



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

**Estudio y diseño del sistema de alcantarillado para la comunidad
Gondeleg (Taguán) de la parroquia San Bartolomé del Cantón
Sígig, Provincia del Azuay**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

AUTORES:

CARLOS ADRIÁN CHICA GUZMÁN
PEDRO JOSÉ BRAVO FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA

DIRECTOR:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA – ECUADOR

2014

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
PARA LA COMUNIDAD GONDELEG (TAGUÁN)
DE LA PARROQUIA SAN BARTOLOMÉ, DEL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA
DEL AZUAY**

RESUMEN

La comunidad de Taguán perteneciente, al cantón Sígsig, por no contar con una infraestructura adecuada para la evacuación de excretas ha vivido en constante malestar por enfermedades parasitarias, por lo que se ha visto necesario realizar un estudio y diseño del sistema de alcantarillado y saneamiento. Para ello se ha elaborado un documento técnico que permita al municipio del Sígsig obtener el presupuesto requerido para su construcción. Para el estudio del sistema se realizó un análisis para la ubicación de colectores, así como para el emplazamiento de la planta de tratamiento, los diseños hidráulicos se basaron en las normas establecidas para garantizar un buen funcionamiento.

PALABRAS CLAVE:

Sistema, tratamiento, residuales, alcantarillado, colectores, pozos, excretas.

**Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz
DIRECTOR DE ESCUELA**

**Ing. José Bernardo Larriva Vasquez
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**Pedro José Bravo Fernández de Córdoba
TESISTA**


**Carlos Adrián Chica Guzmán
TESISTA**

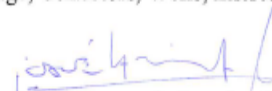
**STUDY AND DESIGN OF THE SEWAGE SYSTEM FOR THE *GONDELEG*
COMMUNITY (*TAGUÁN*) *SAN BARTOLOMÉ* PARISH, *SÍGSIG* CANTON,
AZUAY PROVINCE**

ABSTRACT

The *Taguán* community, which belongs to *Sígsig* Canton, has lived in constant discomfort due to parasitic diseases as a consequence of an inadequate infrastructure for excreta disposal; therefore, it became necessary to conduct a study and design of the sewage and water treatment system. In order to achieve this we have developed a technical document so that the municipality of *Sígsig* can obtain the budget required for its construction. An analysis for the location of collectors as well as for the treatment plant was conducted. The hydraulic designs were based on established standards to ensure its proper operation.

KEYWORDS: System, Treatment, Wastewater, Sewage, Collectors, Wells, Excreta



Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz
SCHOOL DIRECTOR


Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez
THESIS DIRECTOR


Pedro José Bravo Fernández de Córdova
AUTHOR


Carlos Adrián Chica Guzmán
AUTHOR


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS


Translated by
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Alcance.....	3
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	5

CAPÍTULO 2: ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1. Ubicación geográfica	6
2.2. Vías de acceso	7
2.3. Descripción de la comunidad	7
2.3.1. Clima	7
2.4. Aspectos socioeconómicos	8
2.4.1 Descripción General	9
2.4.2 Agricultura y ganadería	9
2.5 Estado sanitario actual.....	10
2.6. Servicios sanitarios existentes.....	14

CAPÍTULO 3: CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

3.1. Bases de diseño	20
3.1.1. Periodo de diseño	20

3.1.2. Índice de crecimiento	20
3.1.3. Coeficiente de retorno	21
3.1.4. Población futura de diseño	21
3.1.5. Densidades.....	22
3.1.6. Áreas de aportación	23
3.1.7. Dotación	23
3.2. Caudales de diseño.....	25
3.2.1 Caudal de aguas servidas.....	25
3.2.1.1. Factor de mayoración.....	26
3.2.1.2. Caudal máximo	26
3.2.1.3. Caudal por conexiones erradas	27
3.2.1.4. Caudal de infiltración.....	27
3.3. Diámetro mínimo	28
3.4. Velocidades máximas y mínimas.....	28
3.5. Profundidad mínima.....	29
3.6. Materiales	29
3.7. Obras complementarias	31
3.7.1. Pozos de revisión.....	31
3.7.2. Conexiones domiciliarias	32

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA RED Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

4.1. Diseño de la red.....	33
4.1.1. Descripción de la red	33
4.1.2. Hidráulica de las alcantarillas.....	33
4.1.2.1 Flujo en alcantarillas llenas.....	33
4.1.2.2 Flujo en alcantarillas parcialmente llenas.....	34
4.1.3 Cálculos hidráulicos del alcantarillado sanitario.....	40
4.2. Planta de tratamiento.....	42
4.2.1. Aguas residuales.....	42
4.2.2. Propuesta y selección del sistema.....	46

CAPÍTULO 5: ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO

5.1. Análisis de precios unitarios	59
5.2. Presupuesto y cronograma valorado	60
5.3 Especificaciones técnicas	60
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tasas de crecimiento poblacional.

Tabla 2: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Tabla 3: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

Tabla 4: Clasificación de la tubería de hormigón.

Tabla 5: Distancias máximas entre pozos de revisión.

Tabla 6: Diámetros recomendados de pozos de revisión.

Tabla 7: Relaciones para coeficientes de rugosidad constantes.

Tabla 8: Relaciones para coeficientes de rugosidad constantes y variables.

Tabla 9: Resumen de datos hidráulicos para el diseño.

Tabla 10: Valores promedio de la caracterización del agua residual. Estudio para la comunidad de Taguan.

Tabla 11: Valores promedio de la caracterización del agua residual. Estudio para la comunidad de Ruizho muestra N°1.

Tabla 12: Valores promedio de la caracterización del agua residual. Estudio para la comunidad de Ruizho muestra N°2.

Tabla 13: Valores promedio de la caracterización del agua residual. Al ingreso a las lagunas de estabilización de Ucubamba al año 2012.

Tabla 14: Valores promedio de la caracterización del agua residual. Estudios para Checa, Chiquintad, Sidcay y Sinincay.

Tabla 15: Requisitos de depuración mínima del agua residual a ser descargada en cuerpos de agua.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Base cartográfica del Cantón Sígsig. Provincia del Azuay.
- Figura 2: Tipos climáticos del Cantón Sígsig.
- Figura 3: Porcentaje de la comunidad que cuentan con agua potable.
- Figura 4: Tipo de agua que se utiliza en la comunidad.
- Figura 5: Tipos de evacuación de excretas utilizadas en la comunidad.
- Figura 6: Disponibilidad de energía eléctrica.
- Figura 7: Porcentaje de recolección de basura.
- Figura 8: Vía principal de la Comunidad Taguán.
- Figura 9: Vía de ingreso a la Comunidad Taguán.
- Figura 10: Vía principal de la Comunidad Taguán.
- Figura 11: Ramal N°1.
- Figura 12: Ramal N°1.
- Figura 13: Colector inferior.
- Figura 14: Ramal N°1.
- Figura 15: Planta de tratamiento.
- Figura 16: Tubería de hormigón
- Figura 17: Esquema de pozo de salto.
- Figura 18: Relaciones hidráulicas.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Encuestas.

Anexo 2: Análisis físicos, químicos y biológicos de la comunidad de Taguán.

Anexo 3: Análisis físicos, químicos y biológicos de la comunidad de Ruizho.

Anexo 4: Resultados de cálculo de caudales de diseño.

Anexo 5: Resultados de cálculos hidráulicos del alcantarillado sanitario.

Anexo 6: Análisis de precios unitarios.

Anexo 7: Presupuesto.

Anexo 8: Especificaciones técnicas.

Anexo 9: Cronograma valorado.

Anexo 10: Planos.

Carlos Adrián Chica Guzmán

Pedro José Bravo Fernández de Córdova

Trabajo de Grado

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Octubre 2014

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
PARA LA COMUNIDAD GONDELEG (TAGUÁN)
DE LA PARROQUIA SAN BARTOLOMÉ DEL CANTÓN SÍGSIG,
PROVINCIA DEL AZUAY**

INTRODUCCIÓN

Un sistema de alcantarillado consiste en un conjunto de obras que sirven para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales de una población, de no existir este tipo de servicio se pondría en grave peligro la salud de las personas que habitan este lugar debido a las enfermedades que podría producir la carencia de este servicio. La mayor parte de los desechos líquidos están constituidos por aguas de abastecimiento después de haber pasado por diferentes actividades de la población, estos desechos están formados por agua, materia orgánica e inorgánica, el destino final de este servicio es la planta de tratamiento, para que de esta forma se garantice disminuir la contaminación y cumplir con la legislación actual.

Se debe procurar que toda comunidad cuente con este tipo de servicio, ya que de esta forma mejorara la calidad de vida de los moradores, así como su salud y el desarrollo de la misma, por lo que el Municipio del cantón Sígsig, por medio de un convenio con la Universidad del Azuay, estableció que se realice el estudio y diseño definitivo

del sistema de alcantarillado de la comunidad Gondeleg (Taguán) del cantón Sígsig de la Provincia del Azuay.

CAPÍTULO 1

INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Alcance

- Se definirá el trazado de las líneas de recolección del sistema de alcantarillado.
- Para el diseño de los colectores de preferencia se seguirán los caminos y vías existentes. El diseño deberá contemplar todos los accesorios para un correcto funcionamiento, operación y mantenimiento.
- Se realizará el diseño de una pequeña planta de tratamiento adecuada para esta comunidad.
- Se establecerán las cantidades de obra, análisis de precios unitarios, presupuesto y especificaciones técnicas.

1.2. Antecedentes

Como política de estado se consideró necesario la implementación de alcantarillado en zonas rurales, por lo que el Municipio del Sígsig, previo a un convenio con la Universidad del Azuay, estableció que por medio de tesis que realicen los estudiantes, se presenten diferentes alternativas para atender los principales requerimientos hidrosanitarios de las distintas comunidades del Cantón Sígsig.

La Comunidad de Taguán se encuentra ubicada en la parroquia San Bartolomé, las principales fuentes de ingreso de la comunidad provienen de la agricultura, ganadería y las remesas de los migrantes, siendo Estados Unidos y España los principales destinos de los emigrantes de esta comunidad. La agricultura y la ganadería, son las labores más importantes de sus habitantes; dentro de las labores agrícolas se enfatiza

los cultivos de maíz asociado, hortalizas, frutales mayores y frutales menores. Se debe destacar la presencia de una buena ganadería y excelente producción de leche para la elaboración de quesos y la producción de hortalizas.

Los productos que generan más ingresos a la comunidad son la venta de ganado, aves, cuyes, hortalizas, y frutas entre otros, mismos que son comercializados en las ferias y mercados de Sígsig, de donde también obtienen los productos que carecen en la comunidad.

Las principales enfermedades que se registran en la comunidad, son las de tipo respiratorias, sin embargo estas no son consideradas como la principal causa de mortalidad de la población, en su mayoría las defunciones se producen por causas naturales de edad avanzada o por enfermedades tales como neumonía. Se puede apreciar también la incidencia de enfermedades asociadas al contacto con aguas contaminadas con residuos orgánicos.

