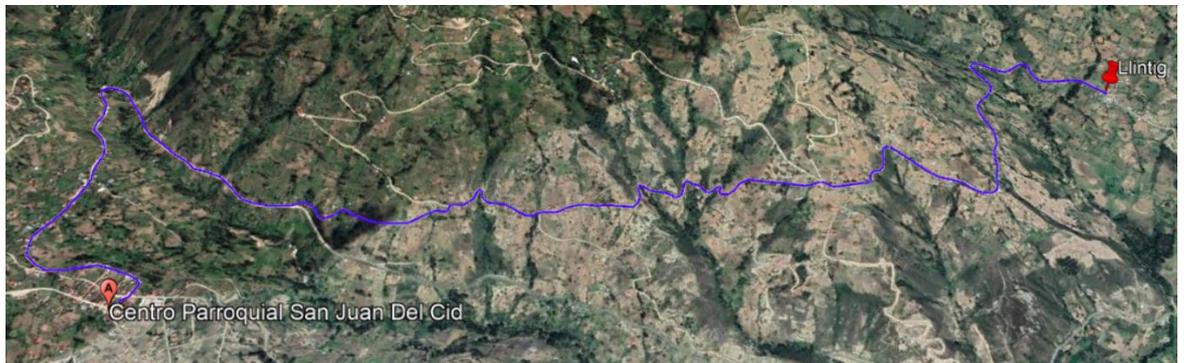


Figura 1.5 Mapa vía 2 de acceso a Llintig.

Fuente: (GOOGLE EARTH, 2021)

1.1.3 Clima

Los diferentes elementos del clima como precipitación, temperatura y humedad son factores necesarios para la caracterización del clima en el área de influencia del proyecto.

De acuerdo a la clasificación de la Zonificación Agroecológica del Austro Ecuatoriano las temperaturas varían de 17 a 22 °C, teniendo presente que el descenso normal de las temperaturas con respecto al incremento de la distancia en relación con la superficie terrestre, tiene un valor de 6.5 °C/1000 m. Las precipitaciones están alrededor de los 731 milímetros al año para el cantón Gualaceo.

Los datos referentes al clima esto es temperatura, humedad, viento, insolación, evapotranspiración y precipitación para el proyecto de Sistema de Alcantarillado Sanitario para la comunidad de Llintig del cantón Gualaceo se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 1.2: Estación meteorológica: Gualaceo (M-139)

ESTACION METEREOLÓGICA: GUALACEO (M-139)								
LATITUD: 2°88'S LONGITUD: 79°78'W ALTITUD: 2250 m.s.n.m.								
MESES	TEMPERATURA ° C	HUMEDAD %	VIENTO km/día	INSOLACIÓN horas	RADIACIÓN MJ/m2/día	ETo (mm/día)	PRECIPITACIÓN (mm/mes)	PRECIPIT. EFECT.70%
Enero	18.0	73	164	5.2	9.7	3.2	54	37.8
Febrero	20.0	76	156	4.6	10.0	3.3	79	55.3
Marzo	19.5	77	147	4.3	10.1	3.3	87	60.9
Abril	21.0	79	156	4.5	10.2	3.3	91	63.7
Mayo	20.0	78	138	4.4	9.5	3.1	56	39.2
Junio	18.0	76	138	4.3	8.9	2.9	44	30.8
Julio	21.0	76	156	4.4	9.2	3.2	37	25.9
Agosto	17.0	75	138	4.5	9.6	3.0	29	20.3
Septiembre	22.0	74	121	4.2	10.0	3.4	37	25.9
Octubre	19.0	71	147	4.9	10.1	3.4	71	49.7
Noviembre	21.0	71	164	5.6	10.2	3.6	77	53.9
Diciembre	18.0	75	156	5.8	9.9	3.2	68	47.6
TOTAL AÑO	19.5	75	148	4.7	9.8	1174.8	730.0	511.0

Fuente: Zonificación Agroecológica del Austro Ecuatoriano (Cisneros, 1998)

1.1.4 Temperatura

La zona donde se encuentra emplazada la comunidad de Llintig corresponde a llanuras y barrancos del callejón Interandino que está comprendido entre las cotas de 2300 a 3000 m.s.n.m. La temperatura promedio anual en la zona varía entre los 22 °C y 7 °C durante el día y baja hasta 2 °C en la madrugada ocasionando la presencia de heladas entre las máximas y mínimas que se presentan durante el año, donde los meses más fríos son junio, julio y agosto, y los meses donde se registran temperaturas más altas son diciembre y enero. La humedad relativa anual es de 75.10 % el viento corre de norte a sur, el sector tiene una precipitación anual de 731 mm/año, los meses más lluviosos son julio y agosto.

1.1.5 Aspecto socio-económico

El bienestar de toda la colectividad de un sitio o población, está en relación directa con el desarrollo integral de todos y cada uno de los miembros de un conglomerado, es por esto que la calidad de vida de todos se obtiene sólo cuando se trabaja mirando mucho más allá de un beneficio individual.

1.1.5.1 Descripción general de la comunidad

La comunidad de Llintig dentro de su infraestructura sanitaria cuenta con letrinas con y sin arrate de agua en un 97 % de sus construcciones, las mismas que en la mayoría de los casos ya han cumplido su vida útil; con la implementación del presente proyecto se pretende servir a la comunidad antes mencionada y dar solución a un problema sanitario anhelada por la comunidad desde hace varios años.

1.1.5.2 Agricultura y ganadería

En la Agricultura el cantón Gualaceo y la comunidad de Llintig tiene similar Flora y Fauna, con abundancia de frutas, maíz, trigo, patatas y hortalizas; para la alimentación de animales encontramos sembríos de alfalfa a gran escala. En cuanto a la Flora característica de las comunidades encontramos árboles de eucalipto, capulí, Sauce y entre los árboles frutales tenemos a limón, aguacate, chirimoya, mora como se denota en la figura 1.6, y una gran cantidad de pencos lo que ha decir de sus moradores es una planta característica de la zona y sirve de alimento tanto para personas como animales.



Figura 1.6 Productos agrícolas de la comunidad de Llintig (maíz - capulí - chirimoya).

Fuente: Elaboración propia.

En la ganadería la crianza de animales como pollos y cuyes destinados al uso propio y en casos muy puntuales para la venta. La crianza y cuidado de vacas para la producción lechera destinada especialmente a la venta y al consumo familiar; en ciertos hogares también se dedican a la crianza y cuidado de chanchos, borregos y chivos como se indica en la figura 1.7, que también se utiliza para autoconsumo y en ciertos casos para la venta.



Figura 1.7 Productos Ganaderos de la comunidad de Llintig (cuy - cerdos - vacas)

Fuente: Elaboración propia.

1.1.6 Estado sanitario actual

Dentro del abastecimiento de agua potable, la comunidad es servida de las vertientes de Arichávala, Illinpugro y Tierra Blanca, el agua es apta para consumo humano ya que tiene un sistema de tratamiento respectivo.

Se debe recalcar que el sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Llintig es nuevo, se construyó en el año 2008 y todavía no presenta problemas mayores.

Las familias de las comunidades en su gran mayoría cuentan con un sistema de disposición de excretas, teniendo en cuenta que 49 familias tienen letrinas y solamente 8 familias tienen la fosa séptica. Las letrinas se encuentran más o menos mantenidas y hay algunas que ya han cumplido su vida útil de funcionamiento. Se debe anotar que las casas nuevas que se vienen construyendo ya tienen un diseño sanitario y su respectiva fosa séptica.

1.1.7 Salud

Dentro de las enfermedades que más afectan a los niños en las comunidades en referencia se tienen las respiratorias, infecciosas, diarrea y por último la parasitosis. También se debe indicar que no han muerto niños a causa de estas enfermedades en el último año. Los lugares a los que acude la familia cuando se enferman los niños están entre Hospital, y otros que buscan atención en médicos particulares, debido a su cercanía con el cantón Gualaceo.

Las familias manifiestan que la principal causa de la diarrea es la falta de aseo en el hogar como en la letrina y el desorden en la alimentación; y para prevenir esta enfermedad se tiene que seguir los hábitos de una adecuada higiene. A si mismo manifiestan que para curar esta enfermedad hay que buscar ayuda médica.

1.2 Caracterización económica de Llintig

Se obtuvo la información por la comunidad respecto a las principales actividades productivas familiares, las mismas que son agricultura, comercio, venta de mano de obra, pero adicionalmente se obtuvo información respecto a las actividades reproductivas familiares, que en la mayoría de casos no es reconocida ni valorada.

En la comunidad, el 40% tiene como actividad principal la agricultura, un 10% se dedica al comercio, un 20% se dedican a las artesanías, y el 30% restantes se clasifica en otras dentro de las cuales principalmente están la venta de mano de obra de los hombres como jornaleros y en menor cantidad el empleo doméstico en el caso de las mujeres.

2.2 Bases del diseño

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario del proyecto, se tomará en consideración las especificaciones técnicas (ETAPA), y normas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Es la entidad nacional encargada de formular las normas técnicas ecuatorianas, la cual estandariza los criterios para la elaboración de los sistemas de alcantarillado de agua potable.

2.2.1 Periodo de diseño

Se considera periodo de diseño al tiempo en el que la obra cumple eficientemente su función, sin tomar en cuenta ampliaciones que cambien sus parámetros y normas.

Tabla 2.1 Periodo de diseño para distinta densidad poblacional

COMPONENTES DEL SISTEMA	POBLACIÓN MENOR A 20.000 HABITANTES	POBLACIÓN MAYOR A 20.000 HABITANTES
Interceptores y emisarios	20 años	30 años
Plantas de tratamiento	15 a 20 años	20 a 30 años
Estaciones de bombeo	20 años	30 años
Colectores	20 años	30 años

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

Tomando en cuenta la tabla 2.1, la red de alcantarillado sanitario para la comunidad de Llintig tendrá un periodo de diseño de 20 años.

