

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO E INGENIERA CIVIL**

**TEMA:
“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES Y ALTERNATIVA PARA TRATAMIENTO DE
AGUA CRUDA PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO, PARROQUIA
SAN JUAN, CANTÓN RIOBAMBA”.**

**AUTORES:
ANTHONY DAVID GUAÑUNA HEREDIA
BETY ELIZABETH INGA SINALUISA**

**TUTOR:
BYRON ANDRÉS HEREDIA HIDALGO**

Quito, marzo de 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Bety Elizabeth Inga Sinaluisa y Anthony David Guañuna Heredia, con documentos de identificación N° 060615581-0 y N° 175341112-1, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ALTERNATIVA PARA TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO, PARROQUIA SAN JUAN, CANTÓN RIOBAMBA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera e Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, marzo de 2021.



Bety Elizabeth Inga Sinaluisa

060615581-0



Anthony David Guañuna Heredia

175341112-1

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación denominado “DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ALTERNATIVA PARA TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO, PARROQUIA SAN JUAN, CANTÓN RIOBAMBA”, realizado por los estudiantes Bety Elizabeth Inga Sinaluisa y Anthony David Guañuna Heredia, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, marzo de 2021.



Byron Andrés Heredia Hidalgo
C.I.:1719147066

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres por darme la vida que tengo y la perseverancia necesaria para cumplir todos los obstáculos que se presentaron les dedico todo mi esfuerzo para para culminar mi tesis.

A mis hermanos por darme su amor incondicional y apoyarme con consejos para seguir adelante.

Por último y no menos importante a mis Abuelitos + quienes me dieron la dicha de tener a los mejores padres del mundo, enseñándolos a ser humildes y a luchar a diario para cumplir sus sueños desde el cielo sé que me bendijeron siempre los amo.

Bety Elizabeth Inga Sinaluisa

AGRADECIMIENTO

A Dios por cuidarme y bendecirme durante toda mi vida.

A mis padres por darme su amor incondicional, guiarme y enseñarme a luchar en la vida, creyeron en mi capacidad para lograr esta meta, es por ustedes que soy la mujer y profesional que soy ahora los amo con toda mi vida.

A mis hermanos, por aconsejarme en todo momento y apoyarme sin condiciones a cumplir este sueño.

A mis amigas y amigos que conocí a lo largo de mi vida universitaria, quienes me aceptaron tal como soy, y fueron mi compañía al no poder tener cerca a mi familia, a mi amigo de tesis quien se embarcó en este proyecto para juntos cumplir con este sueño de ser Ingenieros Civiles.

Bety Elizabeth Inga Sinaluisa

DEDICATORIA

Principalmente a mis padres Mercedes y Jaime, porque fueron quienes me dieron consejos y me brindaron apoyo incondicional a pesar de los altibajos en el transcurso de la carrera.

También a mis hermanos Fabricio y Abigail, para darles el ejemplo de que con esfuerzo se puede lograr lo que nos proponemos.

A mi abuelito Pedro, qué desde algún lugar del universo, sé que estará orgulloso por este logro.

Anthony David Guañuna Heredia

AGRADECIMIENTO

A mis padres Mercedes y Jaime, por ser el cimiento de todos los sueños que me he propuesto lograr y muchas gracias a su amor, confianza y motivación diaria estoy cumpliendo mis sueños.

A mi hermano Fabricio, por ser mi compañero de habitación y ser el testigo del gran esfuerzo que puse para lograr alcanzar mi meta.

A mi amiga Elizabeth, por ser mi acompañante en el desarrollo y culminación de la tesis.

A mis amigos, quienes de alguna manera sentí su apoyo y ayuda en momentos duros de la carrera.

A los docentes y especialmente a mi tutor Ing. Byron Andrés Heredia Hidalgo, quien compartió sus consejos y sabiduría para que esta tesis haya culminado de la mejor manera.

Anthony David Guañuna Heredia

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Planteamiento del problema.....	2
1.4. Justificación e importancia.....	2
1.5. Línea base.....	9
1.6. Objetivos	9
1.6.1. Objetivo General.....	9
1.6.2. Objetivos Específicos	10
CAPÍTULO II.....	11
ASPECTOS GENERALES	11
2.1. Aspectos Físicos.....	11
2.1.1. Ubicación del proyecto	11
2.1.2. Área de estudio	12
2.1.3. Descripción física-geográfica de la zona del proyecto	12
2.1.3.1. Relieve y Topografía.	12
2.1.3.2. Geología del suelo.....	14
2.1.3.3. Tipo de suelo.	16
2.1.3.4. Distribución del uso del suelo.	17
2.2. Aspectos Naturales.....	19

2.2.1.	Características climáticas.....	19
2.2.2.	Recursos hídricos.....	20
2.3.	Descripción de la situación actual.....	21
2.3.1.	Población	21
2.3.2.	Educación.....	29
2.3.3.	Salud	29
2.3.4.	Aspecto económico.....	29
CAPÍTULO III		30
BASES DEL DISEÑO.....		30
3.1.	Alternativas de tratamiento del agua cruda.....	30
3.1.1.	Parámetros de diseño	30
3.1.1.1.	Calidad del agua cruda.....	30
3.1.2.	Procesos de tratamiento de agua cruda.....	33
3.1.2.1.	Desinfección.....	33
3.1.2.1.1.	Cantidad de hipoclorito de calcio.....	33
3.2.	Sistema de alcantarillado.....	35
3.2.1.	Parámetros de diseño	36
3.2.1.1.	Periodo de diseño.....	36
3.2.1.2.	Población futura.....	36
3.2.2.	Densidad poblacional.....	38
3.2.2.1.	Densidad poblacional actual.....	39
3.2.2.2.	Densidad poblacional futura.....	39

3.2.3.	Dotación.....	40
3.2.4.	Área de aportación.....	42
3.2.4.1.	Red carretera Guaranda – Riobamba.....	43
3.2.4.2.	Red hacia la U.E. Chimborazo.	44
3.2.4.3.	Red camino vecinal Chimborazo.	45
3.2.4.4.	Red camino público la Y.....	46
3.2.5.	Caudales residuales.....	46
3.2.5.1.	Caudal doméstico.	46
3.2.5.1.1.	Coeficiente de retorno (R).	47
3.2.5.1.2.	Coeficiente de simultaneidad (M).	47
3.2.5.2.	Caudal Institucional.....	49
3.2.5.3.	Caudal de infiltración.	51
3.2.5.4.	Caudal erradas.	52
3.2.6.	Caudal sanitario de diseño.....	53
3.2.7.	Condiciones Hidráulicas.....	54
3.3.	Planta de tratamiento de aguas residuales.....	57
3.3.1.	Caudal de diseño.....	57
3.3.2.	Procesos de tratamiento de aguas residuales.....	57
3.3.2.1.	Tratamiento preliminar.....	57
3.3.2.2.	Tratamiento primario.....	57
3.3.2.3.	Tratamiento secundario.	58
3.3.2.4.	Proceso de desinfección.	58

3.3.2.4.1. Cloración.....	58
CAPÍTULO IV	59
CÁLCULOS Y DISEÑO	59
4.1. Alternativa de tratamiento de agua cruda.....	59
4.1.1. Descripción de la alternativa.....	59
4.1.1.1. Volumen del tanque.	59
4.1.1.2. Tiempo de contacto.	60
4.1.1.3. pH.	60
4.1.1.4. Concentración de hipoclorito.	61
4.1.1.5. Peso del hipoclorito de calcio.....	61
4.2. Sistema de alcantarillado.....	62
4.2.1. Descripción del sistema	62
4.2.2. Consideraciones de diseño.....	63
4.2.2.1. Trazado de la red.	63
4.2.2.2. Pozo de Registro.....	64
4.2.2.3. Conexiones domiciliarias.	65
4.2.2.4. Cruce de Canales / Acequias / Alcantarillados/ Puentes.	66
4.2.3. Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.....	70
4.2.3.1. Datos de diseño.	72
4.2.3.2. Datos de Ingreso a la hoja de Excel.	72
4.2.4. Diseño de los pozos de Revisión (Pozo tipo B1).....	81
4.2.5. Diseño de estación de bombeo de aguas residuales.....	84

4.2.5.1.	Caudal de descarga en el tanque de almacenamiento.....	84
4.2.5.2.	Análisis de flujo en la tubería de impulsión.....	85
4.2.5.2.1.	Selección de bomba.....	85
4.2.5.2.3.	Curva másica de volúmenes.....	95
4.2.5.2.4.	Dimensionamiento del tanque.....	97
4.2.5.2.5.	Análisis de bombeo.....	98
4.3.	Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	107
4.3.1.	Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	107
4.3.2.	Consideraciones de diseño.....	108
4.3.3.	Diseño hidráulico y dimensionamiento de la planta.....	108
4.3.3.1.	Canal de acercamiento con rejilla.....	108
4.3.3.1.1.	Disipador de la caída del emisario al canal.....	113
4.3.3.1.2.	Diseño de la rejilla.....	116
4.3.3.2.	Desarenador.....	119
4.3.3.2.1.	Cámara de salida.....	127
4.3.3.2.2.	Cámara de entrada.....	129
4.3.3.2.3.	Almacenamiento de lodos.....	131
4.3.3.3.	Tanque Imhoff.....	133
4.3.3.3.1.	Cámara de sedimentación.....	136
4.3.3.3.2.	Cámara de digestión.....	140
4.3.3.4.	Lecho de secado de lodos.....	144
4.3.3.5.	Filtro de flujo descendente.....	147

4.3.3.6. Tanque de desinfección.....	148
4.3.3.7. Alternativas de descarga del caudal tratado.....	149
CAPÍTULO V.....	151
IMPACTO AMBIENTAL.....	151
5.1. Generalidades.....	151
5.2. Impactos positivos.....	151
5.3. Impactos negativos.....	152
5.4. Matriz de Leopold.....	153
5.5. Medidas de mitigación.....	158
CAPÍTULO VI.....	160
PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA.....	160
6.1. Presupuesto referencial.....	160
6.2. Cronograma.....	166
CONCLUSIONES.....	167
RECOMENDACIONES.....	170
REFERENCIAS.....	171
ANEXOS.....	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	3
Tabla 2.....	8
Tabla 3.....	9
Tabla 4.....	12
Tabla 5.....	13
Tabla 6.....	13
Tabla 7.....	15
Tabla 8.....	18
Tabla 9.....	24
Tabla 10.....	27
Tabla 11.....	29
Tabla 12.....	30
Tabla 13.....	31
Tabla 14.....	32
Tabla 15.....	32
Tabla 16.....	37
Tabla 17.....	38
Tabla 18.....	39
Tabla 19.....	40
Tabla 20.....	41
Tabla 21.....	42
Tabla 22.....	43
Tabla 23.....	44
Tabla 24.....	45

Tabla 25.....	46
Tabla 26.....	47
Tabla 27.....	49
Tabla 28.....	50
Tabla 29.....	50
Tabla 30.....	51
Tabla 31.....	52
Tabla 32.....	52
Tabla 33.....	53
Tabla 34.....	54
Tabla 35.....	55
Tabla 36.....	60
Tabla 37.....	71
Tabla 38.....	82
Tabla 39.....	85
Tabla 40.....	87
Tabla 41.....	89
Tabla 42.....	91
Tabla 43.....	96
Tabla 44.....	98
Tabla 45.....	103
Tabla 46.....	109
Tabla 47.....	123
Tabla 48.....	141
Tabla 49.....	146

Tabla 50.....	153
Tabla 51.....	154
Tabla 52.....	155
Tabla 53.....	156
Tabla 54.....	158
Tabla 55.....	160
Tabla 56.....	166

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	2
Figura 2	4
Figura 3	5
Figura 4	6
Figura 5	7
Figura 6	11
Figura 7	14
Figura 8	16
Figura 9	17
Figura 10	19
Figura 11	20
Figura 12	21
Figura 13	22
Figura 14	22
Figura 15	23
Figura 16	56
Figura 17	57
Figura 18	66
Figura 19	67
Figura 20	67
Figura 21	68
Figura 22	68
Figura 23	69
Figura 24	69

Figura 25	70
Figura 26	82
Figura 27	83
Figura 28	83
Figura 29	86
Figura 30	93
Figura 31	93
Figura 32	96
Figura 33	97
Figura 34	97
Figura 35	98
Figura 36	99
Figura 37	99
Figura 38	100
Figura 39	101
Figura 40	101
Figura 41	101
Figura 42	102
Figura 43	102
Figura 44	103
Figura 45	105
Figura 46	106
Figura 47	107
Figura 48	113
Figura 49	120

Figura 50	120
Figura 51	127
Figura 52	129
Figura 53	131
Figura 54	134
Figura 55	136
Figura 56	140
Figura 57	149
Figura 58	150
Figura 59	154
Figura 60	157

RESUMEN

Este proyecto técnico está dirigido al diseño del sistema de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y alternativa de tratamiento del agua cruda de las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel, parroquia San Juan, cantón Riobamba. La problemática encontrada es no contar con agua apta para el consumo humano, también tienen pozos sépticos saturados y en su mayoría con descarga directamente al río.

Para la alternativa de tratamiento del agua cruda es necesario un sistema de desinfección, el cual obedece los parámetros de diseño recomendados en el TULAS y el IEOS; por su parte, el sistema de alcantarillado será únicamente sanitario ya que existen recolectores transversales de agua lluvia descargándose al río Chimborazo y Pasguazo; mediante el método geométrico se estima la población futura, con un período de diseño de 25 años para zonas rurales cumpliendo con los parámetros de diseño basados en normas y especificaciones técnicas vigentes en el país, teniendo así sistemas óptimos y eficientes.

Debido a la topografía, al no tener pendiente favorable existe un sistema de bombeo de aguas residuales, por otro lado, la planta de tratamiento consta de procesos primarios, secundarios y terciarios, los cuales dependen del caudal de diseño del proyecto, su descarga final tiene dos alternativas: para riego o descarga al río.

Además, el proyecto contempla un análisis de impacto ambiental que nos indica los parámetros de mitigación ambiental durante las etapas de ejecución del proyecto. Finalmente, se indica un presupuesto referencial que expone todos los costos de construcción incluido un cronograma de la obra.

Palabras clave: agua cruda, alcantarillado, planta de tratamiento, sistema de bombeo.

ABSTRACT

This technical project is aimed at the design of the sewage system, wastewater treatment and raw water treatment alternative of the communities of Chimborazo and Santa Isabel, San Juan parish, Riobamba canton. The problem found is not having water suitable for human consumption, they also have saturated septic wells and mostly discharged directly into the river.

For the raw water treatment alternative a disinfection system is required, which obeys the design parameters recommended in the TULAS and IEOS; for its part, the sewer system will be only sanitary as there are transverse rainwater collectors unloading into the Chimborazo and Pasguazo River; the geometric method estimates the future population, with a design period of 25 years for rural areas complying with the design parameters based on standards and technical specifications in force in the country, thus having optimal and efficient systems.

Due to the topography, because there is no favorable slope there is a wastewater pumping system, on the other hand, the treatment plant consists of primary, secondary and tertiary processes, which depend on the design flow of the project, its final discharge has two alternatives: for irrigation or discharge to the river.

In addition, the project provides for an environmental impact analysis that tells us the parameters of environmental mitigation during the implementation stages of the project. Finally, a reference budget is indicated that exposes all construction costs including a schedule of the work.

Keywords: raw water, sewer, treatment plant, pumping system.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. Introducción

Este proyecto técnico de titulación se basa en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas residuales y alternativa de tratamiento de agua cruda de las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel.

Debido al colapso de los pozos sépticos, por la incrementación de la población y el aumento de contaminación a ríos aledaños, las comunidades se ven en la necesidad de optar por un sistema de alcantarillado sanitario, para así mejorar su calidad de vida y del medio ambiente.

La Comunidad de Chimborazo al tener un sistema de agua cruda, necesita una alternativa para el mejoramiento de la calidad del agua.

Para tener una solución técnica y eficiente de cada uno de los sistemas mencionados, se realizan estudios que cumplan con las normas y especificaciones establecidas.

1.2. Antecedentes

El proyecto técnico de titulación está ubicado en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia San Juan, comunidades de Chimborazo y Santa Isabel.

El proyecto consiste en el diseño del sistema de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales para las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel, con una alternativa de tratamiento de agua cruda específicamente para la comunidad de Chimborazo, por lo tanto, con los diseños a realizar se brinda una mejor calidad de vida a las comunidades y al medio ambiente.

1.3. Planteamiento del problema

Partiendo de la solicitud de un sistema de alcantarillado emitida por parte de las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel al Gobierno Autónomo Descentralizado de Riobamba, durante la inspección, se observó que cada casa consta de un pozo séptico ya colapsado en su mayoría con descarga directa al río, por este motivo, es necesario un prediseño del alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento para la descarga final.

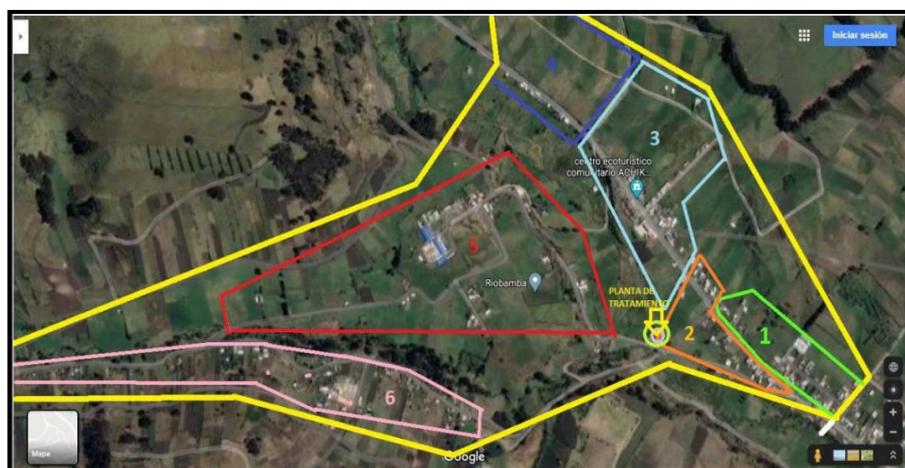
Por otro lado, al saber que el sistema de agua de la comunidad de Chimborazo es entubado, primeramente, se necesita un análisis del agua cruda para su posterior alternativa de tratamiento.

1.4. Justificación e importancia

Con la alternativa de tratamiento del agua cruda se va a beneficiar a 6 sectores de la comunidad, en la Figura 1, se representa su sectorización.

Figura 1

Sectorización de la Comunidad de Chimborazo.



Nota. La figura indica los sectores beneficiados del agua tratada. Elaborado por: Los autores a través del programa Google Earth Pro 2019.

En la Tabla 1, se identifica los nombres correspondientes a cada uno de los sectores indicados en la Figura 1.

Tabla 1

Sectores abastecidos de agua cruda.

Sector	Nombre
1	Santa Martha
2	la Y
3	Achik Ñan
4	Cordillera
5	Colegio
6	Central

Nota. Nombre de los sectores de la comunidad de Chimborazo.

Elaborado por: Los autores mediante encuestas.

Es de suma importancia el tratamiento del agua cruda, proveniente de las distintas vertientes que alimentan el sistema de distribución existente, mediante el cual se va a mejorar la calidad de vida de la población.

El proyecto cuenta con cuatro tomas de agua, la primera (cota piezométrica de 3450 msnm) es muy cercana al sector 1 (Santa Martha) con una distancia aproximada de 2 km entre la captación y el tanque de abastecimiento, el cual tiene dimensiones de 1,00 m x 1,30 m x 0,70 m, con tubería de entrada y salida $\varnothing = 50$ mm, el tanque lleva construido 8 años.

A continuación, se indica el tanque que abastece al sector de Santa Martha mostrada en la Figura 2.

Figura 2

Tanque rompe presiones (Toma de agua para el sector 1).



Elaborado por: Los autores.

La segunda (cota piezométrica de 3487 msnm) abastece al sector 2 (La Y), sector 3 (Achik Ñan) y sector 4 (Cordillera) con una distancia de 1 km entre la captación y el reservorio, donde el agua cruda es recolectada, con dimensiones 3.30 m x 5.40 m x 1.9 m, el cual tiene la tubería de entrada $\text{Ø} = 50 \text{ mm}$ y dos tuberías de salida $\text{Ø} = 30 \text{ mm}$ y $\text{Ø} = 50 \text{ mm}$, el tanque lleva construido 5 años.

A continuación, la Figura 3 indica el tanque que abastece al sector 2, 3 y 4.

Figura 3

Reservorio (Toma de agua para el sector 2, 3 y 4).



Elaborado por: Los autores.

La tercera abastece específicamente al sector 5 (Colegio), existe una distancia de 3 km entre la captación (cota piezométrica de 3696 msnm) y el reservorio (cota piezométrica de 3521 msnm), el cual tiene dimensiones de 3.40 m x 3.40 m x 2.30 m, con tubería de entrada de $\varnothing = 30$ mm y dos tuberías de salida de $\varnothing = 30$ mm, el tanque lleva construido 12 años.

A continuación, la Figura 4 nos indica el tanque que abastece al sector 5.

Figura 4

Reservorio (Toma de agua para el sector 5).



Elaborado por: Los autores.

La cuarta (cota piezométrica de 3516 msnm) abastece al sector 6 (Central), donde existe una distancia de 9 km entre la captación y el reservorio, la cual tiene dimensiones de 2.90 m x 3.90 m x 1.50 m, la tubería de entrada tiene $\varnothing = 15$ mm y de salida $\varnothing = 25$ mm, el tanque tiene ya un uso de 30 años.

A continuación, la Figura 5, indica el tanque que abastece al sector 6.

Figura 5

Reservorio (Toma de agua para el sector 6).



Elaborado por: Los autores.

El agua que se conduce desde los reservorios existentes, hacia el sistema de distribución no tiene un previo proceso de potabilización, por lo tanto, se necesita una alternativa de tratamiento del agua cruda para las distintas vertientes antes mencionadas.

El sistema de alcantarillado es de suma importancia para el desarrollo económico y social de las comunidades. Actualmente, existe una población mayor a 1000 habitantes y consta de tres instituciones educativas.

Se prevé un aumento poblacional, ya que las personas adultas han inculcado a los jóvenes a valorar los beneficios que ofrece el campo, como es la agricultura y ganadería, también, cuando migran a otra ciudad sea por educación o trabajo, ellos regresan a su lugar de origen, de la misma manera han logrado que el sector se proyecte como un potencial turístico, por su cercanía al nevado Chimborazo.

El área de estudio consta de distintos sectores, cada uno con diferentes usos de suelo (instituciones educativas, vivienda, agrícola y ganadera), donde se requiere del sistema de alcantarillado, en la Tabla 2 se identifica los sectores a beneficiarse.

Tabla 2

Sectores que necesitan del servicio de alcantarillado.

Sector	Nombre	Comunidad
1	Santa Martha	Chimborazo
2	la Y	Chimborazo
3	Achik Ñan	Chimborazo
4	Cordillera	Chimborazo
5	Colegio	Chimborazo
6	Central	Chimborazo
7	Santa Rosa Alta	Santa Isabel
8	Santa Rosa Baja	Santa Isabel

Nota. Nombre de los sectores beneficiados por el sistema de alcantarillado. Elaborado por: Los autores mediante encuestas.

Se incluye el sistema de alcantarillado para la comunidad de Santa Isabel al tener una topografía con pendientes favorables hacia la comunidad de Chimborazo, en el sector de Santa Rosa Bajo se ubica la planta de tratamiento que recolecta las descargas generadas por los sectores de la vía principal (Santa Martha, la Y, Cordillera, Achik Ñan, Santa Rosa Bajo) y el caudal que almacena el tanque de bombeo de los sectores del Colegio, Central, y Santa Rosa Alto.

El principal problema se centra en la adecuación y diseño del sistema de alcantarillado, pues es un servicio básico indispensable que requieren los moradores, también es importante que las aguas residuales tengan un tratamiento primario, secundario y terciario para su posible reutilización.

1.5. Línea base

Mediante la socialización con los habitantes de las comunidades se pudo identificar las diferentes problemáticas, por lo que podemos realizar la línea base para el presente proyecto, la cual se indica en la Tabla 3.

Tabla 3

Línea base del proyecto técnico.

Problema	Indicador	Fuente
Agua entubada	El 100% de la comunidad de Chimborazo tiene un sistema de agua entubada sin previo tratamiento.	Entrevista con los habitantes de la comunidad de Chimborazo.
Sistema de Alcantarillado	El 100% de las comunidades no cuentan con el servicio de alcantarillado. Actualmente, un 20% tienen pozos sépticos ya colapsados y un 80% con descargas directas al río.	Entrevistas con los habitantes de las comunidades.
Contaminación de ríos	Con el diseño del sistema de alcantarillado y la respectiva planta de tratamiento se desea disminuir la contaminación en un 100%.	Entrevista con los habitantes de las comunidades.

Nota. Indicadores de las problemáticas del proyecto. Elaborado por: Los autores.

1.6. Objetivos

1.6.1. *Objetivo General*

- Diseñar el Sistema de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y alternativa de tratamiento de agua cruda, tomando principalmente en consideración los parámetros de diseño vigentes en las normas establecidas por SENAGUA y EPMAPS.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información necesaria por parte del Gobierno Municipio de Riobamba en temas como topografía y demografía de la comunidad de Chimborazo.

- Realizar una propuesta y diseño del sistema de alcantarillado cumpliendo con las normativas vigentes.

- Realizar el prediseño de una alternativa para tratamiento de las aguas residuales domésticas antes de la descarga final.

- Realizar una alternativa para tratamiento de agua cruda de las distintas fuentes de abastecimiento.

- Dimensionar tanque de bombeo, en función de las variaciones horarios de consumo de los diferentes sectores.

- Realizar un presupuesto del proyecto referencial considerando los componentes dimensionados.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES

2.1. Aspectos Físicos

2.1.1. Ubicación del proyecto

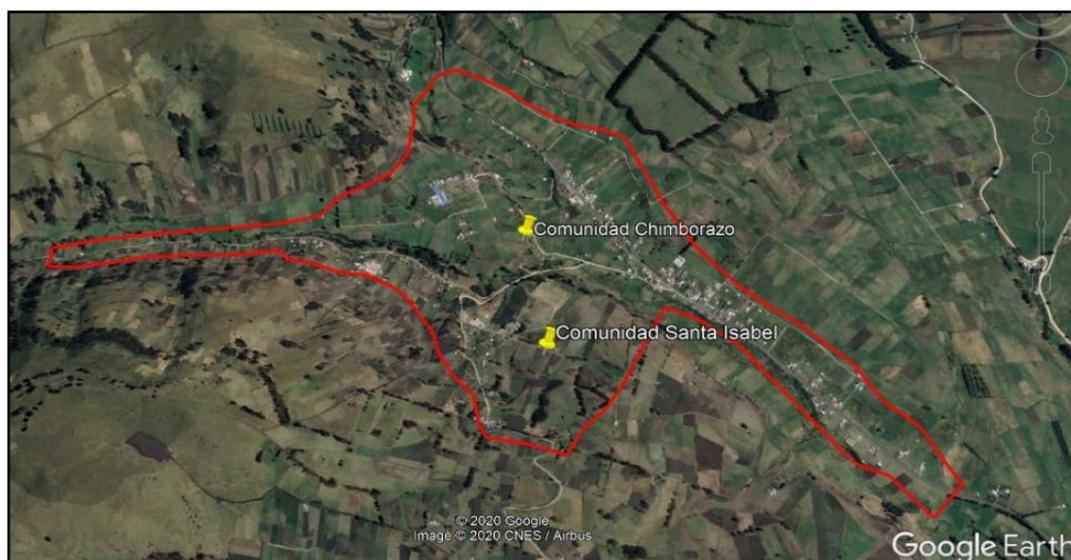
El proyecto se encuentra ubicado en las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel, parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, por tanto, sus límites son:

- Norte: Pulingui San Pablo, Chinigua.
- Sur: Pasguazo, Calera Grante, Shobol Llinlin.
- Este: Chinigua, Cooperativa Santa Teresita, Tambohuasha, La Delicia.
- Oeste: Ganquis.

En la Figura 6, se observa la ubicación y área del proyecto.

Figura 6

Ubicación comunidades Chimborazo y Santa Isabel.



Nota. En la figura se muestra en área del proyecto. Elaborado por: Los autores a través del programa Google Earth Pro 2019

En la Tabla 4 se presenta las coordenadas geográficas y UTM del proyecto.

Tabla 4

Ubicación geográfica y UTM del proyecto.

Coordenadas geográficas			
Punto	Longitud	Latitud	Cota (msnm)
Inicio	78°47'54,29''O	1°34'58,59''S	3540,10
Final	78°47'9,61''O	1°35'2,69''S	3383,50

Coordenadas UTM			
Punto	Sur	Este	Cota (msnm)
Inicio	9824836,74	744949,02	3540,10
Final	9824709,47	746330,48	3383,50

Nota. Localización exacta del proyecto. Elaborado por: Los autores a través del programa Google Earth Pro 2019.

2.1.2. Área de estudio

El área total del proyecto es de aproximadamente 135 hectáreas, donde se encuentran viviendas, lotes, instituciones, carretera, áreas de agricultura y ganadería.

Con el levantamiento topográfico realizado se obtiene las áreas de aportación de cada predio, con la cual se realiza el diseño del sistema de alcantarillado.

2.1.3. Descripción física-geográfica de la zona del proyecto

2.1.3.1. Relieve y Topografía.

El relieve es irregular formado por eventos volcánicos, también debido a las precipitaciones fluviales y los deshielos del nevado Chimborazo se formaron corrientes de agua (río Chimborazo) que atraviesan la parroquia de San Juan.

Las comunidades no poseían topografía, por tal motivo se realizó el levantamiento topográfico mediante la intervención del GAD Riobamba, donde se

colocó estaciones GPS, en la Tabla 5 se indica la ubicación de las coordenadas de cada una.

Tabla 5

Ubicación geográfica GPS, de la comunidad.

Coordenadas		
GPS	Este (X)	Sur (Y)
1	743521,52	9825366,07
2	744933,74	9824835,18
3	744826,21	9826075,05
4	746270,78	9824723,83

Nota. Coordenadas del proyecto. Fuente: Levantamiento topográfico.

Mediante la información del levantamiento topográfico se obtuvo la pendiente del área de estudio que se encuentra entre 1,61% - 22,86%.

Mediante la Tabla 6 se elige el tipo de relieve de las comunidades.

Tabla 6

Tipo de Relieve depende de la pendiente de San Juan

Descripción	Pendiente (%)
Abruptas, montañoso	> 70
Muy fuerte, escarpado	50 – 70
Fuertes, colinado	25 – 50
Irregular, moderadamente ondulado	12 – 25
Inclinación regular, suave o ligeramente ondulado	5 – 12
Plano o casi plano	0 - 5

Nota. Pendientes de la parroquia de San Juan. Fuente: PDYOT de San Juan.

Con el rango de pendiente de 1,61% - 22,86% tenemos un relieve plano o casi plano e irregular, moderadamente ondulado respectivamente en el proyecto.

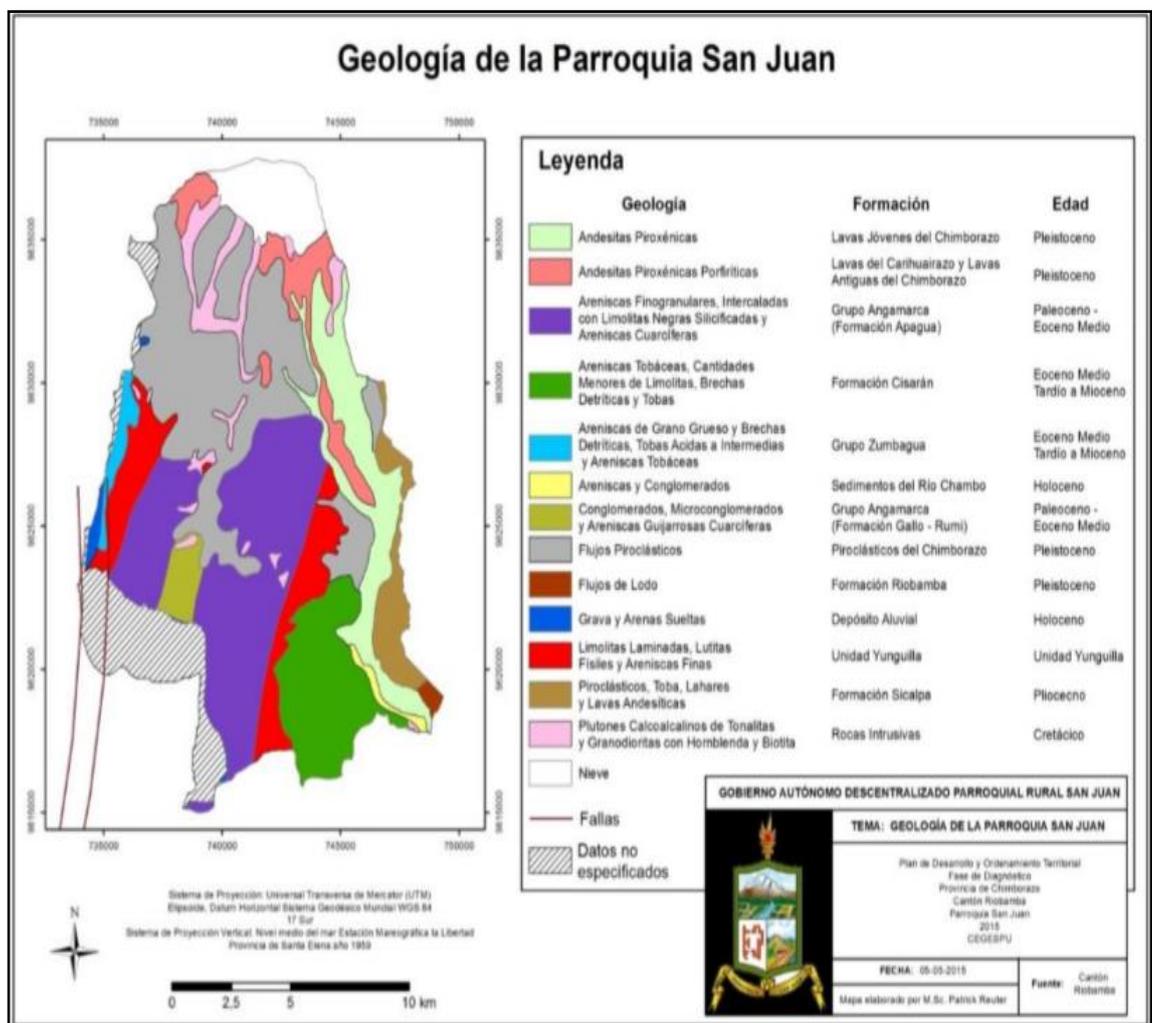
2.1.3.2. Geología del suelo.