1.3. Justificación

Con el fin de aportar al desarrollo básico del área de diseño, es necesario evaluar la mejor alternativa para solucionar el problema de la evacuación de excretas, el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores se verá reflejado al evitar la contaminación de los cultivos y ganado logrando una mejor producción de la comunidad y evitando enfermedades a la población.

Al no contar con una infraestructura para la evacuación de aguas servidas de manera técnica, es necesaria la implementación de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento para el saneamiento de la comunidad asentada en el área de estudio.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar la calidad de vida de la comunidad mediante la construcción del sistema de alcantarillado para la comunidad de **GONDELEG (TAGUÁN)**.

1.4.2. Objetivos específicos

- Levantar información primaria; población, número y tamaño de viviendas.
- Diseñar la red de alcantarillado
- Diseñar la planta de tratamiento.
- Elaborar el presupuesto del proyecto.
- Elaborar los planos respectivos.
- Generar informe de conclusiones y recomendaciones.

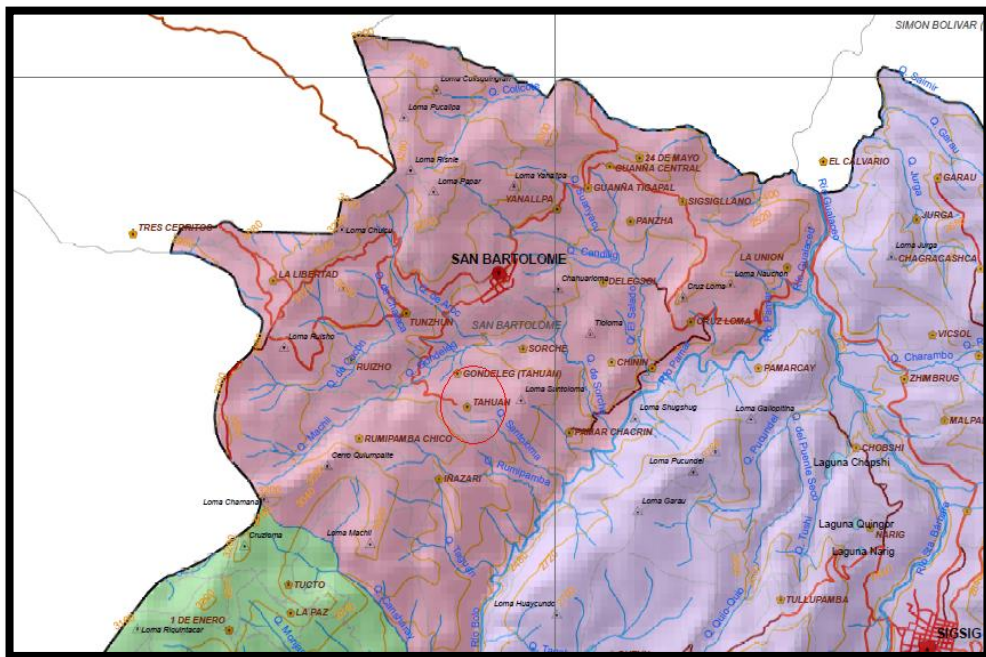
CAPÍTULO 2

ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1. Ubicación geográfica

La comunidad Taguán, se encuentra ubicada en la parroquia San Bartolomé, cantón Sígsig, provincia del Azuay, según los datos geográficos WGS84 tomados en el GPS se encuentra a 9665550 N, y 0738818 E altura 2773; limita al Norte con la Quebrada de Puca, al Este con la comunidad de Pamar- Santa Loma, al sur con comuna Iñasari y al Oeste con la comunidad Yunipamba, conforme se aprecia en la figura 1.¹

Figura 1: Base cartográfica del Cantón Sígsig. Provincia del Azuay.



Fuente: Gobierno descentralizado del Cantón Sígsig.

¹ Gobierno descentralizado del cantón Sígsig.

2.2. Vías de acceso

La comunidad cuenta con tres vías de acceso:

-Desde el centro parroquial del Sígsig hasta la Unión, se moviliza por la carretera Unión-San Bartolomé; San Bartolomé-Taguán a unos 15 Km aproximadamente.

-Desde la vía (Cuenca-Gualaceo-Sígsig) se sigue el desvío en la Unión hasta llegar a la parroquia de San Bartolomé, luego por un desvío a la comunidad de Taguán ubicada a unos 10 Km aproximadamente.

-Desde la vía (Cuenca-Santa Ana) se sigue la carretera hasta la parroquia de San Bartolomé, luego unos 10 Km aproximadamente hasta la comunidad de Taguán.

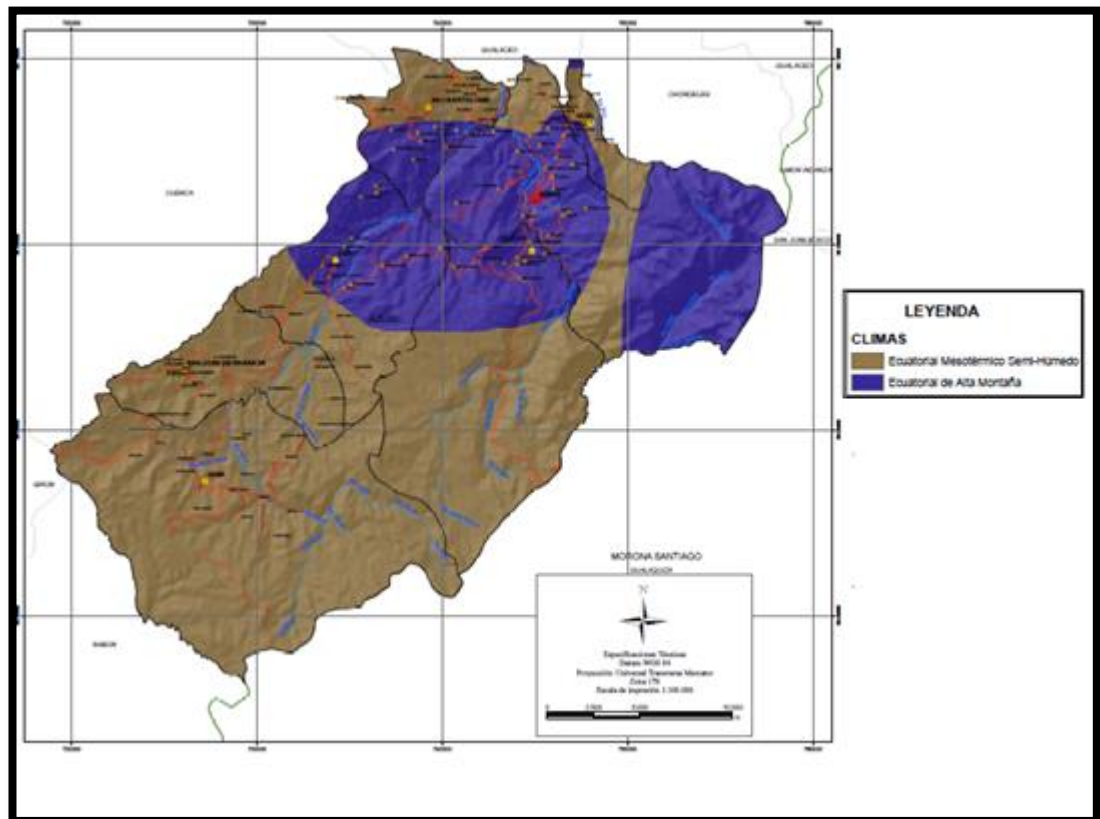
2.3. Descripción de la comunidad

2.3.1. Clima

(La fuente cartográfica ODEPLAN, debido a la escala del estudio climático, solo puede visualizar dos tipos climáticos (Ver figura 2); el primero Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo, que comprende la mayor parte del territorio, ubicado en la zona Sur del cantón en la totalidad de la parroquia Jima y San José de Raranga, zona Sur de Ludo y Cuchil, este último en un gran porcentaje territorial, zona centro de la parroquia Sígsig, mayoritariamente en la parroquia Güel y en el Norte de San Bartolomé; el segundo tipo climático, corresponde al Ecuatorial de alta montaña, este tipo climático se puede observar en la zona Nord-Oriental del cantón y de manera sustancial en la parroquia de Sígsig, Sur de San Bartolomé y Norte de Ludo y Cuchil, cabe mencionar que en este tipo climático están emplazadas la cabecera cantonal Sígsig y la cabecera parroquial Ludo.²

² Oficina de Planificación de la Presidencia de la República. ODEPLAN, 2002

Figura 2: Tipos climáticos del cantón Sígsig.



Fuente: ODEPLAN.

2.4. Aspectos socioeconómicos

Según las encuestas (Anexo 1) realizadas en la comunidad se pudo determinar el número de habitantes que son 251 personas que residen en este lugar.

Las principales fuentes de ingreso de la comunidad son la agricultura, ganadería y las remesas de los migrantes, siendo Estados Unidos y España los principales destinos de los migrantes de esta comunidad, los ingresos obtenidos alcanzan para cubrir sus necesidades básicas.

2.4.1 Descripción General

La comunidad en la cual se realiza el estudio se encuentra en zonas subdesarrolladas, mismos que habitan en casas construidas en su mayoría de adobe y bloque.

Los habitantes de la comunidad son de raza mestiza e indígena, su idioma es el castellano, la población si posee algún tipo de educación primaria y secundaria.

El analfabetismo se puede observar en su gran mayoría en personas de edad avanzada.

Poseen una directiva conformado por el presidente, vicepresidente y tesorero, la directiva tiene una persona a la cual se le encarga los diferentes servicios como son:

- Energía eléctrica.
- Agua para consumo humano.
- Agua para riego.
- Sistema de eliminación de excretas.
- La evacuación de los desechos sólidos.

2.4.2 Agricultura y ganadería

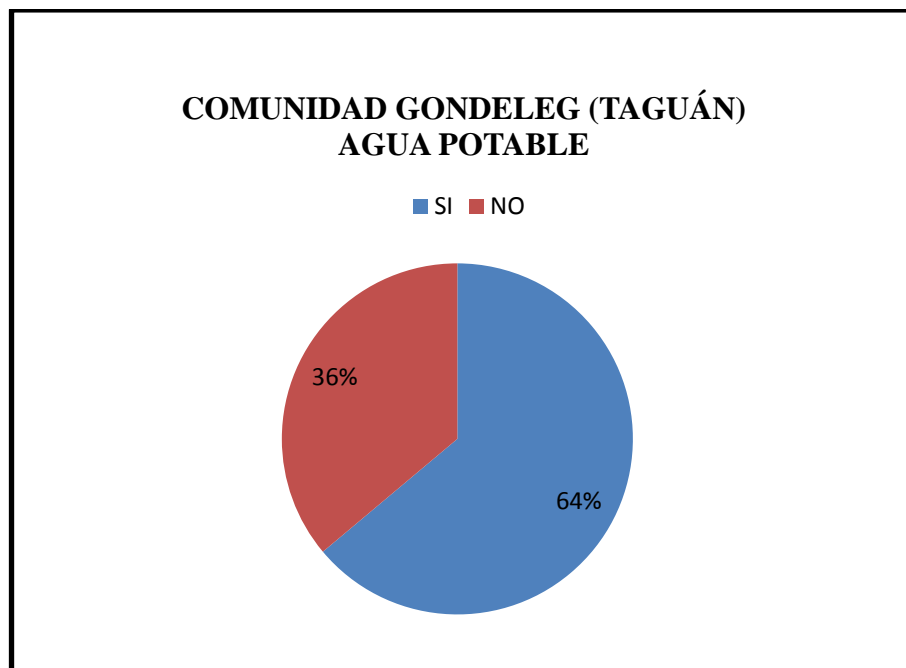
La agricultura y la ganadería, son las labores más importantes de sus habitantes; dentro de las labores agrícolas se enfatiza los cultivos de maíz asociado, hortalizas, frutales mayores y las frutales menores. Se debe destacar la presencia de una buena ganadería y excelente producción de leche para la elaboración de quesos y la producción de hortalizas.