2.2.2 Población de diseño

El tamaño de la población fue definido con ayuda del GAD municipal de Gualaceo y el presidente de la junta directiva de la comunidad de Llintig, mediante recorridos por las calles tomando en cuenta las casas y los terrenos, para poder obtener con mejor exactitud el número de habitantes dentro del área del proyecto.

2.2.3 Población futura

Para la población futura se debe tener en cuenta que las poblaciones crecen por nacimiento, decrecen por muerte, crecen o decrecen por migración.

La población futura es el número de habitantes que obtendremos al final del periodo de diseño, esto se realizará mediante proyecciones de crecimiento poblacional con diferentes métodos como: proyección aritmética, geométrica, etc.

2.2.3.1 Población inicial

La población inicial es el número de habitantes existentes actualmente en la comunidad de Llintig.

El tamaño de la población inicial fue definido con la ayuda de la junta directiva de Llintig, mediante el recorrido del sector.

2.2.3.2 Tasa de crecimiento

Para el cálculo de la población futura para el diseño del sistema de Alcantarillado Sanitario en la comunidad de Llintig se utilizarán los procedimientos de proporción y correlación, mediante el uso de los métodos aritmético y geométrico. Las respectivas tasas de crecimiento se obtienen de los datos proporcionados por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC de los años 2001 y 2010.

Población del cantón Gualaceo censo 2001 es de 18339 habitantes (INEC, 2010).

Población del cantón Gualaceo censo 2010 es de 21443 habitantes (INEC, 2010).

Tabla 2.2 Datos estadísticos del censo Gualaceo-Ecuador 2010

POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL DE 2010-2001 POR SEXO, SEGÚN PARROQUIAS							
Código	Nombre de la parroquia	2010			Tasa de crecimiento anual 2001-2010		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
	Nacional	7 177 683	7 305 816	14 483 499	1.96%	1.93%	1.95%
10350	GUALACEO	9973	11470	21443	2.10%	1.43%	1.74%

Fuente: (INEC, 2010)

Otra forma de obtener la tasa de crecimiento poblacional, es según los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales, (NORMA - CO 10.7 - 602, 2010) indica a falta de datos de una proyección geométrica se toman los índices de crecimiento como se observa en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Tasa de crecimiento regional

Tasa de crecimiento (r)	
Región Geográfica	r(%)
Sierra	1
Costa, Oriente, Galápagos	1,5

Fuente: (NORMA - CO 10.7 - 602, 2010)

2.3 Áreas de aportación

El área que requiere el proyecto de construcción del Sistema de Alcantarillado Sanitario para la comunidad de Llintig, comprenden redes de alcantarillado, colector principal, pozos de revisión y planta de tratamiento de aguas residuales.

El área de influencia se enmarca principalmente dentro del área central de la comunidad, esta zona de acuerdo al plan estratégico comunitario, tiene su uso de suelo destinado a vivienda, comercio y actividad agrícola.

Las áreas de aportación obtienen guiándose en la topografía para poder realizar el trazado de la red de alcantarillado, obteniendo así los caudales y el dimensionamiento para el diseño del proyecto

2.4 Dotación

Dotación es la cantidad de agua necesaria que requiere una persona durante el día para satisfacer sus necesidades vitales, la misma que debe ser prevista por entidad competente.

En la tabla 2.4 y 2.5 se presenta las dotaciones correspondientes a los diferentes niveles de servicio.

Tabla 2.4 Niveles de servicio.

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
	EE	
Ia	AP	Grifos públicos
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	EE	Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente: (NORMA - CO 10.7 - 602, 2010)

Tabla 2.5 Dotación de agua para los diferentes niveles de servicio.

Nivel de servicio	Clima frío	Clima cálido
	(l/hab*día)	(l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: (NORMA - CO 10.7 - 602, 2010)

Para la zona de Llintig corresponde un nivel de servicio IIB, que sería conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa y ser un sistema de alcantarillado sanitario. El clima de la comunidad es frío, por lo que tomamos una dotación de 75 l/hab/día.

2.5 Método de cálculo

De acuerdo a la NORMA 10.7-602 Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, la población futura de diseño se resolverá mediante el método geométrico.

2.5.1 Cálculo de la población futura mediante el método geométrico

Este método supone que el crecimiento de la población es proporcional a la población existente en un momento dado.

Ecuación población futura

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad (1)$$

En donde

Pf	=	Población futura.
Pa	=	Población actual
r	=	Tasa de crecimiento.
n	=	Periodo de diseño.

$$Pf = 480 * (1 + 0.0174)^{20}$$

$$Pf = 678 \text{ Hab}$$

Población total para el diseño: 678 habitantes en la comunidad de Llintig.

2.6 Caudales de diseño

Para el caudal de diseño se tomará en cuenta la sumatoria de los caudales de aguas residuales, aguas ilícitas y aguas por infiltración como se muestra en la siguiente ecuación.

$$Qd = Qsan + Qil + Qinf \quad (2)$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (lit/seg).

Q_{san} = Caudal sanitario o de aguas residuales domesticas (lit/seg).

Q_{il} = Caudal de aguas ilícitas (lit/seg).

Q_{inf} = Caudal de infiltración (lit/seg).

2.6.1 Caudales de agua residuales

Formado por aguas de uso doméstico y por aguas residuales, conformado principalmente por material orgánico, fecal, orina entre otros.

Para el cálculo de las aguas residuales domésticas usamos la siguiente expresión.

$$Q_{san} = \left(\frac{P_f * D_{ot}}{86400} \right) * M * f \quad (3)$$

Donde:

P_f = Población. (hab)

D_{ot} = Dotación. (lit/hab/día)

M = Factor de mayoración.

F = Coeficiente de retorno.

2.6.1.1 Factor de mayoración

Para un factor de mayoración adecuado se toma un margen de seguridad al momento de realizar el diseño, debido al cambio de aportaciones por cargas domiciliarias durante el año y el día.

Por lo que se realizará el factor de mayoración de la ecuación de Harmon:

$$M = \frac{18 + \sqrt{\frac{P_{ob}}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P_{ob}}{1000}}} \quad (4)$$

2.6.1.2 Coeficiente de retorno

Es la cantidad de agua que existe entre el agua de consumo de la población y el agua residual devuelta al alcantarillando.

Para determinar el coeficiente de retorno se debe considerar el nivel de complejidad del sistema, el cual se determina mediante la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Nivel de complejidad del sistema.

Nivel de complejidad	Población en la zona (Habitantes)	Capacidad económica de usuario
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 6000	Media
Alto	>6000	Alta

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

Mediante el cálculo de la población futura en la comunidad de Llintig se determinará un número menor a 2500 habitantes, por lo que la capacidad económica de usuario y el nivel de complejidad es baja.

Una vez asignado el nivel de complejidad se procede a definir el coeficiente de retorno mediante la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas.

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y medio	0.7 – 0.8
Medio alto y alto	0.8 – 0.85

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

Por lo que se asumió el valor del coeficiente de retorno $f=0.8$ a considerar en este proyecto.

2.6.2 Caudales de aguas ilícitas o conexiones erróneas

El caudal de agua ilícitas es el que se une al alcantarillado de manera incorrecta.

$$Q_{il} = \frac{Pf * D}{86400} \quad (5)$$

Donde:

D = Dotación. (lit/hab*día)

Pf = Población futura de diseño. (hab)

2.6.3 Caudal de aguas por infiltración

Es el agua que ingresa al alcantarillado debido a las aguas subterráneas y guas lluvias, por fisuras existentes en la tubería y conexiones erróneas.

Tomando en cuenta la normativa para la construcción de redes de alcantarillado grupo 2, (ETAPA.EP, 2012) se tendrá dos valores de caudales de infiltración.

1. Para tuberías ubicadas sobre el nivel freático.

$$Q_{inf} = 0.1 \frac{lbs}{seg} * Km \quad (6)$$

2. Para tuberías ubicadas bajo el nivel freático.

$$Q_{inf} = 0.2 \frac{lbs}{seg} * Km \quad (7)$$

2.7 Consideraciones en el diseño

2.7.1 Diámetros mínimos

“El diámetro mínimo a usarse para el sistema de alcantarillado sanitario es de 200mm y las conexiones domiciliarias tienen un diámetro mínimo de 100mm” (NORMA - CO 10.7 - 602, 2010)

2.7.2 Pendientes mínimas

“La pendiente de la tubería del alcantarillado está en función de la topografía de la zona donde está ubicado el proyecto, tratando de obtener el menor costo de excavación. Sin embargo, según la norma la pendiente mínima para tuberías de hormigón es de 1% y para tuberías de P.V.C es de 0.5%” (NORMA - CO 10.7 - 602, 2010).

2.7.3 Velocidades máximas y mínimas

Las pendientes de los tramos son las adecuadas que permitan cumplir con las normas de velocidad de flujo que garanticen la no ocurrencia de erosión de las tuberías o la deposición de materiales en el interior de ellas.

La velocidad mínima, para el caudal de diseño en el alcantarillado sanitario será de 0.45 m/s.

La velocidad máxima para el caudal de diseño del alcantarillado sanitario será 5.00 metros/segundo para tuberías de PVC.

2.7.4 Profundidad mínima

La profundidad de la red de alcantarillado se diseñará permitiendo la evacuación de las aguas servidas de los predios a cada lado de las calles, desde los puntos de nivel más bajo referido a las rasantes de la calzada. Para las profundidades se recomienda que la profundidad mínima en pozos de sea de 1,50 metros, solo en casos excepcionales esta profundidad podrá ser menor. En condiciones normales, el diseño se realizará entre 2 y 3 metros de profundidad. Para el diseño de los colectores principales en lo posible deberán estar a profundidades inferiores de 6 metros.

2.7.5 Rugosidad

La rugosidad viene dada por el tipo de material, el acabado y tiempo de uso que presentan las paredes de las tuberías, las cuales provocan un efecto de retardo en el flujo e influye en la capacidad de transporte de cada sección.

La rugosidad para una tubería de hormigón es de 0,014 y para una tubería de PVC es de 0.009.