Es la ciencia que estudia los cambios que han sucedido en los reinos orgánicos e inorgánicos en la naturaleza.

En la Figura 7, se identifica la geología de la parroquia de San Juan.

Figura 7

Geología de la parroquia San Juan



Nota. Mapa de la geología de San Juan. Fuente: PDYOT de San Juan.

Mediante el mapa geológico de la parroquia de San Juan Figura 7, se concluye la geología de las comunidades, indicada en la Tabla 7.

Tabla 7

Geología de las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel

Geología	Formación	Edad	Porcentaje (%)
Areniscas finogranulares, intercaladas con limolitas negras silicificadas y areniscas cuarcíferas.	Grupo Angamarca (Formación Apagua)	Paleoceno-Eoceno Medio	60
Flujo Piroclásticos.	Piroclásticos del Chimborazo	Pleistoceno	10
Limolitas laminadas, lutitas fisiles y areniscas finas.	Unidad Yunguilla	Unidad Yunguilla	10
Andesitas Piroxénicas.	Lavas jóvenes del Chimborazo.	Pleistoceno	10
Andesitas Piroxénicas Porfiriticas.	Lavas del Carihuairazo y lavas antiguas del Chimborazo.	Pleistoceno	5
Plutones calco alcalinos de tonalitas y granodioritas con homblenda y biotita.	Rocas Intrusivas	Cretácico	5

Nota. Características geológicas de las comunidades. Fuente: PDYOT de San Juan.

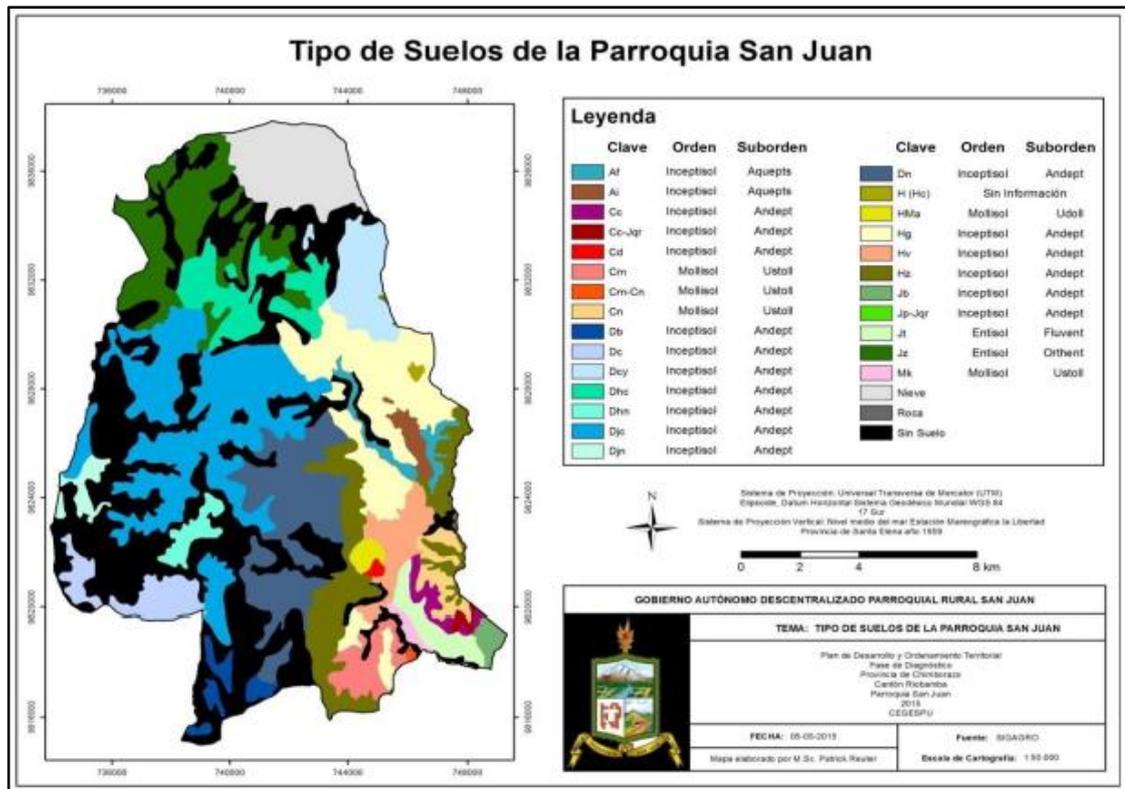
La geología que más predomina en el proyecto es arenisca finogranulares y cuarcíferas, intercaladas con limolitas negras silicificadas con un 60%.

2.1.3.3. Tipo de suelo.

Con el mapa del tipo de suelo de la parroquia de San Juan Figura 8, se puede identificar el tipo de suelo de la comunidad de Chimborazo y Santa Isabel.

Figura 8

Mapa del tipo de suelo de la parroquia San Juan.



Nota. Tipos de suelo existentes en la parroquia de San Juan. Fuente: PDYOT de San Juan.

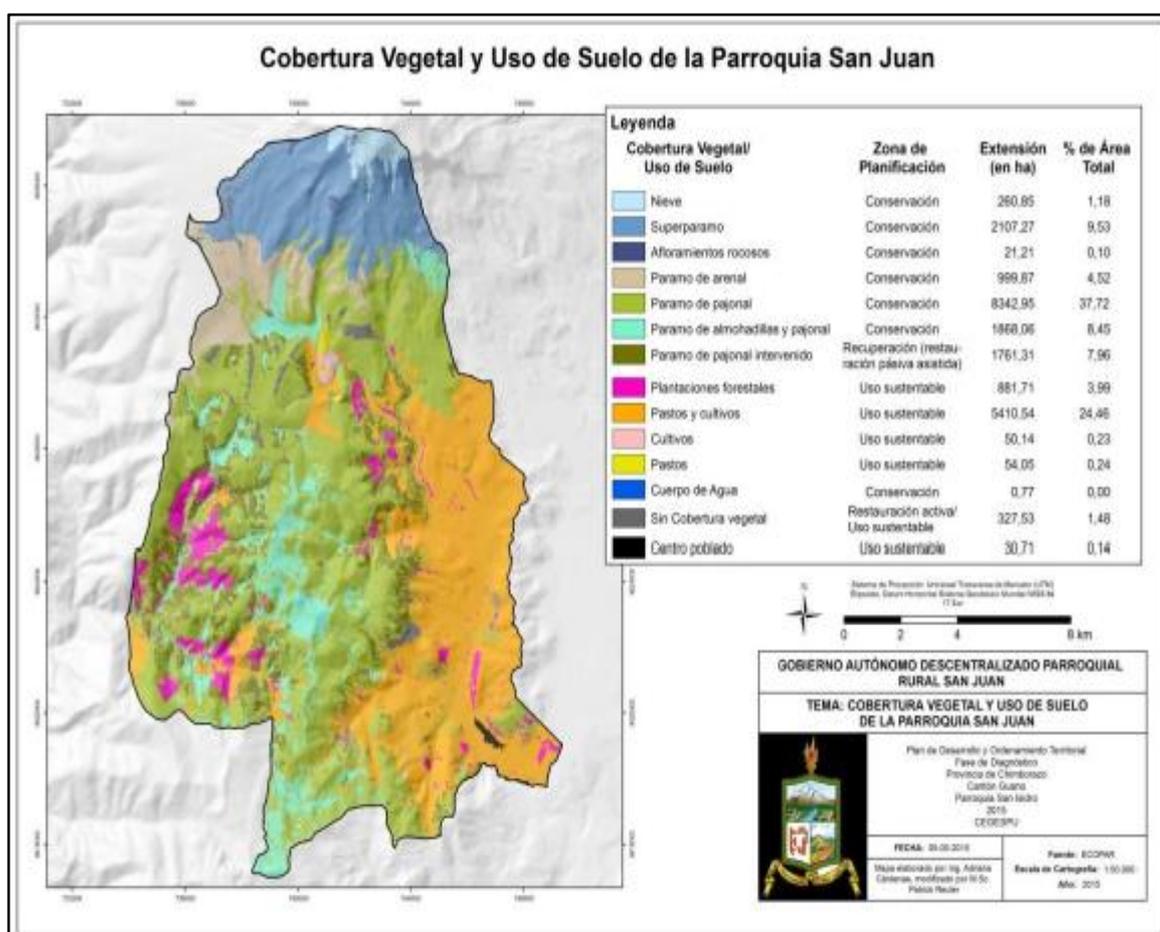
El suelo de las comunidades contiene materia orgánica negra, suave, untuosa, meteorizada con 30 a 40 cm de espesor. Mas abajo se puede ver suelo alofanico que contiene arena fina y media con presencia de limo, tiene una textura moderadamente gruesa en la mayor parte de la comunidad. (PDYOT, 2015-2019, pág. 60)

2.1.3.4. Distribución del uso del suelo.

Con el mapa de cobertura vegetal y uso de suelo de la parroquia de San Juan Figura 9, se puede identificar la distribución vegetal y uso de suelo de las comunidades.

Figura 9

Cobertura vegetal y uso de suelo de la parroquia San Juan.



Nota. Uso de suelo de la parroquia de San Juan. Fuente: PDYOT de San Juan.

Las comunidades tienen una cobertura de páramo de pajonal, pajonal intervenido y almohadilla, relicto de bosque de Quishuar, también existe plantaciones forestales, pastos y cultivos con usos en agricultura y ganadería.

Las edificaciones se encuentran dispersas y en algunos sectores algo consolidadas.

El área de las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel se encuentran distribuidos para los diferentes usos y ocupaciones de suelos que se indica a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8

Distribución del uso de suelo de las comunidades.

DESCRIPCIÓN	ÁREA (M²)
Viviendas	321700
Instituciones	28550
Carretera	40000
Agricultura y ganadería	959750
Área Total	1350000

Nota. Áreas según el uso de suelo en el proyecto. Fuente:
Levantamiento topográfico.

Infraestructura y servicios.

Las comunidades no cuentan con servicio de alcantarillado, ellos descargan las aguas servidas a pozos sépticos ya colapsados y la mayoría a los ríos aledaños.

Con referencia al agua cruda ellos no cuentan con agua potabilizada, cada sector tiene diferentes fuentes de abastecimiento de agua la cual necesita una alternativa de tratamiento.

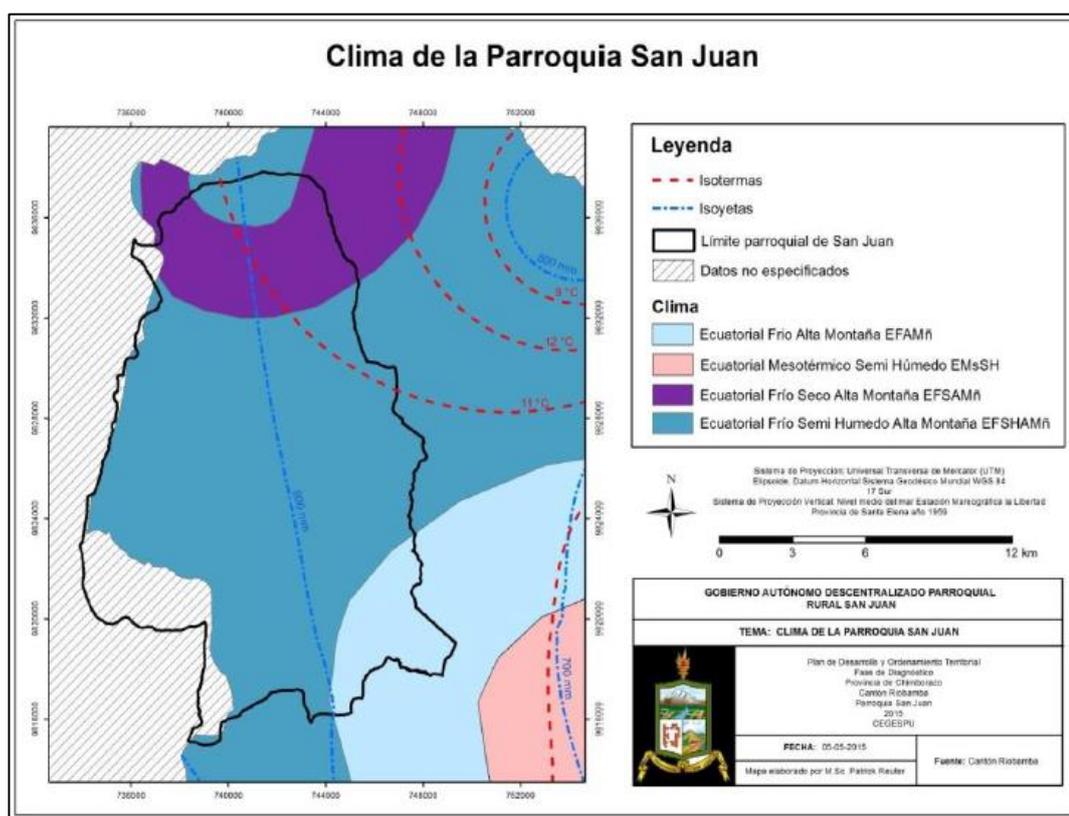
Cuentan con servicio de electricidad en toda el área del proyecto.

2.2. Aspectos Naturales

2.2.1. Características climáticas

Figura 10

Clima de la parroquia San Juan.



Nota. Climatología en la parroquia de San Juan. Fuente: PDYOT de San Juan.

Mediante la Figura 10 en la parroquia de San Juan existen 3 tipos de climas:

- ✓ Ecuatorial frio alta montaña
- ✓ Ecuatorial frio seco alta montaña
- ✓ Ecuatorial frio semi húmedo alta montaña

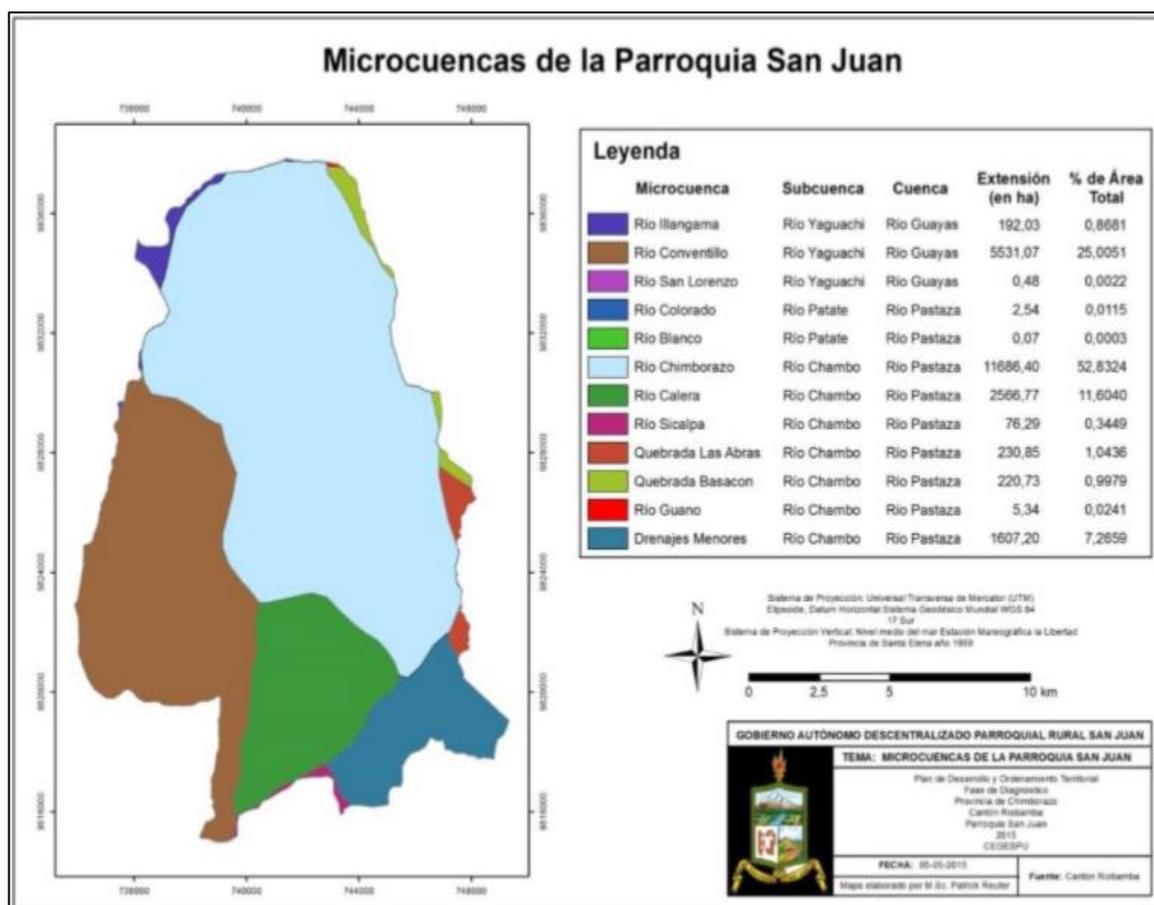
El más predomina dentro de la parroquia y en la comunidad es el Ecuatorial frio semi húmedo alta montaña, que se caracteriza por la variación del clima de acuerdo a la altitud, el cual es apto para la producción agrícola y ganadera. (PDYOT, 2015-2019, pág. 70)

La parroquia de San Juan presenta altitudes de 2000 a 3500 msnm con temperaturas que van desde los 12 a los 22 °C y una baja precipitación de 700 a 800 mm. (PDYOT, 2015-2019, pág. 71)

2.2.2. Recursos hídricos

Figura 11

Microcuencas de la parroquia San Juan.



Nota. Microcuencas existentes en la parroquia de San Juan. Fuente: PDYOT de San Juan.

Mediante la Figura 11 se especifica que las comunidades están dentro de la microcuenca que forma el río Chimborazo con una extensión de 11686,40 ha, siendo la cuenca más grande dentro de la parroquia San Juan.

2.3. Descripción de la situación actual

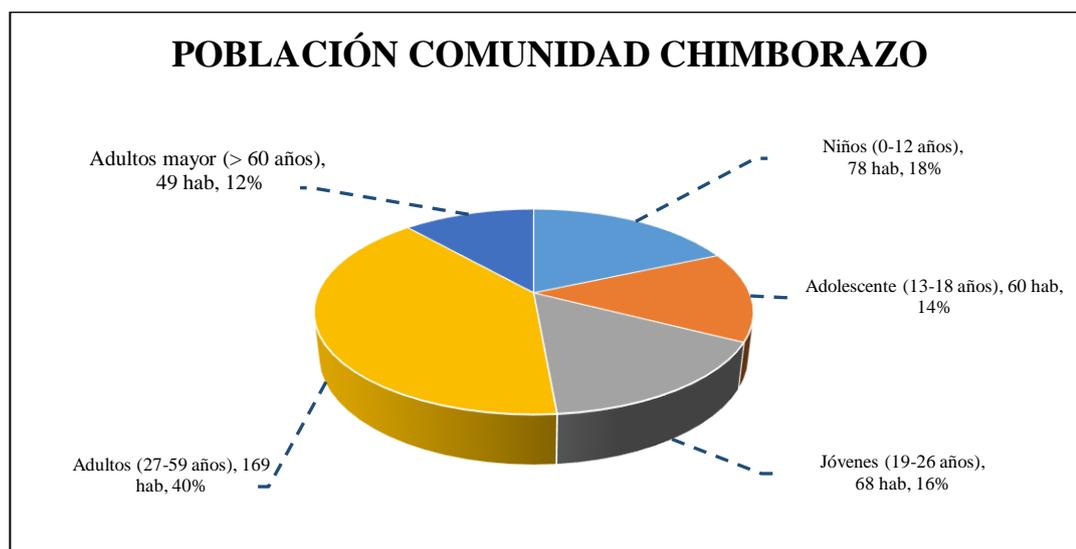
2.3.1. Población

La parroquia mantiene un crecimiento poblacional constante y que variables como la migración o la tasa de mortalidad no tienen mayor impacto en la población, no obstante, la parcelación de terrenos por la creación de minifundios impide un crecimiento poblacional aún mayor. La etnia predominante es indígena.

Se define a la población actual mediante una muestra de 172 encuestas, 108 a la comunidad de Chimborazo y 64 a la comunidad de Santa Isabel. En las siguientes Figuras 12 y 14 se observa los porcentajes generales.

Figura 12

Población de la Comunidad Chimborazo



Nota. Población de la comunidad de Chimborazo. Elaborado por: Los autores a partir de 108 muestras.

Mediante la Figura 12, la comunidad de Chimborazo tiene 424 habitantes, entre los cuales el 40% son adultos y el 12% es de adultos mayores.

Figura 13

Población de mujeres y hombres de Chimborazo.

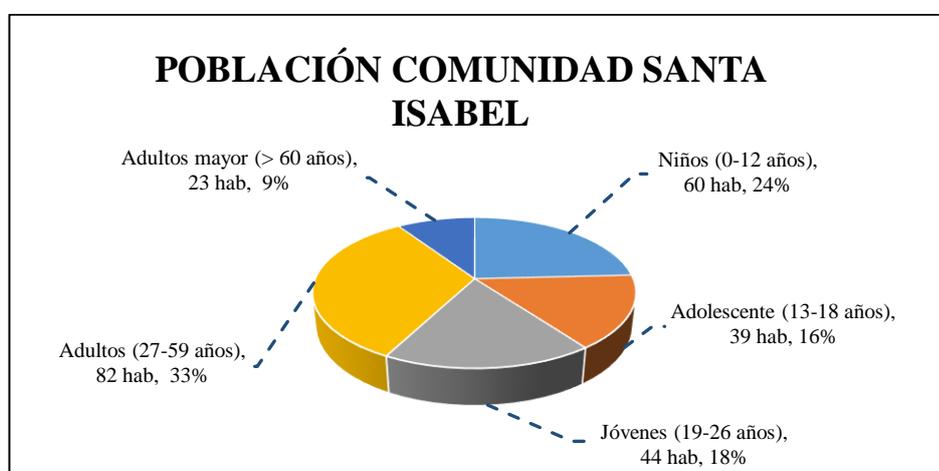


Nota. Porcentaje de hombres y mujeres de la comunidad de Chimborazo. Elaborado por: Los autores a partir de 108 muestras.

Mediante la Figura 13 se analiza la población entre mujeres y hombres, en el cual el 53% son hombres y el 47% son mujeres.

Figura 14

Población comunidad Santa Isabel.



Nota. Población de la comunidad de Santa Isabel. Elaborado por: Los autores a partir de 64 muestras.

Mediante la Figura 14 la comunidad de Santa Isabel tiene 248 habitantes, entre los cuales el 33% son adultos y el 9% son adultos mayores.

Figura 15

Población de mujeres y hombres de Santa Isabel.



Nota. Porcentaje de hombres y mujeres de la comunidad de Santa Isabel. Elaborado por: Los autores a partir de 64 muestras.

Mediante la Figura 15 se analiza la población entre mujeres y hombres donde el 54% son hombres y el 46% son mujeres.

Mediante la muestra de 108 casas que se tomó a la comunidad de Chimborazo, se determina el promedio de habitantes por casa que se indica en la Tabla 9.

Tabla 9*Cálculo de habitantes por casa de Chimborazo.*

Nº Encuesta	Sector	Total
1	Santa Martha	7
2	Santa Martha	6
3	La Y	5
4	La Y	2
5	Ajos Pamba - Iglesia	6
6	Colegio	7
7	Colegio	3
8	Colegio	6
9	La Y	8
10	Centro	2
11	Ajos Pamba - Iglesia	4
12	Centro	5
13	La Y	4
14	Cordillera Achik-Ñan	5
15	Ajos Pamba - Iglesia	3
16	Centro	1
17	Santa Martha	4
18	Santa Martha	7
19	Colegio	4
20	Cordillera Achik-Ñan	4
21	Cordillera Achik-Ñan	4
22	Llin Llin Huyku	8
23	Cordillera Achik-Ñan	4
24	Ajos Pamba - Iglesia	4
25	Colegio	6
26	Ajos Pamba - Iglesia	6
27	Cordillera Achik-Ñan	5
28	Queseriz	2
29	Ajos Pamba - Iglesia	2
30	Santa Martha	6
31	Cordillera Achik-Ñan	5
32	Colegio	5
33	La Y	6
34	Ajos Pamba - Iglesia	4
35	Ajos Pamba - Iglesia	3
36	Colegio	6
37	Milancawan	3
38	Cordillera Achik-Ñan	4
39	Cordillera Achik-Ñan	3

40	Cordillera Achik-Ñan	3
41	Cordillera Achik-Ñan	1
42	Cordillera Achik-Ñan	2
43	Santa Martha	2
44	Santa Martha	3
45	Ajos Pamba - Iglesia	1
46	Santa Martha	2
47	Santa Martha	3
48	Ajos Pamba - Iglesia	2
49	Cordillera Achik-Ñan	3
50	Colegio	6
51	La Y	3
52	Cordillera Achik-Ñan	4
53	Colegio	9
54	Cordillera Achik-Ñan	5
55	Ajos Pamba - Iglesia	6
56	Ajos Pamba - Iglesia	4
57	Ajos Pamba - Iglesia	3
58	Ajos Pamba - Iglesia	1
59	Cordillera Archik-Ña	3
60	Ajos Pamba - Iglesia	1
61	Colegio	2
62	Colegio	3
63	Ajos Pamba - Iglesia	5
64	Cordillera Achik-Ñan	3
65	Colegio	6
66	La Y	4
67	Cordillera Achik-Ñan	5
68	La Y	5
69	Cordillera Achik-Ñan	5
70	Colegio	3
71	La Y	5
72	Santa Martha	2
73	Colegio	4
74	Santa Martha	5
75	La Y	4
76	Cordillera Achik-Ñan	2
77	Cordillera Achik-Ñan	5
78	Santa Martha	8
79	Cordillera Achik-Ñan	2
80	Cordillera Achik-Ñan	5
81	La Y	3
82	Santa Martha	3
83	Santa Martha	3
84	La Y	3

85	Santa Martha	4
86	La Y	2
87	Cordillera Achik-Ñan	3
88	Santa Martha	4
89	Santa Martha	3
90	Cordillera Achik-Ñan	4
91	Cordillera Achik-Ñan	4
92	Colegio	5
93	Ajos Pamba - Iglesia	3
94	Ajos Pamba - Iglesia	2
95	La Y	6
96	Cordillera Achik-Ñan	2
97	Ajos Pamba - Iglesia	2
98	Cordillera Achik-Ñan	1
99	Colegio	3
100	Cordillera Achik-Ñan	5
101	Cordillera Achik-Ñan	2
102	Colegio	1
103	La Y	7
104	Cordillera Achik-Ñan	1
105	Ajos Pamba - Iglesia	4
106	Cordillera Achik-Ñan	3
107	Cordillera Achik-Ñan	5
108	La Y	7
Promedio de habitantes / casa		3,93

Nota. Promedio de habitante por casa de la comunidad de Chimborazo. Elaborado por: Los autores mediante encuestas.

En la comunidad de Chimborazo tenemos un $3,93 \approx 4$ hab/casa

Mediante la muestra de 64 casas que se tomó a la comunidad de Santa Isabel, se determina el promedio de habitantes por casa que se indica en la Tabla 10.

Tabla 10*Cálculo de la población de Santa Isabel.*

Nº Encuesta	Sector	Total
1	Santa Rosa	5
2	Santa Rosa	4
3	Santa Rosa	4
4	Santa Rosa	5
5	Santa Rosa	5
6	Santa Rosa	4
7	Santa Rosa	6
8	Santa Rosa	2
9	Santa Rosa	3
10	Santa Rosa	3
11	Santa Rosa	7
12	Santa Rosa	3
13	Santa Rosa	5
14	Santa Rosa	3
15	Santa Rosa	8
16	Santa Rosa	3
17	Santa Rosa	5
18	Santa Rosa	2
19	Santa Rosa	4
20	Santa Rosa	5
21	Santa Rosa	4
22	Santa Rosa	3
23	Santa Rosa	4
24	Santa Rosa	3
25	Santa Rosa	4
26	Santa Rosa	3
27	Santa Rosa	4
28	Santa Rosa	3
29	Santa Rosa	2
30	Santa Rosa	2
31	Santa Rosa	5
32	Santa Rosa	5
33	Santa Rosa	3
34	Santa Rosa	5
35	Santa Rosa	3
36	Santa Rosa	2
37	Santa Rosa	6
38	Santa Rosa	2
39	Santa Rosa	7

40	Santa Rosa	4
41	Santa Rosa	4
42	Santa Rosa	4
43	Santa Rosa	5
44	Santa Rosa	5
45	Santa Rosa	3
46	Santa Rosa	4
47	Santa Rosa	5
48	Santa Rosa	3
49	Santa Rosa	7
50	Santa Rosa	3
51	Santa Rosa	4
52	Santa Rosa	1
53	Santa Rosa	1
54	Santa Rosa	1
55	Santa Rosa	1
56	Santa Rosa	1
57	Santa Rosa	3
58	Santa Rosa	5
59	Santa Rosa	8
60	Santa Rosa	7
61	Santa Rosa	3
62	Santa Rosa	2
63	Santa Rosa	2
64	Santa Rosa	6
Promedio de habitantes por casa		3,88

Nota. Promedio de habitante por casa de la comunidad de Santa Isabel. Elaborado por: Los autores mediante encuestas.

En la comunidad de Santa Isabel tenemos $3,88 \approx 4$ hab/casa.

Por lo tanto, determinamos que por cada casa del proyecto tenemos 4 hab / casa actualmente.

Para el cálculo de la población actual, se contó el número de casas que existe para cada red de alcantarillado y mediante eso se obtiene la población actual en cada sector como se indica en la Tabla 11.

Tabla 11

Cálculo de la población actual del proyecto técnico.

Redes de cada sector	Número de casas	Habitantes por casa	Población (hab)
Red vía Guaranda-Riobamba	156	4	624
Red hacia la U.E. Chimborazo	25	4	100
Red camino vecinal Chimborazo	112	4	448
Red camino la Y	12	4	48
Población actual del proyecto (hab)			1220

Nota. Población actual. Elaborada por: Los autores mediante el conteo de casas a través del programa Google Earth Pro 2019.

Para el diseño del sistema de alcantarillado se tuvo una población actual total de 1220 habitantes con una tasa de crecimiento $r = 0,79\%$.

2.3.2. Educación

En la comunidad de Chimborazo existen la Unidad Educativa “Chimborazo” que cuenta con 187 alumnos y 18 profesores, prestando un servicio de educación inicial, primaria y secundaria.

2.3.3. Salud

Dentro de la comunidad no existe ningún centro de salud público, ni privado. En la parroquia de San Juan existe el Centro de Salud “San Juan”, el cual brinda 3 días a la semana sus servicios a las 12 comunidades, entre las cuales está la comunidad de Chimborazo y Santa Isabel.

2.3.4. Aspecto económico

La parroquia de San Juan cuenta con una población económica activa, donde la principal actividad laboral es la agricultura con un 59,90%, en la industria un 6,50%, en lo comercial un 3,60% y en el sector de la construcción un 9,50% que comúnmente se presenta en el sector urbano. (PDYOT, 2015-2019, pág. 179)

CAPÍTULO III

BASES DEL DISEÑO

3.1. Alternativas de tratamiento del agua cruda

El agua cruda se encuentra en la naturaleza y no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características físicas, químicas, radiológicas, biológicas o microbiológicas. La contaminación encontrada en el agua cruda debe ser de origen natural causada por fenómenos propios de la cuenca o acuífero.

Para el proyecto se va realizar una alternativa de tratamiento del agua cruda por un sistema de desinfección para las fuentes de la comunidad de Chimborazo.

3.1.1. Parámetros de diseño

3.1.1.1. Calidad del agua cruda.

a) Características físicas

Los parámetros o características físicas para el agua potable son: Potencia de hidrógeno, color, turbiedad, olor, sabor, temperatura y sólidos disueltos indicado en la Tabla 12.

Tabla 12

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Sustancias	Simbología	Concentración máxima aceptable, mg/lt
Potencial de Hidrógeno	pH	6 – 9
Color	Color real	20
Turbiedad		10
Temperatura	°C	Condición natural +/- 3 grados
Sólidos disueltos		500

Nota. Parámetros físicos del agua cruda. Fuente: Normas de Calidad de aguas consumo humano TULAS.

b) Características químicas

Los parámetros o características químicas para el agua potable son: Sólidos disueltos totales, Sulfatos, Cloro libre residual, Nitritos, Amoníaco, Arsénico, Cianuros, Fluoruro, Cobre, indicado en la Tabla 13.

Tabla 13

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Sustancias	Simbología	Concentración máxima aceptable, mg/lit
Hierro total	Fe	0.3
Nitrato	N-Nitrato	10.0
Nitrito	N-Nitrito	1.0
Sulfatos	SO_4^-	250
Manganeso total	Mn	0.1
Fluoruro total	F	Menor a 1.4
Amoníaco	N-amoniaco	1.0
Cobre	Cu	1.0
Cianuro total	CN^-	0.01
Arsénico total	As	0.05

Nota. Parámetros químicos del agua cruda. Fuente: Normas de calidad de aguas para consumo humano TULAS.

c) Características bacteriológicas

Los parámetros (características) bacteriológicos para agua potable son: Coliformes totales y coliformes fecales indicado en la Tabla 14.