Los productos que generan más ingresos a la comunidad es la venta de ganado, quesillo, leche, cerdos y cuyes, entre otros, mismos que son comercializados en las ferias y mercados de Cuenca, Sígsig y Gualaceo, de donde también obtienen los productos que carecen en la comunidad.

2.5 Estado sanitario actual

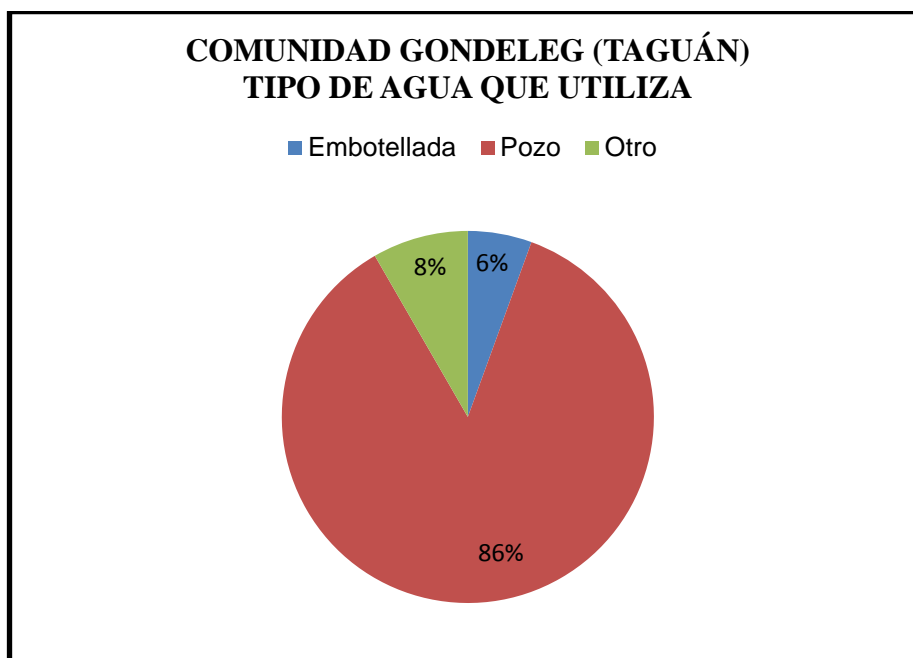
Una parte de la comunidad cuenta con un sistema de agua potable, mientras que la población restante se abastece de agua de consumo a través de canales de riego, pozos, agua embotellada y sistemas de agua entubada según las encuestas realizada.

Figura 3: Porcentaje de la comunidad que cuentan con agua potable.



Fuente: Autores.

Figura 4: Tipo de agua que se utiliza en la comunidad.

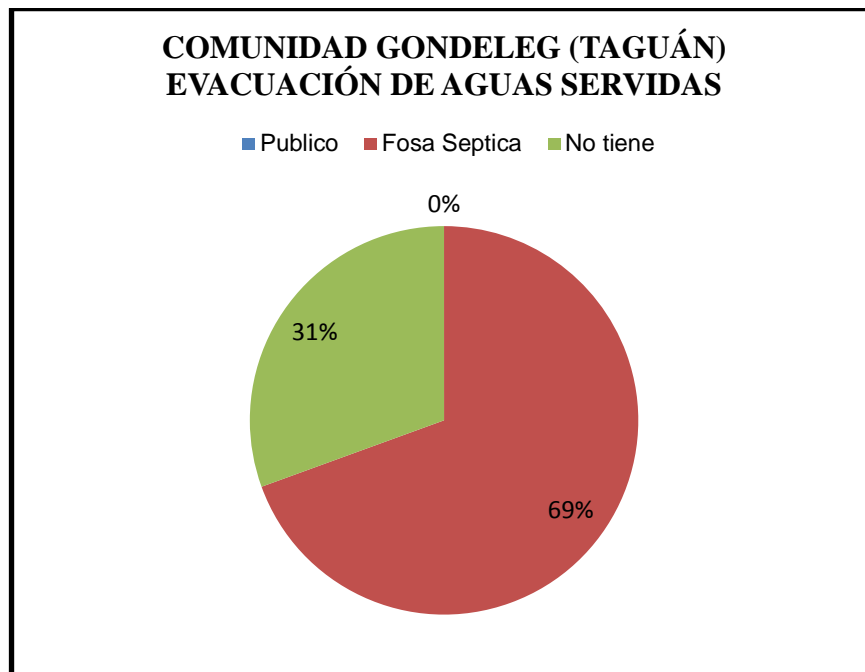


Fuente: Autores.

En el caso de un sistema de eliminación de aguas residuales la comunidad no posee un sistema de alcantarillado para la evacuación de excretas, por lo que se utiliza pozo séptico, pozo ciego, descarga directa al río y letrinas, construidos con la ayuda del Municipio del Sígsig, los pozos sépticos en su mayoría se encuentran selladas ya que se encuentran a pocos metros de los viviendas y cultivos.

Los pozos sépticos existentes en algunas viviendas de la comunidad no poseen ningún mantenimiento, las mismas que fueron construidas décadas atrás, los demás habitantes no poseen ningún tipo de eliminación de excretas realizándoles en los huertos, causando daños a la salud directa o indirectamente ya que las mismas se encuentran en contacto con los cultivos y ganadería.

Figura 5: Tipos de evacuación de excretas utilizadas en la comunidad.

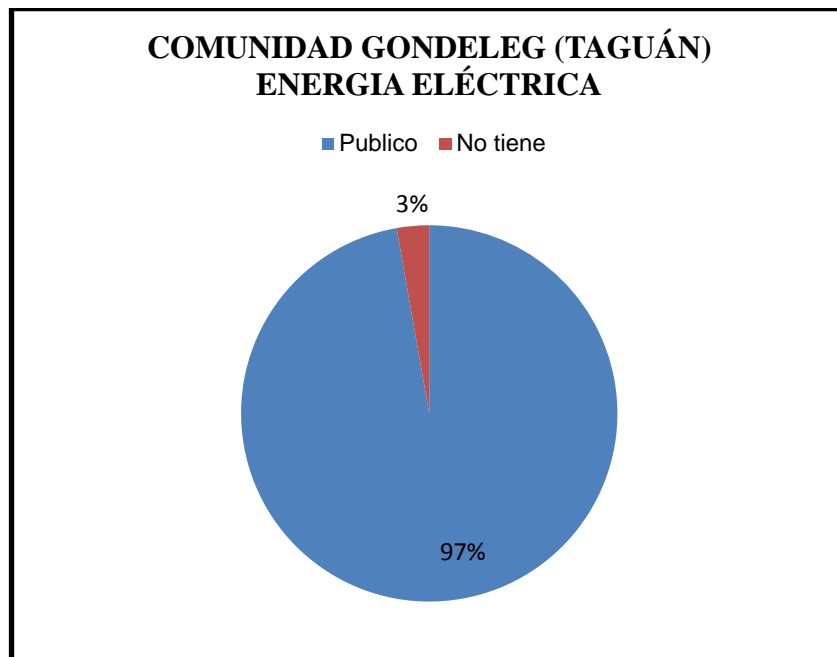


Fuente: Autores.

La evacuación de desechos se realiza mediante el servicio de recolección de basura según el horario de atención establecido, adicionalmente se realiza la descarga a la comunidad y la quema de la misma.

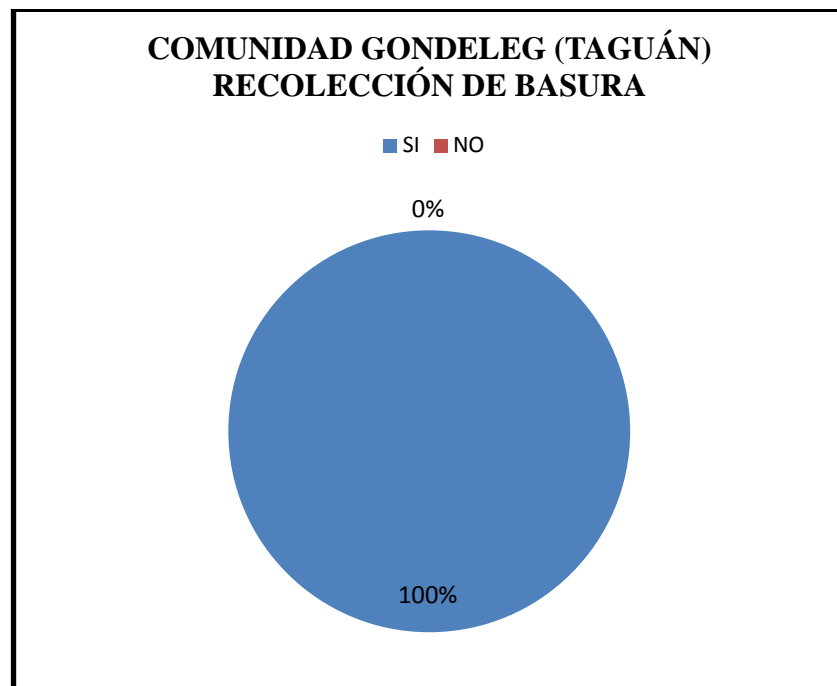
Las dos comunidades cuentan con el servicio de energía eléctrica a través del servicio que brinda la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Figura 6: Disponibilidad de energía eléctrica.



Fuente: Autores.

Figura 7: Porcentaje de recolección de basura.



Fuente: Autores.

Salud

Las principales enfermedades que se registran en la comunidad son enfermedades parasitarias, respiratorias, sin embargo estas no son consideradas como la principal causa de mortalidad de la población, en su mayoría las defunciones se producen por causas naturales a edad avanzada o por enfermedades tales como el alcoholismo.

.Las enfermedades son causadas por la mala calidad de agua en esta comunidad, ya que no cuentan con un tratamiento adecuado y su consumo es a través de canales de riego, pozos y sistemas de agua entubada.

2.6. Servicios sanitarios existentes

En la comunidad no existe un sistema de alcantarillado adecuado para la eliminación de excretas, la mayoría de la población posee pozos sépticos, descarga directa al río y un porcentaje mínimo, la eliminación de excretas lo realiza en las huertas a pocos metros de sus viviendas donde se encuentran los cultivos y animales para el comercio.

Los pozos sépticos existentes en la comunidad se encuentran en malas condiciones debido a que no se realizó un mantenimiento adecuado cada cierto tiempo, los mismos se encuentran a pocos metros de las viviendas produciendo malos olores por ende enfermedades.