2.7.6 Materiales que componen los elementos del alcantarillado

El material que se utilizará en este proyecto para el diseño del sistema de alcantarillado de la comunidad de Llintig será de Poli cloruro de vinilo (PVC) para la red principal y conexiones domiciliarias, puesto que son más fáciles de instalar debido a que son

ligeras en peso, lo que las hace más flexibles y manipulables, soportan presiones altas por periodos largos y tienen una larga vida útil de servicio.

2.8 Obras complementarias

2.8.1 Pozos de revisión

Se entiende como pozo de revisión, las estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso al interior de los colectores para realizar labores de operación y mantenimiento.

Se debe colocar pozos de revisión tomando en cuenta los cambios de pendiente, el cambio de dirección exceptuando en alcantarillas curvas, en las confluencias de los colectores y al comienzo de toda tubería o colector.

En la figura 2.1 se presenta un modelo de la forma básica de los pozos de revisión.

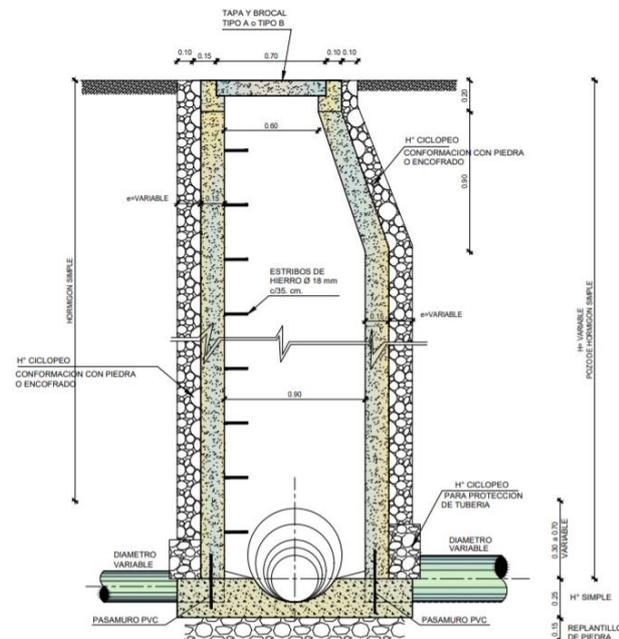


Figura 2.1 Pozo de revisión

Fuente: (ETAPA, 2017)

2.8.1.1 Distancia entre pozos de revisión

Para la separación entre los distintos pozos se tomará en cuenta que para un diámetro \leq a 350mm se tomará una distancia máxima de 100m y para diámetros entre 400 y 800mm se tomará una distancia máxima de 150.

Los pozos tendrán un salto máximo de 90 cm para facilitar la operación. En caso de requerirse un mayor salto se diseñará estructuras de salto. El fondo del pozo deberá tener cuantos canales sean necesarios para permitir el flujo adecuado del agua a través del pozo sin interferencia hidráulica que conduzcan a pérdidas grandes de energía (Norma CO 10.7 - 601, 2010).

2.8.2 Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias deben cumplir con un diámetro de tubería mínimo de 100 mm, una pendiente mínima de 1%.

También deberá partir de una caja de revisión que permitirá dar mantenimiento en caso de obstrucción desde el domicilio hacia la red principal, la sección mínima de la caja será de 0.6 x 0.6m. y el empate con la red principal se hará con un ángulo de 45 grados.

Cualquier tipo de accesorio deberá ser plenamente justificado y aprobado por la fiscalización.

2.9 Diseño de la red de alcantarillado

2.9.1 Descripción de la red

Para el sistema de alcantarillado de la comunidad de Llintig se recogerá, transportará y tratará aguas servidas provenientes únicamente de las casas, ya que mediante visitas realizadas en la zona se comprobó que no existen fábricas o industrias que pudiese estar dentro del diseño del proyecto.

Debido a la complejidad de la topografía de la zona y la distribución de las casas no permite realizar el sistema de alcantarillado para toda la comunidad, por lo que el diseño de la red será trazado cubriendo en lo posible la mayor parte de las viviendas, de esta forma se configurará la conducción de la red de alcantarillado por caminos y vías existentes hasta llegar al punto donde se realizará la planta de tratamiento.

2.9.2 Diseño hidráulico

2.9.2.1 Flujo en tubería a sección llena

En el sistema de alcantarillado sanitario el agua no es común que fluya a sección llena.

Caudal

Primero se calculará el caudal utilizando la siguiente ecuación.

$$Q = A * V \quad (8)$$

Dónde:

Q = Caudal de la tubería llena (m³/seg).

A = Área transversal (m²).

V = Velocidad (m/seg).

Velocidad

Se utilizará la ecuación de Manning para el cálculo de la velocidad.

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Dónde:

V = Velocidad de flujo (m/seg).

n = Coeficiente de rugosidad.

Rh = Radio hidráulico (m).

S = Pendiente de gradiente hidráulico (m/m).

Radio hidráulico

Mediante la siguiente ecuación se calcula el radio hidráulico.

$$Rh = \frac{D}{4} \quad (10)$$

Dónde:

Rh = Radio hidráulico (m).

D = Diámetro de las tuberías (m). 2.9.2.2 Flujo en alcantarillas parcialmente llenas.

2.9.2.2 Flujo en alcantarillas parcialmente llenas

Para flujo en alcantarillas parcialmente llenas en conductos circulares, fluyen con una superficie libre para garantizar una correcta aeración de gases y que no colapse la red, pero en ocasiones especiales se pueden presentar flujos a tubería llena.

Los cálculos se realizarán con un 80% de la capacidad máxima de la sección del tramo, de esta manera se cumple los parámetros y condiciones de ETAPA EP, tomando en cuenta que se mantengan las condiciones en los colectores de flujo a gravedad.

En la figura 2.2 se especifica la información necesaria para los cálculos del canal de sección circular parcialmente llena.

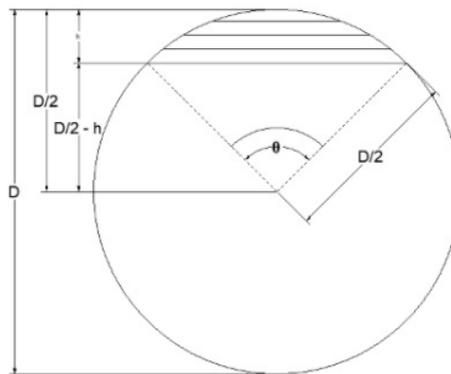


Figura 2.2 Canal de sección circular parcialmente lleno.

Fuente: Elaboración propia.

Relaciones hidráulicas para secciones parcialmente llenas

Ángulo central

$$\theta = 2 * \arccos\left(1 - \frac{2 * h}{D}\right) \quad (11)$$

Radio hidráulico

$$Rh = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 * \sin \theta}{2\pi\theta}\right) \quad (12)$$

Velocidad

$$QV = \frac{0.397 * D^{\frac{2}{3}}}{n} * \left(1 - \frac{360 * \sin \theta}{2\pi\theta}\right) * S^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

Caudal

$$q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15 * n * (2\pi\theta)^{\frac{2}{3}}} * (2\pi\theta - 360 * \sin \theta) * S^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

Por lo tanto, las relaciones fundamentales quedaran establecidas de la siguiente forma:

$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{360 * \sin \theta}{2\pi\theta}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (15)$$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{\theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2\pi\theta}\right) * \left(1 - \frac{360 * \sin \theta}{2\pi\theta}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (16)$$

Dónde:

D = Diámetro de la tubería (m).

h = Tirante de aguas (m).

2.9.3 Datos utilizados para el diseño del sistema de alcantarillado

En la Tabla 2.8 se observa los valores que se uso para el diseño del alcantarillado sanitario de la comunidad de Llintig.

Tabla 2.8 Datos para el diseño del alcantarillado

Datos	Valores	Unidad
Área del proyecto	13,7	Ha
Dotación	75	lts/hab/día
Población actual	480	hab
Población futura de diseño	678	hab
Densidad poblacional	49,4	hab/Ha
Periodo de diseño	20	años
Coefficiente de rugosidad	0,009	Adimensional
Coefficiente de retorno	0,8	Adimensional
Índice de crecimiento	1.74	%

Fuente: Elaboración propia.

2.9.4 Ubicación de los pozos de revisión

Para la ubicación de los pozos de revisión se tomó en cuenta la topografía del terreno, los mismos se colocaron en intersecciones de vías tomando en cuenta una distancia máxima de 100m entre pozo y pozo como se muestra en la figura 2.3.