Tabla 14

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Sustancias	Simbología	Concentración máxima aceptable, mg/lt
Coliformes totales exige solo tratamiento de desinfección	nmp/100 ml	50*

Nota. Parámetros bacteriológicos del agua cruda. Fuente: Normas de calidad de aguas para consumo humano TULAS.

Cloro residual libre

El valor admisible de cloro residual libre, en cualquier punto de la red de distribución del agua, debe estar de acuerdo a la Tabla 15.

Tabla 15

Mínimas concentraciones de cloro para la desinfección del agua.

pH del agua	Cloro libre residual, mg/l tiempo mínimo de contacto, 10 minutos	Cloro residual combinado, mg/lt tiempo mínimo de contacto, 60 minutos.
6 – 7	0,20	1,00
7 – 8	0,20	1,50
8 – 9	0,40	1,80
9 – 10	0,80	No se recomienda
Más de 10	0,80 (con mayor período de contacto)	No se recomienda

Nota. Concentración de cloro a partir del pH del agua. Fuente: Normas del IEOS.

3.1.2. Procesos de tratamiento de agua cruda

El tratamiento de agua es de suma importancia, para su consumo ésta debe estar exenta de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas, minerales y materiales orgánicos excesivos y para que el consumidor la acepte debe estar libre de color, turbiedad, olor y contener el oxígeno suficiente con un sabor agradable.

La alternativa que se va a realizar es un sistema de desinfección en el cual se analiza que contenido de cloro necesita el agua para el consumo humano y nos basaremos en las tablas de calidad del agua cruda obtenidas del TULAS y del IEOS.

3.1.2.1. Desinfección.

Es el proceso final donde se produce la desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. El proceso de desinfección se lo puede realizar mediante desinfectantes físicos o químicos, que extraen los contaminantes orgánicos presentes en el agua y que sirven de nutrientes y protección de los microorganismos. El desinfectante de mayor aplicación a nivel mundial, especialmente en las zonas rurales es el cloro, por su eficiencia y fácil manipulación.

3.1.2.1.1. Cantidad de hipoclorito de calcio.

Para calcular el peso de hipoclorito de calcio en gramos que se debe disolver en el tanque se toma en cuenta el pH del agua la cual nos indica la cantidad de cloro en unidades de mg/lit.

- Volumen del tanque

Se calcula las dimensiones de cada uno de los tanques que abastecen a los distintos sectores.

$$V_{\text{tanque}} = A * L * H$$

Donde:

V_{tanque} = Volumen del tanque (m³)

A = Ancho del tanque (m)

L = Longitud del tanque (m)

H = Altura del tanque (m)

- **Tiempo de contacto**

Uno de los aspectos más importantes se refiere al tiempo disponible para que el cloro actúe sobre los microorganismos. Este tiempo de contacto debe ser como mínimo de 10 a 15 minutos en agua potable y de 15 a 30 minutos en agua residual. (TULAS, 2017)

- **Temperatura**

La destrucción de microorganismos con cloro es mucho más rápida a mayor temperatura. A pesar de esto, el cloro es más estable en agua fría lo que en la práctica compensa la menor velocidad de desinfección.

- **pH**

Afecta la acción desinfectante del cloro. De forma general, mientras más alcalina sea el agua se requieren mayores dosis para una misma temperatura y tiempo de contacto.

- **Concentración de hipoclorito**

El criterio se basa en la normativa del IEOS el cual nos indica que la cantidad de cloro residual que debe tener el agua de consumo depende del pH se asume una concentración máxima de 0,20 mg/lit según la Tabla 15.

- **Peso del hipoclorito de calcio**

Para el cálculo del peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque. Se usa la siguiente formula stock en casos de emergencia y para potabilización del agua para consumo humano.

$$P = \frac{C * V}{\% * 10}$$

Donde:

P = Peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque.

C = Concentración de cloro libre en mg/L (ppm) de solución a prepararse.

V = Volumen de agua de la estructura a desinfectar en litros.

% = Porcentaje de cloro libre del compuesto clorado (HTM: 65%, 70%)

10 = Factor para que el resultado sea expresado en gramos del producto.

3.2. Sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado recolecta las aguas sanitarias provenientes de viviendas, instituciones educativas, etc., quienes son conducidas mediante tuberías hacia la descarga final siendo esta una planta de tratamiento, la cual desaloja a la quebrada aledaña al proyecto, evitando de esta manera un impacto ambiental y un malestar a los habitantes.

En la actualidad, existen dos alternativas de diseño para el sistema de alcantarillado las cuales son: alcantarillado combinado y alcantarillado separado.

Se opto por el sistema de alcantarillado separado, ya que la mayoría del proyecto tiene quebradas aledañas a la carretera y su área de terreno es 100% agrícola y ganadero en los cuales el agua pluvial se infiltrará con rapidez en el suelo, por lo tanto, se realiza un sistema de alcantarillado únicamente sanitario.

3.2.1. Parámetros de diseño

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario de las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel es nuevo, por lo tanto, se debe controlar los parámetros de acuerdo a las normas de diseño proporcionadas por SENAGUA, para poblaciones mayores a 1000 habitantes se determinan los siguientes parámetros: periodo de diseño, población futura, densidad poblacional, dotación, áreas de aportación, caudal de diseño, velocidad mínima y máxima, pendiente mínima y máxima, capacidad de tubería, etc.

3.2.1.1. Periodo de diseño.

Según la normativa de la SENAGUA para los sistemas de disposición de residuos líquidos recomendando un periodo de diseño de 25 años en la zona rural.

Es necesario definir el periodo de diseño de la obra, el cual nos indica la vida útil de los materiales del proyecto, pues durante este tiempo debe ser eficiente y dar servicios de calidad.

3.2.1.2. Población futura.

Para el cálculo de la población futura se utiliza el método geométrico.

- **Método Geométrico:** En este método, se asume que el crecimiento de la población es directamente proporcional al tamaño de esta.

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

Donde:

P_f = Población futura (hab).

n = Período de diseño (años). Se eligió 25 años según la norma de SENAGUA.

P_a = Población actual (hab). Los datos obtenidos en la tabla 11

r = Tasa de crecimiento geométrico (adimensional).

La tasa de crecimiento se obtuvo del PDYOT de la parroquia de San Juan con una tasa de crecimiento de 0,79%. Una vez obtenido todos los datos necesarios se procede a calcular la población futura de cada red con el método geométrico, tomando 25 años como periodo de diseño para el proyecto, los resultados se indican en la siguiente Tabla 16.

Tabla 16

Habitantes por año del periodo de diseño.

Periodo	Año	Método aritmético			
		Red vía Guaranda-Riobamba	Red hacia la U.E. Chimborazo	Red camino vecinal Chimborazo	Red camino la Y
0	2020	624	100	448	48
1	2021	629	101	452	48
2	2022	634	102	455	49
3	2023	639	102	459	49
4	2024	644	103	462	50
5	2025	649	104	466	50
6	2026	654	105	470	50
7	2027	659	106	473	51
8	2028	665	106	477	51
9	2029	670	107	481	52
10	2030	675	108	485	52
11	2031	680	109	489	52
12	2032	686	110	492	53
13	2033	691	111	496	53
14	2034	697	112	500	54
15	2035	702	113	504	54
16	2036	708	113	508	54
17	2037	713	114	512	55
18	2038	719	115	516	55
19	2039	725	116	520	56
20	2040	730	117	524	56
21	2041	736	118	528	57
22	2042	742	119	533	57
23	2043	748	120	537	58
24	2044	754	121	541	58
25	2045	760	122	546	59

Nota. Población futura por cada año de diseño. Elaborado por: Los autores.

En la Tabla 17 se resume la población futura de cada red, en la cual se obtiene la población de diseño del proyecto.

Tabla 17

Obtención de la población futura del proyecto

Redes de cada sector	Tasa de crecimiento (%)	Periodo de diseño (años)	Población (hab)
Red vía Guaranda-Riobamba	0,79	25	760
Red hacia la U.E. Chimborazo	0,79	25	122
Red camino vecinal Chimborazo	0,79	25	546
Red camino la Y	0,79	25	59
Población futura del proyecto			1487

Nota. Población futura del proyecto. Elaborado por: Los autores.

La población futura para el diseño del alcantarillado es de 1487 habitantes.

3.2.2. *Densidad poblacional*

La densidad poblacional es la relación que existe entre el número de habitantes y el área del proyecto. En este caso se va a obtener 4 tipos de densidades correspondientes a cada sector ya que en algunos sectores la densidad poblacional no es tan alta como en otros, por lo tanto, la densidad poblacional se va a realizar con respecto a áreas y criterios de reconocimiento de territorio según cada sector.

$$\delta_p = \frac{\text{\#Población}}{\text{Área del proyecto}}$$

Donde:

δ_p = densidad poblacional (hab/ha)

3.2.2.1. Densidad poblacional actual.

Se calcula la densidad poblacional actual que hay en cada sector tomando en cuenta las diferentes áreas del proyecto como se indica en la siguiente Tabla 18.

Tabla 18

Clasificación de la densidad poblacional actual por sectores.

Redes de cada sector	Área (ha)	Población (hab)	Densidad poblacional (hab/ha)	Clasificación según su densidad
Red vía Guaranda - Riobamba	19,82	624	31,48	Baja
Red hacia la U.E. Chimborazo	4,64	100	21,55	Muy baja
Red camino vecinal Chimborazo	6,71	448	66,77	Alta
Red camino la Y	1,00	48	48,00	Media

Nota. Densidad poblacional actual de cada red. Elaborado por: Los autores.

La densidad poblacional más alta se encuentra en la red del camino vecinal Chimborazo con 66,77 hab/ha, mientras que en la red hacia la U.E. Chimborazo se tiene muy baja densidad poblacional de 21,55 hab/ha.

3.2.2.2. Densidad poblacional futura.

Se calcula la densidad poblacional futura que hay en cada sector tomando en cuenta las diferentes áreas del proyecto como se indica en la siguiente Tabla 19.

Tabla 19*Clasificación de densidad poblacional futura por sectores.*

Redes de cada sector	Área (ha)	Población (hab)	Densidad poblacional (hab/ha)	Clasificación según su densidad
Red vía Guaranda - Riobamba	19,82	760	38,35	Baja
Red hacia la U.E. Chimborazo	4,64	122	26,29	Muy baja
Red camino vecinal Chimborazo	6,71	546	81,37	Alta
Red camino la Y	1,00	59	59,00	Media

Nota. Densidad poblacional futura de cada red. Elaborado por: Los autores.

La densidad poblacional más alta se encuentra en la red del camino vecinal Chimborazo con 81,37 hab/ha, mientras que en la red hacia la U.E. Chimborazo se tiene muy baja densidad poblacional de 26,29 hab/ha.

3.2.3. Dotación

Es la cantidad de agua que consume un habitante en un día tomando en cuenta las pérdidas. Para su determinación se utiliza los valores recomendados de la Norma de Diseño para Sistema de Agua Potable (SENAGUA), disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 Habitantes.

En la Tabla 20 se indica los niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Tabla 20

Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua.

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.
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario.

Simbología utilizada:

AP: Agua potable

EE: Eliminación de excretas

ERL: Eliminación de residuos líquidos

Nota. Categorización según el nivel de servicio que se va a diseñar. Fuente: Norma de diseño para sistema de agua potable y aguas residuales, SENAGUA (2016).

En la Tabla 20 se elige el nivel IIb con un sistema ERL de eliminación de residuos líquidos para un sistema de alcantarillado sanitario.

En la Tabla 21 se indica la dotación de agua para los diferentes niveles de servicios suministrados de la Normativa de SENAGUA.

Tabla 21

Dotación para distintos niveles de servicio.

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

Nota. Dotación que depende del nivel de servicio y clima. Fuente: Norma de diseño para sistema de agua potable y aguas residuales, SENAGUA (2016).

Al tener un nivel de servicio IIb y al predominar un clima frío en el sector, se elige una dotación de 75 lt/hab*día.

3.2.4. Área de aportación

Se obtiene de dividir el área total del proyecto en subáreas que van aportar a cada una de las redes del sistema de alcantarillado. Para el trazado de las áreas se toma en cuenta los siguientes lineamientos:

Si la topografía es regular de forma rectangular o cuadrada se trazan bisectrices, formando así trapecios y triángulos como áreas de drenaje sanitario.

En una zona irregular en sectores donde las casas estén dispersas, se trazan rectángulos dependiendo de las curvas de nivel y su proyección a construirse.

A continuación, se presenta en las siguientes Tablas 22, 23, 24 y 25 las áreas de aportación que tiene cada uno de las redes.

3.2.4.1. Red carretera Guaranda – Riobamba.

Tabla 22

Áreas de aportación

Áreas terciarias		Áreas secundarias		Áreas primarias	
A1	0,122	A1	0,0614	A1	0,508
A2	0,3587	A2	0,298	A2	0,525
A3	0,3884	A3	0,2654	A3	0,492
A4	0,307	A4	0,1946	A4	0,356
A5	0,3249	A5	0,4301	A5	0,236
A6	0,474	A6	0,4358	A5inst	0,190
A7	0,7557	A7	0,1352	A6	0,460
A8	0,4565	A8	0,0845	A7	0,521
A9	0,4082	A9	0,3951	A8	0,526
A10	0,8224	A10	0,1312	A9	0,328
A11	0,7775	A11	0,4772	A10	0,321
A12		A12	0,2965	A11	0,291
A13		A13	0,414	A12	0,418
A14		A14	0,3307	A13	0,468
A15		A15		A14	0,632
A16		A16		A15	0,504
A17		A17		A16	0,716
A18		A18		A17	0,903
A19		A19		A18	0,410
A20		A20		A19	0,424
A21		A21		A20	0,457
A22		A22		A21	0,512
A23		A23		A22	0,478
Suma	5,1953	Suma	3,9496	Suma	10,67

Nota. Áreas de aportación primarias, secundarias y terciarias para la red carretera Guaranda-Riobamba. Elaborado por: Los autores.

Teniendo un área de aportación a la red de alcantarillado total 19,82 ha.

3.2.4.2. Red hacia la U.E. Chimborazo.

Tabla 23

Áreas de aportación

Áreas secundarias		Áreas primarias	
A1	0,3446	A1	0,191
A2		A2	0,105
A3		A3	0,136
A4		A4	0,129
A5		A5	0,166
A6		A6	0,200
A7		A7	0,142
A8		A8inst	2,301
A9		A8	0,406
A10		A9	0,173
A11		A10	0,000
A12		A11	0,097
A13		A12	0,000
A14		A13	0,136
A15		A14	0,000
A16		A15	0,055
A17		A16	0,000
A18		A17	0,061
Suma	0,3446	Suma	4,30

Nota. Áreas de aportación primarias y secundarias para la red hacia la Unidad Educativa Chimborazo. Elaborado por: Los autores.

Teniendo un área de aportación a la red de alcantarillado total 4,64 ha.

3.2.4.3. Red camino vecinal Chimborazo.

Tabla 24

Áreas de aportación

Áreas terciarias		Áreas secundarias		Áreas primarias	
A1	0,2406	A1	0,2988	A1	0,245
A2	0,1	A2	0,1962	A2	0,126
A3 ins	0,15	A3 ins	0,2145	A3	0,143
A4	0,0635	A4	0,1817	A4	0,093
A5		A5	0,5435	A5	0,138
A6		A6	0,3604	A6	0,163
A7		A7	0,3151	A7	0,112
A8		A8	0,1948	A8	0,144
A9		A9	0,3618	A9	0,146
A10		A10	0,2755	A10	0,102
A11		A11	0,1461	A11	0,197
A12		A12		A12	0,174
A13		A13		A13	0,073
A14		A14		A14	0,077
A15		A15		A15	0,070
A16		A16		A16	0,067
A17		A17		A17	0,062
A18		A18		A18	0,044
A19		A19		A19	0,115
A20		A20		A20	0,069
A21		A21		A21	0,050
A22		A22		A22	0,091
A23		A23		A23	0,070
A24		A24		A24	0,313
A25		A25		A25	0,185
Suma	0,5541	Suma	3,0884	Suma	3,07

Nota. Áreas de aportación primarias, secundarias y terciarias para la red camino vecinal Chimborazo. Elaborado por: Los autores.

Teniendo un área de aportación a la red de alcantarillado total 6,71 ha.

3.2.4.4. Red camino público la Y.

Tabla 25

Áreas de aportación

Áreas Primarios	
A1	0,0551
A2	0,336
A3	0,265
A4	0,343
Suma	1,000

Nota. Áreas de aportación primarias para la red camino público la Y.

Elaborado por: Los autores.

Teniendo un área de aportación a la red de alcantarillado total 1,00 ha.

3.2.5. Caudales residuales

3.2.5.1. Caudal doméstico.

Es el caudal proveniente de los domicilios que está en función de su dotación, densidad poblacional, área residencial y de un coeficiente de retorno.

$$Q_{Dom} = M * \frac{\delta_p * D * A * R}{86400}$$

Donde:

Q_{Dom} = Caudal doméstico (lt/s)

R = Coeficiente retorno (adimensional.)

δ_p = Densidad poblacional (hab/Ha)

A = Área aportación residencial (Ha)

D = Dotación por habitante (l/hab*día)

M = Coeficiente de simultaneidad (adm)

A continuación, se especifica cada uno de los parámetros de la ecuación:

3.2.5.1.1. *Coeficiente de retorno (R).*

El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico, entregada con agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Para los valores del coeficiente R se encuentra en la normativa EMAAP-Q-2009, la Tabla 26 nos indica el coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas.

Tabla 26

Coeficiente de retorno (R)

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Baja y medio	0,70 – 0,80
Medio alto y alto	0,80 – 0,85

Fuente: Norma de alcantarillado, EMAAP-Q-2009.

Para este proyecto se adopta $R = 0,80$ con un nivel de complejidad medio del sistema.

3.2.5.1.2. *Coeficiente de simultaneidad (M).*

Este coeficiente nos indica la máxima aportación en un instante por la utilización simultanea del sistema. Se puede determinar mediante fórmulas empíricas de los siguientes autores como:

$$\text{Flores} \quad M = \frac{7}{P_f^{0,10}} \leq 4$$

$$\text{Babbit} \quad M = \frac{4}{P_f^{0,20}} \leq 4$$

$$\text{Giff} \quad M = \frac{4}{P_f^{0,17}} \leq 4$$

$$\text{Harmon} \quad M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P_f}{1000}}} \leq 4$$

Donde:

M = Coeficiente simultaneidad (adimensional.)

P_f = Población futura (hab)

Reemplazamos en cada una de las ecuaciones:

$$\text{Flores} \quad M = \frac{7}{P_f^{0,10}} = \frac{7}{(1487)^{0,10}} = 1,93$$

$$\text{Babbit} \quad M = \frac{4}{P_f^{0,20}} = \frac{4}{(1487)^{0,20}} = 0,93$$

$$\text{Giff} \quad M = \frac{4}{P_f^{0,17}} = \frac{4}{(1487)^{0,17}} = 1,16$$

$$\text{Harmon} \quad M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P_f}{1000}}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{1487}{1000}}} = 3,68 \approx 4$$

Por lo tanto, se toma como coeficiente de simultaneidad $M = 4,00$, de la formula empírica de Harmon el cual se encuentra en el rango de $1,50 < M \leq 4,00$ según la EMAAP-Q-2009.

Con los parámetros ya obtenidos se procede a calcular el caudal de aguas residuales domésticas de cada una de las redes ya indicadas anteriormente.

Se toma como ejemplo a la Red del sistema de alcantarillado de la carretera Guaranda-Riobamba.

Datos:

$$M = 4,00$$

$$R = 0,80$$

$$D = 75,00 \text{ lt/s}$$

Se reemplaza en la ecuación:

$$Q_{\text{Dom}} = 4,00 * \frac{(38,35 \text{ hab/ha}) * (75 \text{ lt/s}) * (19,82 \text{ ha}) * (0,80)}{86400}$$

$$Q_{\text{Dom}} = 2,11 \text{ lt/s}$$

Tabla 27

Resumen para la obtención del caudal doméstico.

Redes de cada sector	Área (ha)	Población futura (hab)	Densidad poblacional (hab/ha)	Caudal doméstico (lt/s)
Red vía Guaranda-Riobamba	19,82	760	38,35	2,11
Red hacia la U.E. Chimborazo	4,64	122	26,29	0,34
Red camino vecinal Chimborazo	6,71	546	81,37	1,52
Red camino la Y	1,00	59	59,00	0,16
El caudal doméstico total del proyecto				4,13

Nota. Caudal doméstico total del proyecto. Elaborado por: Los autores.

El caudal doméstico total del proyecto es 4,13 lt/s.

3.2.5.2. Caudal Institucional.

Son aguas servidas provenientes de distintas instituciones como: escuelas, colegios y universidades, hospitales, hoteles, etc.

$$Q_{\text{ins}} = \text{Coeficiente de contribución institucional} * A$$

Donde:

$$A = \text{Área de aportación (Ha)}$$

La Norma del EMAAP-Q-2009 nos indica que para pequeñas instituciones que se encuentran ubicadas en las zonas residenciales, se puede estimar a partir de los datos de la Tabla 28 de contribución institucional mínima (lt/s-ha).

Tabla 28

Coefficiente de contribución institucional

Nivel de complejidad del sistema	Contribución institucional (l/s*ha. inst)
Cualquiera	0,40 – 0,50

Fuente: Norma de alcantarillado, EMAAP-Q-2009.

Para el diseño se toma un valor de 0,40 lt/s-ha-inst, en el proyecto existen 3 instituciones educativas indicada en la Tabla 29.

$$Q_{\text{ins}} = (0,40 \text{ lt/s-ha-inst}) * (2,85 \text{ ha})$$

$$Q_{\text{ins}} = 1,14 \text{ lt/s}$$

Tabla 29

Resumen para la obtención del caudal institucional.

Redes de cada sector	Área (ha)	Coefficiente de contribución institucional (l/s-ha-inst)	Caudal Institucional (lt/s)
Red vía Guaranda-Riobamba	0,19	0,40	0,07
Red hacia la U.E. Chimborazo	2,30	0,40	0,92
Red camino vecinal Chimborazo	0,15 0,21	0,40	0,06 0,08
Caudal institucional total (lt/s)			1,14

Nota. Caudal institucional total del proyecto. Elaborado por: Los autores.

El caudal institucional del proyecto es 1,14 lt/s

3.2.5.3. Caudal de infiltración.

La infiltración de aguas subterráneas es un evento inevitable dentro de un sistema de alcantarillado sanitario.

$$Q_{inf} = \text{coeficiente de infiltración} * A$$

Donde:

$$A = \text{Área de aportación (Ha)}$$

La Norma del EMAAP-Q-2009 nos indica diferentes valores para coeficientes de infiltración sea alta, media o baja, la Tabla 30 muestra la categorización de la infiltración.

Tabla 30

Coefficiente de infiltración

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s*ha)	Infiltración media (l/s*ha)	Infiltración baja (l/s*ha)
Bajo y medio	0,10 – 0,30	0,10 – 0,30	0,05 – 0,20
Medio alto y alto	0,15 – 0,40	0,10 – 0,30	0,05 – 0,20

Nota. el valor inferior del rango dado corresponde a condiciones constructivas más apropiadas, mayor estanqueidad de tuberías y estructuras complementarias y menor amenazas sísmicas.

Fuente: Norma de alcantarillado, EMAAP-Q-2009.

Se toma un coeficiente de infiltración de 0,05 lt/s-ha, para las diferentes áreas de aportación del proyecto indicadas en la Tabla 31.

$$Q_{inf} = (0,05 \text{ lt/s-ha}) * (32,17 \text{ ha})$$

$$Q_{inf} = 1,61 \text{ lt/s}$$

Tabla 31*Resumen para la obtención del caudal de infiltración*

Redes de cada sector	Área (ha)	Coefficiente de contribución infiltración (l/s-ha)	Caudal Infiltración (lt/s)
Red vía Guaranda-Riobamba	19,82	0,05	0,99
Red hacia la U.E. Chimborazo	4,64	0,05	0,23
Red camino vecinal Chimborazo	6,71	0,05	0,33
Red camino la Y	1,00	0,05	0,05
Caudal de Infiltración total			1,61

Nota. Caudal de infiltración total del proyecto. Elaborado por: Los autores.

El caudal de infiltración del proyecto es 1,61 lt/s

3.2.5.4. Caudal erradas.

Es un caudal que se forma por la ineficiencia de conexiones en bajantes de tejados y patios.

$$Q_{err} = \text{coeficiente de erradas} * A$$

Donde:

A = Área de aportación (Ha)

En la Norma del EMAAP-Q-2009 nos indica coeficientes de erradas dependiendo de la complejidad del sistema, mostrada en la Tabla 32.

Tabla 32

Coeficiente de erradas.

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (l/s*ha)
Bajo y medio	0,20 – 2,00
Medio alto y alto	0,10 – 1,00

Fuente: Norma de alcantarillado, EMAAP-Q-2009

Para el diseño se toma un valor de 0,05 lt/s-ha menor a la normativa, ya que el proyecto se encuentra en una zona rural y con un entorno agrícola, el caudal de erradas total del proyecto se indica en la Tabla 33.

$$Q_{err} = (0,05 \text{ lt/s-ha}) * (32,17 \text{ ha})$$

$$Q_{err} = 1,61 \text{ lt/s}$$

Tabla 33

Resumen para la obtención del caudal de erradas.

Redes de cada sector	Área (ha)	Coefficiente de erradas (lt/s-ha)	Caudal erradas (lt/s)
Red vía Guaranda-Riobamba	19,82	0,05	0,99
Red hacia la U.E. Chimborazo	4,64	0,05	0,23
Red camino vecinal Chimborazo	6,71	0,05	0,33
Red camino la Y	1,00	0,05	0,05
Caudal de erradas total			1,61

Nota. Caudal de erradas total del proyecto. Elaborado por: Los autores.

El caudal de erradas del proyecto es 1,61 lt/s.

3.2.6. Caudal sanitario de diseño

El caudal sanitario se calcula sumando todos los caudales tales como: caudal doméstico, comercial, industrial, institucional, infiltración y erradas, indicada en la Tabla 34.

$$Q_s = Q_{Dom} + Q_{Ins} + Q_{Inf} + Q_{err}$$

$$Q_s = 4,13 \text{ lt/s} + 1,14 \text{ lt/s} + 1,61 \text{ lt/s} + 1,61 \text{ lt/s}$$

$$Q_s = 8,49 \text{ lt/s}$$

Tabla 34

Resumen para la obtención del caudal sanitario.

Redes de cada sector	Caudal doméstico (lt/s)	Caudal Institucional (lt/s)	Caudal Infiltración (lt/s)	Caudal Erradas (lt/s)	Caudal Sanitario (lt/s)
Red vía Guaranda-Riobamba	2,11	0,07	0,99	0,99	4,16
Red hacia la U.E. Chimborazo	0,34	0,92	0,23	0,23	1,72
Red camino vecinal Chimborazo	1,52	0,14	0,33	0,33	2,33
Red camino la Y	0,16	-	0,05	0,05	0,26
Caudal sanitario total	4,13	1,14	1,60	1,60	8,49

Nota. Caudal sanitario total del proyecto. Elaborado por: Los autores.

El caudal de sanitario del proyecto es 8,49 lt/s.

3.2.7. Condiciones Hidráulicas

a) Diámetro interno mínimo

El diámetro mínimo de las tuberías de la red de alcantarillado es de 200 mm para alcantarillado sanitario y 250 mm para alcantarillado pluvial, recomendado por la norma rural SENAGUA.

b) Velocidad mínima y máxima

La velocidad mínima no puede ser menor a 0,45 m/s, es preferible que sea mayor a 0,60 m/s, para impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido, esta velocidad de flujo debe producir auto limpieza.

La velocidad máxima admisibles en tuberías o colectores dependen del material de fabricación. Se recomienda usar la siguiente Tabla 35.

Tabla 35

Velocidad máxima y coeficiente de rugosidad del material del sistema.

Material	Velocidad máxima m/s	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple:		
Con uniones de mortero.	4,00	0,013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto.	3,50 – 4,00	0,013
Asbesto cemento.	4,50 – 5,00	0,011
Plástico.	4,50	0,011

Fuente: Norma para el estudio y diseño de sistema agua potable y alcantarillado, IEOS (1992)

Por lo tanto, a pesar de que la norma recomienda un valor de velocidad máxima de 4,50 m/s para tuberías con material PVC, cabe recalcar que actualmente las tuberías de PVC pueden soportar velocidades mayores a 6,00 m/s.

c) Pendiente mínima y máxima

La pendiente mínima del colector debe ser aquella que cumpla las condiciones de autolimpieza y de control de gases Norma EMAAP-Q-2009.

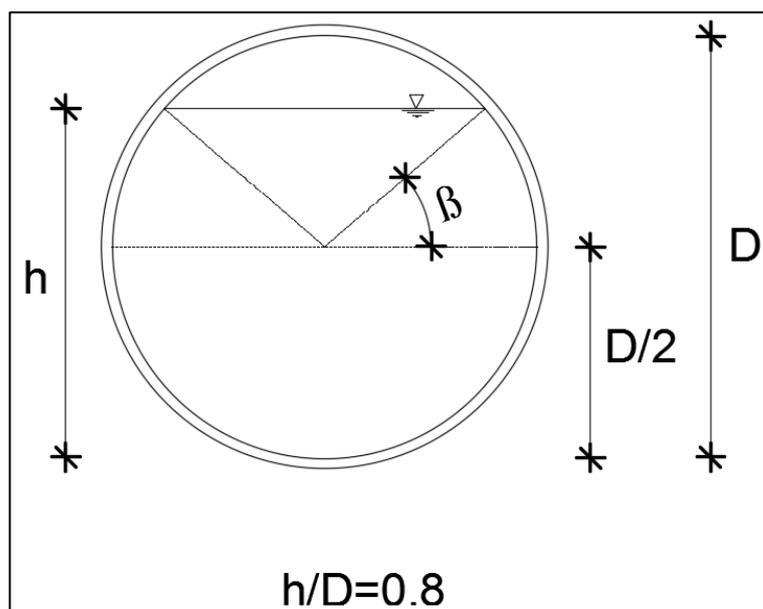
La pendiente máxima admisible es aquella para la cual cumple la velocidad máxima real, que en nuestro proyecto corresponde a 4,50 m/s.

d) Profundidad hidráulica máxima

Para el caudal de diseño en un colector la profundidad hidráulica máxima debe estar entre 70 % y 85 % del diámetro real de este, la cual permite aireación adecuada al flujo indicada en la normativa del EMAAP-Q-2009.

Figura 16

Relación de llenado.



Nota. Esquema de la relación de llenado. Elaborado por: Los autores.

e) Profundidad mínima a la cota clave

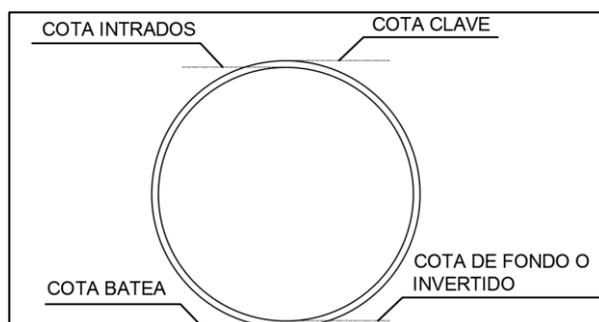
Si la tubería debe soportar tránsito vehicular, para su seguridad se considera un relleno mínimo de 1,20 m de alto sobre la cota clave del tubo, indicada en la normativa de SENAGUA.

f) Profundidad máxima a la cota clave

La máxima profundidad de la cota clave de las tuberías es de 5 m, aunque puede ser mayor siempre que se garantice los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones, estructura de los materiales, tuberías durante y después de su construcción indicada en la normativa del EMAAP-Q-2009, la Figura 17 nos presenta los niveles de la tubería.

Figura 17

Niveles de tubería



Nota. Tipos de cotas internas y externas en la tubería. Elaborado por: Los autores.

3.3. Planta de tratamiento de aguas residuales

Es una estructura que se encarga de tratar las aguas servidas, que proviene de los colectores del alcantarillado pasándoles por procesos físicos, químicos y biológicos con la finalidad de poder reutilizarla en riego o descargarla directamente al río.

3.3.1. Caudal de diseño

El caudal de diseño es el caudal final del sistema de alcantarillado, con el cual se diseñan los distintos elementos de la planta de tratamiento, ya que intervienen tiempos de concentración que generan acumulación de volúmenes del agua a tratar.

3.3.2. Procesos de tratamiento de aguas residuales

3.3.2.1. Tratamiento preliminar.

La principal función de este proceso es apartar los sólidos de gran tamaño mediante la implementación de rejillas, desarenadores, trituradores, para la protección de los equipos de tratamientos siguientes.

3.3.2.2. Tratamiento primario.

En esta fase los sólidos en mayores cantidades se van sedimentando, ya que se disminuye la velocidad de las aguas residuales, el contenido de sólidos suspendidos,

grasas y de aceites. En este tipo de tratamiento se disminuye la cantidad de materia orgánica, pero será una fracción de la materia en suspensión y no se tomará en cuenta la materia disuelta. Para la facilidad de su funcionamiento existen dispositivos como: tanques sépticos, tanques Imhoff y tanques de flotación entre otros.

3.3.2.3. Tratamiento secundario.

Se realiza un tratamiento biológico, donde se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, los cuales, en este proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en material celular o inerte, por lo que su principal función es remover la Demanda Biológica de Oxígeno (BDO) por encima del 82%, mediante procesos aeróbicos y anaeróbicos.