La contaminación de este sector por falta de un sistema de eliminación de excretas adecuado produce un peligro a la salud, no solo a los residentes de la comunidad sino a poblaciones y ciudades cercanas, ya que la mayor parte de sus ingresos obtienen de la venta de ganado y cultivos en cantones como Cuenca, Sígsig y Gualaceo.

Ubicación de Colectores

Figura 8: Vía principal de la Comunidad Taguán.



Descripción: Se observa la vía por donde se ubicara el colector principal.

En la comunidad de Taguán se pudo observar la carencia de un sistema de alcantarillado por la cual se optó realizar el diseño de la red del sector.

Se realizó un recorrido en la comunidad para ver en donde se emplazaran las líneas de conducción con su debida planta de tratamiento.

Figura 9: Vía de ingreso a la Comunidad Taguán.



Descripción: Se observa el inicio del trazado del colector principal.

Según el recorrido realizado en dicha comunidad, las líneas de conducción se optaron por realizar en la vía principal, por la cercanía de la mayoría de viviendas, en caminos y senderos para evitar problemas con los habitantes del lugar.

Figura 10: Vía principal de la Comunidad Taguán.



Descripción: Se observa la vía por donde se ubicara el colector principal.

Figura 11: Ramal N°1.



Descripción: Se observa por donde se ubicara el ramal N°1.

Figura 12: Ramal N°1.



Descripción: Se observa la nivelación del ramal N°1.

Como se puede observar en las imágenes, el diseño de la línea de conducción se realizó en un camino peatonal, que en invierno se satura de agua convirtiéndose en un pequeño torrente que desemboca en la quebrada Santoloma.

Figura 13: Colector inferior.



Descripción: Se observa la ubicación del colector inferior.

Figura 14: Ramal N°1.



Descripción: Se observa la ubicación del ramal N°1.

Según las imágenes y el recorrido realizado, parte del trazado de las líneas de conducción se efectuó a unos 15 metros cerca de la quebrada de dicha comunidad.

Figura 15: Planta de Tratamiento.



Descripción: Se observa la ubicación en donde será emplazada la planta de tratamiento.

En esta imagen se identificó un espacio lo suficientemente adecuado para el emplazamiento de la planta de tratamiento, se buscó un lugar apropiado lo más apartado del centro de la comunidad para evitar malos olores, dicho lugar se encuentra cerca de la quebrada Santoloma.

CAPÍTULO 3

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

3.1. Bases de diseño

El proyecto a efectuarse considera especificaciones técnicas para la construcción de redes de alcantarillado (ETAPA), normas establecidas por la INEN (Instituto Ecuatoriano De Normalización). Este organismo técnico nacional, eje principal del Sistema Ecuatoriano de Calidad en el país estandariza los criterios para la elaboración de los sistemas de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos del área rural.

3.1.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo en el cual se considera que el sistema funcionará en forma eficiente cumpliendo las normas y parámetros analizados.

Se tomó como base los parámetros de diseño de la INEN 5 Parte 9.2 numeral 4.1 (Instituto Ecuatoriano De Normalización) para sistemas de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos, se recomienda un periodo de 20 años.

Existen ciertos aspectos que podrían cambiar el periodo de diseño como: ampliaciones o sustituciones, crecimiento de la población y economía.

3.1.2. Índice de crecimiento

Para el desarrollo del diseño de la red de alcantarillado y considerando las normas establecidas por la INEN 5 Parte 9.2 para el cálculo de la tasa del crecimiento poblacional se utilizó los datos estadísticos proporcionados obtenidos por los censos nacionales y recuentos sanitarios.

El cálculo del índice de crecimiento no se pudo efectuar por falta de información poblacional pero basado en las normas INEN 5 Parte 9.2 se utilizará el índice "r" según la siguiente tabla.

Tabla 1: Tasas de crecimiento poblacional.

REGION GEOGRAFICO	r (%)
SIERRA	1
COSTA, ORIENTE, GALAPAGOS	1.5

Fuente: INEN 5.

El índice proporcionado para el caso de la comunidad (GONDELEG-TAGUÁN) es del 1% según su ubicación.

3.1.3. Coeficiente de retorno

El coeficiente de retorno se refiere al porcentaje de agua consumida que se devuelve al alcantarillado, este puede fluctuar entre el 65%-85.

Para este caso se tomará un valor de 80%.

3.1.4. Población futura de diseño

Para la obtención de la población actual en la comunidad se realizó una encuesta socio-económica a cada representante de familia.

Según la encuesta se obtuvo que la comunidad está formada por 251 habitantes y 200 estudiantes.

Se agregará un 15% de los estudiantes existentes en la comunidad a la población actual.

$$P_a = P_c + 0,15 (P_e)$$

donde:

P_a = Población actual, hab.

P_c = Población censada, hab.

P_e = Población estudiantil, hab.

El cálculo de la población futura se basa en la normativa INEN 5 Parte 9.2, que considera los tres métodos conocidos (aritmética, geométrica, exponencial).

Siguiendo la recomendación de la literatura técnica se utilizará el método de proyección geométrica ya que la comunidad posee una población menor a los 1000 hab.

Cálculo de la población de diseño:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n$$

donde:

P_f = Población futura o de diseño (hab).

P_a = Población actual (hab).

r = Tasa de crecimiento poblacional (%).

n = Período de diseño (años).

3.1.5. Densidades

Se refiere a un punto específico o núcleo central en la que los habitantes se agrupan de manera específica como son las principales calles, topografía de la zona; y depende la división de la localidad.

$$\text{Densidad} = \frac{P_f}{A_p} * F$$

donde:

P_f = Población futura de diseño (hab).

A_p = Área del proyecto (Ha).

F = Factor de reducción.

3.1.6. Áreas de aportación

Se entiende por áreas de aportación, la división en diferentes superficies del área en el cual se va a realizar el proyecto.

La división de las áreas de aporte se efectuará con el plano topográfico y el trazado de la red del sistema de alcantarillado. Para la determinación de los caudales sanitarios para cada red del sistema de alcantarillado, se utilizó la topografía y la densidad poblacional.

3.1.7. Dotación

Se entiende por dotación, la cantidad de agua que consume una persona por día para satisfacer sus necesidades, la misma que debe ser provista por un suministro público.

En la siguiente tabla se presentan las dotaciones correspondientes a los diferentes niveles de servicio.

Tabla 2: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP EE	Sistemas individuales, Diseñar de acuerdo a las posibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
Ia	AP EE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua.
Ib	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas sin arrastre de agua.
IIa	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIb	AP ERL	Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa. Sistema de Alcantarillado Sanitario.
<p>Donde:</p> <p>AP: Agua potable</p> <p>DE: Disposiciones de excretas</p> <p>DRL: Disposición de residuos líquidos.</p>		

Fuente: INEN 5.

Tabla 3: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (L/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
La	25	30
Lb	50	65
Lla	60	85
Llb	75	100

Fuente: INEN 5..

La zona corresponde a un nivel de servicio Llb, por tener más de un grifo por casa y ser un sistema de alcantarillado; ya que el clima que posee la comunidad es frío, el valor escogido es de 75 lt/hab/día.

3.2. Caudales de diseño

3.2.1 Caudal de aguas servidas

Este caudal está formado principalmente por aguas servidas domésticas, la cual su gasto diario promedio anual consta de la población a servir y la dotación de agua.

Se tomó en cuenta que las aguas servidas depende de factores como:

- Clima
- Costumbres
- Región

El caudal de aguas servidas domésticas se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_{as} = C \frac{PD}{86400}$$

donde:

Q_{as} = Caudal de aguas servidas (l/s)

C = Coeficiente de retorno

D = Dotación (l/hab/d)

P = Población

3.2.1.1. Factor de mayoración

El Factor de mayoración nos permite tener un margen de seguridad a la hora de realizar el diseño.

La Comunidad en la que se realizó el proyecto está formado por menos de 1000 habitantes lo que nos permite utilizar la fórmula de Babbitt.

Formula de Babbitt:

$$M = \frac{4}{p^{0,2}}$$

donde:

M = Factor de mayoración.

P = Población en miles de habitantes.

3.2.1.2. Caudal máximo

$$Q_{\max} = MQ_{as}$$

donde:

Q_{\max} = Caudal máximo (l/s).

M = Factor de mayoración.

3.2.1.3. Caudal por conexiones erradas

$$Q_e = \frac{D * P_f}{86400}$$

donde:

Q_e = Caudal por conexiones herradas.

D = Dotación (l/hab/d).

P_f = Población futura de diseño.

3.2.1.4. Caudal de infiltración

Se debe tener presente este tipo de caudal, ya que va en todo tipo de sistema de alcantarillado, generalmente se da por aguas subterráneas, en otros casos puede ser por juntas mal ejecutadas, según las especificaciones técnicas para la construcción de redes de alcantarillado grupo 2 de ETAPA depende de dos factores:

- Tipo de material.
- Contenido de agua.

Por el contenido de agua existen dos sectores:

- Colinados, estos tienen contenido de agua en el subsuelo limitado, esto se da por la existencia de material fino y cuando existe una topografía muy pronunciada que limita la infiltración de la escorrentía, en este tipo de sectores la infiltración será reducida.
- Bajos, cuya topografía sea plana, que se encuentren al margen de quebradas y ríos, en este tipo de sectores se tendrá una mayor infiltración ya que los suelos encontrados en este sector son de tipo granular y estos están sujetos a una mayor infiltración.

Por el tipo de material, el hormigón va a ser el que mayor infiltración permita, por esto para el diseño se tomará la información correspondiente a la misma, ya que de esta forma se tendrá mayor seguridad en el dimensionamiento.

Las tasas de infiltración son las siguientes:

- 0,10 l/(s*km) para aquellos que estén ubicados sobre el nivel freático.
- 0,20 l/(s*km) para aquellos que estén ubicados debajo del nivel freático.

3.3. Diámetro mínimo

Según las especificaciones técnicas para la construcción de redes de alcantarillado grupo 2 de ETAPA los diámetros mínimos son los siguientes:

- 0,20m para colectores de alcantarillado sanitario.
- 0,30m para colectores de alcantarillado combinado.
- 0,10m para conexiones domiciliarias de los sistemas sanitarios.
- 0,15m para conexiones domiciliarias de los sistemas combinados y sumideros.

3.4. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad máxima es frecuente en topografías que contienen pendientes muy pronunciadas, esta es una de las consideraciones principales para el diseño, ya que el mismo causará abrasión al material del tubo y el impacto que los flujos de alta velocidad puedan tener en la estructura de descarga o en cualquier otro tipo de sistema receptor, sin embargo el impacto de aguas abajo se puede reducir mediante cambios de diámetro o estructuras especiales de desembocadura.

La velocidad mínima es otra consideración que se debe tomar en cuenta en el diseño, ya que esta no permite la sedimentación de los sólidos de suspensión y garantiza la auto limpieza de la tubería.

Las velocidades de flujo según las especificaciones técnicas para la construcción de redes de alcantarillado grupo 2 de ETAPA son las siguientes:

- Velocidad máxima 9 m/s.
- Velocidad mínima 0,6 m/s.