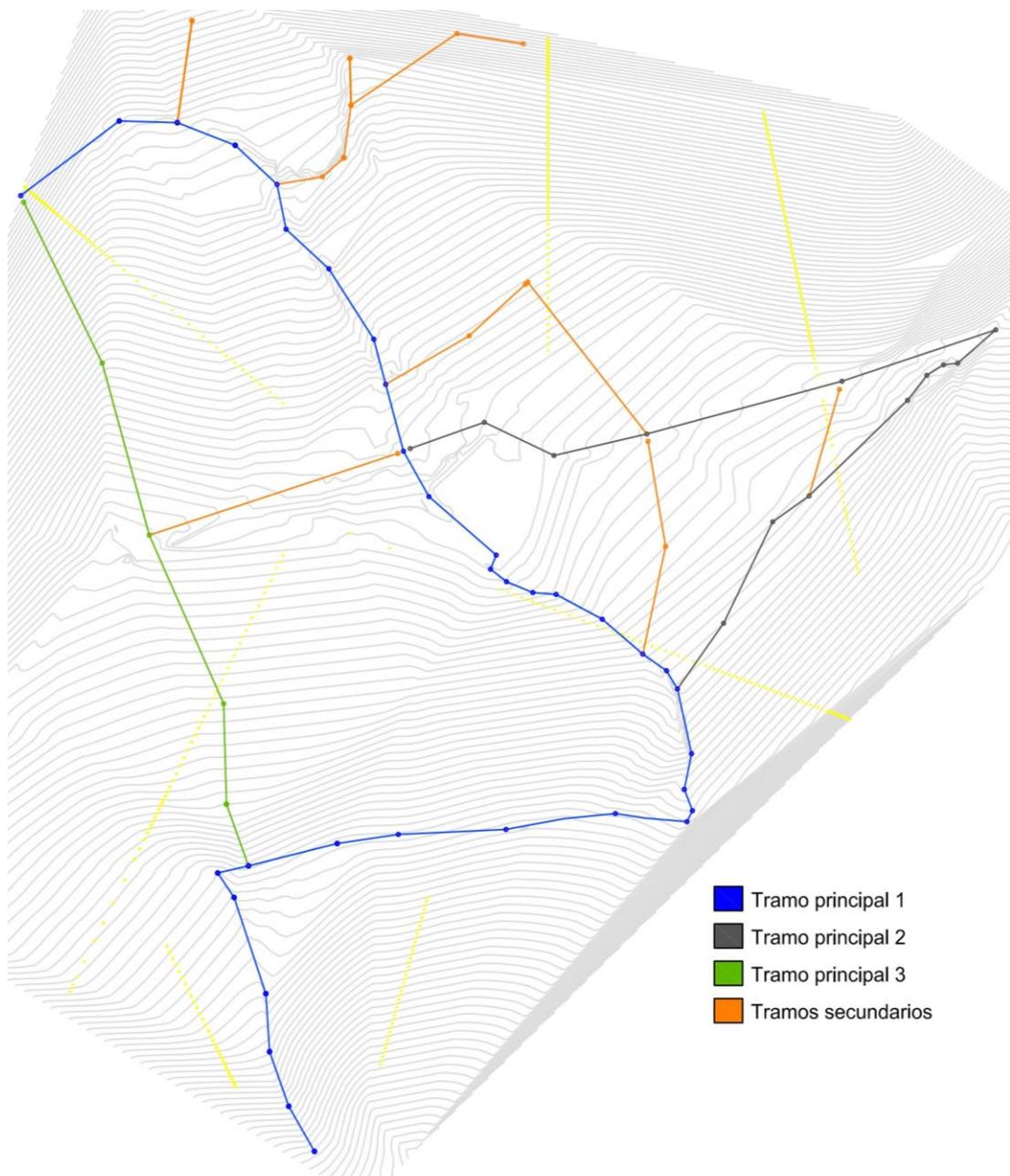


Figura 2.3 Vista de la ubicación de los pozos de revisión en planta.

Fuente: Elaboración propia.

Para la descripción de los pozos, se ha tomado como PI (pozos de saneamiento Iniciales) y PS (pozos de saneamiento generales).

Tabla 2.9 Ubicación pozos de saneamiento tramo principal 1.

TRAMO PRINCIPAL 1		
Pozo	Este	Norte
PI0	743639,46	9676215,53
PS1	743680,64	9676246,09
PS2	743704,96	9676245,39
PS3	743729,16	9676236,11
PS4	743746,68	9676220,18
PS5	743750,43	9676201,84
PS6	743768,35	9676185,6
PS7	743787,08	9676156,87
PS8	743792,08	9676138,4
PS9	743799,5	9676111,05
PS10	743810,17	9676092,49
PS11	743838,26	9676068,57
PS12	743835,94	9676062,85
PS13	743842,58	9676057,73
PS14	743853,64	9676053,24
PS15	743863,35	9676052,51
PS16	743882,67	9676042,34
PS17	743899,59	9676028,07
PS18	743909,35	9676021,31
PS19	743914,05	9676013,81
PS20	743919,96	9675987,37
PS21	743916,9	9675972,82
PS22	743920,35	9675964,12
PS23	743918,02	9675959,59
PS24	743900,61	9675961,04
PS25	743888,12	9675962,91
PS26	743866,32	9675960,76
PS27	743842,4	9675956,42
PS28	743797,35	9675954,34
PS29	743771,84	9675150,68
PS30	743734,71	9675941,51
PS31	743721,88	9675938,64
PS32	743728,67	9675928,62
PS33	743741,98	9675889,25
PS34	743743,52	9675865,54
PS35	743751,54	9675843,21
SM36	743762,33	9675824,76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.10 Ubicación pozos de saneamiento tramo principal 2.

TRAMO PRINCIPAL 2		
Pozo	Este	Norte
PI52	743802,31	9676112,12
PS53	743833,37	9676122,86
PS54	743862,46	9676109,27
PS55	743901,25	9676118,08
PS56	743982,82	9676139,68
PS57	744047,14	9675160,67
PS58	744031,24	9676147,05
PS59	744025,27	9676146,38
PS60	744018,36	9676142,06
PS61	744010,39	9676131,87
PS62	743969,09	9676092,77
PS63	743953,9	9676082,21
PS64	743933,38	9676040,7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.11 Ubicación pozos de saneamiento tramo principal 3.

TRAMO PRINCIPAL 3		
Pozo	Este	Norte
PI44	743640,79	9676212,87
PS45	743673,58	9676147,08
PS46	743693,24	9676076,24
PS47	743724,33	9676007,8
PS48	743725,52	9675966,74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.12 Ubicación pozos de saneamiento tramos secundarios.

TRAMOS SECUNDARIOS		
Pozo	Este	Norte
PI37	743711,11	9676287,05
PI38	743849,64	9676277,63
PS39	743821,91	9676281,22
PS40	743777,57	9676252,55
PS41	743774,6	9676231,06
PS42	743765,7	9676223,26
PI43	743777,19	9676271,55
PI49	743797,17	9676110,14
PI50	743850,57	9676179,33
PS51	743826,97	9676158,22
PI65	743851,51	9676180,17
PI66	743901,77	9676115,07
PS67	743909,11	9676072,14
PI68	743981,83	9676136,3

Fuente: Elaboración propia.

2.9.5 Trazado de las áreas de aporte

Para el trazado de las áreas de aporte se tomo en cuenta la topografía del terreno y con ayuda del GAD Municipal de Gualaceo, se obtuvo información de vías que están proyectadas, pero aún no ejecutadas, se logró una exacta división de las mismas, como se ve en la figura 2.4.



Figura 2.4 Vista de las áreas de aporte en planta.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.13 Áreas tributarias por tramos.

Tramos	Área aportación		
	Pozos	Longitud(m)	Area(m2)
PI0-PS1	51,28	651,7	9
PS1-PS2	24,33	564,3	7
PS2-PS3	25,91	525,6	7
PS3-PS4	23,68	426,9	6
PS4-PS5	18,72	1017,2	13
PS5-PS6	24,18	1367,2	18
PS6-PS7	34,3	2499,7	33
PS7-PS8	19,14	1114,8	15
PS8-PS9	28,34	2000,4	26
PS9-PS10	21,4	1025,1	14
PS10-PS11	36,89	1100,1	14
PS11-PS12	6,18	104,5	1
PS12-PS13	8,38	241,9	3
PS13-PS14	11,94	332,1	4
PS14-PS15	9,74	257,5	3
PS15-PS16	21,84	606,7	8
PS16-PS17	22,14	433,2	6
PS17-PS18	11,99	372,9	5
PS18-PS19	8,77	197,2	3
PS19-PS20	27,1	664,5	9
PS20-PS21	14,88	348,9	5
PS21-PS22	9,35	161,6	2
PS22-PS23	5,1	24,22	0
PS23-PS24	17,46	173,6	2
PS24-PS25	12,64	263,9	3
PS25-PS26	21,91	467,2	6
PS26-PS27	24,32	584,5	8
PS27-PS28	45,1	976,7	13
PS28-PS29	25,78	626,34	8
PS29-PS30	38,24	353,5	5
PS30-PS31	13,15	204,03	3
PS31-PS32	12,1	235,2	3
PS32-PS33	41,56	761,7	10
PS33-PS34	23,76	378,9	5
PS34-PS35	23,73	436,44	6
PS35-SM36	21,38	469,6	6

PI37-PS2	42,12	937,8	12
----------	-------	-------	----

PI38-PS39	28,05	198,6	3
PS39-PS40	53,13	1128,8	15
PS40-PS41	21,69	838,6	11
PS41-PS42	11,83	200,8	3
PS42-PS4	19,27	337,5	4

PI43-PS40	19,11	445,8	6
-----------	-------	-------	---

PI44-PS45	73,51	1577,5	21
PS45-PS46	73,03	1518,56	20
PS46-PS47	75,63	1802,8	24

PS47-PS48	41,07	1156,6	15
PS48-PS30	26,85	648,3	9

PI49-PS46	109,17	3224,3	42
-----------	--------	--------	----

PI50-PS51	31,66	463,7	6
PS51-PS8	40,3	602,5	8

PI52-PS53	32,87	445,2	6
PS53-PS54	32,11	1437,4	19
PS54-PS55	39,78	1461,4	19
PS55-PS56	84,38	1924,5	25
PS56-PS57	67,66	1140,7	15
PS57-PS58	20,94	55,3	1
PS58-PS59	6,1	26,5	0
PS59-PS60	8,15	31,9	0
PS60-PS61	13	124,87	2
PS61-PS62	56,8	494,9	7
PS62-PS63	18,5	420,76	6
PS63-PS64	46,3	1470	19
PS64-PS19	33,2	163,5	2

PI65-PS55	79,58	1378,8	18
-----------	-------	--------	----

PI66-PS67	43,56	1463,6	19
PS67-PS17	45,9	1440,7	19

PI68-PS62	45,34	933,9	12
-----------	-------	-------	----

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Los resultados de los cálculos hidráulicos se encontrarán en el (ANEXO 1) y los planos del sistema de alcantarillado sanitario en el (ANEXO 2)

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

3.1 Generalidades

Al ejecutar un proyecto de sistema de tratamiento sanitario para la recolección de aguas servidas, en este caso para la comunidad de Llintig, es necesario contar un proceso de tratamiento y disposición final de estas aguas antes de ser dirigidas hacia un cuerpo receptor ya sea río o cauce con la finalidad de eliminar sustancias peligrosas y dañinas, puesto que las aguas se encuentran contaminadas con sustancias orgánicas, excretas, microorganismos y demás sustancias resultado de diversos usos que estas hayan tenido, siendo un gran contaminante para la salud de las personas, la fauna y la flora de la comunidad de Llintig.