3.3.2.4. Proceso de desinfección.

Este proceso es necesario cuando el agua tratada tiene fines de reutilización, por lo que se requiere un tratamiento suplementario para destruir las bacterias por completo, minimizar riesgos para la salud humana y medio ambiente, ya que principalmente esta agua es destinada para uso agrícola o ganadero.

3.3.2.4.1. Cloración.

Su principal función es eliminar los malos olores de las aguas residuales mediante la aplicación de cloro y posteriormente usarlo como riego, ya que no se puede usar para consumo. La cantidad de cloro debe ser correctamente mezclada con el agua que está sometida a tratamiento; el uso de hipoclorito de sodio y de calcio es recomendable usarlo en plantas de tratamiento pequeñas, para plantas con grandes volúmenes de aguas residuales es recomendable el uso de cloro gaseoso.

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS Y DISEÑO

4.1. Alternativa de tratamiento de agua cruda

4.1.1. Descripción de la alternativa

Se elige como alternativa el tratamiento de desinfección por los análisis efectuados a cada uno de los sectores, los cuales cumplen con la calidad de agua tanto física, química y bacteriológica, pero no cumple con la cantidad de cloro residual según los límites permisibles, por lo tanto, se va a realizar el cálculo de la cantidad de hipoclorito de calcio que necesita cada uno de los tanques.

4.1.1.1. Volumen del tanque.

Se calcula las dimensiones de cada uno de los tanques que abastecen a los sectores.

Tanque sector Central

$$V_{\text{tanque1}} = A * L * H$$

$$V_{\text{tanque1}} = 2,90\text{m} * 3,90\text{m} * 1,50\text{m}$$

$$V_{\text{tanque1}} = 16,965\text{m}^3 \approx 16965 \text{ lt}$$

Tanque sector Santa Martha

$$V_{\text{tanque2}} = A * L * H$$

$$V_{\text{tanque2}} = 1,00\text{m} * 1,30\text{m} * 0,70\text{m}$$

$$V_{\text{tanque2}} = 0,91\text{m}^3 \approx 910 \text{ lt}$$

Tanque sector Achik-Ñan, Cordillera, La Y

$$V_{\text{tanque3}} = A * L * H$$

$$V_{\text{tanque3}} = 3,30\text{m} * 5,40\text{m} * 1,90\text{m}$$

$$V_{\text{tanque3}} = 33,858 \text{ m}^3 \approx 33858 \text{ lt}$$

Tanque sector el Colegio

$$V_{\text{tanque4}} = A * L * H$$

$$V_{\text{tanque4}} = 3,40\text{m} * 3,40\text{m} * 2,30\text{m}$$

$$V_{\text{tanque4}} = 26,588\text{m}^3 \approx 26588 \text{ lt}$$

4.1.1.2. Tiempo de contacto.

Este tiempo de contacto se toma como mínimo 10 minutos en agua potable.

4.1.1.3. pH.

El pH de cada una de las fuentes se encuentra en el Anexos B de la calidad del agua cruda, los cuales se especifican en la Tabla 36.

Tabla 36

El pH del análisis de agua de cada sector.

Potencia de Hidrógeno	Resultado
Sector la Iglesia	7,92
Sector la Iglesia	7,57
Sector Santa Martha	7,59
Sector Achik-Ñan	6,85
Sector el Colegio	6,76

Nota. Datos del pH del agua. Fuente: Dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene.

Se tiene un pH que va entre los 6,76 a los 7,92.

4.1.1.4. Concentración de hipoclorito.

Basándonos en la normativa del IEOS, el cual nos indica la cantidad de cloro residual que debe contener el agua dependiendo del pH, se asume una concentración máxima de 0,20 mg/lit según la Tabla 15.

4.1.1.5. Peso del hipoclorito de calcio.

Para el cálculo del peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque. Se usa la siguiente formula stock en casos de emergencia y para potabilización del agua para consumo humano.

Peso del hipoclorito del Sector Central

$$P_1 = \frac{C * V_{\text{tanque1}}}{\% * 10}$$

$$P_1 = \frac{0,20 \text{ mg/lit} * 16965 \text{lt}}{65 * 10}$$

$$P_1 = 5,22 \text{ gr}$$

Peso del hipoclorito del Sector de Santa Martha

$$P_2 = \frac{C * V_{\text{tanque1}}}{\% * 10}$$

$$P_2 = \frac{0,20 \frac{\text{mg}}{\text{lit}} * 910 \text{ lt}}{65 * 10}$$

$$P_2 = 0,28 \text{ gr}$$

Peso del hipoclorito del Sector de Achik-Ñan, Cordillera, La Y

$$P_3 = \frac{C * V_{\text{tanque1}}}{\% * 10}$$

$$P_3 = \frac{0,20 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} * 33858 \text{ lt}}{65 * 10}$$

$$P_3 = 10,42 \text{ gr}$$

Peso del hipoclorito del Sector el Colegio

$$P_4 = \frac{C * V_{\text{tanque1}}}{\% * 10}$$

$$P_4 = \frac{0,20 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} * 26588 \text{ lt}}{65 * 10}$$

$$P_4 = 8,18 \text{ gr}$$

La cantidad de hipoclorito de calcio para cada uno de los tanques se realiza mediante el proceso de desinfección por goteo, utilizando las mismas estructuras de abastecimiento, hay que tomar en cuenta que se debe realizar un mantenimiento exhaustivo de los mismo, ya que en las figuras 2, 3, 4 y 5 se observa que no están en buen estado y se debe hacer un posible rediseño de estos elementos.

4.2. Sistema de alcantarillado

4.2.1. Descripción del sistema

Se diseña un sistema de alcantarillado sanitario independiente, el cual solo recolecta aguas residuales producto de caudales domésticos, institucionales, infiltración y erradas.

Adicionalmente se considera una alternativa para la recolección de las aguas residuales sanitarias de tres redes que pertenecen al sistema, las cuales se encuentran en una cota menor a la red Guaranda-Riobamba, por lo tanto, se realiza el sistema de bombeo que incluye 2 bombas trituradoras.

También, se realiza una alternativa de descarga mediante una planta con los diferentes procesos de tratamiento para aguas residuales.

4.2.2. Consideraciones de diseño

La Norma EMAAP-Q-2009, nos indica qué consideraciones se debe tener al realizar el trazado de la red, la ubicación de pozos de registro y conexiones domiciliarias.

4.2.2.1. Trazado de la red.

La Norma EMAAP-Q-2009 nos indica qué debemos tomar en cuenta al momento del trazado de la red de alcantarillado. (EMAAP-Q, 2009, pág. 44)

- a. Las tuberías deberán proyectarse en tramos rectos entre accesos a las mismas.
- b. Las tuberías seguirán en su trazado, siguiendo la tendencia del escurrimiento natural de las aguas superficiales, configurándose cuencas de aporte cuyos efluentes serán colectados por emisarios.
- c. El trazado de tuberías deberá estudiarse a efectos de minimizar costos, planteando las alternativas que permitan discutir la mejor solución antes de su adopción.
- d. Los trazados deberán implicar la menor profundización posible de las tuberías en el terreno.
- e. Deberá minimizarse el número de accesos a la red, sin que por ello se resientan las posibilidades de obstrucciones eventuales y el mantenimiento preventivo.
- f. La instalación de tuberías se realizará dentro de lo posible en calzada próxima a la vereda, tomando en cuenta la localización de la tubería de agua

potable. En las calles la tubería se verificará estructuralmente para cargas de tránsito. Es conveniente utilizar al máximo los espacios públicos verdes, por los que no circulan vehículos.

- g.** Para el caso particular de calles muy anchas, se deberá definir mediante un estudio económico la conveniencia o no de proyectar doble colectora.
- h.** Deben evitarse en lo posible las estaciones de bombeo, las que sólo serán admitidas cuando sean imprescindibles y después de un adecuado análisis de alternativas y de una justificación técnico económica.
- i.** En el caso de topografías accidentadas o de elevada pendiente, deberán preverse saltos, los que se diseñarán de manera tal que las tuberías cumplan con los requisitos fijados para el cálculo hidráulico y permitan a su vez la eventual desobstrucción.
- j.** El trazado de la red y la ubicación de las descargas se realizará de tal forma que no se permitan descargas de aguas servidas sin tratamiento a cauces secos o con flujo intermitente.

4.2.2.2. Pozo de Registro.

La Norma EMAAP-Q-2009 nos indica qué debemos tomar en cuenta al momento del elegir un pozo de registro. (EMAAP-Q, 2009, pág. 47)

- a. En todo cambio de dirección y/o pendiente, diámetro o material de la conducción.
- b. En toda intersección de tuberías.
- c. A distancia compatible con el método de desobstrucción previsto y hasta un valor máximo de 80 m.
- d. Al comienzo de todas las tuberías.

- e. Los pozos de registro deberán construirse en forma cilíndrica de diámetro interior mínimo de 1,0 m o de forma prismática de sección interior mínima 1,0 x 1,0 metros.
- f. Las tapas deberán ser resistentes para las condiciones de instalación previstas, particularmente las localizadas en calzadas.
- g. Las tapas de comienzo de cada tramo y las intermedias correspondientes a tramos sin conexiones domiciliarias o ventilaciones, deberán disponer de orificios que posibiliten la ventilación del sistema.
- h. La profundidad será la necesaria para realizar los empalmes de las tuberías.
- i. El fondo se dispondrá en forma de canales (media caña) de sección y pendiente adecuadas a las tuberías de entrada y salida. La altura del canal será $h = \frac{1}{2} D$.
- j. La cota de fondo será la que corresponda al invertido del conducto más bajo.
- k. En el caso en que una tubería entrante al pozo de registro con su invertido a un nivel de 0,80 m o mayor sobre el invertido de la tubería de salida, se dispondrá mediante un ramal adecuado un salto previo.
- l. El intrados de las tuberías que lleguen a un pozo de registro deberá encontrarse a igual nivel o superior que el correspondiente al intrados de la tubería de salida.

4.2.2.3. Conexiones domiciliarias.

La Norma EMAAP-Q-2009 nos indica que debemos tomar en cuenta al momento de seleccionar una conexión domiciliaria. (EMAAP-Q, 2009, pág. 48)

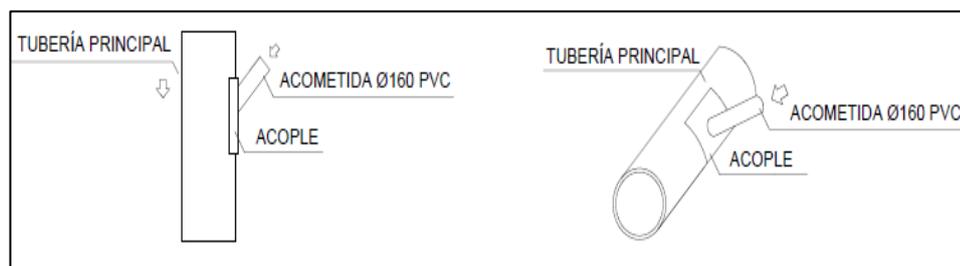
- a. Las conexiones domiciliarias externas serán de diámetro 0,15 m y se instalarán con una pendiente mínima del 2% hacia la tubería de alcantarillado.

- b. En casos especiales se podrán efectuar conexiones de mayor diámetro, justificándose adecuadamente.
- c. Los materiales a emplear serán en general los indicados para las tuberías.
- d. La profundidad de la conexión en la línea de fábrica será de 0,60 m o mayor.
- e. Los empalmes de las conexiones domiciliarias con las tuberías se harán mediante ramales a 45° que desemboquen en la parte superior de la colectora en el mismo sentido que el flujo.
- f. En todos los casos las conexiones domiciliarias pasarán por debajo de las tuberías de distribución de agua potable por lo menos a 0,15 m. Cuando no se pueda satisfacer este requisito, se deberá realizar una envoltura de hormigón al tramo de la conexión domiciliaria.

La Figura 18 nos especifica a detalle los elementos de las conexiones domiciliarias.

Figura 18

Detalle de conexiones domiciliarias.



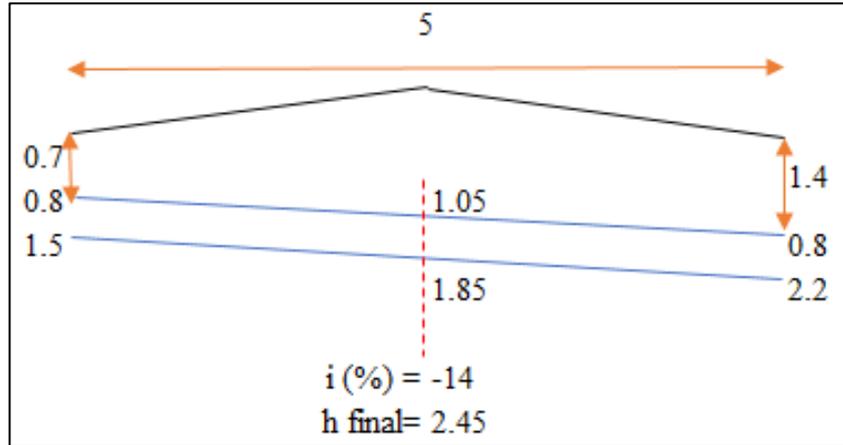
Elaborado por: Los autores

4.2.2.4. Cruce de Canales / Acequias / Alcantarillados/ Puentes.

Actualmente existe una acequia transversal construida de hormigón en la red camino vecinal Chimborazo tal como se indica en la Figura 19.

Figura 19

Detalle de la acequia ubicada entre el Pz434 - Pz435.

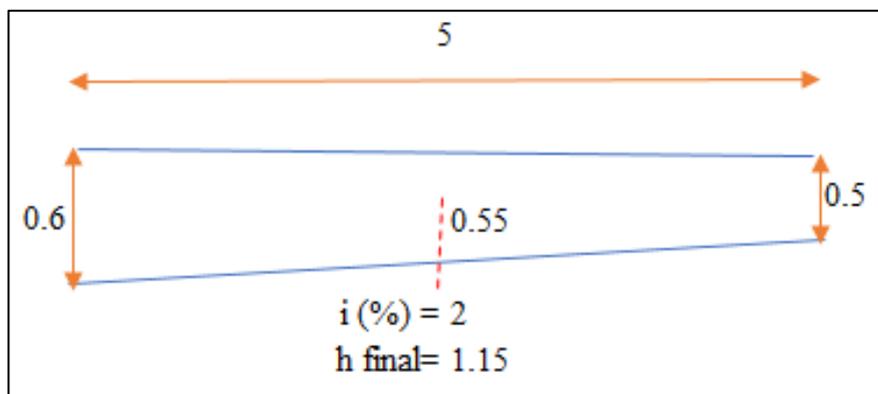


Nota. La figura indica el dimensionamiento de la acequia transversal y la cota final del proyecto. Elaborado por: Los autores.

Actualmente existe una canal transversal construida de hormigón en la red camino público Chimborazo tal como se indica en la Figura 20.

Figura 20

Detalle del canal ubicado Pz49 - Pz50.

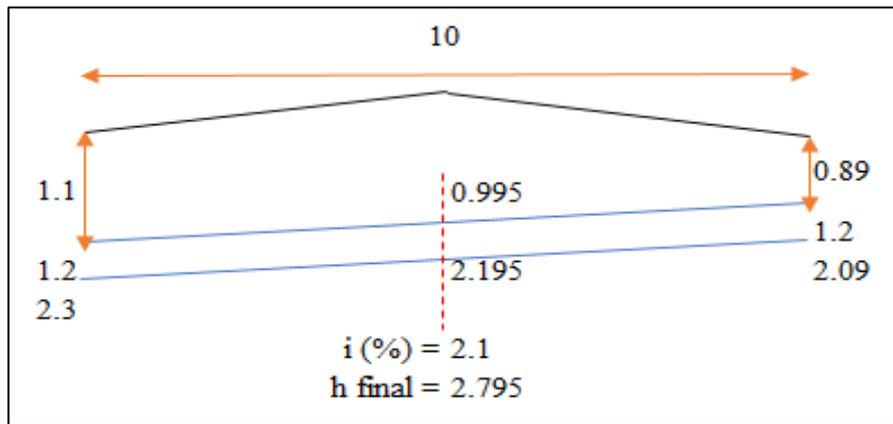


Nota. La figura indica el dimensionamiento del canal transversal y la cota final del proyecto. Elaborado por: Los autores.

Actualmente existe 5 alcantarillados transversal construida de acero corrugado en la red carretera Guaranda – Riobamba, siendo esta la red principal que recolecta de todos los sectores, en las Figuras 21, 22, 23, 24 y 25 se indica las profundidades de cada uno de los alcantarillados.

Figura 21

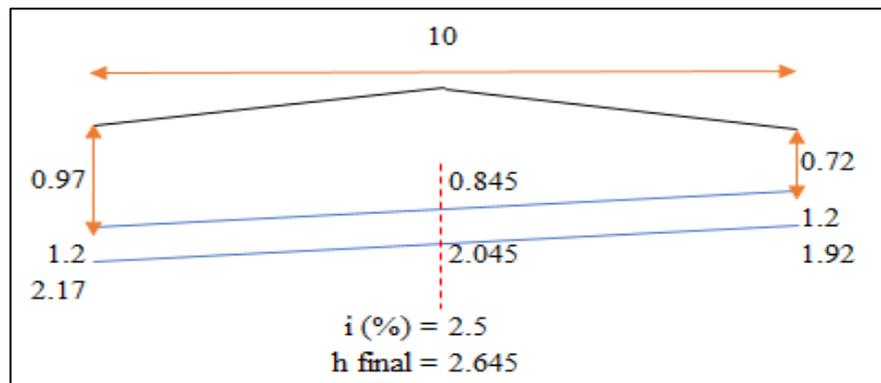
Detalle del alcantarillado transversal ubicado cerca del Pz390.



Nota. La figura indica el dimensionamiento del colector transversal y la cota final del proyecto. Elaborado por: Los autores.

Figura 22

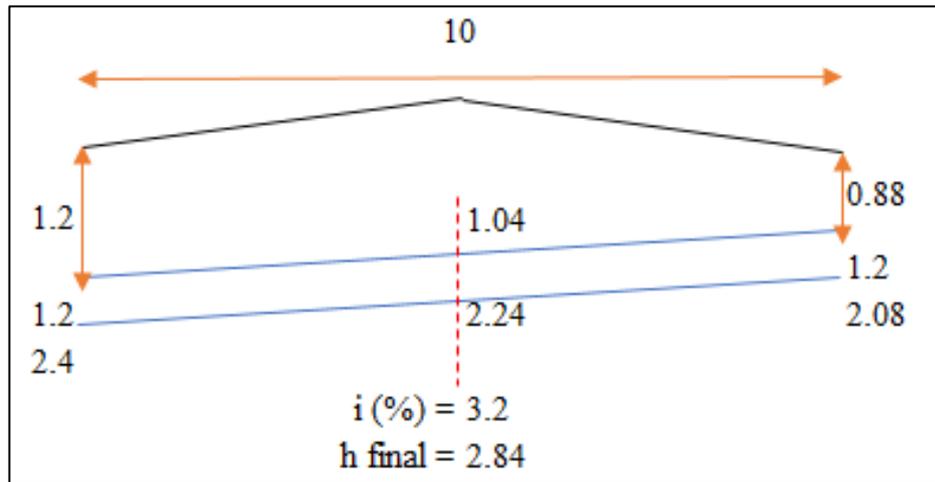
Detalle del alcantarillado transversal ubicado entre Pz391 - Pz392.



Nota. La figura indica el dimensionamiento del colector transversal y la cota final del proyecto. Elaborado por: Los autores.

Figura 23

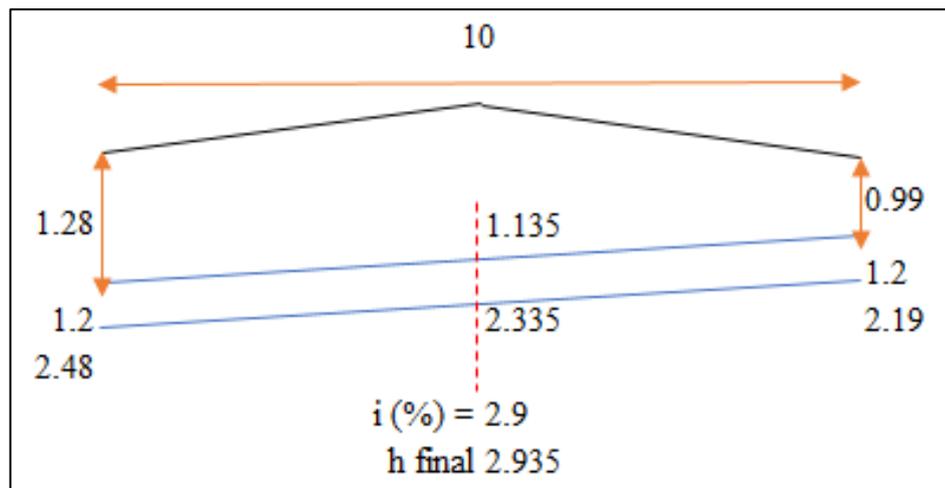
Detalle del alcantarillado transversal ubicado entre el Pz375 - Pz403.



Nota. La figura indica el dimensionamiento del colector transversal y la cota final del proyecto. Elaborado por: Los autores.

Figura 24

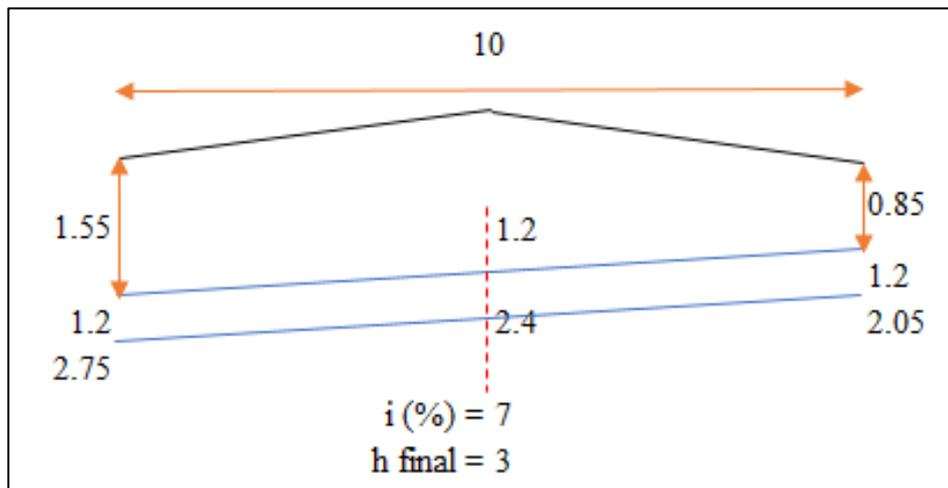
Detalle del alcantarillado transversal ubicado entre Pz406 - Pz407.



Nota. La figura indica el dimensionamiento del colector transversal y la cota final del proyecto. Elaborado por: Los autores.

Figura 25

Detalle del alcantarillado transversal ubicado entre PZ411 - PTAR.



Nota. La figura indica el dimensionamiento del colector transversal y la cota final del proyecto. Elaborado por: Los autores.

La tubería del sistema del alcantarillado sanitario se cruza por debajo de los elementos transversales a una profundidad de 0,60 m y va a estar protegida con una capa de hormigón armado de 10 cm a su alrededor.

Para los puentes que se encuentran en las redes camino vecinal Chimborazo y camino público Chimborazo, la tubería va anclada a un costado del puente, ya que no cumple con el recubrimiento mínimo para tránsito vehicular de 1,20 m.

4.2.3. Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario

Para el cálculo se ha utilizado una hoja de Excel, a continuación, en la Tabla 37 se va a detallar su simbología.

Tabla 37*Detalle de hoja de cálculo el sistema de alcantarillado sanitario*

	Columna	Descripción	Símbolo	Unidad
Descripción del tramo	B	Tipo de Colector		
	C	Nombre del Colector		
	D	Tramo		
	E	Nº Pozo		
	F	Longitud	l	m
Áreas Sanitarias	G	Área parcial	Ap	ha
	H	Área acumulada	Aac	ha
	I	Población parcial	Pp	hab
Población Sanitaria	J	Población acumulada	Pac	hab
	K	Factor de mayoración	M	
Caudales del Sistema	L	Caudal Domestico	Qdom	lt/s
	M	Caudal Infiltración	Qinf	lt/s
	N	Caudal Erradas	Qerr	lt/s
	O	Caudal Especiales	Qesp	lt/s
	P	Caudal Sanitario	Qs	lt/s
	Q	Caudal Colindante Existente	Qcol	lt/s
	R	Caudal de diseño	Qd	lt/s
Características Físicas	S	Diámetro	D	mm
	T	Pendiente	I	%
	U	Pendiente	S	0/00
	V	Coefficiente de rugosidad Manning	n	
Tubería Llena	W	Velocidad sección llena	V	m/s
	X	Caudal sección llena	Q	lt/s
	Y	Relación Qs/Q	Qs/Q	
	Z	Relación Qd/Q	Qd/Q	
Datos Hidráulicos	AA	Velocidad de diseño	Vd	m/s
	AB	Velocidad Mínima	Vmin	m/s
	AD	Calado	Y	m
	AG	Relación Y/D		%
Cotas	AI	Cota de terreno	Ct	msnm
	AJ	Cota del proyecto	Cp	msnm
Profundidad de Pozo	AK	Altura de pozo	Hpz	m
	AL	Altura del pozo de salto	Hpz s	m
	AM	Altura de pozo Total	Pz	m

Nota. Símbolos utilizados en la hoja de cálculo. Elaborado por: Los autores.

4.2.3.1. Datos de diseño.

Los siguientes datos son generales para todos los pozos:

- Dotación = 75 l/hab/día.
- Coeficiente de retorno = 0,80
- Coeficiente de simultaneidad $M = 4,00$
- Coeficiente para el caudal institucional $Q_{inst} = 0,40$ lt/s/ha- inst.
- Coeficiente para el caudal de infiltración $Q_{inf} = 0,05$ lt/s/ha
- Coeficiente para el caudal de erradas $Q_{err} = 0,05$ lt/s/ha

4.2.3.2. Datos de Ingreso a la hoja de Excel.

Columna B: Tipo de colector que tiene cada red, en este tramo es primario.

Columna C: Nombre de las calles, la cual es carretera Guaranda-Riobamba.

Descripción del tramo.

Columna D: Número de tramo, se eligió como ejemplo el tramo 5.

Columna E: Número de pozos que conforma el tramo 5.

$$Pz_{(394)} = Pz_{(inicio)} \quad \text{hasta} \quad Pz_{(369)} = Pz_{(final)}$$

Columna F: Se ingresa la longitud del tramo 5.

$$L_{tr} = 93,34m$$

Áreas Sanitarias

Columna G: Se ingresa el área de aportación parcial del tramo.

$$A_{ap} = 0,43ha$$

Columna H: El programa va acumulando el área de cada tramo.

$$A_{ac} = 0,43ha + 1,88ha(A_{ac} \text{ anterior tramo})$$

$$A_{ac} = 2,31ha$$

También se ingresa el área institucional que se tiene en el tramo.

$$A_{inst} = 0,19ha$$

Columna I: Población parcial de cada tramo, se calcula mediante densidad poblacional por el área de aportación parcial.

$$P_p = \delta_p * A_{ap}$$

$$P_p = 38,35 \text{ hab/ha} * 0,43ha$$

$$P_p = 16,35 \approx 17 \text{ hab}$$

Columna J: La población acumulada de cada tramo, se calcula mediante densidad poblacional por el área de aportación acumulada.

$$P_{ac} = \delta_p * A_{ac}$$

$$P_{ac} = 38,35 \text{ hab/ha} * 2,31ha$$

$$P_{ac} = 88,48 \approx 49 \text{ hab}$$

Columna K: El coeficiente de simultaneidad es $M = 4,00$.

Columna L: Caudal doméstico, se calcula mediante la siguiente ecuación, donde $R=0,80$

$$Q_{Dom} = M * \frac{\delta_p * D * A * R}{86400}$$

Donde:

$$R = 0,80$$

$$\delta_p = 38,35 \text{ hab/ha}$$

$$A = 2,31 \text{ ha}$$

$$D = 75 \text{ lt/hab*día}$$

$$Q_{\text{Dom}} = 4,00 * \frac{(3,35 \text{ hab/ha}) * (75 \text{ lt/s}) * (2,31 \text{ ha}) * (0,80)}{86400}$$

$$Q_{\text{Dom}} = 0,25 \text{ lt/s}$$

Columna M: Caudal institucional (lt/s), se obtiene mediante la siguiente ecuación, donde el coeficiente institucional es 0,40 lt/s-ha-inst.

$$Q_{\text{ins}} = \text{Coeficiente de contribución institucional} * A$$

$$Q_{\text{ins}} = (0,40 \text{ l/s-ha-inst}) * (0,19 \text{ ha})$$

$$Q_{\text{ins}} = 0,08 \text{ lt/s}$$

Columna N: Caudal infiltración (lt/s), se obtiene mediante la siguiente ecuación, donde el coeficiente de institucional es 0,05 lt/s-ha

$$Q_{\text{inf}} = \text{Coeficiente de contribución infiltración} * A$$

$$Q_{\text{inf}} = (0,05 \text{ lt/s-ha}) * (2,31 \text{ ha})$$

$$Q_{\text{inf}} = 0,12 \text{ lt/s}$$

Columna O: Caudal erradas (lt/s), se obtiene mediante la siguiente ecuación, donde el coeficiente de institucional es 0.05 lt/s-ha

$$Q_{\text{err}} = \text{Coeficiente de contribución erradas} * A$$

$$Q_{\text{err}} = (0,05 \text{ l/s-ha}) * (2,31 \text{ ha})$$

$$Q_{err} = 0,12 \text{ lt/s}$$

Columna P: Caudal sanitario (lt/s), es la suma de los caudales domésticos, institucionales, infiltración y erradas.

$$Q_s = Q_{Dom} + Q_{Ins} + Q_{Inf} + Q_{err}$$

$$Q_s = 0,25 \text{ lt/s} + 0,08 \text{ lt/s} + 0,12 \text{ lt/s} + 0,12 \text{ lt/s}$$

$$Q_s = 0,57 \text{ lt/s}$$

Columna Q: Caudal colindante es aquel que se suma cuando hay alguna intersección en los pozos.

$$Q_{col(Pz213-54)} = 0,15 \text{ lt/s}$$

Columna R: El caudal de diseño es la suma entre el caudal sanitario y colindante de ese tramo.

$$Q_d = Q_s + Q_{col(Pz213-54)}$$

$$Q_d = 0,57 \text{ lt/s} + 0,15 \text{ lt/s}$$

$$Q_d = 0,72 \text{ lt/s}$$

Columna S: Diámetro de la tubería en milímetros; en este tramo es $D = 200\text{mm}$.

Columna T: Pendiente del tramo (%), se determina con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\text{Cota pozo final} - \text{Cota pozo inicial}}{\text{Longitud}} * 100$$

$$I = \frac{3443,28 - 3438,74}{93,36\text{m}} * 100$$

$$I = 4,86\%$$

Columna U: Pendiente del tramo (m/m), es la fracción entre la pendiente en porcentaje sobre 100%.

$$S = \frac{I\%}{100}$$

$$S = \frac{4,86\%}{100}$$

$$S = 0,0486 \frac{m}{m}$$

Columna V: El coeficiente de Manning $n = 0,011$ se usa para material PVC.

Tubería llena

Columna W: Velocidad en sección llena (m/s), se calcula con la siguiente ecuación:

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

- ✓ Cálculo de la sección de la tubería mm^2 .

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

$$W = \frac{\pi * (200mm)^2}{4}$$

$$W = 10000\pi \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo del perímetro mojado de la tubería (mm)

$$\chi = \pi * D$$

$$\chi = \pi * 200mm$$

$$\chi = 200\pi \text{ mm}$$

✓ Cálculo del radio hidráulico de la tubería (m).

$$R = \frac{W}{\chi}$$

$$R = \frac{10000\pi}{200\pi}$$

$$R = 50\text{mm} \approx 0,05\text{m}$$

$$V = \frac{(0,05\text{m})^{2/3} * (0,0486 \frac{\text{m}}{\text{s}})^{1/2}}{0,011}$$

$$V = 2,92\text{m/s}$$

Se obtiene una velocidad de llenado de 2,92 m/s.