Las velocidades mencionadas anteriormente corresponden a tuberías de hormigón

3.5. Profundidad mínima

Las funciones de este criterio de diseño son las siguientes:

- Evitar el daño o ruptura de la tubería ocasionadas por cargas vivas (automóviles, camiones, etc.)
- Garantizar la correcta conexión de las descargas domiciliarias a la red de alcantarillado, con la consideración que la pendiente de la tubería de la descarga domiciliaria tendrá como mínimo 1%.

Con estas consideraciones la tubería será colocada a una profundidad mínima de 1,2 m sobre la clave del conducto en caminos vehiculares, sin embargo en caminos peatonales se considerará el criterio de las conexiones domiciliarias.

3.6. Materiales

Para el diseño del alcantarillado de la comunidad Gondeleg (Taguán) se utilizarán tuberías de hormigón, por los siguientes aspectos:

- La colocación de los tubos de hormigón no requiere accesorios complicados. Estos son instalados en la zanja de forma fácil y cómoda; debido a su rigidez, el relleno y la compactación no son tan críticos, sin embargo su elevado peso propio puede aumentar en costo de instalación, pero este es compensado por el bajo costo de adquisición y el reducido costo de mantenimiento.

- Es el material más ecológico, ya que este consume menos energía en su fabricación y su materia prima y residuos no son peligrosos.

Figura 16: Tubería de Hormigón.



Fuente: <http://www.prejea.com/archivos/entradas/26100Tuberia-hormigon-masa.jpg>

El siguiente cuadro muestra la clasificación de la tubería de hormigón:

Tabla 4: Clasificación de la tubería de hormigón.

Diámetro		Espesor recomendado de pared (mm)	Carga mínima de ruptura			
Nominal (Dn) en mm	Real (Dr) (mm)		Grado 1 Resistencia mínima del concreto 27.6 MPa (280 kgf/cm ²)		Grado 2 Resistencia mínima del concreto 34.5 MPa (350 kgf/cm ²)	
			kN/m	(kgf/cm ²)	kN/m	(kgf/cm ²)
100	101	23	14.7	(1.490)	20.6	(2.100)
150	152	27	16.2	(1.640)	20.6	(2.100)
200	203	29	19.0	(1.930)	21.9	(2.235)
250	254	33	20.5	(2.080)	22.7	(2.310)
300	305	47	21.5	(2.230)	24.8	(2.530)
380	381	53	25.6	(2.600)	28.9	(2.950)
450	457	61	29.4	(2.980)	34.1	(3.480)
600	610	75	35.2	(3.570)	43.8	(4.470)

Fuente: <http://www.prejea.com/index.php/noticias/actualidad/tipos-y-ventajas-de-los-tubos-de-hormigon-prefabricado/129>.

3.7. Obras complementarias

3.7.1. Pozos de revisión

Consiste en una estructura que es construida con hormigón simple o en algunos casos con hormigón armado, sirve para que los obreros realicen inspección y limpieza del sistema de alcantarillado, según lo indicado en la CPE INEN 5 Parte 9-2 se deberá colocar un pozo de revisión en todo cambio de dirección o pendiente y en las intersecciones de los colectores, además se debe tener en cuenta la distancia máxima entre pozos de revisión, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5: Distancias máximas entre pozos de revisión.

DIAMETRO DE LA TUBERIA (mm)	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE POZOS (m)
Menor a 350	100
400 - 800	150

Fuente: INEN 5.

A continuación se muestran los diámetros recomendados para los pozos de revisión, en función de los diámetros de las tuberías que llegan a éste.

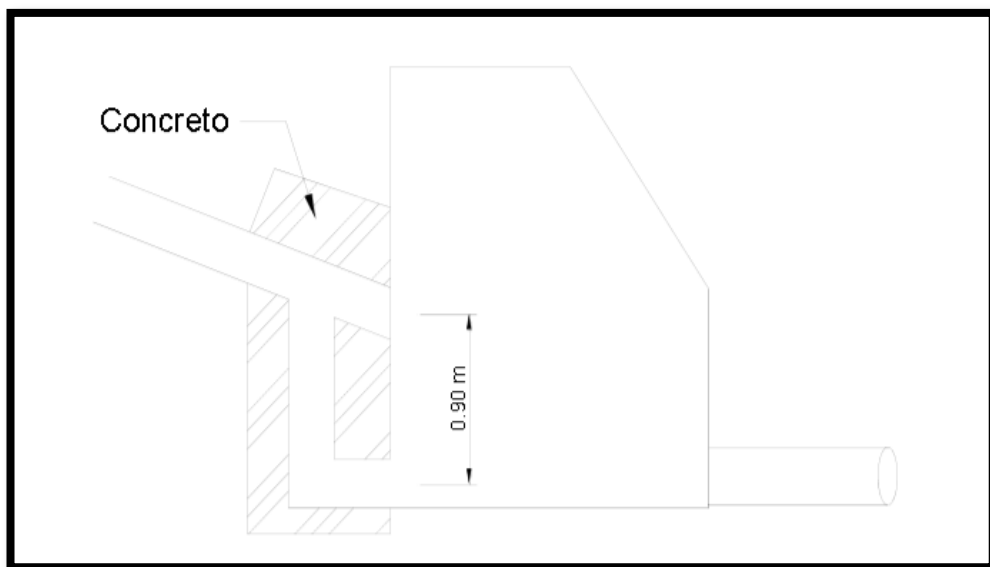
Tabla 6: Diámetros recomendados de pozos de revisión.

DIAMETRO DE LA TUBERÍA (mm)	DIAMETRO DEL POZO (m)
Menor e igual a 550	0,90
600 a 800	1.20
Mas de 800	Diseño especial

Fuente: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/757/2/99438%20%28Tesis%29.pdf>

Existen otro tipo de pozos los llamados “pozos de salto”, estos se utilizan cuando la diferencia de cotas entre la tubería de llegada y el fondo del pozo excede 90cm, la función de éstos es evitar la erosión, y la fácil inspección del personal de mantenimiento, además se debe cubrir la tubería con una capa de concreto para evitar la erosión y el daño de la misma.

Figura 17: Esquema de Pozo de Salto.



Fuente:<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/757/2/99438%20%28Tesis%29.pdf>

3.7.2. Conexiones domiciliarias

Según lo indicado en la CPE INEN 5 Parte 9-2 en el numeral 5.2.2 nos dice que las conexiones domiciliarias deben cumplir con lo siguiente:

- Diámetro mínimo de tubería de 100 mm y una pendiente mínima de 1%.
- Deberá partir de una caja de revisión.
- Cualquier tipo de accesorio deberá ser plenamente justificado y aprobada por la fiscalización.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA RED Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

4.1. Diseño de la red

4.1.1. Descripción de la red

El sistema de alcantarillado de la comunidad de Gondeleg (Taguán), recolecta aguas que provienen de uso doméstico, por lo que el objetivo de este alcantarillado será la recolección únicamente de aguas negras domésticas y de excretas, se prohíbe la recolección de aguas provenientes de zonas industriales o fábricas.

La topografía de la zona y la distribución de las casas no permiten realizar el sistema de alcantarillado para toda la comunidad, por lo que la red de alcantarillado contemplará la zona consolidada de la misma, de esta forma se pudo configurar la conducción de la red de alcantarillado por caminos y vías existentes; este sistema se empalma con un colector que se encuentra en la parte inferior, la cual recauda aportaciones y es la encargada de conducir hasta la planta de tratamiento.

4.1.2. Hidráulica de las alcantarillas

4.1.2.1 Flujo en alcantarillas llenas

Para el cálculo del caudal simplemente se utilizará la siguiente expresión:

$$Q = A * V$$

donde:

Q = Caudal tubería llena (m^3/s).

A = Área transversal. (m^2).

V = Velocidad de flujo (m/s).

Para el cálculo de la velocidad se utilizará la ecuación de Manning por su sencillez y sus resultados satisfactorios:

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

donde:

V = Velocidad de flujo (m/s).

n = Coeficiente de rugosidad ($s/m^{1/3}$).

Rh = Radio hidráulico (m),

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

Para calcular el radio hidráulico se utilizará la siguiente expresión:

$$Rh = \frac{D}{4}$$

donde:

Rh = Radio hidráulico (m).

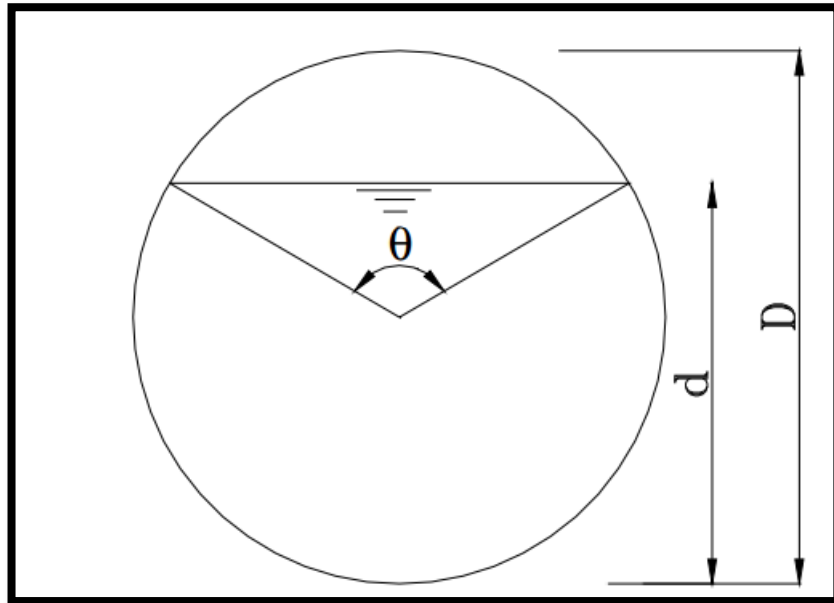
D = Diámetro de la tuberías (m).

4.1.2.2 Flujo en alcantarillas parcialmente llenas

Las condiciones normales del flujo en conductos circulares es a sección parcialmente llena, sin embargo pueden presentarse flujos a tubería llena solo en ocasiones especiales.

Según ETAPA los cálculos hidráulicos se calcularán con un 80% de la capacidad máxima de la sección del tramo.

Figura 18: relaciones hidráulicas.



Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/162/1/CD-0178.pdf>

Utilizando el grafico podemos establecer las relaciones hidráulicas para este tipo de secciones, las expresiones son las siguientes:

$$\frac{d}{D} = 0,80$$

Para ángulo central:

$$\theta^{\circ} = 2 \arccos \left(1 - \frac{2 * d}{D} \right)$$

Para el cálculo del radio hidráulico:

$$R_h = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 * \text{sen} \theta^{\circ}}{2 * \pi * \theta^{\circ}} \right)$$

Para la velocidad:

$$V = \frac{0,397 * D^{2/3}}{n} \left(1 - \frac{360 * \text{sen}\theta^\circ}{2 * \pi * \theta^\circ} \right) * S^{1/2}$$

Para el cálculo del caudal:

$$q = \frac{D^{8/3}}{7257,15 * n(2 * \pi * \theta^\circ)^{2/3}} (2 * \pi * \theta^\circ - 360 * \text{sen}\theta^\circ) * S^{1/2}$$

Entonces las relaciones quedan establecidas de la siguiente forma:

$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{360 * \text{sen}\theta^\circ}{2 * \pi * \theta^\circ} \right)^{2/3}$$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{\theta^\circ}{360} - \frac{\text{sen}\theta^\circ}{2 * \pi * \theta^\circ} \right) * \left(1 - \frac{360 * \text{sen}\theta^\circ}{2 * \pi * \theta^\circ} \right)^{2/3}$$

Estas relaciones corresponden para coeficientes de rugosidad constantes, sin embargo hay que tener en cuenta que el coeficiente de rugosidad es función directa del radio hidráulico, por lo que es necesario tomar en cuenta esto para garantizar el diseño óptimo.