El tipo de tratamiento a realizarse tendrá que ser el más óptimo que se adapte a las necesidades técnicas y que sea de fácil mantenimiento y ejecución.

3.2 Características de las aguas residuales

Para el tratamiento de las aguas residuales tomaremos en cuenta que se caracterizan por su composición física, química y biológica.

3.2.1 Características físicas

Sólidos totales. – Son los más importantes para dar una fase de tratamiento, producen lodo con alto contenido orgánico. Se define como el residuo después de la evaporación de la muestra entre 103°C - 105 °C y están constituidos por materia flotante, sedimentable, coloidal y en suspensión.

Olor. - El olor en las aguas residuales es desagradable, pero en ciertos casos es tolerable, esto se debe a la descomposición de la materia orgánica y a los gases que esta produce.

Color. - Dependiendo del color del agua residual, esta nos indica la edad y la condición de la misma. Si el agua es de color gris, quiere decir, que es un desecho reciente y si el agua es de color negro, es un agua en estado séptico que se encuentra en descomposición.

Temperatura. – A causa de las actividades domésticas, la temperatura de las aguas residuales es mayor a la del ambiente y de abastecimiento. Con los cambios de temperatura varia la velocidad de reacción química. El aumento de temperatura puede ocasionar el desarrollo de hongos o de plantas acuáticas indeseadas.

Turbiedad. - La turbiedad es considerada una buena medida de la calidad del agua para el tratamiento. Debido a la cantidad de partículas en el agua, ésta pierde su transparencia, cuantos más sólidos existan, más sucia parecerá y más alta será la turbidez.

3.2.2 Características químicas

Las características químicas se clasifican en materia orgánica y materia inorgánica.

Materia orgánica.

Los grupos principales de sustancias orgánicas son grasas, carbohidratos, proteínas y aceites, que están compuestas generalmente de oxígeno, hidrogeno y carbono, la presencia de estos dificulta el tratamiento de las aguas residuales, ya que se descomponen lentamente.

Las pruebas más usadas para medir la cantidad de materia orgánica son:

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). - “Es una medida empírica del oxígeno requerido por la bacteria para descomponer la materia orgánica. Así, la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales puede ser determinada midiendo la concentración de DBO” (Equipo Hanna, 2019).

Demanda química de oxígeno (DQO). - “Es la necesidad de oxígeno para oxidar la materia orgánica presente en el agua, es un problema de gran importancia que exige

una solución inminente puesto que claramente afecta a los recursos naturales de esta” (López Vega, 2021).

Contenido de nitrógeno. - Podemos conocer la presencia y estimar el grado de estabilidad de la materia orgánica, comprobando el estado de los compuestos de nitrógeno en el agua residual. Su estado y medida nos indica la capacidad del nitrógeno de mantener la actividad biológica en el tratamiento, así como también la carga de nutrientes que se encuentran en el agua.

Materia inorgánica.

Potencial hidrógeno (pH). - Es un importante parámetro de calidad tanto de las aguas naturales como de las residuales. El intervalo de concentración ideal para la existencia de la mayoría de vida biológica es muy estrecho y crítico. El pH de los sistemas acuosos puede medirse con un peachímetro o con distintas soluciones indicadoras que cambian de color a determinados valores de pH para su comparación con el color de discos o tubos normalizados (CAFMA, 2000).

Azufre. - Se presenta como ión sulfato en la mayoría de los suministros de agua y en el agua residual. El azufre se requiere en la síntesis de las proteínas y se libera en su degradación. El sulfuro de hidrógeno (H₂S) puede ser oxidado biológicamente a ácido sulfhídrico, el cual es corrosivo para las tuberías del alcantarillado y los sulfatos son reducidos a sulfuros en los digestores de fangos y pueden alterar el proceso biológico si la concentración de sulfuros sobrepasa 200mg/l, lo cual no suele ocurrir (CAFMA, 2000).

Nitrógeno y fósforo. - Los elementos de nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas por lo que se conocen como nutrientes o bioestimulantes. Cuando sea necesario el control del crecimiento de algas en el agua receptora, puede ser conveniente la eliminación o reducción del nitrógeno en las aguas residuales antes de la evacuación. Las formas más comunes en que se encuentra el fósforo en soluciones acuosas es como ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico (CAFMA, 2000).

Alcalinidad. - Su presencia en el agua residual se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos tales como calcio, magnesio, sodio, potasio o amoníaco. El agua residual es normalmente alcalina, porque recibe esta alcalinidad del agua de suministro, del agua subterránea y de las materias añadidas durante el uso doméstico. La concentración de la alcalinidad en el agua residual es especialmente importante cuando debe efectuarse un tratamiento químico y cuando haya que eliminar el amoníaco mediante arrastre por aire (CAFMA, 2000).

Compuestos tóxicos inorgánicos. - El cobre, plomo, plata, cromo, arsénico y boro son tóxicos en distintos grados para los microorganismos, y, por tanto, deben tenerse en consideración al proyectar una planta de tratamiento biológico. En los vertidos industriales encontramos también algunos aniones tóxicos, incluyendo cianuros y cromatos. Se encuentran principalmente en los efluentes de fábricas de recubrimientos electrolíticos y deben ser eliminados en la propia fábrica mediante pretratamientos adecuados antes de mezclarse con el agua residual municipal (CAFMA, 2000).

Metales pesados. - Trazas de metales como níquel, manganeso, cromo, cadmio, cinc, cobre, hierro y mercurio son importantes constituyentes en muchas aguas. Algunos de ellos, son necesarios para el desarrollo de la vida biológica y su ausencia en determinadas cantidades podría, por ejemplo, limitar el crecimiento de las algas. La presencia de cualquiera de estos metales en cantidades excesivas interferirá en muchos usos provechosos del agua debido a su toxicidad (CAFMA, 2000).

Gases. - Los gases más frecuentes encontrados en el agua residual sin tratar son el nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), anhídrido carbónico (CO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S), amoníaco (NH_3) y metano (CH_4). Los tres primeros son gases comunes de la atmósfera y se encuentran en todas las aguas expuestas al aire y los tres últimos proceden de la descomposición de materia orgánica presente en el agua residual (CAFMA, 2000).

3.2.3 Características biológicas

Organismos patógenos. - Estos son capaces de producir enfermedades a animales, humanos, etc. Se originan en las heces fecales de los seres humanos que portan algún

tipo de enfermedades como gastrointestinales, tifoidea, fiebre y diarrea. Dificultando aislar los organismos patógenos de los coliformes, ya que son numerosos y sencillos de terminar, es utilizado para comprobar la existencia de organismos patógenos en el agua residual, y está constituida principalmente por helmintos, bacterias, protozoarios y virus.

Organismos coliformes. – Una persona en cada deposición descarga microorganismos coliformes junto a otras bacterias, virus, etc. Estos microorganismos se encuentran en los excrementos, tienen una forma similar a la de una bacteria del género conocido como *Escherichia coli*, los cuales no son dañinos para el hombre, y ayudan a descomponer la materia orgánica en cualquier tratamiento biológico de aguas residuales.

3.3 Propuesta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Llintig

En la comunidad de Llintig se enfocará netamente en el tratamiento de aguas residuales de uso doméstico, ya que en el sector no existen industrias ni fábricas.

Con un estudio realizado anteriormente por el GAD Municipal de Gualaceo, los resultados obtenidos demuestran una gran contaminación, por lo que manifiestan la realidad de la composición de las aguas residuales tomadas de los pozos sépticos de dicha comunidad. Los resultados se expresan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Características de aguas residuales comunidad Llintig.

Parámetros	Unidad	Valor promedio
DBO	mg/l	521
DQO	mg/l	1151.41
Relación DQO/DBO	-----	2.21
Coliformes fecales	NMP/100ml	1.9×10^8
Coliformes totales	NMP/100ml	2.08×10^8

Fuente: (GAD Municipal de Gualaceo, 2015)

Según los valores obtenidos de las aguas residuales, basado en los criterios y en el hecho de las condiciones actuales del sector no se puede tomar una muestra representativa del tipo de aguas a ser tratada.

Con el fin de ver cuál es el tratamiento más adecuado, se investigó la caracterización de las aguas residuales de la planta de tratamiento de Ucubamba que se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca. En la Tabla 3.2 se indica los parámetros más relevantes.

Tabla 3.2 Valores promedios de la caracterización de las aguas residuales al ingreso de las lagunas de estabilización de Ucubamba año 2012.

Parámetros	Unidad	Valor promedio
DBO	mg/l	115
DQO	mg/l	280
Relación DQO/DBO	-----	2.6
Sólidos en suspensión totales (SST)	mg/l	201
Sólidos sedimentables	mg/l	2.6
Coliformes fecales	NMP/100ml	1.30E+07
Coliformes totales	NMP/100ml	3.70E+07

Fuente: (ETAPA.EP., 2012)

Haciendo una comparación entre los datos obtenidos por el GAD Municipal de Gualaceo y los datos de la planta de tratamiento de Ucubamba, se incluye que la contaminación de las aguas domiciliarias de la comunidad no representa la realidad de la contaminación, por cual motivo para realizar los cálculos se utilizarán los valores de la planta de tratamiento de Ucubamba.

3.3.1 Objetivo del tratamiento

El objetivo es remover materia orgánica, retirar lodos, remover el amonio, quitar el nitrato, mediante diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, y así obtener un agua con mejores características, tomando en cuenta ciertos parámetros normalizados para evitar un daño en la salud de los habitantes de la comunidad.

3.3.2 Parámetros de la calidad a observarse en la depuración de agua residual

El agua residual de tipo doméstica tiene los siguientes efectos contaminantes:

- Incremento de materiales sólidos flotantes que arruinan el paisaje.