Columna X: Caudal de la sección llena (m³/s), se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q = V * A$$

$$Q = 2,92\text{m/s} * 0,01\pi \text{ m}^2$$

$$Q = 0,09184\text{m}^3/\text{s} \approx 91,84\text{lt/s}$$

Datos hidráulicos

Columna Y: Relación de caudal sanitario sobre el caudal de sección llena ($\frac{Q_s}{Q}$)

$$\frac{Q_s}{Q} = \frac{0,557 \text{ lt/s}}{91,84\text{lt/s}} = 0,006$$

Columna Z: Relación de caudal de diseño sobre el caudal de sección llena ($\frac{Q_{\text{dis}}}{Q}$)

$$\frac{Q_{\text{dis}}}{Q} = \frac{0,711\text{lt/s}}{91,84\text{lt/s}} = 0,0077$$

Luego de haber determinado las relaciones Q_s/Q y Q_{dis}/Q , se determina la relación entre el calado y el diámetro de la sección (Y/D) con la fórmula empírica presentada a continuación. (Morales Nava & Parra Meza, 2013, pág. 12)

Columna AG: Relación entre el calado (Y) y diámetro de la sección (D) en donde el porcentaje del mismo (porcentaje de calado), no debe sobrepasar del 85%.

$$\frac{Y}{D} = \frac{-0,00138 + (0,64987) * \left(\frac{Q_{dis}}{Q}\right)^{\frac{1}{2}} - 0,58273 * \left(\frac{Q_{dis}}{Q}\right)}{1 - (1,00049) * \left(\frac{Q_{dis}}{Q}\right)^{\frac{1}{2}} + 0,08523 * \left(\frac{Q_{dis}}{Q}\right)}$$

$$\frac{Y}{D} = \frac{-0,00138 + (0,64987) * (0,0077)^{\frac{1}{2}} - 0,58273 * (0,0077)}{1 - (1,00049) * (0,0077)^{\frac{1}{2}} + 0,08523 * (0,0077)}$$

$$\frac{Y}{D} = 0,0560 * 100\%$$

$$\frac{Y}{D} = 5,60 \%$$

Columna AD: Calado (m), se calcula con la relación Y/D en donde se despeja Y . (Morales Nava & Parra Meza, 2013, pág. 12)

$$\frac{Y}{D} = 5,60 \%$$

$$Y = \frac{5,60}{100} * \frac{D}{1000}$$

$$Y = \frac{5,60}{100} * \frac{200\text{mm}}{1000}$$

$$Y = 0,0112\text{m}$$

Columna AA: Velocidad de diseño se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_d = \frac{0,00144 + (0,85842) * \left(\frac{Y}{D}\right)^{\frac{1}{2}}}{1 - (1,2730) * \left(\frac{Y}{D}\right)^{\frac{1}{2}} + (1,00699) * \left(\frac{Y}{D}\right)} * V$$

$$V_d = \frac{0,00144 + (0,85842) * (0,56)^{\frac{1}{2}}}{1 - (1,2730) * (0,056)^{\frac{1}{2}} + (1,00699) * (0,056)} * 2,92 \frac{m}{s}$$

$$V_d = 0,78 \frac{m}{s}$$

Columna AB: Velocidad minima se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_{\min} = (0,281239420117555 + 5,2453579902649 * \left(\frac{Q_s}{Q}\right) - 18,884444519043 * \left(\frac{Q_s}{Q}\right)^2 + 35,221614837646 * \left(\frac{Q_s}{Q}\right)^3 - 30,540842056574 * \left(\frac{Q_s}{Q}\right)^4 + 9,8056392669678 * \left(\frac{Q_s}{Q}\right)^5) * V$$

$$V_{\min} = (0,281239420117555 + 5,2453579902649 * (0,006) - 18,884444519043 * (0,006)^2 + 35,221614837646 * (0,006)^3 - 30,540842056574 * (0,006)^4 + 9,8056392669678 * (0,006)^5) * \left(2,92 \frac{m}{s}\right)$$

$$V_{\min} = 0,91 \frac{m}{s}$$

Cotas

Columna AI: Cota de terreno (msnm), dato que tomamos de la topografía del proyecto para cada pozo, el cual es:

$$C_{T(394)} = 3444,68 \text{msnm}$$

$$C_{T(369)} = 3440,94 \text{msnm}$$

Columna AJ: Cota del proyecto (msnm), se calcula la cota del terreno menos la altura del pozo.

$$C_{P(394)} = C_{T(394)} - H_{pz(394)}$$

$$C_{P(394)} = 3444,68\text{msnm} - 1,40\text{m}$$

$$C_{P(394)} = 3443,28\text{msnm}$$

$$C_{P(369)} = C_{T(369)} - H_{pz(369)}$$

$$C_{P(369)} = 3440,94\text{msnm} - 2,90\text{m}$$

$$C_{P(369)} = 3438,04 \text{msnm}$$

Profundidad de pozos

Columna AK: Altura del pozo (m) es la medida desde el nivel del terreno hasta la cota del proyecto.

$$H_{pz(394)} = H_{rell} + D$$

$$H_{pz(394)} = 1,20\text{m} + \frac{200}{1000}\text{m}$$

$$H_{pz(394)} = 1,40\text{m}$$

$$H_{pz(369)} = H_{rell} + D$$

$$H_{pz(369)} = 2,70\text{m} + \frac{200}{1000}\text{m}$$

$$H_{pz(369)} = 2,90\text{m}$$

Columna AL: Pozo de salto dato de ingreso, en este tramo no tenemos pozo de salto.

Columna AM: Altura total del pozo.

$$Pz_{(394)} = H_{pz} + H_{pz.s}$$

$$Pz_{(394)} = 1,40m + 0,00m$$

$$Pz_{(394)} = 1,40 m$$

$$Pz_{(369)} = H_{pz} + H_{pz.s}$$

$$Pz_{(369)} = 2,90m + 0,00m$$

$$Pz_{(369)} = 2,90m$$

4.2.4. Diseño de los pozos de Revisión (Pozo tipo B1)

Las consideraciones que se toma en cuenta para el diseño geométrico, funcional y ubicación son las mencionadas en el literal 4.2.2.2.

El sistema de alcantarillado cuenta con 4 redes principales las cuales son: red de la carretera Guaranda-Riobamba, red camino vecinal Chimborazo, red camino público Chimborazo y la red Camino público la Y, para las cuales se considera un total de 120 colectores.

A continuación, en la Tabla 38 se especifica la cantidad de pozos según la profundidad en la que se encuentran cada uno de ellos.

Tabla 38

Clasificación de pozos con respecto a su profundidad.

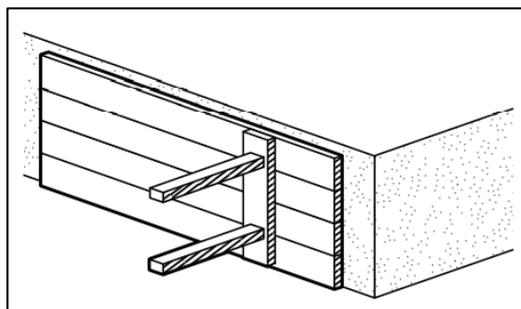
Profundidad de pozos (m)	Cantidad de pozos
0 – 1,50	26
0 – 2,00	45
0 – 2,50	11
0 – 3,00	19
0 – 3,50	7
0 – 4,00	9
0 – 4,50	1
0 – 6,00	2
Total	120

Nota. Cantidad total de pozos del proyecto. Elaborado por: Los autores.

Hay que tener en cuenta que, para la excavación de zanjas y pozos con profundidades mayores a 2,00 metros, se tiene que realizar entibado continuo para precautelar la seguridad de los trabajadores. (INEN, 1987, pág. 3)

Figura 26

Entibación continua

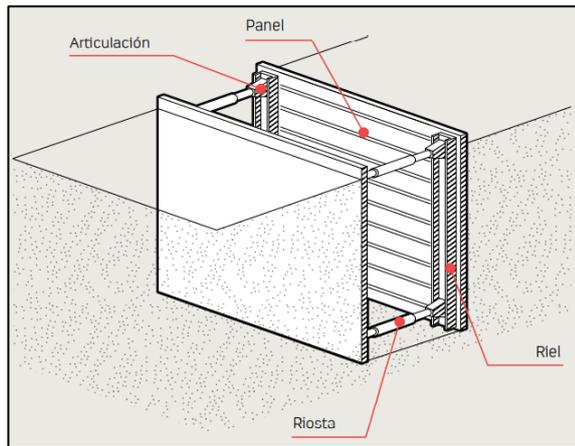


Fuente: Control de riesgos en excavaciones, ACHS.

El suelo que predomina en el proyecto es de tipo limo arcilloso con una profundidad de excavación máxima de 6,00 metros, éste no requiere de un control de desplazamientos en excavaciones entibadas, ya que no supera la profundidad para monitoreo de 10,00 metros. (Asociación Chilena de Seguridad, 2006, pág. 16)

Figura 27

Partes de un entibado continuo

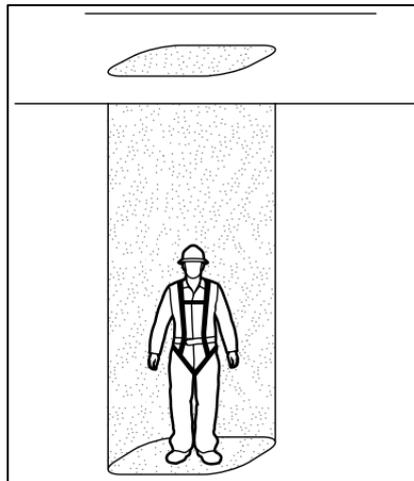


Fuente: Control de riesgos en excavaciones, ACHS.

Se debe considerar que para las excavaciones de pozos se realiza por lo general manualmente.

Figura 28

Excavación de pozo.



Fuente: Control de riesgos en excavaciones, ACHS.

Los planos detallados en planta y perfil nos indica su abscisa, profundidad, su código, la pendiente de cada tramo, la cota del terreno y volumen de excavación.

En los anexos se especifica el plano del detalle del pozo tipo B, armado de pozo y su respectivo detalle de tapa, empalme de tres canales.

El acero que se coloca en los pozos de revisión es el mínimo permitido, como tipo malla con $\varnothing = 12\text{mm}$ c/20 cm, para el ingreso se instala estribos de $\varnothing = 18\text{ mm}$ c/35cm, tal cual se detalla en planos.

La tapa del pozo es tipo B2 con acero de $\varnothing = 8\text{ mm}$ c/10cm, espesor de 7 cm resistente al tránsito vehicular, detallado en planos.

4.2.5. Diseño de estación de bombeo de aguas residuales

4.2.5.1. Caudal de descarga en el tanque de almacenamiento.

Existe un tanque de almacenamiento para la recolección de las aguas residuales de las redes del camino vecinal Chimborazo, camino público Chimborazo y camino público la Y, que tiene un caudal medio de 4,32 It/s, ya que por cuestiones de la topografía del terreno se necesita un sistema de bombeo para llevar el caudal hasta el pozo 401, ubicado en la red de la carretera Guaranda-Riobamba.

Para el diseño del sistema de bombeo se realiza la curva de masas, la cual consiste en una comparación de volúmenes de llegada y salida del tanque mediante bombeo, para esto se asume un coeficiente de descarga k indicada en la Tabla 39, acorde a los horarios pico dentro de las 24 horas del día cada media hora.

Tabla 39

Coefficiente de descarga k.

Coefficiente de descarga k	
Alta	1,00
Media Alta	0,75
Medio	0,50
Bajo	0,25
Muy Bajo	0,10

Elaborado por: Los autores.

Por lo tanto, se usa la siguiente ecuación para el cálculo del caudal de descarga al tanque:

$$Q_{\text{descarga}} = k * Q_{\text{medio}}$$

Tomando un ejemplo del Anexo 4, durante las 9:00 am se tiene un coeficiente de descarga media de 0,50, de esta manera se obtiene el caudal de descarga hacia el tanque.

$$Q_{\text{descarga}} = 0,50 * 4,32 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{descarga}} = 2,16 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

4.2.5.2. Análisis de flujo en la tubería de impulsión.

4.2.5.2.1. Selección de bomba.

- Bomba triturado sumergible

Las bombas trituradoras están diseñadas para instalaciones con cantidades pequeñas de aguas residuales, en donde los sólidos son desmenuzados en pequeños trozos de aproximadamente 10 mm, por lo tanto, se utilizan tuberías de succión con

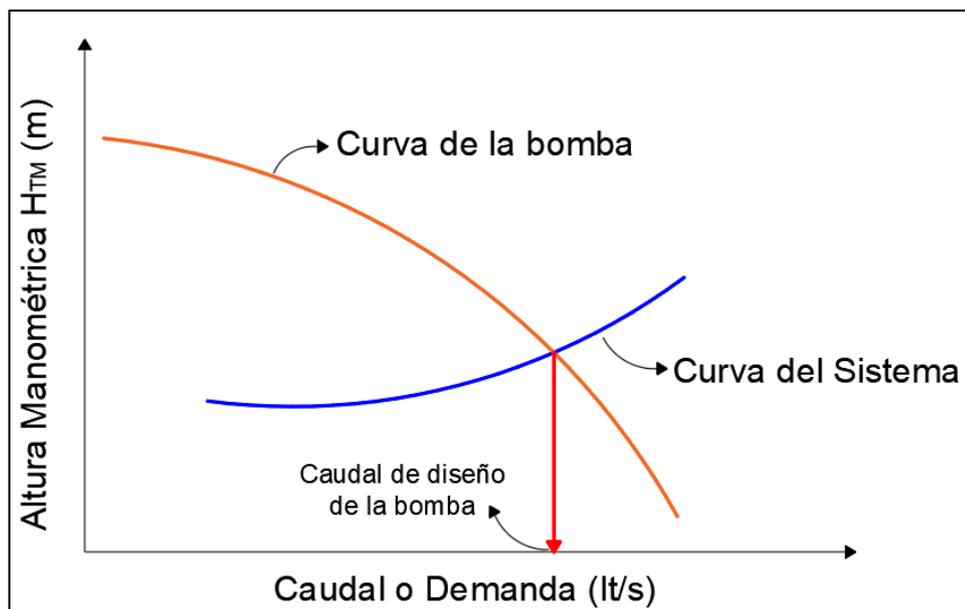
diámetro nominal entre 40 y 80 mm, consiguiendo una velocidad mínima de 0,5 m/s.
(Grundfos, 2013, pág. 22)

- Caudal de Bombeo

Se impone un caudal de bombeo (4 lt/s) menor al caudal de ingreso (4,32 lt/s) para que el tanque se encuentre en un régimen de vaciado o llenado de acuerdo a los coeficientes de descarga (k), por lo tanto, se determina la relación entre las curvas del sistema y trabajo de la bomba, en la Figura 29 se indica en las ordenadas la altura manométrica total y en las abscisas el caudal.

Figura 29

Curva del sistema y curva de la bomba



Nota. Esquema para la obtención del caudal de bombeo con respecto a la curva del sistema y de la bomba. Elaborado por: Los autores.

- **Curva del sistema**

Para la formación de la curva del sistema es importante asumir caudales de diseño, para luego determinar la altura manométrica, por lo tanto, se ha impuesto valores desde 2,00 lt/s a 5,00 lt/s como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40

Altura manométrica del sistema.

Q	V	Re	f	h_f	h_l	h_{per}	H_{MT}
(l/s)	(m/s)			(m)	(m)	(m)	(m)
2,00	0,632	36456,394	0,0224	1,933	0,348	2,281	9,25
2,20	0,695	40102,033	0,0219	2,287	0,421	2,708	9,68
2,40	0,758	43747,672	0,0215	2,671	0,502	3,173	10,14
2,60	0,821	47393,312	0,0211	3,077	0,589	3,666	10,64
2,80	0,884	51038,951	0,0208	3,518	0,683	4,200	11,17
3,00	0,947	54684,590	0,0205	3,980	0,784	4,764	11,73
3,20	1,010	58330,230	0,0202	4,462	0,892	5,354	12,32
3,40	1,074	61975,869	0,0199	4,963	1,007	5,969	12,94
3,60	1,137	65621,508	0,0197	5,508	1,129	6,636	13,61
3,80	1,200	69267,148	0,0194	6,043	1,257	7,300	14,27
4,00	1,263	72912,787	0,0192	6,627	1,393	8,020	14,99
4,20	1,326	76558,426	0,0190	7,230	1,536	8,766	15,74
4,40	1,389	80204,066	0,0188	7,852	1,686	9,537	16,51
4,60	1,453	83849,705	0,0187	8,536	1,843	10,378	17,35
4,80	1,516	87495,345	0,0185	9,195	2,006	11,201	18,17
5,00	1,579	91140,984	0,0183	9,869	2,177	12,046	19,02

Nota. Obtención de los parámetros hidráulicos para determinar la altura manométrica total del sistema. Elaborado por: Los autores.

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo con el caudal de 2,00 lt/s.

- **Velocidad media del sistema (V)**

La velocidad media debe cumplir con las condiciones de velocidades mínimas y máximas de acuerdo al diámetro adoptado para el sistema ($D = 2 \frac{1}{2}$ pulg = 0,0635m).

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

$$V = \frac{0,002 \frac{m^3}{s}}{0,00316m^2}$$

$$V = 0,632 \frac{m}{s}$$

- **Régimen de flujo o número de Reynolds (Re)**

Osborne Reynolds (1883) en base a experimentos propuso el criterio para distinguir los tipos de flujos mediante un número (Re), el cual permite evaluar la preponderancia de las fuerzas viscosas sobre las de inercia. (Sotelo Ávila, 1997, pág. 277)

En el caso de un conducto cilíndrico a presión, el Re se define con la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{D * V}{\vartheta}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds (adm)

D = Diámetro de la sección transversal del conducto (m)

V = Velocidad media de flujo (m/s)

ϑ = Viscosidad cinemática del flujo (m^2/s)

Reynolds descubrió que un tubo de flujo laminar se vuelve inestable cuando Re ha rebasado un valor crítico, para luego convertirse en flujo turbulento. (Sotelo Ávila, 1997, pág. 277)

En las tuberías existen dos tipos de flujos laminar y el turbulento. El primero es un flujo permanente e incompresible en un conducto cilíndrico, mientras que el segundo se caracteriza porque continuamente se mezcla, de una manera caótica, como resultado de la ruptura de un flujo ordenado afectando zonas en dirección del movimiento. (Sotelo Ávila, 1997)

Valores referenciales para distinguir el tipo de flujo en un conducto cilíndrico el cual depende del número de Reynolds, como se indica en la Tabla 41.

Tabla 41

Número de Reynolds.

Régimen de flujo	Número de Reynolds (Re)
Flujo laminar	< 2000
Flujo transición	2000 < Re < 4000
Flujo turbulento	> 4000

Fuente: Hidráulica general, Gilberto Sotelo (1997).

Se determina el número de Reynolds sabiendo que el agua tiene una viscosidad cinemática de $1,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$\text{Re} = \frac{0,00316\text{m} * 0,632 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$\text{Re} = 36456,394$$

∴ Flujo Turbulento

Al tener un régimen de flujo turbulento, se procede a calcular el factor de fricción para encontrar las pérdidas de carga por fricción (h_f) según Darcy-Weisbach.

- **Factor de fricción (f)**

Para el valor del factor de fricción **f** utilizamos la fórmula propuesta por Nikuradse. (Sotelo Ávila, 1997, pág. 293)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left(\frac{Re\sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$1 = \sqrt{f} * 2 \log \left(\frac{Re\sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$1 = \sqrt{f} * 2 \log \left(\frac{36456,394\sqrt{f}}{2,51} \right)$$

Con f = 0,0224

$$1 = \sqrt{0,0224} * 2 \log \left(\frac{36456,394\sqrt{0,0224}}{2,51} \right)$$

$$1 = 1$$

$$\therefore f = 0,0224$$

Mediante iteraciones, se obtuvo el factor de fricción $f = 0,0224$.

- **Pérdidas por fricción (hf)**

$$h_f = f * \frac{L_{tub}}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

hf = Pérdidas de carga por fricción (m)

f = Factor de pérdidas de fricción (adm)

L_{tub} = Longitud del conducto (m); 269,55m

D = Diámetro de la sección transversal del conducto (m)

V = Velocidad media de flujo (m/s)

$$h_f = 0,0224 * \frac{269,55\text{m}}{0,0635\text{m}} * \frac{(0,632 \frac{\text{m}^2}{\text{s}})^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_f = 1,933\text{m}$$

- **Pérdidas locales (h_l)**

$$h_l = k * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h_l = Pérdidas de carga locales (m)

k = Factor de pérdidas locales (adm)

V = Velocidad media de flujo (m/s)

En la siguiente Tabla 42 se especifican los distintos coeficientes de pérdida de carga local que se han colocado en el sistema de bombeo, para el cálculo de la altura manométrica.

Tabla 42

Coefficientes de pérdida de carga local.

Coefficientes de resistencia local		
Accesorio	Cantidad	k
Codo de 45°	3	0,708
Codo de 90°	3	3,387
Tee	1	1,129
Por entrada (aspiración)	1	0,500
Por ampliación (bomba 11/2", acople 21/2")	1	3,160
Válvula de Globo	1	6,000
Válvula retención o check	1	2,100
Válvula de compuerta	1	0,150
	Total	17,134

Nota. Número accesorios utilizados para el sistema de bombeo con los respectivos coeficientes de pérdida a partir de la Hidráulica general de Gilberto Sotelo (1997).

$$h_1 = 17,134 * \frac{(0,632 \frac{m^2}{s})^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_1 = 0,348m$$

- **Altura dinámica (H_{din})**

$$H_{din} = h_f + h_1$$

$$H_{din} = 1,933m + 0,348m$$

$$H_{din} = 2,281m$$

- **Altura manométrica total (H_{MT})**

Está compuesta por la altura estática (H_{est}) y la altura dinámica (H_{din}), la primera comprende la diferencia entre el nivel del agua del tanque y la cota de conexión con el pozo, mientras que la segunda está en función de las pérdidas de carga que se originan en la tubería de conducción (pérdidas de fricción) y pérdidas por accesorios como válvulas, codos, etc. (pérdidas locales).

$$H_{MT} = H_{est} + H_{din}$$

$$H_{MT} = 6,97m + 2,28m$$

$$H_{MT} = 9,25m$$

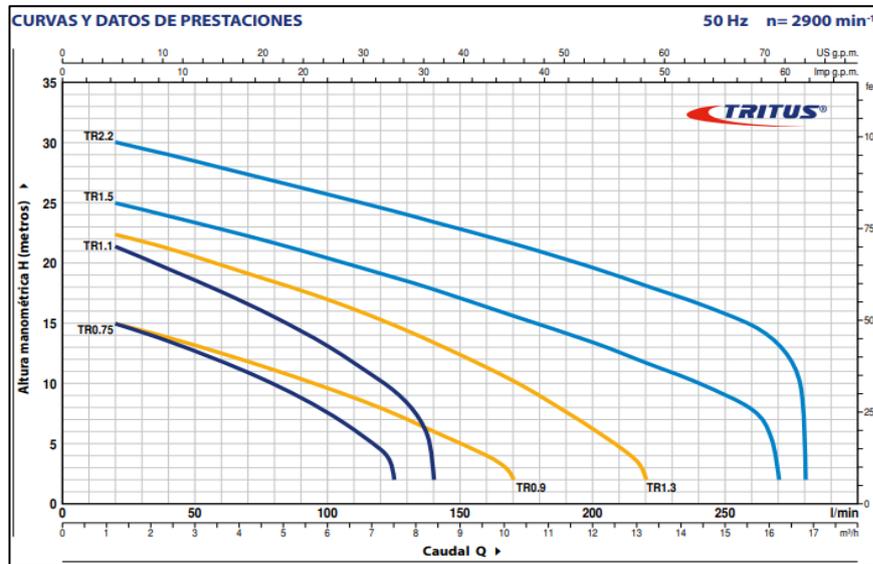
Se obtiene una altura manométrica total de 9,25 m para un caudal de 2,00 lt/s.

- **Curva de la bomba**

Es la curva que presenta el fabricante de la bomba, como se indica en la Figura 30, en este caso la bomba que se elige es la del modelo TRITUS 2.2 trifásica (TR 2.2).

Figura 30

Curva de la bomba

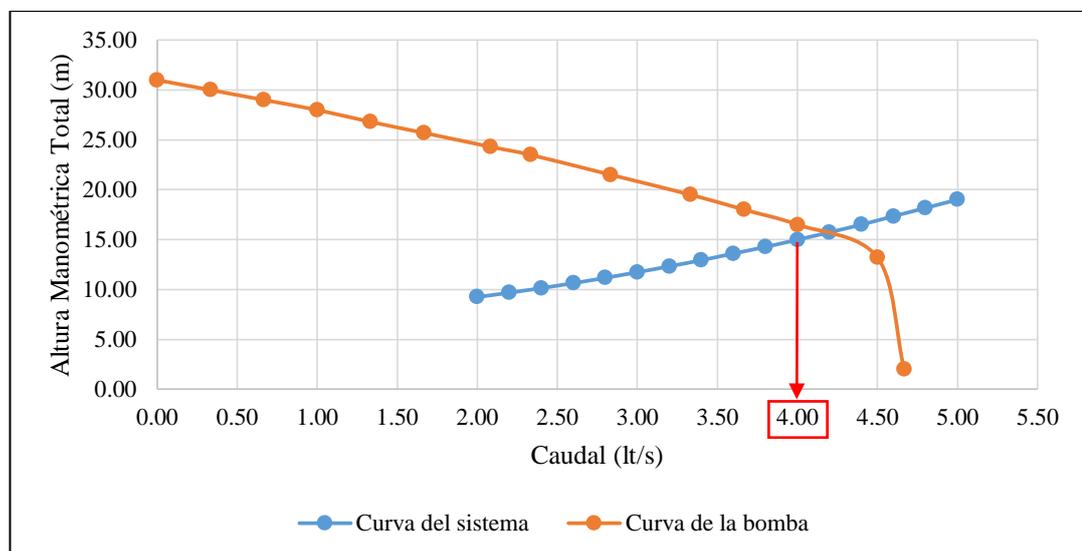


Nota. Capacidad de las bombas. Fuente: Catálogo electrobombas sumergibles con triturador TRITUS, Pedrollo.

- **Relación de las curvas del sistema y de la bomba**

Figura 31

Relación de la curva del sistema y la curva de la bomba



Nota. Selección del caudal de bombeo. Elaborado por: Los autores.

Se comprueba que la bomba succiona un caudal de 4,00 lt/s generando una altura manométrica de 16,50 m, por lo tanto, se cumple con las condiciones que requiere el sistema.

4.2.5.2.2. Periodo de bombeo.

Tomando en cuenta las razones económicas y de servicio, es conveniente analizar los turnos de bombeo con el fin de garantizar una buena funcionalidad de la bomba, sabiendo que a mayor tiempo de bombeo existe menor capacidad. (Corcho Romero & Duque Serna, 2005, pág. 357).

Para el sistema de bombeo, los turnos empiezan a diferentes horas del día con intervalos de 30 minutos, como se aprecia en el Anexo D, cabe recalcar que la automatización de la bomba depende del flotador, el cual enciende o apaga la bomba dependiendo del nivel de agua en el tanque.

Los volúmenes han sido calculados para cada media hora del día como se muestra en el Anexo D, obteniendo así la curva másica de caudales (Figura 32) para poder dimensionar el tanque.

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo de cómo cambian los volúmenes a las 9:00 am (continuación del ejemplo del ítem 4.2.5.1.).

Datos:

Caudal sanitario que llega al tanque $Q = 2,16 \text{ lt/s}$

Periodo de tiempo de bombeo = 30 min = 1800 s

- **Volumen de descarga en el tanque**

Con el fin de tener una relación de masas, se obtiene el volumen que se descarga en el tanque en media hora (1800 segundos), de la siguiente manera:

$$V_{\text{descarga}} = Q_{\text{descarga}} * t$$

$$V_{\text{descarga}} = 0,00216 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1800\text{s}$$

$$V_{\text{descarga}} = 3,89\text{m}^3$$

Hasta las 9:00 am ya existe un volumen acumulado de descarga en el tanque de 60,65 m³.

Del mismo modo se obtiene el volumen de bombeo o de salida cada media hora, sabiendo que la bomba tiene un caudal de diseño de 4,00 lt/s.

$$V_{\text{bombeo}} = Q_{\text{diseño bomba}} * t$$

$$V_{\text{bombeo}} = 0,004 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1800\text{s}$$

$$V_{\text{bombeo}} = 7,20\text{m}^3$$

Así como se tiene un volumen acumulado de descarga en el tanque, también existe el de salida, que a las 9:00 am tiene un valor de 50,40 m³ (el volumen se acumulado desde el primer periodo de bombeo que es de 6:00 am – 10:00 am).

Luego se determina el volumen de excedencia/déficit en el tanque.

$$V_{\text{excedencia/déficit}} = V_{\text{acumulado descarga}} - V_{\text{acumulado salida}}$$

$$V_{\text{excedencia/déficit}} = 60,65\text{m}^3 - 50,40\text{m}^3$$

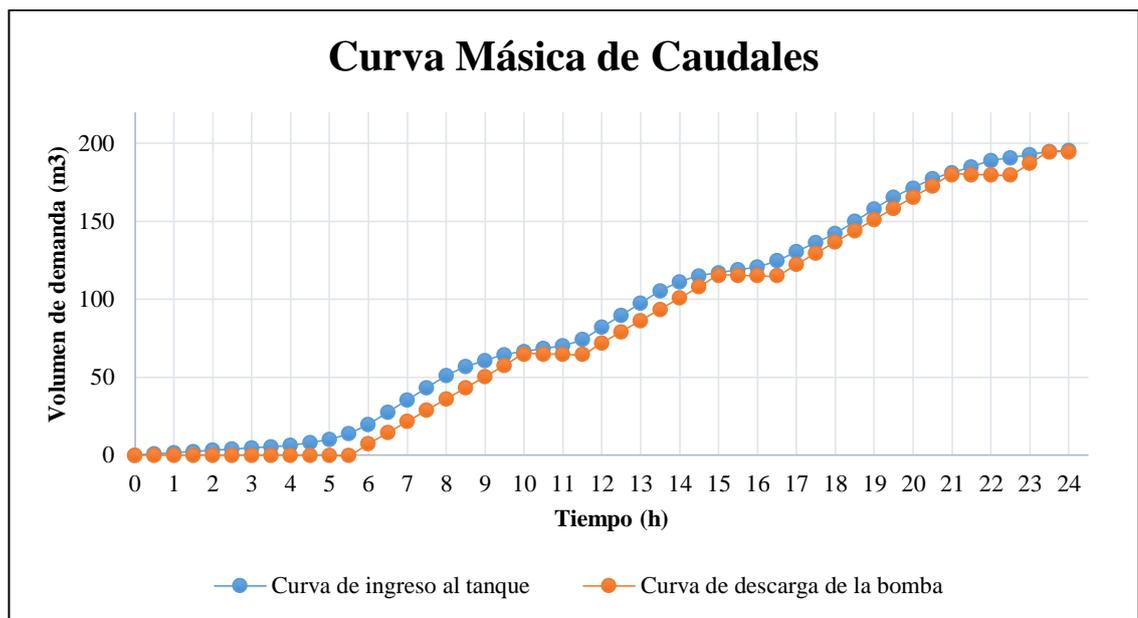
$$V_{\text{excedencia/déficit}} = 10,25\text{m}^3$$

4.2.5.2.3. *Curva másica de volúmenes.*

La gráfica de curva de masas está compuesta en el eje de las ordenadas por los volúmenes acumulados que llegan al tanque y los que son bombeados, mientras que en el eje de las abscisas se encuentra las 24 horas del día como se presenta a continuación en la Figura 32.

Figura 32

Curva másica de caudales



Nota. Régimen de vaciado y llenado a causa de las horas de bombeo. Elaborado por: Los autores.

Del Anexo D se obtiene el volumen de excedencia/déficit máximo (Tabla 43) a la que llega el tanque de almacenamiento para imponer las dimensiones del tanque.

Tabla 43

Resumen de volumen de excedencia/déficit

Volumen de Excedencia (m ³)	Volumen de déficit (m ³)	Volumen teórico del tanque (m ³)
14,93	0,39	15,32

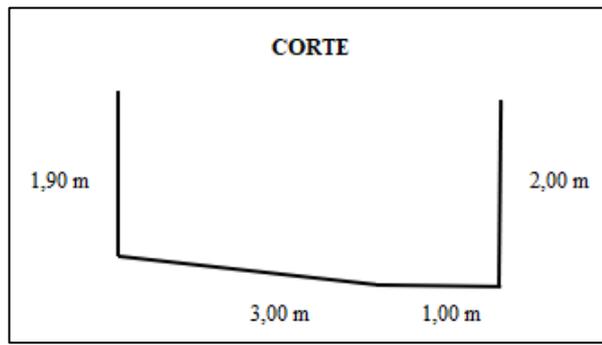
Elaborado por: Los autores.

4.2.5.2.4. *Dimensionamiento del tanque.*

Se requiere un volumen teórico del tanque de $15,32 \text{ m}^3$. Por lo tanto, acorde a las disposiciones de terreno y la geometría que requiere el cárcamo de bombeo se adoptaron las siguientes medidas mostradas en las Figuras 33 y 34.

Figura 33

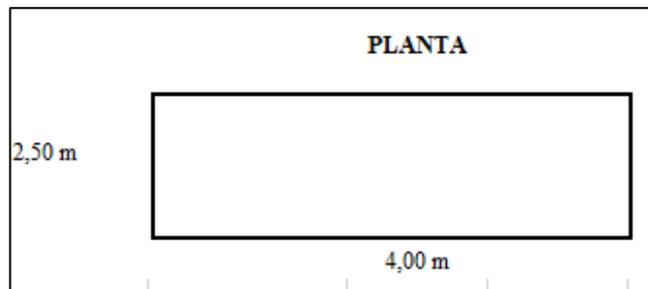
Dimensionamiento en corte del tanque de almacenamiento



Elaborado por: Los autores mediante el programa AutoCAD.

Figura 34

Dimensionamiento de la planta del tanque de almacenamiento



Elaborado por: Los autores mediante el programa AutoCAD.

Se ha tomado en cuenta un borde libre en el tanque de 40 cm y una altura mínima del nivel del agua de 20 cm, a continuación, se presentan el resumen de los volúmenes en el tanque.

Tabla 44

Volúmenes del tanque de almacenamiento.

Volumen total del tanque (m³)	19,63
Volumen vacío (borde libre) (m³)	4,00
Volumen Mínimo (m³)	1,25
Volumen Masa Real (m³)	15,63

Elaborado por: Los autores.

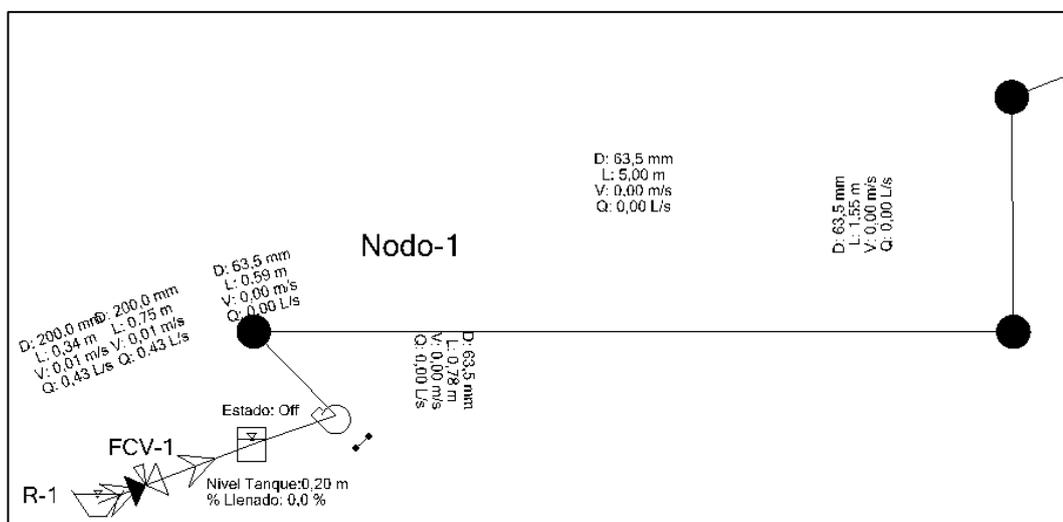
4.2.5.2.5. Análisis de bombeo.