Tabla 7: Relaciones para coeficientes de rugosidad constantes.

d / D	N / n
0,1	0,82
0,2	0,795
0,3	0,78
0,4	0,79
0,5	0,8
0,6	0,82
0,7	0,85
0,8	0,89
0,9	0,93
1	1

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/162/1/CD-0178.pdf>

Entonces si trazamos una gráfica de dispersión utilizando los datos de la tabla 5 y le agregamos una línea de tendencia polinómica, obtendremos una ecuación que nos permitirá calcular con mayor exactitud las relaciones q/Q y v/V , las mismas son las siguientes:

$$\frac{v}{V} = \frac{N}{n} * \left(\frac{rh}{Rh}\right)^{2/3}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{N}{n} * \frac{a}{A} * \left(\frac{rh}{Rh}\right)^{2/3}$$

A continuación se muestran los valores de las relaciones v/V y q/Q , para coeficientes de rugosidad constantes y para variables:

Tabla 8: Relaciones para coeficientes de rugosidad constantes y variables.

d / D	n (constante)		N/n	n (variable)	
	v / V	q / Q		v / V	q / Q
0,00	0,000	0,000	0,889	0,000	0,000
0,01	0,089	0,000	0,879	0,078	0,000
0,02	0,141	0,001	0,870	0,122	0,001
0,03	0,184	0,002	0,862	0,158	0,001
0,04	0,222	0,003	0,854	0,190	0,003
0,05	0,257	0,005	0,847	0,218	0,004
0,06	0,289	0,007	0,841	0,243	0,006
0,07	0,319	0,010	0,835	0,267	0,008
0,08	0,348	0,013	0,830	0,289	0,011
0,09	0,375	0,017	0,825	0,309	0,014
0,10	0,401	0,021	0,820	0,329	0,017
0,11	0,426	0,025	0,816	0,348	0,021
0,12	0,450	0,031	0,813	0,366	0,025
0,13	0,473	0,036	0,809	0,383	0,029
0,14	0,495	0,042	0,806	0,399	0,034
0,15	0,517	0,049	0,803	0,415	0,039
0,16	0,538	0,056	0,801	0,431	0,044
0,17	0,558	0,063	0,799	0,445	0,050
0,18	0,577	0,071	0,796	0,460	0,056
0,19	0,597	0,079	0,795	0,474	0,063
0,20	0,615	0,088	0,793	0,488	0,069
0,21	0,633	0,097	0,791	0,501	0,076
0,22	0,651	0,106	0,790	0,514	0,084
0,23	0,668	0,116	0,789	0,527	0,092
0,24	0,684	0,126	0,788	0,539	0,100
0,25	0,701	0,137	0,787	0,551	0,108
0,26	0,717	0,148	0,786	0,563	0,116
0,27	0,732	0,159	0,785	0,575	0,125
0,28	0,747	0,171	0,785	0,586	0,134
0,29	0,762	0,183	0,785	0,598	0,144
0,30	0,776	0,196	0,784	0,609	0,154
0,31	0,790	0,209	0,784	0,619	0,164
0,32	0,804	0,222	0,784	0,630	0,174

0,33	0,817	0,235	0,784	0,641	0,184
0,34	0,830	0,249	0,784	0,651	0,195
0,35	0,843	0,263	0,784	0,661	0,206
0,36	0,855	0,277	0,785	0,671	0,218
0,37	0,868	0,292	0,785	0,681	0,229
0,38	0,879	0,307	0,785	0,691	0,241
0,39	0,891	0,322	0,786	0,700	0,253
0,40	0,902	0,337	0,787	0,710	0,265
0,41	0,913	0,353	0,788	0,719	0,278
0,42	0,924	0,368	0,789	0,728	0,290
0,43	0,934	0,384	0,790	0,738	0,303
0,44	0,944	0,400	0,791	0,747	0,316
0,45	0,954	0,417	0,792	0,756	0,330
0,46	0,964	0,433	0,793	0,765	0,343
0,47	0,973	0,450	0,795	0,773	0,357
0,48	0,983	0,466	0,796	0,782	0,371
0,49	0,991	0,483	0,798	0,791	0,385
0,50	1,000	0,500	0,799	0,799	0,400
0,51	1,008	0,517	0,801	0,808	0,414
0,52	1,016	0,534	0,803	0,816	0,429
0,53	1,024	0,551	0,805	0,825	0,444
0,54	1,032	0,568	0,807	0,833	0,459
0,55	1,039	0,586	0,809	0,841	0,474
0,56	1,046	0,603	0,812	0,849	0,489
0,57	1,053	0,620	0,814	0,857	0,505
0,58	1,060	0,637	0,816	0,865	0,520
0,59	1,066	0,655	0,819	0,873	0,536
0,60	1,072	0,672	0,822	0,881	0,552
0,61	1,078	0,689	0,824	0,889	0,568
0,62	1,084	0,706	0,827	0,896	0,584
0,63	1,089	0,723	0,830	0,904	0,600
0,64	1,094	0,740	0,833	0,911	0,616
0,65	1,099	0,756	0,836	0,919	0,632
0,66	1,104	0,773	0,839	0,926	0,648
0,67	1,108	0,789	0,842	0,933	0,664
0,68	1,112	0,806	0,845	0,940	0,681
0,69	1,116	0,821	0,848	0,947	0,697
0,70	1,120	0,837	0,851	0,953	0,713
0,71	1,123	0,853	0,855	0,960	0,729

0,72	1,126	0,868	0,858	0,966	0,745
0,73	1,129	0,883	0,861	0,972	0,761
0,74	1,131	0,898	0,865	0,979	0,776
0,75	1,133	0,912	0,869	0,984	0,792
0,76	1,135	0,926	0,872	0,990	0,807
0,77	1,137	0,939	0,876	0,996	0,823
0,78	1,138	0,953	0,880	1,001	0,838
0,79	1,139	0,965	0,883	1,006	0,853
0,80	1,140	0,977	0,887	1,011	0,867

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/162/1/CD-0178.pdf>

4.1.3 Cálculos hidráulicos del alcantarillado sanitario

Datos Hidráulicos de la red

- El coeficiente de retorno tomado para el diseño, según el numeral 3.1.3 es de un 80 %.
- La dotación tomada para el diseño, según el numeral 3.1.7 es de un 75 lt/hab/día.
- El índice de crecimiento tomado para el diseño, según el numeral 3.1.2 es del 1 %.
- El periodo de diseño tomado para el cálculo de la red de alcantarillado, según el numeral 3.1.1 es de 20 años.
- La población que se determinó por medio de las encuestas socioeconómicas es de: 251 habitantes.
- La población futura de diseño que se determinó es de: 315 habitantes.

Resumen de Datos Hidráulicos

Tabla 9: Resumen de datos hidráulicos para el diseño.

Coeficiente de retorno.	80%
Dotación (lt/hab/día).	75
Índice de Crecimiento.	1%
Periodo de diseño.	20 años
Población de diseño.	251 hab.
Población Futura de diseño.	315 hab.

Fuente: Autores.

EL cálculo de caudales de diseño se encuentra en el ([Anexo 4](#)).

Los cálculos hidráulicos del alcantarillado sanitario se encuentran en el ([Anexo 5](#)).

4.2. Planta de tratamiento

El sistema de tratamiento para aguas residuales se diseña para eliminar microorganismos patógenos, DBO, sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas disueltas y trazas de metales pesados.

Se deberá seleccionar los diferentes sistemas existentes según la eficiencia de la misma y el presupuesto obtenido.

4.2.1. Aguas residuales

La FAO define las aguas residuales de la siguiente forma:

“Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales”.

Este tipo de aguas contienen sustancias fecales, orina y restos orgánicos, al no tener un correcto sistema de tratamiento de aguas residuales la población estará expuesta a graves enfermedades y problemas de contaminación; por lo que es de gran importancia diseñar y seleccionar un correcto sistema de tratamiento y evacuación de aguas residuales.

Características

Características físicas

Sólidos Totales.- Se define como toda materia que queda de residuo de evaporación de 103C° a 105C°, estos provienen de aguas de uso industrial, doméstico y de infiltración de pozos y aguas subterráneas.

Temperatura.- Es un parámetro muy importante ya que de este depende la velocidad de las reacciones químicas y en la aplicación del agua para usos útiles, al aumentar la temperatura aumentara la velocidad de las reacciones químicas, un gran aumento de temperatura puede ocasionar el crecimiento indeseado de hongos o de plantas acuáticas.

Color.- El agua residual reciente, frecuentemente es gris, sin embargo a medida que las bacterias descomponen la materia orgánica y el oxígeno, se reduce a cero, estas cambian el color a negro; en esta condición el agua residual es séptica.

Olor.- El olor de las aguas residuales se debe a la descomposición de la materia orgánica. Las aguas residuales recientes tienen un olor desagradable; pero es tolerable; el olor característico de las aguas residuales sépticas es el de sulfuro

Características químicas

Materia orgánica.- Están compuestas generalmente de carbono, hidrogeno y oxígeno, los principales grupos de sustancias orgánicas son proteínas, carbohidratos, grasas y aceites, la presencia de estos ha dificultado el tratamiento de las aguas residuales, ya que no pueden descomponerse biológicamente o lo hacen lentamente.

Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.).- Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos como bacterias, hongos y plancton utilizan para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.

Demanda química de oxígeno (D.Q.O.).- Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar la materia orgánica e inorgánica a través de un oxidante químico. Este ensayo se emplea para determinar el contenido de materia orgánica en las aguas residuales; por lo general el D.Q.O. de un agua es mayor al D.B.O., por tener mayor contenido de compuestos que pueden oxidarse por vía química; este ensayo puede determinarse aproximadamente en 3 horas.

Materia inorgánica.- Es la que no está constituida por carbono y no son elaboradas por los seres vivos, sino por la naturaleza. Este parámetro es de gran importancia

para establecer la calidad de agua; la concentración de este parámetro aumenta por la formación geológica con la que el agua esta en contacto y por las aguas residuales que se descarguen a ella.

PH.- Es el potencial de hidrógeno y nos indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. El agua residual proveniente del uso doméstico tiene un valor aproximado de 7 u 8, un valor alto de este parámetro nos indica que el agua es alcalina, y si es bajo indica que es ácida; en cualquiera de los casos son dañinos para las tuberías y otros equipos que puedan estar en contacto.

Alcalinidad.- Se define como la capacidad de una solución para neutralizar un ácido, esto se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, frecuentemente los efluentes tienden a ser alcalinos, lo que favorece dentro de ciertos límites los procesos bacterianos.