- Su contenido de materia orgánica (DBO), disminuye los niveles de oxígeno disueltos en el agua, afectando el desarrollo de la flora y fauna acuática.
- El riesgo microbiológico es uno de los más importantes ya que pueden llegar a transmitir varias enfermedades y dañar el ecosistema.

Tabla 3.3 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce			
Parámetro	Expresado como:	Unidad	Límite permisible
Potencial de Hidrógeno	pH	---	5-9
Materia flotante	Material visible	---	Ausencia
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	250
Coliformes fecales (NMP)	NMP	NMP/100	Remoción > al 99.9%

Fuente: (Legislación Ambiental)

3.3.3 Proceso de tratamiento y grados de remoción

Para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores de la Tabla 3.4, en la cual se presenta bajo la columna de helminto, la remoción de huevos de nematodos intestinales de los diferentes procesos, en unidades de ciclo logarítmico base 10 (Norma CO 10.7 - 601, 2010).

Tabla 3.4 Proceso de tratamiento y grados de remoción.

Proceso de tratamiento	Remoción %		REM., ciclos log10	
	DBO	Sólidos Suspendidos	Bacteria	Helminto
Sedimentación primaria	25-40	40-70	0-1	0-1
Lodos activos (a)	55-95	55-95	0-2	0-1
Filtros percoladores (a)	50-92	50-92	0-2	0-1
Lagunas aireadas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	90-98	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

Fuente: (Norma CO 10.7 - 601, 2010).

- (a) Precedidos y seguidos de sedimentación.
- (b) Incluye laguna secundaria.
- (c) Dependiente del tipo de laguna.
- (d) Seguidas de sedimentación.
- (e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, periodo de retención y formas.

3.4 Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales

Caudal de diseño

En la planta de tratamiento el caudal considerado, es el caudal promedio obtenido del cálculo de diseño de las redes de alcantarillado para aguas residuales realizadas en el capítulo 2, considerando un incremento del 1,74% de la población actual.

3.4.1 Tratamiento primario

Fosa séptica

Son empleadas como tratamientos primarios para aguas residuales domésticas procedentes de pequeñas poblaciones y de zonas rurales que no tienen un tratamiento adecuado. En ellas se separa, transforma y disminuye los contenidos de sólidos en suspensión mediante dos compartimientos, en el primero se realiza la sedimentación, digestión y almacenamiento de lodos y el segundo compartimiento sirve como una segunda sedimentación y almacenamiento extra para el exceso de lodos.

3.4.1.1 Consideraciones para el diseño

Eficiencia de remoción de una fosa séptica

- Remoción de DBO entre el 30 al 50%.
- Grasas y aceites un 70-80%.
- Fósforo 15%.
- Sólidos suspendidos en aguas residuales domésticas entre 50-70%.

(Romero Rojas, 2002).

3.4.1.2 Dimensionamiento

Contribución de aguas residuales por habitante.

$$C = f * \text{dotación} \quad (17)$$

$$C = 0,80 * 75$$

$$C = 60 \text{ lts/hab/día}$$

Volumen de Fosa séptica

$$V = 1,3 * N * [(C * T) + (100 * Lf)] \quad (18)$$

Dónde:

V = Volumen de la fosa séptica.

N = Número de habitantes (Población futura).

C = Contribución de aguas residuales (lts/hab/día).

T = Periodo de retención (0,5-1 días).

Lf = Contribución de lodos frescos (1 lt/hab/día).

$$V = 1,3 * 678 * [(60 * 0,5) + (100 * 1)]$$

$$V = 114582 \text{ lts}$$

$$V = 114,60 \text{ m}^3$$

Tabla 3.5 Dimensiones mínimas de diseño para fosa séptica.

Dimensiones mínimas		
Descripción	Condiciones	Unidad
Ancho interno mínimo	$b \geq 0,80$	m
Profundidad útil mínima	$h \geq 1,20$	m
Relación largo/ancho	$2 < L/b < 4$	m
Ancho interno	$b \leq 2h$	m
Volumen del primer compartimiento	$2/3V$	m^3
Volumen del segundo compartimiento	$1/3V$	m^3
Longitud del primer compartimiento	$2/3L$	m
Longitud del segundo compartimiento	$1/3L$	m
Altura de orificios entre compartimientos (borde inferior)	$2/3h$	m
Área total de orificios	$(5-10)\% \text{ At}$	m^2

Fuente: (Norma Brasileña - 41/81, 1993)

Dimensiones internas

Área interna longitudinal

$$A = \frac{V}{h} \quad (19)$$

$$h = 2m \text{ (Valor impuesto) } 60$$

$$A = \frac{114,60}{2}$$

$$A = 57,30m^2$$

Ancho útil interno

$$B = \sqrt{\frac{A}{\frac{LT}{b}}} \quad (20)$$

$$B = \sqrt{\frac{57,30}{\frac{LT}{4}}}$$

$$B = 4,09m$$

Longitud total de las cámaras

$$LT = 3 * B \quad (21)$$

$$LT = 3 * B$$

$$LT = 12,73m$$

Longitud de las cámaras

$$L1 = \frac{2}{3} * LT \quad (22)$$

$$L1 = \frac{2}{3} * 12,73$$

$$L1 = 8,48m$$

$$L2 = \frac{1}{3} * LT \quad (23)$$

$$L2 = \frac{1}{3} * 12,73$$

$$L2 = 4,24m$$

Dimensiones de los orificios

Altura al borde de los orificios medidos desde la base

$$ho = \frac{2}{3} * h \quad (24)$$

$$ho = \frac{2}{3} * 2$$

$$ho = 1,33m$$

Área interna transversal

$$A_2 = h * B \quad (25)$$

$$A_2 = 2 * 4,09$$

$$A_2 = 8,18m^2$$

Área total de orificios

$$A_0 = A_2 * 0.1 \quad (26)$$

$$A_0 = 8,18 * 0.1$$

$$A_0 = 0,818m^2$$

Área transversal de cada orificio

$$A_0/orificio = \frac{A_0}{\# orificio} \quad (27)$$

$$A_0/orificio = \frac{0,818}{2}$$

$$A_0/orificio = 0,409m^2$$

3.4.1.3 Valores obtenidos en el dimensionamiento de la fosa

Tabla 3.6 Dimensiones constructivas para la fosa séptica.

Nomenclatura	Valor	Unidades	Descripción constructiva
V	114,60	m ³	Volumen útil de la fosa.
h	2	m	Profundidad útil mínima.
H	3	m	Altura total.
B	4,10	m	Ancho útil interno.
L1	8,5	m	Longitud útil de primer compartimiento.
L2	4,5	m	Longitud útil de segundo compartimiento.
L. Total útil	13	m	Longitud total útil de la fosa séptica.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.7 Dimensiones constructivas para orificios internos de la fosa séptica.

Nomenclatura	Valor	Unidades	Descripción constructiva
ho	1,4	m	Altura hasta borde inferior de orificio de paso entre compartimentos $(2/3)*h$.
Ao	0,82	m ²	Área total de orificios (Ao) Entre 5-10% de la sección transversal útil de la fosa.
#Orificios	2	u	Número de orificios.
Ao c/orificio	0,41	m ²	Área total de cada orificio.
a	0,6	m	Alto de orificio.
b	0,7	m	Ancho del orificio.

Fuente: Elaboración propia.

Para la eficiencia de remoción de la carga orgánica por habitante se asume un 30%, remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno un 40%, Sólidos Suspendidos Totales un 60% y coliformes fecales se asume un 70%.

Tabla 3.8 Resultados de remoción de la fosa séptica.

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor afluente	Valor efluente
Carga orgánica por habitante	Coh	grDBO/(hab*día)	50	35
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO	mg/l	115	69
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	201	80,4
Coliformes fecales	CF	cf/100ml	1,30E+07	3,9E+06

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Los planos de la fosa séptica se encontrarán en el (ANEXO 3)

3.4.2 Disposición final de los efluentes sólidos de las fosas sépticas

Los sólidos que se quedan retenidos en los compartimientos de las fosas sépticas tendrán que ser retirados de manera periódica en base al periodo de almacenamiento establecido, se recomienda usar los valores que se observan en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Tiempo requerido para digestión de lodos.

Tiempo requerido para digestión de lodos	
Temperatura °C	Tiempo de diagnóstico (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (OPS/CEPIS/05.168, 2009)

La frecuencia de extracción de lodos estará en función de los tiempos de diagnóstico de la tabla 3.9 cuya frecuencia resultante para el caso particular de la comunidad de Llintig al encontrarse en una zona con temperaturas promedio anuales entre los 12 y 18 grados centígrados es de 55 días. De esta manera el intervalo de entre extracciones de lodo sucesivas será como mínimo el tiempo de digestión a excepción de la primera declaración que será de al menos del doble del tiempo digestión. (OPS/CEPIS/05.168, 2009)

Los lodos que se extraen de la fosa séptica no pueden ser desechados en el suelo o fuentes de agua, ya que estos también tienen que ser tratados de forma adecuada. Por tal razón es necesario la construcción de un lecho de secado para el tratamiento de lodos, este tipo de tratamiento en un método simple y económico ya que disminuye el contenido de agua presente en los lodos, lo cual es ideal para comunidades rurales.

Se tiene que tener en cuenta que no hay que extraer el lodo por completo, es recomendable dejar una altura entre 10 a 15 cm, esto ayudara que continúe con el proceso de digestión anaerobia de los sólidos

Una vez que los lodos estén deshidratados, tendrán que ser depositados en un relleno sanitario, para el caso de la comunidad de Llintig estos serán depositados en el relleno sanitario en la parroquia de Gualaceo.

3.4.2.1 Parámetros de diseño para el lecho de secado

Los parámetros recomendados para el diseño de lecho de secado estarán en función del contenido de sólidos suspendidos contenidos en el agua residual que se sentarán en la fosa séptica para posteriormente formar los lodos.