El análisis de bombeo es comprobado por el software WaterGEMS.

- Modelación

Figura 35

Modelación del tramo principal del sistema de bombeo.



Nota. Se visualiza que cumple los parámetros hidráulicos y los controles en la bomba.

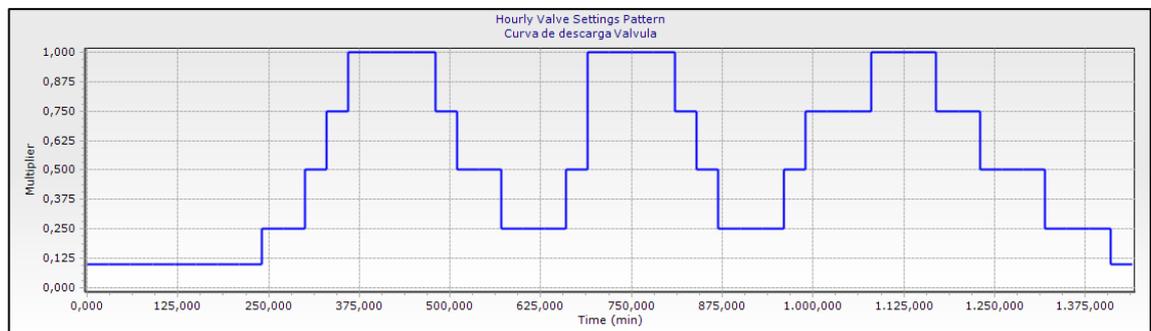
Elaborado por: Los autores mediante el programa WaterGEMS.

Se inicia con un reservorio empírico R-1, que equivale a la descarga de aguas residuales generada por las redes del camino vecinal Chimborazo, camino público Chimborazo y camino público la ‘Y’, las cual desembocan en el cárcamo de bombeo.

Es necesario una válvula reguladora de caudal FCV-1 entre el reservorio y el tanque, la cual está en función de los patrones de descarga para ciertas horas del día mostradas en la Tabla 39. De la misma manera el tanque trabaja con el mismo patrón de descarga.

Figura 36

Patrón de descarga



Nota. La figura muestra el patrón de descarga colocado en la válvula y en el tanque de almacenamiento. Elaborado por: Los autores mediante el programa WaterGEMS.

Se ingresa las dimensiones del tanque sin tomar en cuenta la altura del borde libre de 40,00 cm.

Figura 37

Ingreso de las dimensiones del tanque.

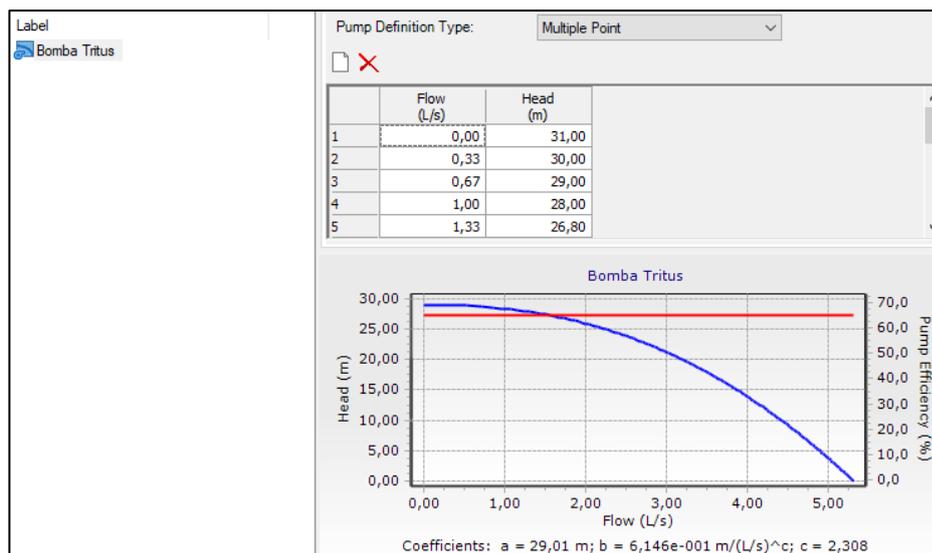
Operating Range	
Operating Range Type	Elevation
Elevation (Base) (m)	0,00
Elevation (Minimum) (m)	0,20
Elevation (Initial) (m)	0,20
Elevation (Maximum) (m)	1,80
Use High Alarm?	False
Use Low Alarm?	False
Operational	
Controls	<Collection>
Physical	
Elevation (m)	0,00
Zone	<None>
Volume (Inactive) (m ³)	0,00
Installation Year	0
Section	Non-Circular
Area (Average) (m ²)	9,6
Volume Full (Calculated) (m ³)	15,41

Elaborado por: Los autores.

Ingresar los datos de la bomba TRITUS 2.2 trifásica en el programa (Pump Definitions), con una eficiencia de 65%.

Figura 38

Definición de las características de la bomba.



Nota. La figura indica la curva de la bomba a partir de los datos proporcionados por el fabricante. Elaborado por: Los autores mediante el programa WaterGEMS.

Luego de definir a la bomba también se debe programa controles de encendido y apagado de la bomba, que están en función de los niveles del tanque en las diferentes horas del día, como se aprecia en la Figura 39 y 40.

Figura 39

Control de encendido de la bomba.

IF: Tanque-1 Level >= 1,80 m	THEN: Bomba-1 Pump Status = 0
Element	Bomba-1
Tanque-1	Pump Status
Level	=
>=	On
1,80 m	

Elaborado por: Los autores mediante el programa WaterGEMS.

Figura 40

Control de apagado de la bomba.

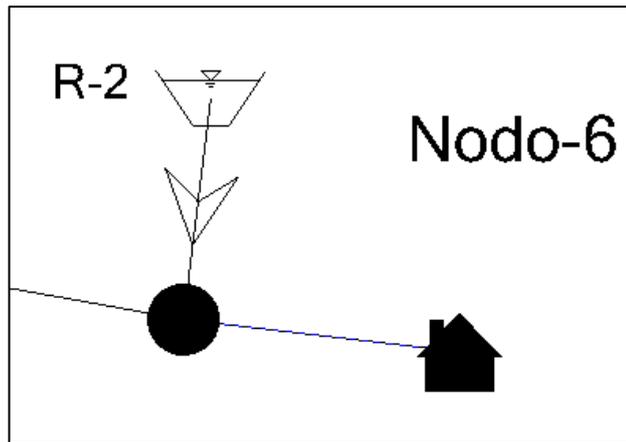
IF: Tanque-1 Level <= 0,20 m	THEN: Bomba-1 Pump Status = 0
Element	Bomba-1
Tanque-1	Pump Status
Level	=
<=	Off
0,20 m	

Elaborado por: Los autores mediante el programa WaterGEMS.

En el último nodo (Nodo-6) se añade un Customer Meter (demanda 4 It/s, caudal de bombeo), que en este caso viene a ser el pozo 401 (red de la carretera Guaranda-Riobamba) donde se descarga lo proveniente del tanque de bombeo.

Figura 41

Modelación de tramo final del sistema de bombeo.



Elaborado por: Los autores.

Como el fin es verificar que el sistema de bombeo alcance al pozo 401 de la red de la carretera Guaranda-Riobamba, entonces se añade una demanda de 4,00 lt/s constante al Nodo-6; se ha implementado el reservorio (R-2) de una manera empírica y esquemática como parte de la simulación del sistema de bombeo, para que el programa no genere problemas de falta de abastecimiento en el Nodo-6 cuando el tanque se vacíe, por lo tanto, se realiza el siguiente control para la tubería que une R-2 con el Nodo-6.

Figura 42

Control de la tubería.

<p>IF: Tanque-1 Percent Full = 0.0 %</p> <p>Element</p> <p>Tanque-1</p> <p>Percent Full</p> <p>=</p> <p>0.0 %</p>	<p>THEN: Tubería-6 Pipe Status = O</p> <p>Tubería-6</p> <p>Pipe Status</p> <p>=</p> <p>Open</p>	<p>ELSE: Tubería-6 Pipe Status = Cl</p> <p>Tubería-6</p> <p>Pipe Status</p> <p>=</p> <p>Closed</p>
---	---	--

Elaborado por: Los autores.

Las tuberías tienen un diámetro de 2 ½" o 63,5 mm.

Figura 43

Diámetros de la tubería del sistema de bombeo.

Nodo-2	Nodo-3	63,5
Nodo-1	Nodo-2	63,5
Nodo-5	Nodo-6	63,5
Nodo-4	Nodo-5	63,5
Nodo-3	Nodo-4	63,5
Tanque-1	Bomba-1	63,5
Bomba-1	Nodo-1	63,5
R-1	FCV-1	200,0
FCV-1	Tanque-1	200,0

Elaborado por: Los autores.

Los nodos tienen sus respectivas elevaciones, teniendo como referencia el fondo del tanque un nivel inicial de 0,00 m.

Figura 44

Elevación de los nodos del sistema de bombeo.

Label	Elevation (m)
Nodo-2	1,30
Nodo-3	2,85
Nodo-1	1,30
Nodo-5	7,92
Nodo-6	6,98
Nodo-4	7,05

Elaborado por: Los autores.

- Resultados

El tiempo de simulación es de 24 horas, en las cuales el nivel y porcentaje de llenado del tanque llega a niveles mínimos y máximos como se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45

Tiempo de simulación (24 horas)

Tiempo (horas)	Nivel del Tanque (m)	Porcentaje de llenado del tanque (%)
0,00	0,20	0,00
0,50	0,28	5,00
1,00	0,36	10,10
1,50	0,44	15,10
2,00	0,52	20,20
2,50	0,60	25,20
3,00	0,68	30,30
3,50	0,77	35,30
4,00	0,85	40,40
4,50	1,05	53,00
5,00	1,25	65,60
5,50	1,65	90,80
5,62	1,80	100,00
6,00	1,23	64,70
6,50	1,31	69,10
7,00	1,37	73,40
7,50	1,44	77,70
8,00	1,51	81,90
8,50	1,37	73,40
9,00	1,04	52,50
9,50	0,71	31,80
9,98	0,20	0,00
10,00	0,21	0,40
10,50	0,41	13,10
11,00	0,61	25,70
11,50	1,01	50,90
11,99	1,80	100,00
12,00	1,78	98,70
12,16	1,80	100,00
12,50	1,30	68,60
13,00	1,37	72,90
13,50	1,44	77,20
14,00	1,30	68,80
14,50	0,97	47,90
15,00	0,44	14,70
15,23	0,20	0,00
15,50	0,31	6,90
16,00	0,51	19,50
16,50	0,92	44,80

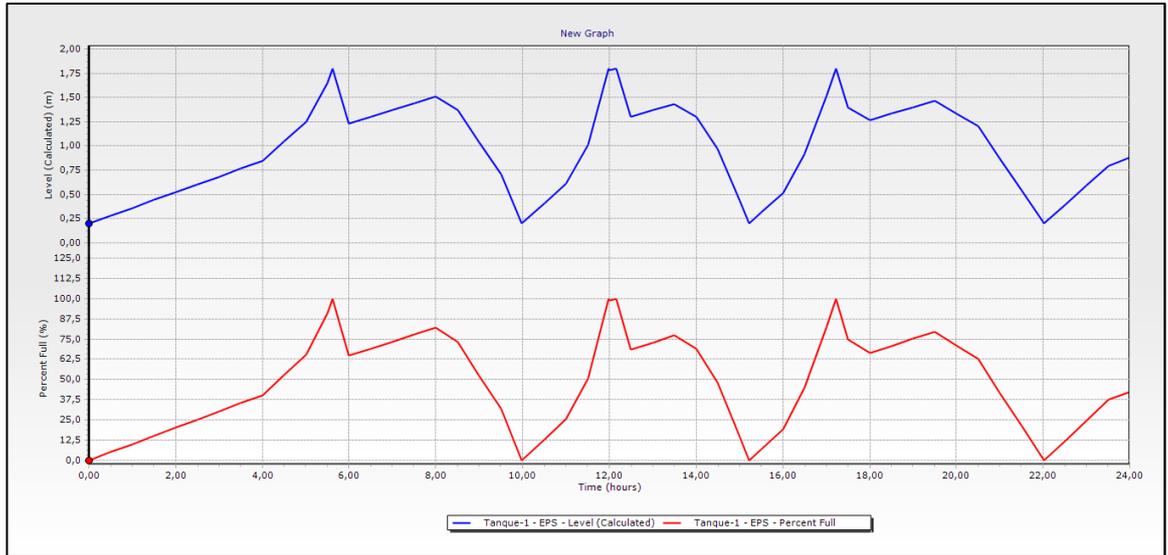
17,00	1,52	82,60
17,23	1,80	100,00
17,50	1,40	74,80
18,00	1,26	66,40
18,50	1,33	70,80
19,00	1,40	75,10
19,50	1,47	79,40
20,00	1,33	70,90
20,50	1,20	62,60
21,00	0,87	41,80
21,50	0,54	21,30
22,00	0,22	1,20
22,02	0,20	0,00
22,50	0,39	12,20
23,00	0,60	24,80
23,50	0,80	37,40
24,00	0,88	42,40

Elaborado por: Los autores.

Los gráficos que se presentan a continuación (Figura 45 y Figura 46), muestran la intermitencia del nivel del tanque de almacenamiento, generado tanto por el caudal de descarga y el de salida, concluyendo que la estructura tiene un dimensionamiento correcto y que los periodos de bombeo impuestos son eficientes para la descarga del agua residual en el pozo 401 de la red carretera Guaranda-Riobamba.

Figura 45

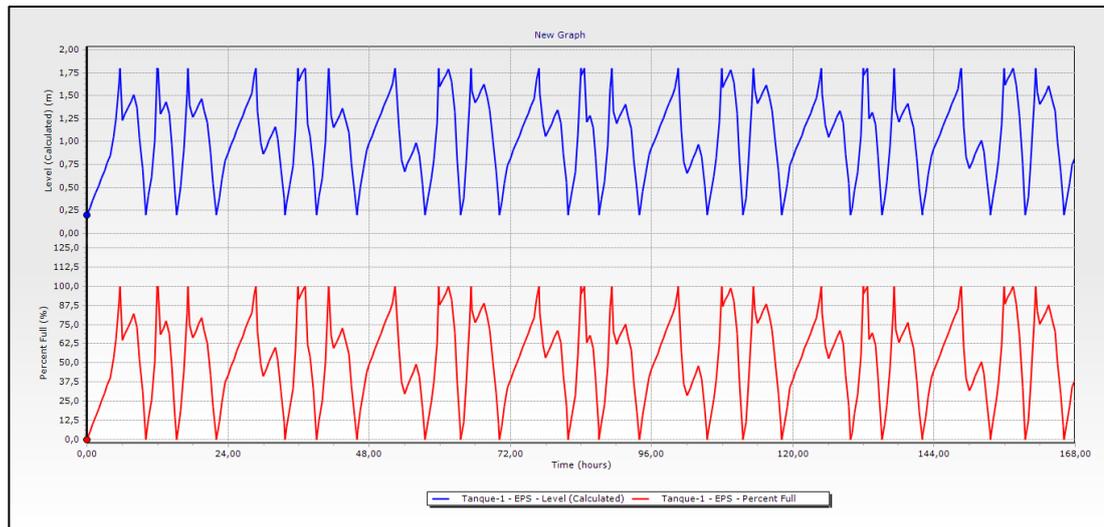
Variación del nivel y porcentaje de llenado del tanque de almacenamiento (24 horas, 1 día)



Nota. En la figura se verifica que no existe colapso del tanque durante el día. Elaborado por: Los autores mediante el programa WaterGEMS.

Figura 46

Variación del nivel y porcentaje de llenado del tanque de almacenamiento (168 horas, 1 semana)



Elaborado por: Los autores mediante el programa WaterGEMS.

La Figura 46 permite analizar que el tanque no presenta ningún problema durante la semana de bombeo, por lo que el sistema de bombeo es eficiente durante la vida útil de los equipos.

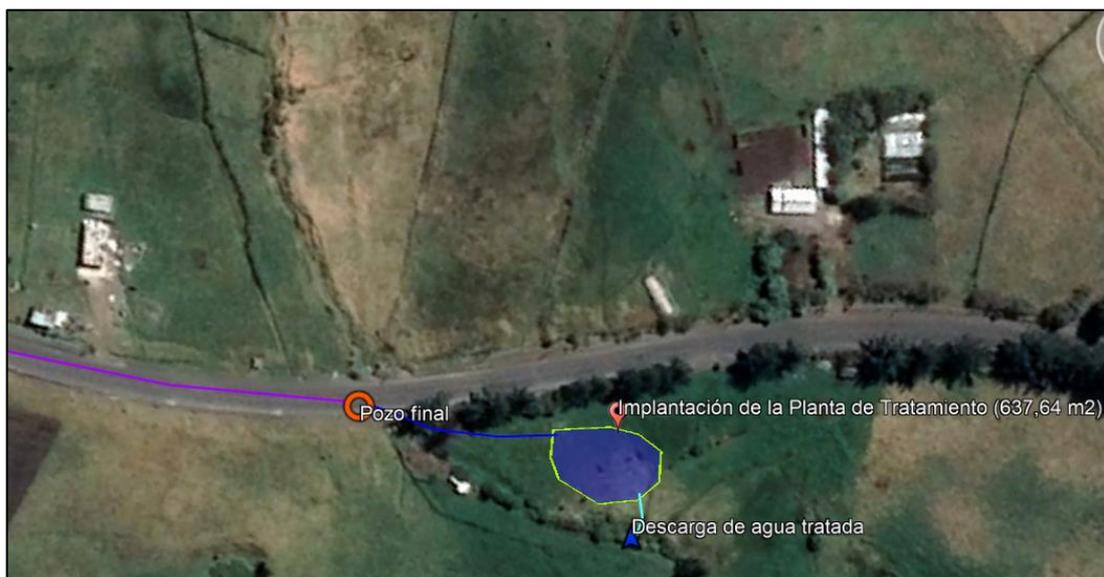
4.3. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

4.3.1. Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales

La planta de tratamientos de aguas residuales para el sistema de alcantarillado consta de un canal de acercamiento con rejilla para retener sólidos de gran tamaño, desarenador para reducir la acumulación de material sólido, tanque Imhoff como el tratamiento más importante, ya que cuenta con un sedimentador y digester, lecho de secado de lodos es importante para el tratamiento de sólidos procedentes del digester del tanque Imhoff, filtro de flujo descendente que consta de capas de materiales pétreos y el tanque de desinfección en donde el agua residual recibe su último tratamiento, para el desalojo en quebrada, río o uso para riego. A continuación, se muestra la zona y área de implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura 47

Zona de implantación de la PTAR



Nota. La figura indica la conexión del pozo final del sistema con la planta de tratamiento y su descarga final. Elaborado por: Los autores a través del programa Google Earth Pro 2019.

4.3.2. Consideraciones de diseño

En la norma IEOS existen los parámetros principales para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como los fundamentos principales para el diseño del tanque Imhoff, lecho de secado de lodos y filtro de flujo descendente.

El caudal con el que termina el sistema de alcantarillado, es importante para determinar el dimensionamiento de los distintos elementos de la planta de tratamiento.

4.3.3. Diseño hidráulico y dimensionamiento de la planta

4.3.3.1. Canal de acercamiento con rejilla.

Para el tratamiento de aguas residuales se usan rejillas gruesas, comúnmente de barras o varillas de acero, para la protección de válvulas, tuberías, bombas u otros equipos mecánicos que conforman el tratamiento. (Rojas, 2010, pág. 287)

La implementación de la de la rejilla es de tipo manual, por lo que también consta de una bandeja a donde se removerán los sólidos retenidos.

Según Jairo Romero Rojas (2010) se recomienda las siguientes características de las barras en las rejillas.

Tabla 46

Características de las barras en rejillas.

Característica	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de las barras	0,50 – 1,50 cm	0,50 – 1,50 cm
Profundidad de las barras	2,50 – 7,50 cm	2,50 – 7,50 cm
Abertura o espaciamiento	2,50 – 5,00 cm	1,50 – 7,50 cm
Pendiente con la vertical	30° - 45°	0° - 30°
Velocidad de acercamiento	0,30 – 0,60 m/s	0,60 – 1,00 m/s
Pérdida de energía permisible	15 cm	15 cm

Nota. La rejilla es de limpieza manual. Fuente: Tratamiento de aguas residuales, Jairo Alberto Romero Rojas (2010).

- Volumen del canal

$$Q = \frac{V_c}{t_r}$$

Donde:

Q = Caudal de entrada (caudal sanitario) (m³/s)

V_c = Volumen del canal de acercamiento (m³)

T_r = Tiempo de retención (s)

$$V_c = Q * t_r$$

$$V_c = 0,0085 \frac{m^3}{s} * 5s$$

$$V_c = 0,0425m^3$$

- **Altura de caída del emisario al fondo del canal (H_{ent})**

$$H_{ent} = 10cm = 0,10m$$

- **Altura máxima ($H_{m\acute{a}x}$)**

$$H_{m\acute{a}x} = D + H_{ent}$$

Donde:

$H_{m\acute{a}x}$ = Altura máxima del canal (m)

D = Diámetro de la tubería del emisario (m)

H_{ent} = Altura de caída del emisario al fondo del canal (m)

$$H_{m\acute{a}x} = 0,20m + 0,10m$$

$$H_{m\acute{a}x} = 0,30m$$

- **Altura de seguridad o borde libre (H_{seg})**

$$H_{seg} = 15cm = 0,15m$$

- **Altura del canal (H_{can})**

$$H_{can} = H_{m\acute{a}x} + H_{seg}$$

Donde:

H_{can} = Altura total del canal (m)

$H_{m\acute{a}x}$ = Altura máxima del canal (m)

H_{seg} = Altura de seguridad o borde libre (m)

$$H_{can} = 0,30m + 0,15m$$

$$H_{can} = 0,45m$$

- **Ancho del canal (a_{canal})**

$$a_{\text{canal}} = \frac{Q}{0,60H_{\text{máx}}} \left(\frac{a_b + e_b}{e_b} \right)$$

Donde:

a_{canal} = Ancho del canal (m)

Q = Caudal de entrada (caudal sanitario) (m³/s)

$H_{\text{máx}}$ = Altura máxima del canal (m)

a_b = Ancho de las barras (m)

e_b = Espaciamiento entre barras (m)

$$a_{\text{canal}} = \frac{0,0085 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,60 * 0,45\text{m}} \left(\frac{0,01\text{m} + 0,04\text{m}}{0,04\text{m}} \right)$$

$$a_{\text{canal}} = 0,059\text{m}$$

Ancho del canal de diseño:

$$a_{\text{canal}} = 0,25\text{m}$$

- **Longitud del canal (L_{canal})**

$$V_c = a_{\text{canal}} * H_{\text{máx}} * L_{\text{canal}}$$

Donde:

V_c = Volumen del canal de acercamiento (m³)

a_{canal} = Ancho del canal (m)

$H_{\text{máx}}$ = Altura máxima del canal (m)

L_{canal} = Longitud del canal (m)

$$L_{\text{canal}} = \frac{V_c}{a_{\text{canal}} * H_{\text{máx}}}$$

$$L_{\text{canal}} = \frac{0,0425\text{m}^3}{0,25\text{m} * 0,30\text{m}}$$

$$L_{\text{canal}} = 0,57\text{m}$$

Ancho del canal de diseño:

$$L_{\text{canal}} = 1,50\text{m}$$

- **Velocidad de aproximación (Va)**

$$V_a = \frac{0,60}{\left(\frac{a_b + e_b}{e_b}\right)}$$

Donde:

V_c = Velocidad de aproximación (m/s)

a_b = Ancho de las barras (m)

e_b = Espaciamiento entre barras (m)

$$V_a = \frac{0,60}{\left(\frac{0,01m + 0,04m}{0,04m}\right)}$$

$$V_a = 0,48 \frac{m}{s}$$

- **Radio Hidráulico (R)**

$$R = \frac{W}{P_M}$$

Donde:

R = Radio Hidráulico (m)

W = Sección transversal del canal (m²)

P_M = Perímetro mojado (m)

$$R = \frac{H_{m\acute{a}x} * a_{canal}}{2H_{m\acute{a}x} + a_{canal}}$$

$$R = \frac{0,30m * 0,25m}{2 * 0,30m + 0,25m}$$

$$R = 0,088m$$

- **Pendiente del canal (%)**

$$V_a = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * s^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V_a = Velocidad de aproximación (m/s)

n = Coeficiente de Manning

R = Radio Hidráulico (m)

s = Pendiente del canal (%)

$$s = \left(\frac{V_a * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

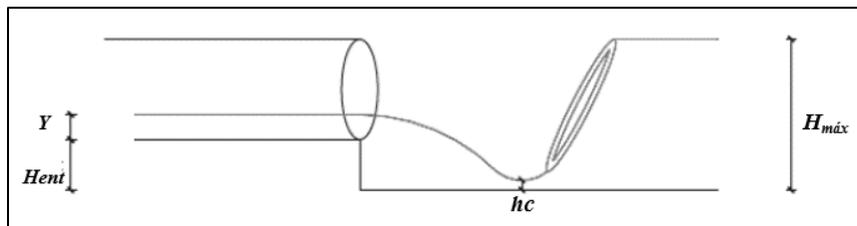
$$s = \left(\frac{0,48 \frac{m}{s} * 0,011}{(0,088m)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$s = 0,071\%$$

4.3.3.1.1. *Disipador de la caída del emisario al canal.*

Figura 48

Esquema de disipación del emisario al canal.



Elaborado por: Los autores.

- **Energía específica de posición (E)**

$$E = Y + H_{ent}$$

Donde:

E = Energía específica de posición (m)

Y = Calado de la tubería del emisario (m)

H_{ent} = Altura de caída del emisario al fondo del canal (m)

$$E = 0,044m + 0,10m$$

$$E = 0,14m$$

- **Energía específica de sección (Eo)**

$$E_o = E + \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

E_o = Energía específica de sección (m)

E = Energía específica de posición (m)

V = Velocidad con la que llega el fluido al canal (m/s)

$$E_o = 0,14m + \frac{\left(1,60 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$E_o = 0,274m$$

- **Caudal unitario (q)**

$$q = \frac{Q}{a_{canal}}$$

Donde:

q = Caudal unitario (m³/(s*m))

Q = Caudal de entrada (caudal sanitario) (m³/s)

a_{canal} = Ancho del canal (m)

$$q = \frac{0,0085 \frac{m^3}{s}}{0,25m}$$

$$q = 0,034 \frac{m^3}{s*m}$$

- **Profundidad contraída (h_c)**

A partir de la ecuación de Bernoulli:

$$E_o = h_c + \frac{q^2}{\phi^2 * h_c^2 * 2g}$$

Donde:

E_o = Energía específica de sección (m)

h_c = Altura contraída (m)

q = Caudal unitario (m³/(s*m))

ϕ = Coeficiente de velocidad que relaciona la velocidad real y empírica (adm)

Se asume un valor de coeficiente de velocidad de $\phi = 0,95$

$$0,274\text{m} = h_c + \frac{\left(0,034 \frac{\text{m}^3}{\text{s} * \text{m}}\right)^2}{(0,95)^2 * h_c^2 * 2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_c = 0,0159\text{m}$$

- **Profundidad crítica (h_{cr})**

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

h_{cr} = Altura crítica (m)

q = Caudal unitario (m³/(s*m))

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\left(0,034 \frac{\text{m}^3}{\text{s} * \text{m}}\right)^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

$$h_{cr} = 0,049\text{m}$$

$$h_c < h_{cr}$$

$$0,0159 < 0,049 \text{ [m]}$$

∴ **Cumple**

- **Primera conjugada (h')**

$$h' = h_c$$

$$h' = 0,0159\text{m}$$

- **Segunda conjugada (h'')**

$$h'' = \frac{h'}{2} * \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h'} \right)^3} - 1 \right]$$

Donde:

h'' = Segunda conjugada (m)

h' = Primera conjugada (m)

h_{cr} = Altura crítica (m)

$$h'' = \frac{0,0159\text{m}}{2} * \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{0,049\text{m}}{0,0159\text{m}} \right)^3} - 1 \right]$$

$$h'' = 0,114\text{m}$$

$$h'' < H_{\text{máx}}$$

$$0,114 < 0,30 \text{ [m]}$$

∴ **Resalto no desplazado, no necesita dissipador de energía**

4.3.3.1.2. Diseño de la rejilla.

- **Pérdida de carga por rejilla (h_r)**

$$h_r = \frac{V_r^2 + V_a^2}{2g} * \frac{1}{0,7}$$

Donde:

h_r = Pérdida de carga por rejilla (m)

V_r = Velocidad a través de las barras (m/s)

V_a = Velocidad de aproximación (m/s)

$$h_r = \frac{\left(0,60 \frac{m}{s}\right)^2 + \left(0,48 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}} * \frac{1}{0,7}$$

$$h_r = 0,0094m$$

- **Comprobación de pérdida por rejilla**

La pérdida de carga por rejilla tiene un admisible de hasta 15 cm (h_{adm})

$$h_{adm} \leq 0,15m$$

$$h_r < h_{adm}$$

$$0,0094 < 0,15 [m]$$

∴ Cumple

- **Número de barras**

$$\#Barras = \frac{a_{canal}}{e_b} - 1$$

Donde:

a_{canal} = Ancho del canal (m)

e_b = Espaciamiento entre barras (m)

$$\#Barras = \frac{0,25m}{0,040m} - 1$$

$$\#Barras = 5,25$$

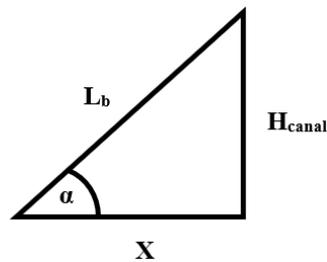
Con un espaciamento $e_b = 0,035m$

$$\#Barras = \frac{0,25m}{0,035m} - 1$$

$$\#Barras = 6$$

- **Longitud de las barras (L_b)**

Se adopta la inclinación de las barras



$$L_b = \frac{H_{canal}}{\text{Sen}(\alpha)}$$

Donde:

L_b = Longitud de las barras de la rejilla (m)

H_{canal} = Altura total del canal (m)

α = Ángulo de inclinación de las barras con la horizontal (°)

$$L_b = \frac{0,45m}{\text{sen}(60^\circ)}$$

$$L_b = 0,52m$$

$$X = \frac{H_{canal}}{\text{tg}(\alpha)}$$

Donde:

X = Componente horizontal de las barras (m)

$$X = \frac{0,45m}{\text{tg}(60^\circ)}$$

$$X = 0,26\text{m}$$

Se adoptan los siguientes valores para la colocación de la rejilla.

$$L_b = 0,55\text{m}$$

$$X = 0,30\text{m}$$

- **Longitud total del canal de acercamiento (L_{Tc})**

Asumimos los siguientes valores:

$$L_{\text{bandeja}} = 0,60\text{m}$$

$$L_{\text{salida}} = 0,50\text{m}$$

$$L_{Tc} = L_{\text{canal}} + X + L_{\text{bandeja}} + L_{\text{salida}}$$

Donde:

L_{Tc} = Longitud total del canal de acercamiento (m)

L_{canal} = Longitud canal (m)

X = Componente horizontal de las barras (m)

L_{bandeja} = Longitud de la bandeja de residuos sólidos (m)

L_{salida} = Longitud salida (m)

$$L_{Tc} = 1,50\text{m} + 0,30\text{m} + 0,60\text{m} + 0,50\text{m}$$

$$L_{Tc} = 2,90\text{m}$$

4.3.3.2. Desarenador.

Es un tanque que está construido para sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. El desarenador trabaja con el fin de remover partículas hasta el tamaño de arenas. (Cualla, 2003)

El desarenador se encuentra dividido por zonas (Figura 49 y Figura 50) como son las siguientes:

Zona de entrada (I y II): Es en donde se disipa la energía del agua residual que llega del canal de acercamiento con rejilla, cuenta con una pantalla deflectora para la disminución de velocidad y turbulencias, también existe un vertedero de excesos.

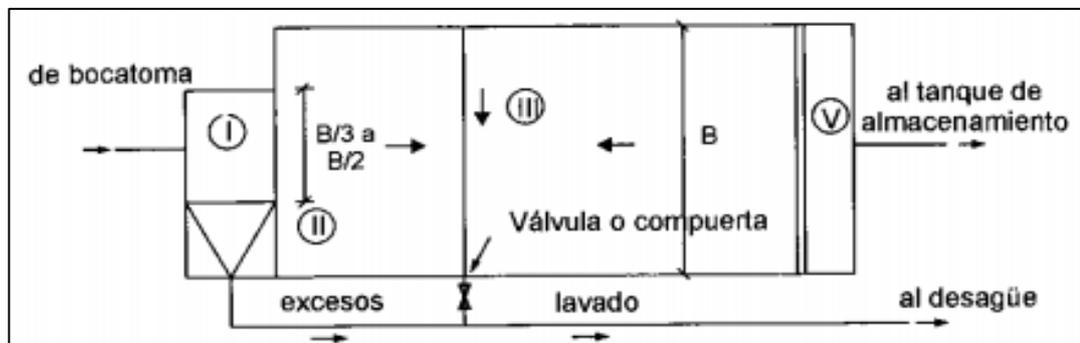
Zona de sedimentación (III): Es la zona donde sucede la decantación propiamente dicha, la que permite la remoción de los sólidos en suspensión, donde intervienen parámetros de diseño como el tamaño de la partícula a remover, la velocidad de sedimentación, altura del sedimentador y tamaño de la partícula crítica.