Cloruros.- Estos provienen de la disolución y rocas que están en contacto con el agua; la cantidad de cloruros por habitante es aproximadamente de 15 gr/día por lo que este valor se puede tomar como referencia para la concentración del efluente.

Nitrógeno.- En agua residual se encuentran principalmente en forma de urea o materia proteica, debido a la descomposición de la materia, estas formas sufren un cambio y se transforman en amoníaco, por lo que la edad del agua residual se podrá determinar por la cantidad de amoníaco existente.

Los nitratos son los encargados de sintetizar proteínas de algas y plantas; por esta razón es conveniente eliminar el nitrógeno presente para evitar el crecimiento no deseado de las plantas.

Compuestos tóxicos.- Son compuestos dañinos para la salud de los seres vivos. El cobre, plomo, boro y arsénico son compuestos muy tóxicos para los microorganismos, por esta razón este parámetro se debe considerar para el diseño de una planta de tratamiento biológica.

Metales pesados.- Principalmente se encuentran el plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro, níquel, manganeso, hierro y mercurio. Algunos de estos metales son esenciales para el crecimiento de organismos biológicos; sin embargo su alta concentración interfiere en diversos usos del agua por su toxicidad, por lo que debe medir y controlar su concentración.

Gases.- En aguas residuales se encuentran seis tipos de gases; los tres primeros se los encuentra libremente en la atmósfera y son los siguientes: nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico; los tres últimos provienen de la descomposición de la materia orgánica y son los siguientes: sulfuro de hidrógeno, amoníaco y metano.

Características biológicas.

Organismos coliformes.- Son microorganismos con una forma similar a la de una bacteria conocida como Escherichia Coli y se encuentran en los excrementos, cada persona evacua aproximadamente entre 10000 y 40000 coliformes por día; sin embargo estos no son dañinos para el hombre, al contrario ayudan a descomponer la materia orgánica en cualquier tratamiento biológico de aguas residuales.

Organismos patógenos.- Se define como toda identidad capaz de producir enfermedad a humanos, animales, etc. Los organismos patógenos son expulsados por los seres humanos que están afectados por alguna enfermedad; estos causan enfermedades gastrointestinales, fiebre tifoidea y diarrea.

Es difícil aislar los organismos patógenos de los coliformes; ya que los mismos son más numerosos y es más sencillo determinar, se utiliza este parámetro para comprobar la existencia de organismos patógenos en el agua residual.

4.2.2. Propuesta y selección del sistema

Sistema de depuración de aguas residuales

Caracterización de las aguas

La composición de las aguas residuales para el área del proyecto se ha determinado como de tipo doméstico en lo relativo a carga orgánica y microbiológica, teniendo estas ligeras variaciones dentro de una misma región, puesto que dependen básicamente de las dotaciones de agua, los hábitos alimenticios y las condiciones de salud de la población, factores que se presentan similares en una zona.

Los resultados obtenidos de las muestras de agua el día 25 de Agosto del 2014 en la comunidad de Taguán (Anexo 2) expresan una gran contaminación, por lo que no reflejan las verdaderas características de las aguas residuales adquiridas de los pozos sépticos de dicha comunidad. A continuación se muestran los resultados:

Tabla 10.

Valores promedio de la caracterización del agua residual.

Estudio para la comunidad de Taguán.

Parámetro	Unidad	Valor promedio
DBO	mg/l	588235
DQO	mg/l	1300000
Relación DQO/DBO	---	2.21
Coliformes fecales	NMP/100ml	$\geq 1.6 \text{ E}13$
Coliformes totales	NMP/100ml	$\geq 1.6 \text{ E}13$

Fuente: Autores.

Debido a la gran contaminación de las muestras de agua de la comunidad Taguán, se optó por obtener los resultados de una comunidad vecina con características similares

Los resultados fueron obtenidos el día 30 de agosto del 2014, los mismos pertenecían a la comunidad Ruizho de la parroquia de San Bartolomé (Anexo 3), sin embargo expresaron una contaminación muy baja, lo que nos hizo pensar que tampoco son representativas para la construcción de una planta de tratamiento. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 11.

Valores promedio de la caracterización del agua residual.

Estudio para la comunidad de Ruizho.

Muestra N°1

Parámetro	Unidad	Valor promedio
DBO	mg/l	17.6
DQO	mg/l	39
Relación DQO/DBO	---	2.21
Sólidos sedimentables	mg/l	1.5
Coliformes fecales	NMP/100ml	8.2 E6
Coliformes totales	NMP/100ml	1.4 E6

Fuente: Autores.

Tabla 12.

Valores promedio de la caracterización del agua residual.

Estudio para la comunidad de Ruizho.

Muestra N°2.

Parámetro	Unidad	Valor promedio
DBO	mg/l	19
DQO	mg/l	42
Relación DQO/DBO	---	2.21
Sólidos sedimentables	mg/l	4
Coliformes fecales	NMP/100ml	27 E4
Coliformes totales	NMP/100ml	79 E4

Fuente: Autores.

Basados en este criterio y en el hecho de que por las condiciones actuales del sector no se puede tomar una muestra representativa del tipo de aguas a ser tratado, se ha recopilado información de referencia para poder definir cuál es el tipo de tratamiento más adecuado para este caso. En la tabla 13 se puede observar los valores más representativos de la calidad del agua residual afluyente al sistema de lagunas de estabilización localizado en Ucubamba, y manejado por ETAPA en la ciudad de Cuenca, puesto que aquel representa las condiciones medias del agua residual generada en la ciudad y zonas periféricas. La información de los parámetros más relevantes se resume a continuación:

Tabla 13.

Valores promedio de la caracterización del agua residual

Al ingreso a las lagunas de estabilización de Ucubamba al año 2012

Parámetro	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	1.3 E7
Coliformes totales	NMP/100ml	3.7 E7

Fuente: ETAPA.

Complementariamente, y con el objeto de tener una mejor aproximación de los valores de cargas contaminantes, se incluye en la tabla 14 los valores de la caracterización promedio de las aguas residuales realizada para los “Estudios Definitivos de Drenaje y Saneamiento para Checa, Chiquintad, Sidcay y Sinincay” en el año 2005 por parte de ETAPA, por considerarse a estos centros poblados con características similares a las del proyecto.

Tabla 14.

Valores promedio de la caracterización del agua residual

Estudios para Checa, Chiquintad, Sidcay y Sinincay

Parámetro	Unidad	Valor promedio
DBO	mg/l	66
DQO	mg/l	119
Relación DQO/DBO	---	1.8
Sólidos en suspensión totales	mg/l	77
Sólidos sedimentables	mg/l	1.5
Coliformes fecales	NMP/100ml	5.8 E6
Coliformes totales	NMP/100ml	1.3 E7

Fuente: Consultpiedra.

De los datos obtenidos se puede observar que para centros poblados más alejados de la urbe se obtiene valores similares de cargas contaminantes pero con concentraciones menores a las obtenidas como media de la ciudad de Cuenca, la cual llega al sistema de lagunas de estabilización de Ucubamba. Por lo expuesto para el cálculo se tomará los valores promedios obtenidos en la ciudad de Cuenca, DBO 120 mg/l, SST 200 mg/l y Coliformes 4 E7 NMP/100 ml.

Criterios para el diseño del sistema de depuración

Parámetros de calidad a observarse en la depuración de agua residual

El objetivo primordial para la depuración del agua residual es evitar la contaminación de las aguas del cuerpo receptor de forma que puedan ser utilizadas con seguridad para las actividades benéficas que se verifican en la zona aguas abajo de los puntos de descarga.

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

- Incremento de materiales sólidos flotantes que desmejoran la calidad estética y paisajística
- Su contenido de materia orgánica (caracterizada por la demanda bioquímica de oxígeno: DBO), que al ser descargada origina la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua del cuerpo receptor, pudiendo en caso extremo afectar el normal desarrollo de la flora y fauna acuática. Es importante indicar que normalmente este problema no es de magnitud considerable debido al gran potencial de re aeración de las corrientes superficiales de montaña.
- Otro aspecto de importancia es evitar el riesgo microbiológico que tiene este tipo de aguas residuales puesto que a través del agua de la corriente en la que son descargadas, pueden transmitir una amplia variedad de enfermedades.

La legislación ambiental aplicable establece entre otros aspectos, los siguientes requerimientos de depuración mínima del agua residual a ser descargada en cuerpos hídricos superficiales:

Tabla 15.

Requisitos de depuración mínima del agua residual
a ser descargada en cuerpos de agua

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite permisible
Potencial Hidrógeno	PH	----	5-9
Grasas y aceites	Película visible	mg/l	0.3
Materia Flotante	Material visible	----	Ausencia
Sólidos suspendidos	-----	mg/l	100
Materia orgánica	DBO	mg/l	100
Coliformes fecales	NMP/100ml		Remoción mayor al 99.9%

Fuente: Legislación ambiental.

Criterios para la selección de la tecnología de tratamiento

Los criterios básicos para adopción de la tecnología de estos sistemas de tratamiento son:

- Obtener un elevado nivel de depuración sobre todo en el aspecto microbiológico.
- Que su operación sea lo más simple posible de manera que sea efectuada mayormente por los propios usuarios.

- Que los costos de construcción y fundamentalmente de operación sean mínimos, para asegurar su sostenibilidad.

Por las razones expuestas, se proponen sistemas que contemplen los siguientes procesos y unidades de tratamiento:

- Pretratamiento: pozo derivador de excesos y rejilla de desbaste.
- Tratamiento primario: decantación de sólidos sedimentables y flotantes en una fosa séptica de doble cámara.
- Tratamiento secundario: filtro biológico anaerobio de flujo vertical, para remoción de la materia orgánica suspendida y disuelta.
- Para facilidad de operación y minimizar el terreno requerido se ha optado por una configuración compacta, en donde las unidades se encuentran una a continuación de otra.

Diseño de las unidades de tratamiento

Fosa séptica

En una fosa séptica de doble cámara, el primer compartimiento se utiliza para la sedimentación, digestión del fango y almacenamiento de éste. El segundo compartimiento proporciona una sedimentación y capacidad de almacenamiento de fango adicional y, por tanto, sirve para proteger contra la descarga de fango u otro material que pueda escaparse de la primera cámara.

Determinación de volumen

De acuerdo a la Norma Brasileña NB-41 / 81, el volumen útil puede ser determinado utilizando la siguiente fórmula:

$$V = 1.30 * N * (C * T + 100 * L_f)$$

DATOS DE DISEÑO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Número de habitantes	N	hab.	315
Producción aguas residuales por persona	C	lt/hab*día	120.00
Producción aguas residuales TOTAL	C_T	lt/día	37,800
Tiempo de retención adoptado	T	días	0.50
Contribución de lodos frescos	L_f	lt/hab*día	1.00
Relación Largo/ancho	L/b	adim.	3.00
Profundidad del tanque	h	m	2.00
Altura libre	hs	m	0.30

$$V = 1,30 * 315 * (120 * 0.5 + 100 * 1)$$

$$V = 98,280 \text{ Lts}$$

$$V = 98,28 \text{ m}^3$$

DIMENSIONES MÍNIMAS DE LA FOSA	
Ancho interno mínimo	$b = 0,80\text{m}$
Profundidad útil mínima	$h = 1,20\text{m}$
Relación:	$2 \leq L/b \leq 4$
El ancho interno no debe ser mayor que 2 veces la profundidad útil	
El ancho de cámara	$b \leq L$
La relación de las longitudes de la cámara	
	$L_1 = 2/3 * L$ Cámara No.1
	$L_2 = 1/3 * L$ Cámara No.2
El orificio para el paso de las dos cámaras deben estar ubicado a $2/3 h$	
Los bordes superiores de estos orificios deben ser localizados a una distancia de 0.30m por debajo de la superficie del líquido	
El área de la sección transversal del orificio debe ser estar entre 5 y 10% de la sección transversal útil.	