Tabla 3.10 Parámetros de diseño del lecho de secado.

Lechos de secado				
Descripción	Símbolo	Unidad	Datos	Referencia
Número de habitantes servidos	N	hab	678	
Densidad promedio de lodos	P lodo	Kg/l	1.04	
%Sólidos contenido en los lodos		%	10	8-12
Tiempo de digestión en días	Td	Días	55	
Profundidad de lecho de secado	h	m	0.4	0.20 -0.40
Contribución per cápita SS (Sólidos Suspendidos)	CpSS	grSS/hab x día	90	

Fuente: (OPS/CEPIS/05.168, 2009)

3.4.2.2 Cálculos para el dimensionamiento del lecho de secado

Carga de sólidos que ingresan a la fosa (C).

$$C = \frac{N \times CpSS}{1000} \quad (28)$$

$$C = \frac{678 \times 90}{1000}$$

$$C = 61.02 \text{ KgSS/día}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd).

$$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C) \quad (29)$$

$$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times 61.02) + (0.5 \times 0.3 \times 61.02)$$

$$Msd = 19.83 \text{ KgSS/día}$$

Volumen diario de lodos diferidos (Vld).

$$Vld = \frac{Msd}{p \text{ lodo} \times \left(\% \frac{\text{sólidos}}{100}\right)} \quad (30)$$

$$Vld = \frac{19.83}{1.04 \times \left(\frac{10}{100}\right)}$$

$$Vld = 190.67 \text{ l/día}$$

Volumen de lodos a extraerse (Vel).

$$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000} \quad (31)$$

$$Vel = \frac{190.67 \times 55}{1000}$$

$$Vel = 10.49 \text{ m}^3$$

Volumen real a extraerse (Vr).

$$Vr = 90\% \times Vel \quad (32)$$

$$Vr = 90\% \times 10.49$$

$$Vr = 9.44 \text{ m}^3$$

Dimensiones constructivas del lecho de secado

Ancho = 4m

Largo = 8m

Profundidad = 0.4m

Volumen real = 12.8m

3.4.2 Tratamiento secundario

La mayoría de estos tratamientos funcionan con microorganismos, en particular bacterias para el proceso biológico. Este se encuentra en nivel superior del tratamiento

primario, ya es el encargado de reducir la contaminación orgánica, la coagulación y la eliminación de sólidos coloidales que no son decantables.

3.4.2.1 Humedales artificiales

Son áreas hechas por el hombre donde crecen y se desarrollan vegetales, animales y microorganismos, esto se da de forma controlada ayudando a los procesos físicos, químicos y biológicos capaces de depurar el agua, simulando los humedales naturales. Para este tipo de tratamiento las plantas que se utilizan dependen del ambiente de la zona.

3.4.2.2 Humedales artificiales de flujo sub-superficial

El agua circula a través del sustrato, en la mayoría de los casos se usan para el tratamiento de aguas residuales generadas en núcleos de población de menos de 2000 habitantes. En función del sentido del flujo, pueden ser horizontales o verticales (Iagua, 2013).

- “Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical: el agua circula verticalmente a través del sustrato de manera intermitente. Se suelen incluir chimeneas de aireación para favorecer las condiciones aerobias. Se suelen desarrollar procesos de nitrificación, entre otros” (Iagua, 2013).
- “Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal: el agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua. Se favorecen las condiciones anaerobias al mantenerse el nivel del agua por debajo del sustrato. Se suelen desarrollar procesos de desnitrificación, entre otros” (Iagua, 2013).

Se recomienda utilizar una geomembrana y grava gruesa impermeabilizada que oscila entre los 50mm a 100mm. La profundidad del humedal varía entre 0,6 a 1 metro, aunque la altura final dependerá de la profundidad de las raíces de las plantas, y la parte inferior del humedal tendrá una pendiente del 1 a 2%.

Tabla 3.11 Mecanismos de depuración en humedales de flujo horizontal sub-superficial.

Contaminante	HFSS
Materia orgánica.	Reducción por conversión biológica por intervención de bacterias facultativas y anaeróbicas adheridas a la superficie de las plantas y los detritos del medio de relleno de humedad.
Materia en suspensión.	Filtración y sedimentación.
Nitrógeno	Nitrificación-desnitrificación, asimilación por las plantas y volatilización.
Fósforo	Por filtración sedimentación asociación por símil acción por parte de las plantas y microorganismos
Metales pesados	Absorción a las raíces de las plantas y los detritos, sedimentación.
Tazas de contaminantes orgánicos	Absorción, biodegradación.
Patógenos	Por muerte natural por depredación sedimentación secreción de antibióticos desde las raíces de las plantas.

Fuente: (Arias I, Carlos A, Brix, & Hans, 2003)

Tabla 3.12 Criterios de diseño para humedales de flujo horizontal sub-superficial horizontal

Parámetros a considerarse	Unidades	Valores
Tiempo de retención para remoción DBO	días	3-4 (DBO)
Carga hidráulica superficial	m ³ /hab/día	470-1870
Carga orgánica DBO	kg/hab/día	<112
Carga de SSI	kg/hab/día	390
Profundidad de agua	m	0,3-0,6
Profundidad medio (grava gruesa y arena)	m	0,45-,075
Relación longitud/ancho	Adim.	2:1-4:1
Control de mosquitos	-----	No se requiere
DBO esperada del afluente	mg/l	<20
SST esperado del afluente	mg/l	<20
NT esperado del afluente	mg/l	<10
PT esperado del afluente	mg/l	<5

Fuente: (Espinosa Ortíz, 2014).

3.4.2.3 Eficiencia de remoción de un humedal sub-superficial de flujo horizontal

- Sólidos totales: 91%.
- DBO: 89%.
- Nitrógeno total: 33%.
- Fósforo total: 32%.

(Espinosa Ortíz, 2014)

En la figura 3.1 se denota el esquema del humedal de flujo sub-superficial horizontal tomando en cuenta el afluente y efluente del mismo.

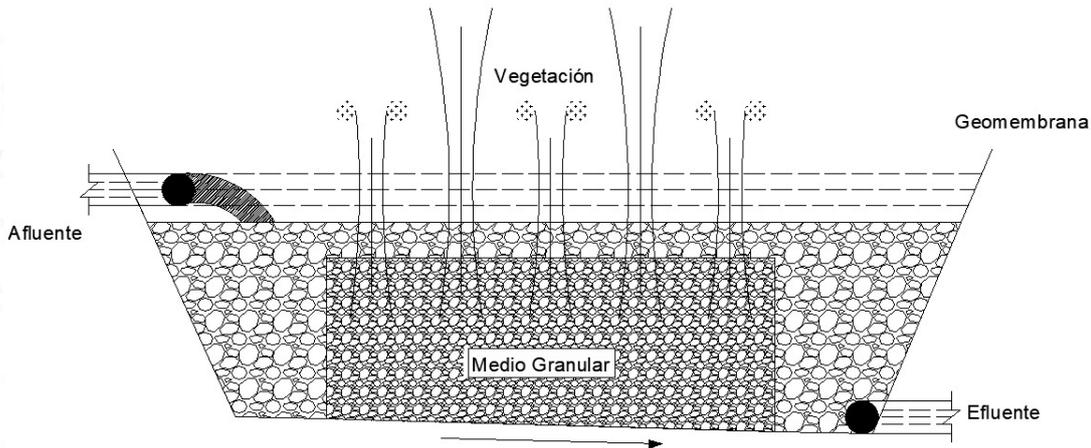


Figura 3.1 Esquema de humedal de flujo sub-superficial horizontal.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.4 Diseño de humedales de flujo sub-superficial

Para el diseño de los humedales de flujo sub-superficial se tiene que tomar en consideración que la carga orgánica que debe ser menor a 112kg DBO/Ha/día., y la carga hidráulica debe estar comprendido entre 470-1870 m³/Ha*día.

Caudal de diseño

$$Q = \frac{N * q}{86400} \quad (33)$$

Dónde:

Q = Caudal de diseño (lts/seg).

N = Número de habitantes (hab).

q = Aporte de agua residual por persona (lts/día).

$$Q = \frac{678 * 60}{86400}$$

$$Q = 0,47 \text{ lts/seg}$$

$$Q = 40,61 \text{ m}^3/\text{día}$$

Volumen del humedal

$$V = Q * T \quad (34)$$

Dónde:

V = Volumen (m³).

Q = Caudal de diseño (m³/día).

T = Tiempo de retención: Recomendado entre 3-4 (días).

$$V = 40,61 * 3$$

$$V = 121,83 \text{ m}^3$$

Área superficial del humedal

$$As = \frac{v}{H(\text{agua})} \quad (35)$$

Dónde:

As = Área superficial del humedal (m²).

v = Volumen del humedal (m³).

H(agua) = Profundidad del agua (m).

$$As = \frac{121,83}{0,48}$$

$$As = 253,8 \text{ m}^2$$

$$As = 0,02538 \text{ Ha}$$

Tabla 3.13 Características típicas del medio para humedales sub-superficiales.

Medio humedal		
Tipo	Grava media	Unidad
Tamaño efectivo	32	mm
Porosidad	0,4	
Conductividad hidráulica	10000	m/día

Fuente: (Romero Rojas, 2002)

Área de la sección transversal del lecho

$$At = \frac{Q}{K * \left[\frac{\left(\frac{\Delta H}{\Delta L} \right)}{1000} \right]} \quad (36)$$

Dónde:

At = Área total transversal del lecho (m²).

Q = caudal de diseño (m³/seg).

K = Conductividad del lecho completamente desarrollado (m/seg).

$\frac{\Delta H}{\Delta L}$ = Pendiente del lecho.

$$At = \frac{40,61}{10000 * \left[\frac{1}{1000} \right]}$$

$$At = 4,06m^2$$

Ancho y longitud del humedal

$$b = \frac{At}{H(\text{agua})} \quad (37)$$

$$L = \frac{As}{b} \quad (38)$$

Dónde:

b = Ancho del humedal (m).

L = Longitud del humedal (m).

H(agua) = Profundidad del agua (m).

$$b = \frac{4,06}{0,48}$$

$$b = 8,46m$$

Asumimos $b = 9,00m$ para que cumpla con la relacion $\frac{L}{b} = \frac{3}{1}$

$$L = \frac{253,8}{9,00}$$

$$L = 28,2m \text{ (cumple)}$$

Carga orgánica del humedal

El rango del CO debe ser menor a 112kg DBO/Ha/día.

$$CO = \frac{(DBO * Q)/1000}{As} \quad (39)$$

Dónde:

CO = Carga orgánica (kg DBO/día/Ha).

DBO = Demanda biológica de oxígeno del afluente (mg/l).

A = Área superficial del humedal (m²).

$$CO = \frac{(69 * 40,61)/1000}{0,02538}$$

$$CO = 110,41 \text{ kg DBO/día/Ha.}$$

Carga hidráulica

Debe estar comprendido entre 470-1870 m³/Ha*día.

$$CHS = \frac{N * C * f}{As} \quad (40)$$

Dónde:

CHS = Carga hidráulica.

N = Número de habitantes.

C = Contribución de aguas residuales por persona (m³/hab/día).

As = Área del humedal (Ha).

f = Coeficiente de retorno sanitario, valor entre 0,7-0,85.

$$CHS = \frac{678 * 0,06 * 0,8}{0,02538}$$

$$CHS = 1282,27 \text{ m}^3/\text{Ha} * \text{día}$$

Resultados obtenidos del humedal

CO = 110,41 kg DBO/día/Ha. Cumple

CH = 1282,27 m³/Ha*día. Cumple

Dimensiones del humedal

Ancho = 9,00 m

Largo = 28,20 m

Profundidad = 0,48 m

Área total = 0,02538 Ha

Para tener una eficiencia de remoción de la carga orgánica, esta tiene que ser menor a 112 kgDBO/Ha/día, se obtiene una remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno un 89% y Sólidos Suspendidos Totales un 91%, como se indica en la tabla 3.14.

Tabla 3.14 Resultados de remoción del humedal.

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor afluente	Valor Efluente
Carga orgánica	CO	kgDBO/Ha/día	> 112	110,41
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO	mg/l	69	7,6
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	80,4	7,3

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Los planos del humedal se encontrarán en el (ANEXO 3)

CAPITULO 4

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

4.1 Análisis de precios unitarios

El precio unitario es el precio por unidad de un bien o un servicio, de esta se seleccionará la unidad que cuantifique de mejor manera el mismo y esta va sujeto al costo que se desee realizar.

Los precios unitarios están constituidos por costos directos y costos indirectos.

Costos directos.

Son aquellos gastos que están relacionados directamente con la construcción de la obra, es la parte más cuantiosa en los precios unitarios, por consiguiente, del presupuesto de la obra y están formados por los siguientes rubros: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.

Costos indirectos.

Son aquellos gastos generales necesarios en la obra que no incluye en los costos directos, pueden ser pagos generados tanto en oficina como en el sitio de la obra.

NOTA: El análisis de precios unitarios se encontrarán en el (ANEXO 4)

4.2 Presupuesto

Es el valor monetario que se calculará previamente a realizar el proyecto. Se realiza en base al análisis de precio unitario, y proyectos ejecutados anteriormente con características similares.

Con esto podemos analizar cada uno de los rubros para poder llegar a utilizar el proyecto de una mejor manera, reduciendo los costos y mejorando el rendimiento.

NOTA: El presupuesto se encuentra en el ANEXO 5 teniendo un costo estimado del proyecto de doscientos veinte y nueve mil ochocientos setenta y tres con 26/100 dólares de los Estados Unidos (USD)+IVA.

4.3 Cronograma Valorado

El cronograma valorado es muy importante ya que nos ayuda al cumplimiento del proyecto, al tener establecido un tiempo aproximado y contar con dinero, materiales y personal que se necesita para cada actividad programado para un periodo de 180 días.

NOTA: Los detalles del cronograma valorado se muestran en el ANEXO 6.

4.4 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas sirven para la construcción del sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento de la comunidad Llintig y están fundamentadas en las especificaciones técnicas proporcionadas por el GAD Municipal de Gualaceo.

NOTA: Las especificaciones técnicas se muestran en el ANEXO 7.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Mediante la colaboración del GAD Municipal de Gualaceo y la comunidad de Llintig se obtuvo información y se constató que las fosas sépticas están en su límite, en su gran mayoría se encuentran colapsadas, por lo que los habitantes de la comunidad desechan las aguas servidas en los causes naturales del sector, exponiéndose a adquirir enfermedades y generando contaminación del suelo. Por lo que la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario es necesario, brindando una solución a la problemática.
- El proyecto de diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad de Llintig se basó en especificaciones técnicas y diferentes normas establecidas por el Gad municipal de Gualaceo, para conseguir un diseño adecuado.
- En el diseño de la red de alcantarillado sanitario se obtuvo diámetros de 200mm de PVC con una longitud total de 2126,28m. También se obtuvo pozos de revisión con diferentes alturas, 62 pozos de 1.70m, 3 pozos de 3.20m, y 1 pozo de 2.00m, 2.10m, 2.20m y 3.60m. Las conexiones con las viviendas se realizan a través de un pozo domiciliario tipo till a la red de alcantarillado mediando tuberías PVC de diámetro 110mm.
- Se diseñó la planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Llintig, la misma que consta de 3 etapas: la primera constituida por una fosa séptica de doble cámara que se encarga de separar y transformar la materia orgánica, la segunda un humedal que remueve de manera controlada la mayor parte de patógenos y nutrientes contenidos en el agua y como tercera etapa el secado de lodos que se encarga de reducir la cantidad de lodos provenientes de las etapas anteriores. Mediante estos elementos y el apropiado monitoreo y mantenimiento se realizará un tratamiento adecuado de las aguas residuales ayudando al bienestar de la comunidad.

- El presupuesto final de la obra tiene un costo de doscientos veinte y nueve mil ochocientos setenta y tres con 26/100 dólares Incluido IVA.

RECOMENDACIONES

- Para la construcción del proyecto debe tomarse en cuenta los planos y especificaciones técnicas descritas en los documentos. En la situación de existir algún cambio constructivo se debe tener la autorización del GAD municipal de Gualaceo.
- Se aconseja efectuar una adecuada operación y mantenimiento tanto para el sistema de alcantarillado sanitario como para la planta de tratamiento para que desempeñe su vida útil de 20 años.
- Capacitar al personal designado para la operación y el mantenimiento, a fin de evitar diversos inconvenientes en el transcurso del funcionamiento del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento.
- Transcurrido los 20 años que es su vida útil se sugiere realizar un nuevo estudio evaluando física e hidráulicamente las condiciones de la misma, tomando en cuenta la población en ese tiempo para su posterior rediseño.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias I, Carlos A, Brix, & Hans. (2003). *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granda.
- CAFMA. (2000). *Módulo I, Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales* .
- Cisneros, F. (1998). *Programa para el Manejo de Agua y del Suelo (PROMAS)*. Cuenca, Azuay , Ecuador: Zonificación Agroecológica del Austro Ecuatoriano.
- Dávila Quispe, M. A. (2010). *Estudio de estructuras de derivación de caudal en Redes de Saneamiento con vertedero lateral mediante la hipótesis del Flujo Espacialmente Variado con caudales Decrecientes*. Cartagena.
- Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, R. (2000). *Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domesticas y Pluviales*. Bogota.
- Equipo Hanna. (2019). *Usando DBO Para Determinar Eficiencia en el Tratamiento de Aguas Residuales*. Colombia.
- Espinosa Ortíz, C. E. (2014). *Factibilidad del diseño del humedal de flujo superficial para un tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes*. Bogotá : Escuela Colombiana de ingeniería - Julio Garavito.
- ETAPA, G. (2017). *PLANO TIPO DE POZOS Y BROCALES*. Cuenca.
- ETAPA.EP. (2012). *Especificaciones técnicas para la construcción de redes de alcantarillado Grupo 2*. Cuenca.
- GAD Municipal de Gualaceo. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Gualaceo*. Gualaceo, Azuay , Ecuador: Municipio de Gualaceo.

GOOGLE EARTH. (2021, Febrero 5). *GOOGLE EARTH*. From <https://earth.google.com/web/search/llintig+gualaceo/@-2.92809848,-78.80656821,2488.08297839a,377.16258465d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCTsRj9jmLAbAEZDYFcBBZwjAGez5an9Sp1PAIbZRg-epy1PA>

iagua. (2013). *Los humedales artificiales*.

INEC. (2010). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS*. Gualaceo: Población y Demografía.

Legislación Ambiental. (n.d.). *Tomo V: Control de la contaminación ambiental, Anexo No. 1: Norma de calidad ambiental y de descarga de afluentes: Recurso agua*.

López Vega, S. (2021). *Reducción DQO & DBO. Aguas residuales*.

NORMA - CO 10.7 - 602. (2010). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTESIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICION DE EXCRETAS Y RESIDUOS LIQUIDOS EN EL AREA RURAL*. Quito.

Norma Brasileña - 41/81. (1993). *NRB 7229 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos (Diseño, Construcción y operación del sistema de tanques sépticos*. Río de Janeiro.

NORMA CO 10.07 - 602. (1997). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABSTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Quito.

Norma CO 10.7 - 601. (2010). *CODIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS SANITARIAS*.

Orellana, M. (2013). *Estudio para un sistema de alcantarillado sanitario*. Gualaceo, Azuay, Ecuador: Municipio de Gualaceo.

PODT parroquia Gualaceo. (2018). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENANZA TERRITORIAL DE LA PARROQUIA*

GUALACEO, CANTÓN GUALACEO GUL. Municipio de Gualaceo,
Gualaceo.

Romero Rojas, J. A. (2002). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño.* Colombia: Escuela colombiana de ingeniería.