DIMENSIONES DE LA FOSA

VOLUMEN m ³	ANCHO M	LARGO M	PROFUNDIDAD m	VOLUMEN REAL
98.28	4.00	12.00	2.00	96.00

Longitudes de las cámaras:

$$L1 = 2/3 * L \quad 8.00 \text{ m}$$

$$L2 = 1/3 * L \quad 4.00 \text{ m}$$

Orificio para el paso de las 2 cámaras:

$$2/3 * h = 1.30 \text{ m}$$

Área de la sección transversal del orificio: 10.00%

$$At = 0.80 \text{ m}^2$$

$$a = 0.30 \text{ m}$$

$$b = 2.67 \text{ m}$$

Eficiencia de remoción

La eficiencia de remoción de DBO y CF en esta unidad se asume en un 70.00%

Los sólidos suspendidos prácticamente se mantienen.

Parámetros medios de la calidad del agua residual

PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR AFLUENTE	VALOR EFLUENTE
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/lt	120.00	36.00
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/lt	200.00	200.00
Coliformes Fecales	CF	Cf/100ml	4.00E+07	1.20E+07

Filtro anaerobio de flujo ascensional

El filtro anaerobio está constituido por un tanque, relleno de un medio sólido para soporte del crecimiento biológico anaerobio. El agua residual es puesta en contacto con el crecimiento bacteriano anaerobio adherido al medio, las bacterias son retenidas en el medio y salen en el efluente.

Este sistema de tratamiento es sencillo de mantener porque la biomasa permanece como una película microbiana adherida, y como el flujo es ascensional el riesgo de taponamiento es mínimo.

Este filtro usa como medio de soporte de crecimiento: piedras, anillos de plástico, colocados al azar. La mayor parte de la biomasa se acumula en los vacíos intersticiales existentes entre el medio.

El medio permanece sumergido en el agua residual, permitiendo una concentración de biomasa alta y un efluente clarificado.

DATOS DE DISEÑO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Número de aportantes	N	hab.	315
Carga orgánica por habitante	Co	grDBO/día	30.00
Carga orgánica volumétrica	Lv	kgDBO/m ³ x día	0.10
Altura del medio filtrante	h _m	m	1.20

La carga volumétrica (L_v) está en el rango de 0,10 a 0,50 KgDBO/m³x día.

La altura del lecho varía de 0,80 a 1,20m

Carga orgánica del afluente

$$L = N * Co$$

$$L = (315 * 30) / 1000 = 9.45 \text{ KgDBO/día}$$

Volumen del filtro anaerobio

$$V = \frac{L}{L_v}$$

- V = Volumen del filtro anaerobio. m³
- L = Carga orgánica afluyente. KgDBO/día
- L_v = Carga orgánica volumétrica. KgDBO/m³xdía

$$V = \frac{9.45}{0.10}$$

$$V = 94.5 \text{ m}^3$$

VOLUMEN NECESARIO m ³	h PROFUNDIDAD m	A AREA m ²	AREA ESTANDAR m ²
94.50	1.20	78.75	80.00

El área estándar constituye el área del tanque tipo de ferrocemento.

El material granular a emplearse será grava triturada de tamaño efectivo entre 3/4" a 1,50".

El diámetro del tanque estándar debe estar en función del área del lecho bacteriano.

VOLUMEN m ³	TANQUE		CÚPULA			PARED
	diámetro (m)	altura (m)	radio (m)	flecha (m)	espesor (cm)	espesor (cm)
100.00	7.30	2.50	6.50	1.12	2.80	5.20

El volumen estándar del tanque de ferrocemento es: 100.00 m³

La altura del tanque es MAYOR que la altura del lecho bacteriano más altura de seguridad (APROBADO).

Eficiencia de remoción

La eficiencia de remoción de DBO, SST y CF se encuentra alrededor del 80.00%.

PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	V.AFLUENTE	V.EFLUENTE
Demanda Bioquímica Oxígeno	DBO	mg/lt	36.00	7.20
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/lt	200.00	40.00
Coliformes Fecales	CF	cf/100ml	1.20E+07	2.40E+06

Recomendaciones

Se deberán realizar labores periódicas de limpieza de la rejilla de desbaste. Se ha considerado que la limpieza de la fosa séptica se realice cada 4 meses. Finalmente se puede observar que se espera conseguir una remoción del 90% de la carga contaminante del efluente, la cual puede mejorar realizando la descarga hacia el cuerpo receptor mediante un sistema de zanjas filtrantes, lo cual además actuaría como tratamiento terciario para la eliminación de patógenos.

CAPÍTULO 5

ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO

5.1. Análisis de precios unitarios

Se define precio unitario, al precio por unidad escogida; este dependerá del costo que se desee realizar, de esta forma se escogerá la unidad que cuantifique de mejor manera el mismo.

Esto permitirá comparar de una manera más fácil los costos de una misma cantidad de productos que tengan diferentes tamaños. Los precios unitarios están formados por costos directos y costos indirectos.

Costos directos.

Son aquellos que interfieren directamente en la ejecución del producto o el proyecto y están compuestos por los siguientes rubros:

- Materiales.
- Mano de obra.
- Equipo y herramientas.

Costos indirectos.

Se refiere a todos los gastos administrativos que genera un proyecto o participan en un proceso productivo, son costos que no están presentes en el producto o proyecto final sin embargo son necesarios para su ejecución.

Los análisis de precios unitarios se encuentran en el (Anexo 6).

5.2. Presupuesto y cronograma valorado

El presupuesto (Anexo 7) es una aproximación estimada de lo que realmente va a costar el proyecto.

El Cronograma Valorado (Anexo 9) consiste en el tiempo aproximado en el que se va a realizar cada una de las actividades.

5.3 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas (Anexo 8) fueron otorgadas por el Municipio Descentralizado del Sígsig.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Debido a la falta de un sistema de alcantarillado en la comunidad de Taguan en el cantón Sígsig, la población se ve expuesta a la aparición de enfermedades de origen hídrico, por lo que es necesario el diseño de un sistema de alcantarillado que mejore la calidad de vida de su población, aspiración que como se pudo observar de las visitas de campo y elaboración de encuestas socio económicas corresponde a la mayoría de habitantes de la comunidad.
- Se ha diseñado el sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales apegados a las normas establecidas por la INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), acogiendo algunos criterios técnicos de entidades locales (ETAPA) y respetando las especificaciones técnicas otorgadas por el Municipio del Sígsig.
- Los resultados obtenidos en la caracterización de las aguas residuales de los pozos sépticos en la comunidad evidencia el mal manejo de los mismos, así como su falta de mantenimiento, criterio que refuerza la necesidad de la construcción del proyecto diseñado.
- El documento elaborado contiene la memoria técnica con los criterios utilizados, los planos completos (Anexo 10) de los colectores y planta de tratamiento, especificaciones técnicas y presupuestos, con lo cual la comunidad contará con toda la documentación técnica necesaria para poder viabilizar la construcción del proyecto.

Recomendaciones

- Se recomienda que en el momento de ejecutar el proyecto, se tome en consideración todos los criterios utilizados en el diseño con el fin de evitar posibles inconvenientes durante la construcción del mismo.
- Realizar un mantenimiento adecuado de la red de alcantarillado y con mayor énfasis en la planta de tratamiento para cumplir su periodo de vida.
- Respetar el periodo de vida propuesto en el diseño, ya que en 20 años se deberá realizar una evaluación física e hidráulica para un rediseño, dependiendo del índice poblacional existente.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas

- **INEN 5.** (2000). Normas de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de excretas y residuos líquidos.
- **INEN 5.** (2000). Normas de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de excretas y residuos líquidos. Parte 9.2, V Parte, Numeral 4.2.4; Numeral 4.3.1, TABLA 5.2; Numeral 4.4.1, TABLA 5.3; Numeral 5.2.1.3, TABLA 7.1.
- **RAMÍREZ Flores, C.** (2010). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Capulispamba y Barrio Alegría del Cantón Mocha Provincia de Tungurahua.* (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato
- **IEOS.** (1983). Normas para estudio y diseño de Sistemas de Alcantarillado; 403 Págs.
- **MUNICIPIO DEL SÍGSIG.** Especificaciones Técnicas.
- **ETAPA.** Consultoría (Evaluación de la Tratabilidad de las aguas residuales).
- **CONSULTPIEDRA.** (Estudios Definitivos de Drenaje y Saneamiento para Checa, Chiquintad, Sidcay y Sinincay).
- **ODEPLAN,** (2002). Oficina de Planificación de la Presidencia de la República.
- **LEGISLACIÓN AMBIENTAL.** Tomo V: Control de la Contaminación Ambiental, Anexo No. 1: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, Tabla 12: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Referencias Electrónicas

- **BECERRA** Vallejo, D. (2009). *Diseño del nuevo sistema de alcantarillado sanitario para la parroquia el Altar, Cantón Penipe, Provincia de Chimborazo*. (Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Ejército). Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/97313018/43/CAUDAL-DE-INFILTRACION>.
- **GÓMEZ** Gavilanes, J, (2006). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad de "Huaycopungo"*. (Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/162/1/CD-0178.pdf>
- **LUNA** Peinado, D. (1987). *Diseño Preliminar de una planta de tratamiento para aguas negras en la ciudad de Hermosillo Sonora*. (Tesis de Pregrado, Escuela de Ciencias Químicas). Recuperado de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/895/Capitulo3.pdf>
- **ETAPA**. Proyecto de los planes maestros de agua potable y saneamiento II Fase, http://www.etapa.net.ec/planesmaestros/bib_uep_etapaII/OBR_E2-AL-G2/Especificaciones%20Tecnicas%20Alcantarillados.pdf
- **MÉNDEZ** Flores, S. (2011). *Diseño del alcantarillado sanitario, pluvial y tratamiento de aguas servidas de la Urbanización San Emilio*. (Tesis de Pregrado, Universidad San Francisco de Quito). Recuperado de [http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/3/98100%20\(Tesis\).pdf](http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/3/98100%20(Tesis).pdf)
- **COMISIÓN NACIONAL DE AGUAS**. (2009). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 Col. Jardines de la Montaña, C.P 14210. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>

- **MONTERO, J.** (2010). *Diseño del alcantarillado combinado para la Urbanización Sawgrass*. (Tesis de Pregrado, Universidad San Francisco de Quito). Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/757/2/99438%20%28Tesis%29.pdf>