Zona de lodos (IV): Se encuentra bajo la zona de sedimentación con pendientes laterales y es la encargada de la recolección de los lodos sedimentados.

Zona de salida (V): Recoge el agua residual sin sedimentos por lo que se requiere mantener velocidades bajas para evitar perturbaciones en la zona de sedimentación.

Figura 49

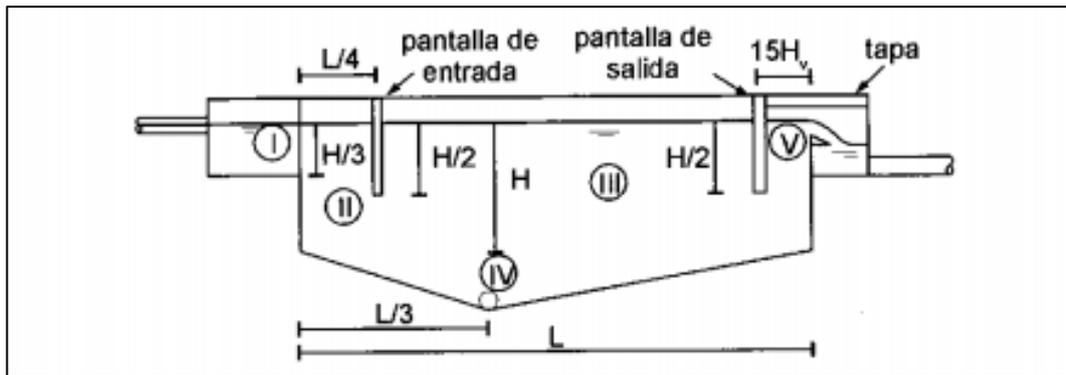
Vista en planta del desarenador.



Nota. Zonas del desarenador. Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, Ricardo López Cualla (2003).

Figura 50

Vista en corte del desarenador.



Nota. Zonas del desarenador. Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, Ricardo López Cualla (2003).

Para el diseño del desarenador, se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ El caudal de diseño es el mismo con el que se diseña el canal de acercamiento.
- ✓ El número de unidades tiene un mínimo de dos con funcionamiento paralelo, ya que el uno puede trabajar mientras el otro está fuera de servicio por cuestiones de limpieza y mantenimiento.
- ✓ La relación de longitud y ancho se recomienda de 4:1.
- ✓ La altura mínima del sedimentador de 1,50 metros y como máximo 4,50 metros.
- ✓ La profundidad recomendable de lodos es una relación 10:1 con la longitud del sedimentador.
- ✓ Las pendientes de la zona de lodos pueden estar comprendida entre 5% y 8%.
- ✓ El tiempo de retención calculado no debe pasar los 20 minutos.

- **Velocidad de Sedimentación (V_s)**

$$V_s = \frac{g(\rho_s - \rho_{\text{agua}})}{18 \vartheta} * d_s^2$$

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación (cm/s)

ρ_s = Peso específico de la arena (g/cm^3)

ρ_{agua} = Peso específico del agua (g/cm^3)

\mathfrak{S} = Viscosidad del agua (cm^2/s)

d_s = Tamaño de la partícula que se desea sedimentar (cm)

$$V_s = \frac{\left(981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}\right) \left(2,65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} - 1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)}{18 * \left(0,011 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}\right)} * (0,02\text{cm})^2$$

$$V_s = 3,27 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Tiempo que llega la partícula al fondo (t)**

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Donde:

t = Tiempo de sedimentación (s)

H = Altura del sedimentador (m)

V_s = Velocidad de sedimentación (cm/s)

$$t = \frac{150\text{cm}}{3,27 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}$$

$$t = 45,87\text{s}$$

- **Número de Hanzen**

$n = 1$: deflectores deficientes o ausencia de ellos.

$n = 3$: deflectores regulares

n = 5: deflectores buenos

n = 5 a 8: deflectores muy buenos

n → ∞: caso teórico

Tabla 47

Número de Hanzen.

Condiciones	Remoción (%)							
	87,50	80	75	70	65	60	55	50
n = 1	7,00	4,00	3,00	2,30	1,80	1,50	1,30	1,00
n = 3			1,66					0,76
n = 4			1,52					0,73
Máximo teórico			0,75					0,50

Nota. El porcentaje de remoción es de 75 %. Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, Ricardo López Cualla (2003).

- **Periodo de retención (θ)**

$$\theta = \# \text{Hanzen} * t$$

Donde:

θ = Periodo de retención (s)

t = Tiempo de sedimentación (s)

$$\theta = 3 * 45,87s$$

$$\theta = 137,61s$$

- **Volumen del tanque (V_s)**

$$V_s = \theta * Q$$

Donde:

V_s = Volumen del tanque sedimentador (m³)

θ = Periodo de retención (s)

Q = Caudal de entrada (caudal sanitario) (m³/s)

$$V_s = 137,61s * 0,0085 \frac{m^3}{s}$$

$$V_s = 1,17m^3$$

- **Área superficial del tanque (A_s)**

$$A_s = \frac{V_s}{H}$$

Donde:

A_s = Área superficial del tanque sedimentador (m^2)

V_s = Volumen del tanque sedimentador (m^3)

H = Altura del sedimentador (m)

$$A_s = \frac{1,17m^3}{1,50m}$$

$$A_s = 0,77m^2$$

- **Ancho (B) y largo (L) del tanque**

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$

Donde:

B = Ancho del sedimentador (m)

A_s = Área superficial del tanque sedimentador (m^2)

$$B = \sqrt{\frac{0,77m^2}{4}}$$

$$B = 0,44m$$

El ancho es pequeño para mantenimiento

$$\therefore B = 1,50m$$

Asumiendo $L = 4B$ se obtiene la longitud del tanque sedimentador.

$$L = 4B$$

$$L = 4 * 1,50\text{m}$$

$$L = 6,00\text{m}$$

- **Carga hidráulica superficial (q)**

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

Donde:

q = Carga hidráulica superficial ($\text{m}^3/(\text{m}^2*\text{h})$)

Q = Caudal de entrada (caudal sanitario) (m^3/s)

A_s = Área superficial del tanque sedimentador (m^2)

$$q = \frac{0,0085 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,77\text{m}^2}$$

$$q = 0,011 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2*\text{s}} = 39,74 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2*\text{h}}$$

La tasa de aplicación es de $25\text{-}50 \text{ m}^3/(\text{m}^2*\text{h})$. (Ex-IEOS, 1992)

$$25 \leq 39,74 \leq 50 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2*\text{h}} \right]$$

∴ Cumple

- **Velocidad teórica (V_o)**

$$V_o = q$$

$$V_o = 0,011 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,10 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Diámetro de la partícula crítica (d_o)**

$$d_o = \sqrt{\frac{18 * V_o * g}{g * (\rho_s - \rho_{\text{agua}})}}$$

$$d_o = \sqrt{\frac{18 * 1,10 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * 0,011 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}}{981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} * \left(2,65 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - 1,00 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right)}}$$

$$d_o = 0,012\text{mm} = 0,12\text{mm}$$

- **Velocidad horizontal de la partícula (V_h)**

$$V_h = \frac{Q}{W} = \frac{V_o L}{H}$$

Donde:

V_h = Velocidad horizontal de la partícula (cm/s)

V_o = Velocidad teórica (cm/s)

L = Largo teórico del sedimentador (m)

H = Altura del sedimentador (m)

$$V_h = \frac{1,10 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * 1,76\text{m}}{1,50\text{m}}$$

$$V_h = 1,29 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Velocidad horizontal máxima de la partícula ($V_{h\text{máx}}$)**

$$V_{h\text{máx}} = 20V_s$$

$$V_{h\text{máx}} = 20 * 3,27 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$V_{h\text{máx}} = 65,40 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Comprobación $V_h < V_{h\text{máx}}$**

$$V_h < V_{h\text{máx}}$$

$$1,29 < 65,40 \left[\frac{\text{cm}}{\text{s}} \right]$$

∴ **Cumple**

- **Velocidad de resuspensión de la partícula (V_r)**

$$V_r = \sqrt{\frac{8k}{f} * g * (\rho_s - \rho_{\text{agua}}) * d_s}$$

Donde:

V_r = Velocidad de resuspensión (cm/s)

ρ_s = Peso específico de la arena (g/cm³)

ρ_{agua} = Peso específico del agua (g/cm³)

d_s = Tamaño de la partícula que se desea sedimentar (cm)

El valor de **k** es igual a 0,04, porque se trata de una sedimentación de arenas, mientras que el valor de **f** es 0,03, porque la sedimentación se produce por gravedad.

(Cualla, 2003, pág. 191)

$$V_r = \sqrt{\frac{8*0,04}{0,03} * 981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} * \left(2,65 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - 1,00 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) * (0,02\text{cm})}$$

$$V_r = 18,58 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Comprobación V_h < V_r**

$$V_h < V_r$$

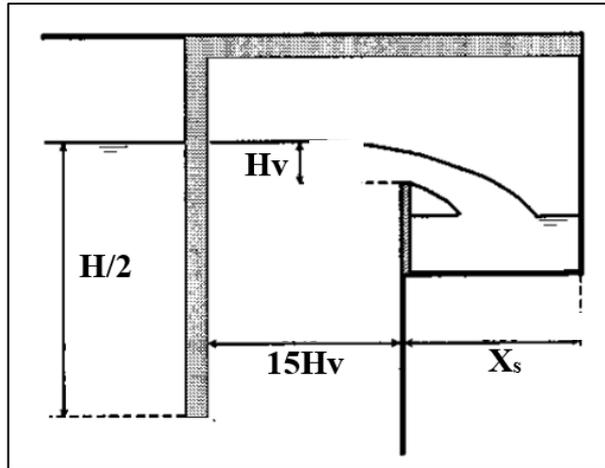
$$1,29 < 18,58 \left[\frac{\text{cm}}{\text{s}} \right]$$

∴ **Cumple**

4.3.3.2.1. *Cámara de salida.*

Figura 51

Esquema de la cámara de salida del desarenador.



Nota. Parámetros para el dimensionamiento del vertedero de salida. Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, Ricardo López Cualla (2003).

- **Vertedero de salida (H_v)**

$$H_v = \left(\frac{Q}{1,84B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

H_v = Altura de la carga de agua sobre el vertedero de salida (m)

Q = Caudal de entrada (caudal sanitario) (m^3/s)

B = Ancho del sedimentador (m)

$$H_v = \left(\frac{0,0085 \frac{m^3}{s}}{1,84 * 1,50m} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = 0,021m$$

- **Velocidad sobre la cresta del vertedero (V_v)**

$$V_v = \frac{Q}{B * H_v}$$

Donde:

V_v = Velocidad sobre la cresta del vertedero de salida (m/s)

Q = Caudal de entrada (caudal sanitario) (m³/s)

B = Ancho del sedimentador (m)

H_v = Altura de la carga de agua sobre el vertedero de salida (m)

$$V_v = \frac{0,0085 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,50\text{m} * 0,021\text{m}}$$

$$V_v = 0,27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Alcance horizontal (X_s)**

$$X_s = 0,36(V_v)^{\frac{2}{3}} + 0,6(H_v)^{\frac{4}{7}}$$

Donde:

X_s = Alcance horizontal de la vena vertiente (m)

V_v = Altura del vertedero de salida (m)

H_v = Altura de la carga de agua sobre el vertedero de salida (m)

$$X_s = 0,36 \left(0,27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^{\frac{2}{3}} + 0,6(0,021\text{m})^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0,22\text{m}$$

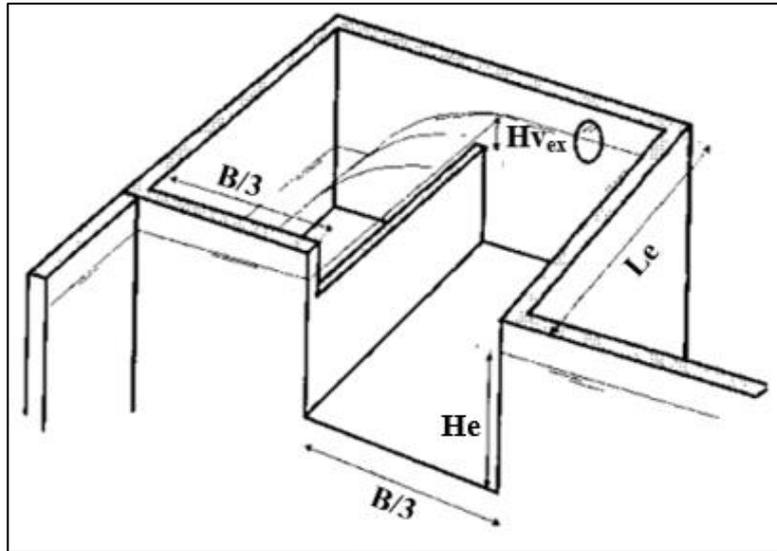
Alcance horizontal de diseño:

$$X_s = 0,50\text{m}$$

4.3.3.2.2. *Cámara de entrada.*

Figura 52

Esquema de la cámara de entrada del desarenador



Nota. Parámetros para el dimensionamiento del vertedero de entrada.

Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, Ricardo López Cualla (2003).

- **Profundidad de la cámara de entrada (H_e)**

$$H_e = \frac{H}{3}$$

Donde:

H_e = Altura del vertedero de entrada (m)

H = Altura del sedimentador (m)

$$H_e = \frac{1,50\text{m}}{3}$$

$$H_e = 0,50\text{m}$$

- **Ancho del vertedero de excesos (B_{vex})**

$$B_{vex} = \frac{B}{3}$$

$$B_{v_{ex}} = \frac{1,50m}{3}$$

$$B_{v_{ex}} = 0,50m$$

- **Largo de la cámara de salida (Le)**

El largo de la cámara se asume con una recomendación de:

$$L_e = 1,00m \text{ (Cualla, 2003, pág. 197)}$$

- **Altura del vertedero de excedentes (H_{v_{ex}})**

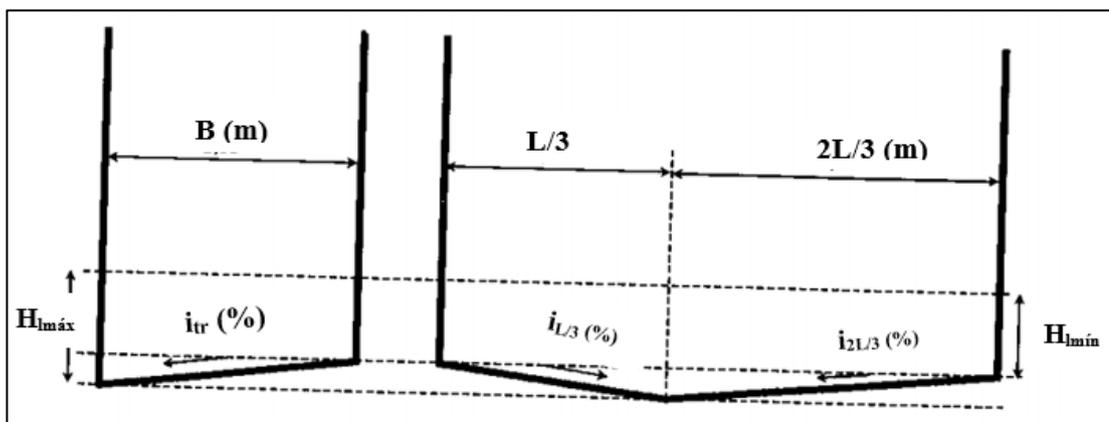
$$H_{v_{ex}} = H_v$$

$$H_{v_{ex}} = 0,021m$$

4.3.3.2.3. Almacenamiento de lodos.

Figura 53

Dimensionamiento para el almacenamiento de lodos.



Nota. Parámetros para el dimensionamiento de la zona de lodos. Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, Ricardo López Cualla (2003).

- **Profundidad de lodos (H_l)**

$$H_1 = \frac{L}{10}$$

Donde:

H_1 = Altura de lodos (m)

L = Longitud del sedimentador (m)

$$H_1 = \frac{6,00m}{10}$$

$$H_1 = 0,60m$$

Profundidad máxima de lodos

$$H_{1m\acute{a}x} = 0,60m$$

Profundidad mínima de lodos

$$H_{1m\acute{i}n} = 0,50m$$

- **Pendiente transversal (i_{tr})**

$$i_{tr} = \frac{H_{1m\acute{a}x} - H_{1m\acute{i}n}}{B} * 100\%$$

Donde:

i_{tr} = Pendiente transversal del desarenador (m)

$H_{1m\acute{a}x}$ = Altura máxima de lodos (m)

$H_{1m\acute{i}n}$ = Altura mínima de lodos (m)

B = Ancho del sedimentador (m)

$$i_{tr} = \frac{0,60m - 0,50m}{1,50m} * 100\%$$

$$i_{tr} = 6,67\%$$

- **Pendientes longitudinales ($i_{L/3}$; $i_{2L/3}$)**

$$i_{L/3} = \frac{H_{l_{\text{máx}}} - H_{l_{\text{mín}}}}{\frac{L}{3}} * 100\%$$

Donde:

$i_{L/3}$ = Pendiente longitudinal del 1/3 de la longitud del desarenador (m)

$H_{l_{\text{máx}}}$ = Altura máxima de lodos (m)

$H_{l_{\text{mín}}}$ = Altura mínima de lodos (m)

L = Longitud del sedimentador (m)

$$i_{L/3} = \frac{0,60\text{m} - 0,50\text{m}}{2,00\text{m}} * 100\%$$

$$i_{L/3} = 5,00\%$$

$$i_{2L/3} = \frac{H_{l_{\text{máx}}} - H_{l_{\text{mín}}}}{\frac{2L}{3}} * 100\%$$

Donde:

$i_{2L/3}$ = Pendiente longitudinal de los 2/3 de la longitud del desarenador (m)

$H_{l_{\text{máx}}}$ = Altura máxima de lodos (m)

$H_{l_{\text{mín}}}$ = Altura mínima de lodos (m)

L = Longitud del sedimentador (m)

$$i_{2L/3} = \frac{0,60\text{m} - 0,50\text{m}}{4,00\text{m}} * 100\%$$

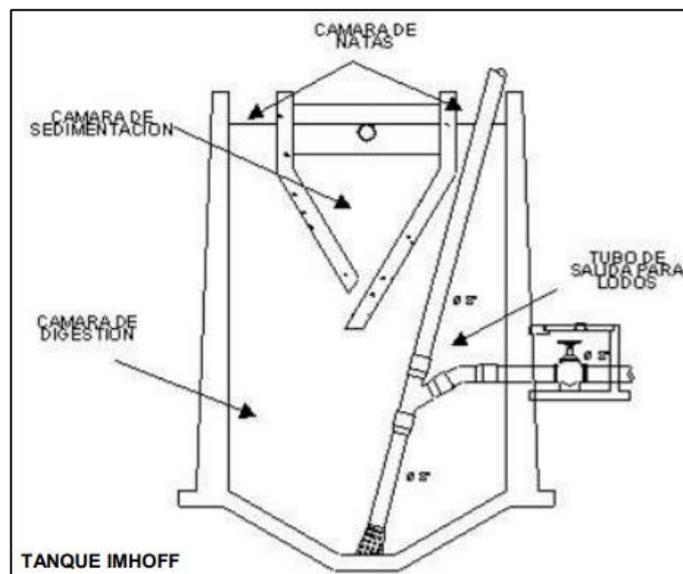
$$i_{2L/3} = 2,50\%$$

4.3.3.3. Tanque Imhoff.

Es un tanque de sedimentación primario que tiene como función remover los sólidos suspendidos, consta en la parte inferior de un compartimiento para la digestión de lodos y de una zona de aireación o de ventilación, como se indica en la Figura 54.

Figura 54

Vista en corte tanque Imhoff



Nota. La figura indica las partes esenciales del tanque Imhoff. Fuente: Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización, OPS (2005).

El tanque Imhoff, se puede diseñar con las siguientes recomendaciones tomadas de las normas de la Organización Panamericana de la Salud y por el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias:

- ✓ La geometría del tanque en planta es rectangular con una relación largo y ancho de 3:1.
- ✓ Para el diseño de la zona de sedimentación se considera un volumen mínimo de 1500 lt. (Ex-IEOS, 1992, pág. 371)

- ✓ El periodo de retención hidráulico varía entre 1,50 y 2,50 horas. (OPS, 2005, pág. 15)
- ✓ El fondo del tanque tiene una forma de V, tanto para el sedimentador como para el digestor.
- ✓ El borde libre será de entre 0,30 y 0,60 metros.
- ✓ El espaciamiento mínimo entre la punta final del sedimentador y el inicio del digestor será de mínimo de 0,60 metros. (Ex-IEOS, 1992, pág. 372)
- ✓ Para la remoción de lodos se debe transportar por una tubería con diámetro mínimo de 20cm y una carga hidrostática de 1,50 metros como mínimo. (Ex-IEOS, 1992)

Datos:

Caudal sanitario $Q_{\text{san}} = 8,49 \text{ lt/s} = 30,564 \text{ m}^3/\text{h}$

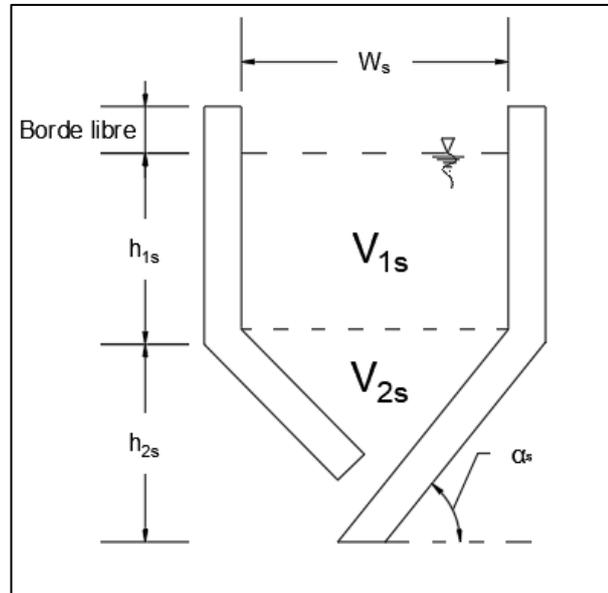
Carga de sedimentación $C_s = 1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (OPS, 2005, pág. 15)

Tiempo de retención $T_r = 2 \text{ horas}$ (OPS, 2005, pág. 15)

4.3.3.3.1. Cámara de sedimentación.

Figura 55

Vista transversal del sedimentador del tanque Imhoff.



Nota. Parámetros de la cámara de sedimentación. Elaborado por: Los autores.

- **Área del sedimentador**

$$A_s = \frac{Q_{\text{san}}}{C_s}$$

Donde:

A_s = Área o superficie de la cámara de sedimentación (m^2)

Q_{san} = Caudal sanitario (m^3/h)

C_s = Carga superficial o de sedimentación ($m^3/(m^2 \cdot h)$)

$$A_s = \frac{30,564 \frac{m^3}{h}}{1 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}}$$

$$A_s = 30,564 m^2$$

- **Volumen total de la cámara de sedimentación**

$$V_{Ts} = T_r * Q_{san}$$

Donde:

V_{Ts} = Volumen total de la cámara de sedimentación (m³)

T_r = Tiempo de retención (horas)

Q_{san} = Caudal sanitario (m³/h)

$$V_{Ts} = 2 \text{ horas} * 30,564 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$V_{Ts} = 31,128 \text{m}^3$$

- **Ancho de la cámara de sedimentación**

Asumimos que la longitud de la cámara de sedimentación tenga una relación con el ancho de 1:3, por lo tanto, $L=3W_s$

$$A_s = L * W_s$$

Donde:

A_s = Área o superficie de la cámara de sedimentación (m²)

L = Longitud de la cámara de sedimentación o tanque Imhoff (m)

W_s = Ancho de la cámara de sedimentación (m)

$$A_s = 3W_s * W_s$$

$$A_s = 3W_s^2$$

$$W_s = \sqrt{\frac{A_s}{3}}$$

$$W_s = \sqrt{\frac{30,564 \text{m}^2}{3}}$$

$$W_s = 3,19 \text{m} \approx 3,20 \text{m}$$

- **Longitud de la cámara de sedimentación o longitud del tanque Imhoff**

$$L = 3W_s$$

$$L = 3 * 3,20m$$

$$L = 9,60m$$

- **Altura de la parte triangular del sedimentador (h_{2s})**

Asumimos un valor de $\alpha=50^\circ$, los valores recomendables son entre 50° y 60° .

(OPS, 2005, pág. 15)

$$\operatorname{tg}\alpha_s = \frac{h_{2s}}{\frac{W_s}{2}}$$

Donde:

α_s = Ángulo con la horizontal de la parte final del sedimentador ($^\circ$)

h_{2s} = Altura de la parte triangular del sedimentador (m)

W_s = Ancho del sedimentador (m)

$$h_{2s} = \frac{W_s * \operatorname{tg}\alpha_s}{2}$$

$$h_{2s} = \frac{3,20m * \operatorname{tg}(50^\circ)}{2}$$

$$h_{2s} = 1,91m \approx 1,95m$$

- **Volumen de la parte triangular del sedimentador (V_{2s})**

$$V_{2s} = \frac{W_s * h_{2s}}{2} * L$$

Donde:

V_{2s} = Volumen de la parte triangular del sedimentador (m^3)

W_s = Ancho del sedimentador (m)

h_{2s} = Altura de la parte triangular del sedimentador (m)

L = Longitud de la cámara de sedimentación o longitud del tanque Imhoff (m)

$$V_{2s} = \frac{3,20m * 1,95m}{2} * 9,60m$$

$$V_{2s} = 29,952m^2$$

- **Volumen de la parte rectangular del sedimentador (V_{1s})**

$$V_{Ts} = V_{1s} + V_{2s}$$

Donde:

V_{Ts} = Volumen total de la cámara de sedimentación (m^3)

V_{1s} = Volumen de la parte rectangular del sedimentador (m^3)

V_{2s} = Volumen de la parte triangular del sedimentador (m^3)

W_s = Ancho del sedimentador (m)

$$V_{1s} = V_{Ts} - V_{2s}$$

$$V_{1s} = 61,128m^3 - 29,952m^3$$

$$V_{1s} = 31,176m^3$$

- **Altura de la parte rectangular del sedimentador (h_{1s})**

$$V_{1s} = W_s * h_{1s} * L$$

Donde:

V_{1s} = Volumen de la parte rectangular del sedimentador (m^3)

W_s = Ancho del sedimentador (m)

h_{1s} = Altura de la parte rectangular del sedimentador (m)

L = Longitud de la cámara de sedimentación o longitud del tanque Imhoff (m)

$$h_{1s} = \frac{V_{1s}}{W_s * L}$$

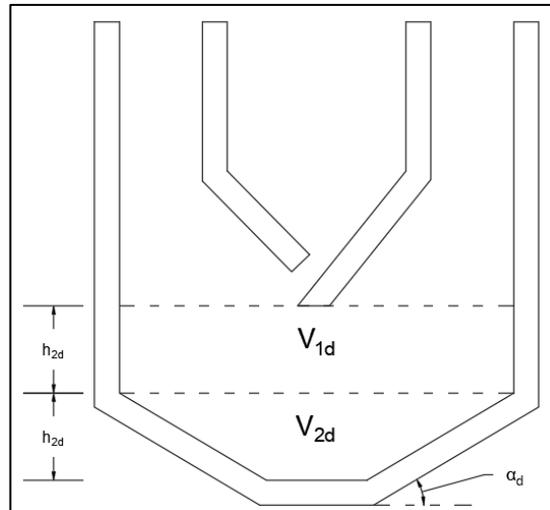
$$h_{1s} = \frac{31,176m^3}{3,20m * 9,60m}$$

$$h_{1s} = 1,01m \approx 1,05m$$

4.3.3.3.2. Cámara de digestión.

Figura 56

Vista transversal del digestor del tanque Imhoff.



Nota. Parámetros de la cámara de digestión. Elaborado por: Los autores.

- Volumen total de la cámara de digestión (V_{Td})

Dependiendo de la temperatura donde se encuentra la planta, es decir 20°C se asume un valor de $f_{cr} = 0,70$.

$$V_{Td} = \frac{70 * P_f * f_{cr}}{1000}$$

Donde:

V_{Td} = Volumen total de la cámara de digestión (m^3)

P_f = Población futura (hab)

f_{cr} = Factor de capacidad relativa (adm)

Tabla 48

Factor de capacidad relativa.

Temperatura (°C)	Factor de capacidad relativa (f _{cr})
5	2,00
10	1,40
15	1,00
20	0,70
>25	0,50

Fuente: Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización, Organización Panamericana de la Salud (2005).

El factor f_{cr} es de 0,70 porque la temperatura ambiental está alrededor de los 20°C.

$$V_{Td} = \frac{70 * 1487\text{hab} * 0,70}{1000}$$

$$V_{Td} = 72,863\text{m}^3$$

- **Ancho de la cámara de digestión (W_d)**

$$W_d = W_s + 2W_v + 2e_p$$

Donde:

W_d = Ancho de la cámara de digestión (m)

W_s = Ancho de la cámara de sedimentación (m)

W_v = Ancho de la zona de ventilación (m)

e_p = Espesor de la pared del sedimentador (m)

$$W_d = 3,20\text{m} + (2*1,20\text{m}) + 2*0,30\text{m}$$

$$W_d = 6,20\text{m}$$

- **Área de la cámara de digestión (A_d)**

$$A_d = L * W_d$$

Donde:

A_d = Área de la cámara de digestión (m^2)

L = Longitud del tanque Imhoff (m)

W_d = Ancho de la cámara de digestión (m)

$$A_d = 9,60m * 5,70m$$

$$A_d = 54,72m^2$$

- **Área de ventilación (A_v)**

$$A_v = 2 * (L * W_v)$$

Donde:

A_v = Área de las cámaras de ventilación (m^2)

L = Longitud del tanque Imhoff (m)

W_v = Ancho de la zona de ventilación (m)

$$A_v = 2 * (9,60m * 1,00m)$$

$$A_v = 19,20m^2$$

- **Porcentaje de área de ventilación (A_v) con respecto al área del digester (A_d)**

La superficie libre total es por lo menos 20% y preferiblemente 30% del área total del compartimiento de digestión. (Ex-IEOS, 1992)

$$\% = \frac{A_v}{A_d} * 100\%$$

Donde:

A_v = Área de las cámaras de ventilación (m^2)

A_d = Área de la cámara de digestión (m^2)

$$\% = \frac{19,20\text{m}^2}{54,72\text{m}^2} * 100\%$$

$$\% = 35,10\%$$

∴ Es favorable las áreas adoptadas

- **Altura de la parte triangular del digestor (h_{2d})**

$$\text{tg}\alpha_d = \frac{h_{2d}}{\frac{W_d}{2}}$$

Donde:

α_d = Ángulo con la horizontal de la parte inferior del digestor (°)

h_{2d} = Altura de la parte triangular del digestor (m)

W_d = Ancho del digestor (m)

$$h_{2d} = \frac{W_d * \text{tg}\alpha_d}{2}$$

$$h_{2d} = \frac{5,70\text{m} * \text{tg}(30^\circ)}{2}$$

$$h_{2d} = 1,645\text{m} \approx 1,65\text{m}$$

- **Volumen de la parte triangular del digestor (V_{2d})**

$$V_{2d} = \frac{W_d * h_{2d}}{3} * L$$

Donde:

V_{2d} = Volumen de la parte triangular del digestor (m^3)

W_d = Ancho de la cara de digestión (m)

h_{2d} = Altura de la parte triangular del digestor (m)

L = Longitud del tanque Imhoff (m)

$$V_{2d} = \frac{5,70\text{m} * 1,65\text{m}}{2} * 9,60\text{m}$$

$$V_{2d} = 30,096\text{m}^3$$

- **Volumen de la parte rectangular del digestor (V_{1d})**

$$V_{Td} = V_{1d} + V_{2d}$$

Donde:

V_{Td} = Volumen total de la cámara de digestión (m^3)

V_{1d} = Volumen de la parte rectangular del digestor (m^3)

V_{2d} = Volumen de la parte triangular del digestor (m^3)

$$V_{1d} = V_{Td} - V_{2d}$$

$$V_{1d} = 72,863m^3 - 30,096m^3$$

$$V_{1d} = 42,767m^3$$

- **Altura de la parte rectangular del digestor (h_{1d})**

$$V_{1d} = W_d * h_{1d} * L$$

Donde:

V_{1d} = Volumen de la parte rectangular del digestor (m^3)

W_d = Ancho de la cara de digestión (m)

h_{1d} = Altura de la parte rectangular del digestor (m)

L = Longitud del tanque Imhoff (m)

$$h_{1d} = \frac{V_{1d}}{W_d * L}$$

$$h_{1s} = \frac{42,767m^3}{5,70m * 9,60m}$$

$$h_{1s} = 0,782m \approx 0,80m$$

4.3.3.4. Lecho de secado de lodos.

- **Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C)**

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

Donde:

C = Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (kg. SS/día)

P_f = Población futura (hab)

C_p = Contribución per cápita (g. SS/(hab*día))

La contribución per cápita está en función de si el lugar donde se implanta el tanque Imhoff cuenta con alcantarillado, por lo tanto, como la localidad no cuenta con este servicio básico se recomienda un valor de 90 g. SS/(hab*día). (OPS, 2005, pág. 18)

$$C = \frac{1487 \text{hab} * 90 \frac{\text{g.SS}}{\text{hab*día}}}{1000}$$

$$C = 133,83 \frac{\text{kg.SS}}{\text{día}}$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos (M_{sd})**

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Donde:

M_{sd} = Masa de sólidos que conforman los lodos (kg/día)

C = Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (kg. SS/día)

$$M_{sd} = \left(0,5 * 0,7 * 0,5 * 133,83 \frac{\text{kg.SS}}{\text{día}} \right) + \left(0,5 * 0,3 * 133,83 \frac{\text{kg.SS}}{\text{día}} \right)$$

$$M_{sd} = 43,495 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos (V_{ld})**

Asumimos un valor de densidad de lodos $\delta_{\text{lodo}} = 1,04$ kg/lit, también un porcentaje de sólidos sumergidos que se encuentra entre 8% y 12%. (Ex-IEOS, 1992, pág. 428)

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\delta_{\text{lodo}} * \frac{\%SS}{100}}$$

Donde:

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

M_{sd} = Masa de sólidos que conforman los dos (kg/día)

δ_{lodo} = Densidad de los lodos digeridos (kg/lt)

%SS = Porcentaje de sólidos para lodo primario digerido (%)

$$V_{ld} = \frac{43,495 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{1,04 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * \frac{12\%}{100}}$$

$$V_{ld} = 348,52 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

- **Volumen de lodos al extraerse del tanque (V_{el})**

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

Donde:

V_{el} = Volumen de lodos extraídos del tanque Imhoff (m³)

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

T_d = Tiempo de digestión de lodos (días)

Tabla 49

Tiempo de digestión de lodos.

Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
20	47
25	37
30	33
35	24
40	23

Fuente: Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (1992).

El tiempo de digestión es de 47 días, ya que la temperatura ambiental está alrededor de los 20°C.

$$V_{el} = \frac{348,52 \frac{\text{lt}}{\text{día}} * 47 \text{días}}{1000}$$

$$V_{el} = 16,38 \text{m}^3$$

- **Área del lecho de secado (A_{ls})**

Se adopta una profundidad de aplicación (H_a) entre 0,20 m y 0,40m. (OPS, 2005, pág. 19)

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Donde:

A_{ls} = Área del lecho de secado de lodos (m^2)

V_{el} = Volumen de lodos extraídos del tanque Imhoff (m^3)

H_a = Profundidad de aplicación (m)

$$A_{ls} = \frac{16,38 \text{m}^3}{0,40 \text{m}}$$

$$A_{ls} = 40,95 \text{m}^2$$

4.3.3.5. Filtro de flujo descendente.

- **Área del filtro (A_f)**

Se toma como referencia el área del sedimentador del tanque Imhoff, para el cálculo del área del filtro descendente.

$$A_f = A_s$$

$$A_f = 30,564 \text{m}^2$$

Se asumen las siguientes medidas:

$$B_f = 5,50\text{m}$$

$$L_f = 6,00\text{m}$$

- **Capas del medio filtrante**

Para filtros de distintos tamaños de partículas de arena o grava se ha estratificado de la siguiente manera:

- ✓ Arena de 0,30 a 1,30 mm
- ✓ Arena de 2,00 a 4,75 mm
- ✓ Grava de ¼" a ½"
- ✓ Grava de ½" a ¾"
- ✓ Grava de 1" a 1 ½"
- ✓ Grava de 2" a 2 ½"
- ✓ Finalmente existe una loseta perforada al final del material filtrante asentada sobre vigas de 20x30cm.

Se toma en cuenta una capa de agua sobre nadante de 1,00 metro y también un borde libre de 0,20 m, que es lo recomendable. (Ex-IEOS, 1992, pág. 239)

4.3.3.6. Tanque de desinfección.

El tanque de desinfección se diseña para el tiempo de contacto (t_c) al que va estar sometida el agua tratada, en este caso es recomendable un tiempo de 15 minutos.

- **Volumen del tanque de desinfección (V_{td})**

$$V_{td} = Q_{san} * t_c$$

Donde:

V_{td} = Volumen del tanque de desinfección (m^3)

Q_{san} = Caudal sanitario (lt/s)

t_c = Tiempo de contacto (s)

$$V_{td} = \frac{8,49 \frac{lt}{s} * 900s}{1000}$$

$$V_{td} = 7,64m^3$$

- **Dimensionamiento del tanque**

$$V_{td} = L^3$$

$$L = \sqrt[3]{V_{td}}$$

$$L = \sqrt[3]{7,64m^3}$$

$$L = 1,97m \approx 2,00m$$

4.3.3.7. Alternativas de descarga del caudal tratado.

En la Figura 57 y 58 se observa el área de ubicación de la planta con las respectivas alternativas de descarga.

Figura 57

Primera alternativa con descarga al río



Elaborado por: Los autores a través del programa Google Earth Pro 2019.

La primera alternativa de descarga es con conexión directa al río Chimborazo, el cual cumple con condiciones hidráulicas favorables, teniendo una cota de la tubería de salida del tanque de desinfección de 3374,13 msnm y cota de descarga en el río de

3373,80 msnm, con una longitud de tubería de 15,00 metros, siendo esta la alternativa más económica.

Figura 58

Segunda alternativa, tanque de almacenamiento para riego



Elaborado por: Los autores a través del programa Google Earth Pro 2019.

Como segunda alternativa es realizar un prediseño de un tanque de almacenamiento del agua tratada, el cual serviría como sistema de riego para uso ganadero; en el ámbito económico es más costoso.

CAPÍTULO V

IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Generalidades

El proyecto del sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual, al ser construcciones civiles, necesitan de un estudio de impacto ambiental mediante al cual determinaremos los impactos tanto positivos como negativos que generara al medio ambiente y a la población, mediante este estudio poder minimizar los impactos negativos volviendo al proyecto sustentable.

Mediante, la Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.), se realiza un análisis global de todos los efectos que se va a producir en el entorno, con el fin de evaluar la viabilidad del proyecto y las posibles consecuencias que se tenga en su elección.

La matriz de LEOPOLD es uno de los métodos más clásicos, la cual permite al proyectista del estudio realizar estas evaluaciones a su juicio, se trata de una valoración cualitativa mediante la cual se obtiene la primera aproximación del impacto ambiental. Se desarrolló por requerimiento del Ministerio del Interior de U.S.A., como sistema de información (Ponce, 2021), consiste en una matriz de doble entrada, donde las columnas son acciones del hombre que pueden alterar al medio ambiente, en el proyecto se toma en cuenta: construcción, de operación y mantenimiento y de cierre del proyecto, mientras que, en las filas, factores del medio susceptibles de ser alterados.

5.2. Impactos positivos

Los impactos positivos son los que ocasionan efectos positivos al entorno y a los habitantes de la zona del proyecto, un impacto positivo puede ser la generación de

empleo durante la etapa de construcción del proyecto para los habitantes de dichas comunidades.

Un impacto positivo para el ambiente y para los habitantes es que con el sistema de alcantarillado ya no van a tener que seguir usando los pozos sépticos que ya están colapsados y enviar los residuos sanitarios a ríos aledaños, también se evita los malos olores que esto produce, hay que recalcar que con la implementación del tanque de bombeo y la planta de tratamiento se soluciona la contaminación del río.

Un impacto positivo también es la alternativa de análisis de agua cruda lo que ayuda a los habitantes de la comunidad a tener una agua potabilizada y buena para su consumo.

Contando con estos dos servicios básicos la plusvalía de cada uno de los predios aumentaría y mejoraría el aspecto físico de la comunidad ayudándola a ser un lugar turístico, por tener cercanía con el volcán Chimborazo y otras reservas ecológicas.

5.3. Impactos negativos

Los impactos negativos son los que ocasionan daños al entorno, por ejemplo: durante la etapa de construcción el impacto negativo es el movimiento de tierras al realizar excavaciones para la colocación de tuberías del sistema de alcantarillado, pozos de revisión, tanque de bombeo y de la planta de tratamiento, esto causa daños al entorno y a la salud de los habitantes ya que produce la expansión de polvo; otro problema es la movilización de los habitantes ya que se debe cerrar vías de acceso causando molestias a los habitantes.

5.4. Matriz de Leopold

En esta matriz se describe en la parte horizontal las actividades que se produce durante cada etapa de ejecución del proyecto, mientras que para el eje vertical se tiene los diferentes factores ambientales que pueden verse afectadas por las actividades del hombre en cada etapa del proyecto.

En la Tabla 50 se enumeran las actividades de cada etapa:

Tabla 50

Etapas de la ejecución del proyecto.

ACTIVIDADES PARA CADA ETAPA
1. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN
Campamento provisional
Obras civiles
Desalojo de materiales
Transporte y provisión de materiales
Limpieza y excavación de terreno
Direccionamiento de aguas residuales
Obras de viabilidad
2. ESTAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
Consumo de: agua, energía eléctrica, combustible.
Generación de residuos
Mantenimiento y limpieza
3. ETAPA DE CIERRE Y ABANDONO
Desmontaje de campamentos
Reposición del suelo
Limpieza general
Retiro de equipos y maquinarias

Nota. Etapas consideras para el impacto ambiental. Fuente: Proyecto de los sistemas de agua potable y de alcantarillado, Fredy Sarango y Jessica Quilumba (2020).

En la Tabla 51 se indican los factores ambientales que se van analizar en cada etapa:

Tabla 51

Factores ambientales por etapas.

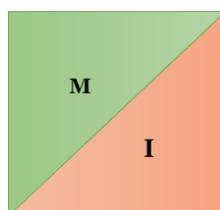
Factores ambientales	Componentes	Elementos
Físico	Suelos	Capa vegetal
		Procesos erosivos
	Agua	Calidad
Biótico	Aire	Calidad
	Flora	Ruido - Vibración
		Vegetación natural
Fauna	Cultivos	
	Terrestre - aves	
Socio - económico	Suelos (estéticos)	Acuáticos
		Paisaje
	Bienestar socioeconómico	Recreación
		Salud Pública
		Accidentes
		Tránsito vehicular
		Tránsito personal
		Empleo
		Servicio público
		Economía

Fuente: Proyecto de los sistemas de agua potable y de alcantarillado, Fredy Sarango y Jessica Quilumba (2020).

A continuación, se realiza la valoración de los impactos en cada cuadrícula correspondiente a las actividades y factores, la cual tiene dos valores correspondientes a la magnitud del impacto y la importancia del impacto, divididas por una diagonal como se observa en la Figura 59.

Figura 59

Impacto



Nota. La figura indica magnitud (M) e importancia (I). Elaborado por: Los autores.

Magnitud (m):

La magnitud nos indica el grado de incidencia o afectación de la actividad sobre un determinado componente ambiental. Se representa por un valor de 1 a 10, donde el 10 indica la alteración máxima que se puede provocar en el indicador y el 1 a la mínima. Se pondrá signo (+), si el efecto es favorable o signo (-), si es desfavorable, y se coloca en la esquina superior izquierda de la cuadrícula.

Tabla 52

Magnitud del impacto Ambiental

MAGNITUD DEL IMPACTO		
DESCRIPCIÓN	%	RANGO
Alta	(67 – 100)	6,70 – 10,00
Moderada	(34 – 66)	3,40 – 6,60
Baja	(0 – 33)	0,00 – 3,30

Elaborado por: Los autores.

Extensión (e):

Es una evaluación de la influencia espacial del impacto que se relaciona con la superficie afectada como: Zonal, Local y Puntual.

Duración (d):

Es el tiempo que se asume que afectará un impacto y sus indicadores se evaluarán según una escala de 1 a 10, siendo 10 el mayor peso del impacto y se pone en la esquina inferior derecha de la cuadrícula. Siendo estos permanentes, moderado y leve duración.

Tabla 53

Importancia de impacto ambiental

IMPORTANCIA		
Duración	Extensión	Calificación
Leve	Puntal	1
Moderado	Puntal	2
Permanente	Puntal	3
Leve	Local	4
Moderado	Local	5
Permanente	Local	6
Leve	Zonal	7
Moderado	Zonal	8
Permanente	Zonal	9
Permanente	Nacional	10

Fuente: Proyecto de los sistemas de agua potable y de alcantarillado, Fredy Sarango y Jessica Quilumba (2020).

Se procede a realizar el criterio de significancia del impacto (s), la cual se obtiene multiplicando la magnitud por la importancia del impacto.

A continuación, se presenta la matriz de Leopold durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento, cierre y abandono:

Una vez hecho la matriz de Leopold se obtiene los resultados de los impactos negativos y positivos que se obtuvieron de cada una de las etapas del proyecto que se observa en la siguiente Tabla 54.

Tabla 54

Resultado de impactos positivos y negativos

Impactos	Etapas de construcción	Etapas de operación y mantenimiento	Etapas de cierre y abandono
Impactos positivos	145	123	78
Impactos negativos	-232	-29	-68
Total, de Impactos	-87	94	10

Elaborado por: Los autores.

Se puede observar mediante la Tabla 54, que durante la etapa de construcción es donde se genera el mayor impacto negativo ambiental, en el cual hay que tomar medidas de prevención y mitigación durante esta etapa de construcción, también se concluye que el proyecto es viable ambientalmente ya que tenemos durante todo el proyecto un impacto ambiental positivo de 17, pero aun así debemos cumplir con las medidas de mitigación.

5.5. Medidas de mitigación

Se toma las siguientes medidas de prevención durante la etapa de construcción en la cual se genera el mayor impacto ambiental como son las siguientes:

- ✓ Al personal del proyecto se debe realizar una revisión minuciosa que lleve todo el equipo de seguridad necesario para cada actividad como son: casco, botas punta de acero, chalecos reflectivos, protección auditiva y mascarilla cuando se encuentren cerca de maquinaria pesada.

- ✓ Durante la realización de excavaciones de zanjas y pozos se debe prevenir a la gente colocando cintas de seguridad para así evitar accidentes.
- ✓ Se debe humedecer los trayectos en donde se realizan las zanjas para el sistema de alcantarillado, colocación de tuberías y su posterior relleno, ya que en esta etapa es donde más se generará polvo por el movimiento de tierras que se realiza.
- ✓ Se debe compactar adecuadamente antes de colocar la tubería y después para así evitar hundimientos que haga que la tubería se rompa u ocasione una erosión constante en la vía durante el tiempo de lluvia.
- ✓ Realizar el desalojo de escombros lo más rápido para así mantener el paisaje de la comunidad y no se vea afectado.
- ✓ Una vez terminado el proyecto se debe realizar la limpieza general evitando daños en las infraestructuras de la comunidad.

CAPÍTULO VI

PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

6.1. Presupuesto referencial

Para elaborar el presupuesto referencial lo primero que se toma en cuenta es las actividades que se van a realizar durante la etapa de construcción, se utilizan los precios de la Cámara de la Industria de la Construcción CAMICON 2019, determinando así el precio unitario de cada actividad.

Se especifica una lista de las diferentes actividades las cuales se dividen en capítulos como obras de conducción, obras de recolección, planta de tratamiento, etc., y en subcapítulos como movimiento de tierras, pozos de revisión, tubería, canal con rejillas, desarenador, tanque Imhoff, Filtrador, Desinfección, etc.

Tabla 55

Presupuesto referencial del proyecto.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO TÉCNICO "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, CON TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA"					
Ítem	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
OBRAS DE CONDUCCIÓN PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y TERCIARIAS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
A MOVIMIENTO DE TIERRAS					
A-002	REPLANTEO MAYOR A 1 KM	km	7.81	390.58	3051.61
A-003	ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTO	m2	1,191.70	38.42	45785.19
A-004	REMOCIÓN Y REPOSICIÓN DE CALZADA DE ADOQUÍN	m2	87.75	16.37	1436.47
A-005	EXCAVACION MECANICA DE ZANJA, H=0-2 (EN TIERRA)	m3	3,910.91	2.64	10324.81
A-006	EXCAVACION MECANICA DE ZANJA, H=2-4 (EN TIERRA)	m3	6,885.85	2.82	19418.11
A-007	EXCAVACION MECANICA DE ZANJA, H=4-6 (EN TIERRA)	m3	612.20	2.97	1818.25
A-008	RASANTEO DE ZANJA A MANO	m2	4,687.81	1.42	6656.69

A-009	RELLENO COMPACTADO A MANO (MATERIAL DE EXCAVACION)	m3	9,990.58	4.05	40461.86
A-010	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga, transporte, volteo)	m3	1,418.39	1.18	1673.70
A-011	ENTIBADO CONTINUO (APUNTALAMIENTO) ZANJA	m2	23948.16	9.83	235410.48
A-012	CAMARA DE ARENA E =15CM	m2	4687.812	2.51	11766.41
SUBTOTAL 1					\$377,803.57

A1		TUBERIA DE PLÁSTICA			
A-013	TUBERIA ANILLADA PVC, ALCANTARILLADO DIN= 200MM (MAT. TRAN. INST)	m	7,813.02	17.54	137040.37
SUBTOTAL 2					\$137,040.37

A2		POZOS DE REVISIÓN TIPO B1-B2			
A-014	POZO REVISION f'c= 210 kg/cm2, H =0 -1.5 M, D=1 M (TAPA Y BRONCAL TIPO B FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	26	186.13	4839.38
A-015	POZO REVISION f'c= 210 kg/cm2, H =0 -2 M, D=1 M (TAPA Y BRONCAL TIPO B FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	45	231.73	10427.85
A-016	POZO REVISION f'c= 210 kg/cm2, H =0 -2.5 M, D=1 M (TAPA Y BRONCAL TIPO B FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	11	267.42	2941.62
A-017	POZO REVISION f'c= 210 kg/cm2, H =0 -3 M, D=1 M (TAPA Y BRONCAL TIPO B FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	19	312.9	5945.10
A-018	POZO REVISION f'c= 210 kg/cm2, H =0 -3.5 M, D=1 M (TAPA Y BRONCAL TIPO B FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	7	363.1	2541.70
A-019	POZO REVISION f'c= 210 kg/cm2, H =0 -4 M, D=1 M (TAPA Y BRONCAL TIPO B FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	9	416.06	3744.54
A-020	POZO REVISION f'c= 210 kg/cm2, H =0 -4.5 M, D=1 M (TAPA Y BRONCAL TIPO B FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	1	477.77	477.77
A-021	POZO REVISION f'c= 210 kg/cm2, H =0 -6 M, D=1 M (TAPA Y BRONCAL TIPO B FUNDIDO Y PELDAÑOS)	u	2	713.22	1426.44
SUBTOTAL 3					\$ 32,344.40

OBRAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SANITARIAS

A3		TANQUE DE BOMBEO			
A-022	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	20.92	1.09	22.80
A-023	REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS	m2	20.92	1.65	34.52
A-024	EXCAVACION A MAQUINA CIELO ABIERTO (EN TIERRA)	m3	40.932	5.77	236.18
A-025	ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA	m2	28.14	9.83	276.62

A-026	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga, transporte, volteo)	m3	40.93	1.18	48.30
A-027	COMPACTACIÓN DE LA RASANTE DEL TANQUE	m2	20.92	1.42	29.71
A-028	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f _c =180KG/CM2	m3	3.627	133.66	484.78
A-029	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	kg	1,301.40	1.43	1861.00
A-030	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO METALICO	m2	16.44	15.09	248.08
A-031	HORMIGON SIMPLE f _c =240kg/cm2	m3	11.2765	143.84	1622.01
A-032	TUBERIA PVC U/E ALCANTARILLADO DEL AGUA DE BOMBEO, DIN= 2 1/2" (MAT.TRAN. INST)	m	269.7	2.3	620.31
A-033	BOMBAS SUMERGIBLE TRITUS TR2.2 3.0HP 220V TRIF 1.25 10 M CABE DRENAJE	m	2	1916.85	3833.70
A-034	CODO 90° PVC 2 1/2" DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	6	7.01	42.06
A-035	CODO 45° PVC 2 1/2" DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	3	7.01	21.03
A-036	TEE PVC 2 1/2" DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	2	9.05	18.10
A-037	ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE	m2	58.69	9.87	579.27
A-038	ESTRIBOS DE HIERRO D=18MM	kg	9.552	1.43	13.66
A-039	TAPAS DE METAL 5.14 m2	u	1	1390.66	1390.66
A-040	CANASTA DE REJILLAS	u	1	400	400.00
A-041	VALVULA DE COMPUERTA BRIDADA 200MM	u	1	678.13	678.13
A-042	VALVULA DE GLOBO 2 1/2" (MAT/TRANS/INST)	u	2	190	380.00
A-043	VALVULA DE RETENCION 2 1/2" (MAT/TRANS/INST)	u	1	129.8	129.80
				SUBTOTAL 4	\$ 12,970.72

PLANTA DE TRATAMIENTO Y DESCARGA HACIA EL CUERPO RECEPTOR

A4	CANAL Y REJILLA DE INGRESO				
A-044	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	4.16	1.09	4.53
A-045	REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS	m2	4.16	1.65	6.86
A-046	EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO (EN TIERRA)	m3	0.91	5.77	5.25
A-047	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga, transporte, volteo)	m3	0.91	1.18	1.07
A-048	COMPACTADO MATERIAL	m2	4.16	1.42	5.91
A-049	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f _c =180KG/CM2	m3	0.48	133.66	64.16
A-050	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 MALLA ELECTROSOLDAD	m2	19.56	5.14	100.54
A-051	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	11.78	15.09	177.76
A-052	HORMIGON SIMPLE f _c =240kg/cm2	m3	1.28	143.84	184.12

A-053	ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE	m2	8.96	9.87	88.44
A-054	TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 200MM(MATERIAL/TRANSPORTE)	m	5	17.54	87.70
A-055	REJILLA CON BANDEJA	u	1	100	100.00
A-056	TAPA METÁLICA DE 2.9*0.6 m	u	1	470.77	470.77
				SUBTOTAL 5	\$ 1,297.11
A5	DESARENADOR				
A-057	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	14.58	1.09	15.89
A-058	REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS	m2	14.58	1.65	24.06
A-059	EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO (EN TIERRA)	m3	21.96	5.77	126.71
A-060	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga, transporte, volteo)	m3	21.96	1.18	25.91
A-061	COMPACTADO MATERIAL CLASIFICADO	m3	14.58	1.42	20.70
A-062	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f _c =180KG/CM2	m3	2.05	133.66	274.00
A-063	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 MALLA ELECTROSOLDAD	m2	540.77	5.14	2779.56
A-064	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	45.13	15.09	681.01
A-065	HORMIGON SIMPLE f _c =240kg/cm2	m3	9.44	143.84	1357.85
A-066	ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE	m2	35.36	9.87	349.00
A-067	TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 200MM(MATERIAL/TRANSPORTE)	m	30.5	17.54	534.97
A-068	ACCESORIO CODOS DE 90°	u	4	20.05	80.20
A-069	ACCESORIO TEES	u	3	41.89	125.67
A-070	ACCESORIO CRUZ	u	1	29.19	29.19
				SUBTOTAL 6	\$ 6,424.73
A6	TANQUE IMHOFF				
A-071	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	69.36	1.09	75.60
A-072	REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS	m2	69.36	1.65	114.44
A-073	EXCAVACION A MAQUINA CIELO ABIERTO (EN TIERRA)	m3	414.73	5.77	2392.99
A-074	ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA	m2	182.85	9.83	1797.42
A-075	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga, transporte, volteo)	m3	414.73	1.18	489.38
A-076	COMPACTADO MATERIAL	m2	69.36	1.42	98.49
A-077	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f _c =180KG/CM2	m3	15.37	133.66	2054.35
A-078	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	kg	10,835.90	1.43	15495.34
A-079	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	364.7	15.09	5503.32
A-080	HORMIGON SIMPLE f _c =240kg/cm2	m3	90.47	143.84	13013.20

A-081	TUBERIA PVC UE VENTILACIÓN D.N.I. 200MM (MATERIAL/TRANSPORTE)	m	6.4	16.8	107.52
A-082	TUBERIA PVC 200MM DESAGUE (MAT/TRAN/. INST)	m	8.52	17.54	149.44
A-083	CODO PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	5	20.05	100.25
A-084	TEE PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	1	41.89	41.89
A-085	Y PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	1	29.19	29.19
A-086	VALVULA DE COMPUERTA BRIDADA 200MM	u	1	678.13	678.13
A-087	ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE	m2	251.71	9.87	2484.38
				SUBTOTAL 7	\$ 44,625.34
A7	LECHO DE SECADOS Y CUBIERTA				
A-088	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	63.36	1.09	69.06
A-089	REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS	m2	69.36	1.65	114.44
A-090	EXCAVACION A MAQUINA CIELO ABIERTO (EN TIERRA)	m3	337.45	5.77	1947.09
A-091	ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA	m2	4.7	9.83	46.20
A-092	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga, transporte, volteo)	m3	337.45	1.18	398.19
A-093	COMPACTADO MATERIAL	m2	63.36	1.42	89.97
A-094	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f _c =180KG/CM2	m3	2.97	133.66	396.97
A-095	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 MALLA ELECTROSOLDAD	m2	103.48	5.14	531.89
A-096	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	54.1	15.09	816.37
A-097	HORMIGON SIMPLE f _c =240kg/cm2	m3	14.58	143.84	2097.19
A-098	TUBERIA PVC 200MM DESAGUE (MAT/TRAN/. INST)	m	18.32	17.54	321.33
A-099	CODO PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	1	20.05	20.05
A-100	TEE PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	1	41.89	41.89
A-101	ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE	m2	55.28	9.87	545.61
A-102	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	kg	256.17	1.43	366.32
A-103	ESTRUCTURA METALICA INCLUYE PINTURA (PROVISION Y MONTAJE)	Kg	1281.91	4.53	5807.05
A-104	CUBIERTA ESTIL PANEL .30MM	m2	72.15	8.26	595.96
				SUBTOTAL 8	\$ 14,205.59
A8	FILTRO DE FLUJO DESCENDENTE Y TANQUE DE DESINFECCIÓN				
A-105	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	42.93	1.09	46.79
A-106	REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS	m2	42.93	1.65	70.83
A-107	EXCAVACION A MAQUINA CIELO ABIERTO (EN TIERRA)	m3	148.11	5.77	854.59

A-108	ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA	m2	94.55	9.83	929.43
A-109	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga, transporte, volteo)	m3	148.11	1.18	174.77
A-110	COMPACTADO MATERIAL	m2	42.93	1.42	60.96
A-111	HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f _c =180KG/CM2	m3	5.43	133.66	725.51
A-112	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)	kg	3,132.75	5.14	16102.34
A-113	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	m2	189.1	15.09	2853.52
A-114	HORMIGON SIMPLE f _c =20kg/cm2	m3	16.2	143.84	2330.21
A-115	TUBERIA PVC 200MM DESAGUE (MAT/TRAN/. INST)	m	73	16.8	1226.40
A-116	CODO PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	m	2	20.05	40.10
A-117	TEE PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	6	41.89	251.34
A-118	CRUZ PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN. INST)	u	1	29.19	29.19
A-119	ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE	m2	127.55	9.87	1258.92
A-120	TANQUE PARA HIPOCLORADOR 500 LTS POLIETILENO INCL. ACCESORIOS (PROVISION E INSTALACION)	u	1	160.00	160.00
A-121	TAPA METÁLICA DE 2.1*2.1 m	u	1	1193.15	1193.15
SUBTOTAL 9					\$ 28,308.04
A9	MITIGACION AMBIETAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL				
A-122	TANQUE DE TOL DE 55 GLNS (PROVISION Y MONTAJE)	u	4	19.01	76.04
A-123	ROTULOS CON CARACTERISTICAS DEL PROYECTO (PROVISION Y MONTAJE)	m2	1	55.82	55.82
A-124	CONO DE SEÑALIZACION VIAL	u	5	18.00	90.00
A-125	CINTA REFLECTIVA - ROLLO 3" X 200 PIES (CON LEYENDA)	u	40	20.41	816.40
A-126	ROTULOS DE SEÑALIZACION	u	4	110.69	442.76
A-127	PASOS PEATONALES DE MADERA 1.2m ANCHO (2 usos)	m	4	28.36	113.44
A-128	CONTROL DE POLVO (INCL. AGUA Y TANQUERO)	m3	24	2.40	57.60
SUBTOTAL 10					\$ 1,652.06
SUBTOTAL					\$656,671.92
COSTO INDIRECTO 15%					\$ 98,500.79
TOTAL, DEL PROYECTO TÉCNICO					\$ 755,172.71

Elaborado por: Los autores.

Se tiene un presupuesto total del proyecto técnico de 755172,71 USD, con un costo indirecto de 98500,79 USD y no incluye IVA.

6.2. Cronograma

El cronograma de obra nos ayuda a definir el tiempo en el que se va a realizar dicho proyecto, también nos ayuda a determinar si existen retrasos al momento de la ejecución de la obra, de la misma manera ayuda a organizar las actividades a realizar semanalmente.

Tabla 56

Cronograma del proyecto

Cronograma del proyecto técnico							
Ítem	Rubro	1	2	3	4	5	6
		mes	mes	mes	mes	mes	mes
Sistema de alcantarillado sanitario							
A1	Movimiento de tierras	X	X	X	X	X	X
A2	Tubería plástica	X	X	X			
A3	Pozos de revisión tipo B1-B2	X	X	X			
Obras de recolección de aguas sanitarias							
A4	Tanque de bombeo		X	X			
Planta de tratamiento							
A5	Canal de acercamiento con rejilla			X			
A6	Desarenador				X	X	
A7	Tanque Imhoff				X	X	
A8	Lecho de secado con cubierta metálica					X	X
A9	Filtro descendente y tanque de desinfección					X	X
A10	Mitigación ambiental y seguridad industrial	X	X	X	X	X	X

Elaborado por: Los autores.

El cronograma para ejecución de la obra se demora un tiempo de 6 meses con una cuadrilla de 20 personas, así cumpliendo con los plazos dispuestos.

CONCLUSIONES

El proyecto técnico ocupa un área total de 135 ha teniendo un 23,83% ocupado por viviendas y el 2,11 % las instituciones educativas que dotan al sistema de alcantarillado mientras que la mayoría son terrenos utilizados para agricultura y ganadería.

Mediante encuestas realizadas en el sector del proyecto a 172 jefes de hogar se determinó un promedio de 4 habitante por casa. Adicionalmente se estimó un total de 305 viviendas, obteniendo así una población actual de 1220 habitantes la cual fue proyectada para un periodo de diseño de 25 años dando como resultado 1487 beneficiarios.

A partir de la topografía propiciada por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Riobamba, se analizó que existen ríos adyacentes, quebradas, recolectores transversales de agua lluvia con descarga al río y al tener un suelo de alta filtración el diseño del sistema de alcantarillado será únicamente sanitario.

Para la capacidad portante del suelo mediante la extracción de calicatas en 5 sectores con pendientes pronunciadas, en laboratorio se realizaron ensayos de clasificación granulométrica y triaxial, arrojando como resultados un suelo tipo arcilloso y una capacidad portante admisible del suelo $q_{adm} = 0,85\text{kg/cm}^2$ con una profundidad de cimentación de 1,30 metros, correspondiente al sistema de alcantarillado, en el caso de que se necesite mayor excavación fundación es necesario mejoramiento de suelo.

Para la capacidad portante del suelo mediante Ensayo de Penetración Estándar (SPT), realizados en 2 sectores de implantación estructural, se obtuvo que en el sondeo 1 (implantación del tanque de bombeo) es un suelo ML (Limo arenoso de baja compresibilidad) con una capacidad portante admisible de $0,16\text{ kg/cm}^2$, en el sondeo 2 (implantación de la planta de

tratamiento) es un suelo MH (Limo arenoso de alta compresibilidad) con una capacidad portante de 1,72 kg/cm².

La dotación para el diseño del sistema de alcantarillado se realizó mediante una comparación entre el consumo diario de los habitantes del sector y la dotación recomendada por normativa en zonas rurales, donde se eligió el valor más crítico siendo el de la norma dotación de 75 lt/hab/día.

La tubería es de un material de PVC (Policloruro de vinilo) con un nivel alto de durabilidad, fácil mantenimiento y económico. Es necesario el recubrimiento a la de tubería con hormigón armado de 10,00 cm de espesor en cruces de drenajes transversales.

Se obtuvieron varias redes consideradas principales de alcantarillado sanitario de 7,81 km lineales en un área de aportación de 32 hectáreas, con diámetro de 200 mm en todo el sistema y un total de 120 pozos de revisión que va desde 1,40 metros a 5,90 metros de profundidad, cumpliendo con los parámetros hidráulicos vigentes en las normas.

Se debe tomar en cuenta que un sistema de alcantarillado comúnmente trabaja con flujo a gravedad en el sistema contamos con la Red Camino Público la Y que tiene pendiente desfavorable en la conexión con la Red Carretera Guaranda-Riobamba, por lo cual se necesita un tanque de almacenamiento con sistema de bombeo (cárcamo de bombeo) que recolecta los caudales de 3 redes consideradas principales con un caudal total de 4,32 lt/s.

El cárcamo de bombeo depende de los coeficientes de descarga asumidos periódicamente durante el día, en el transcurso de las 24 horas el tanque se encuentra en régimen de llenado y vaciado a causa de la intermitencia de descarga de aguas residuales.

La bomba utilizada en el tanque de almacenamiento es de tipo trituradora, con una tubería de impulsión $\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ pulg, caudal de diseño $Q_d = 4,00$ lt/s, el cual cumple con la altura

manométrica de 15,00 m que necesita el tanque para descargar en la Red Carretera Guaranda-Riobamba (Pz401).

Para el sistema de alcantarillado se obtuvo un caudal de diseño de $Q_{dis} = 8,49$ lt/s con el cual se dimensiono los elementos que conforma la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para el diseño de la PTAR se estableció un canal con rejilla que ayuda a la retención de solidos grandes, también se ubicó dos desarenadores con el fin de precautelar el funcionamiento cuando el otro esté en mantenimiento, el elemento más importante es el tanque Imhoff cuya finalidad es la sedimentación de sólidos y digestión de lodos, adicionalmente se implementó un lecho de secado de lodos, un filtro de flujo descendente y finalmente un tanque de desinfección para posteriormente descargarlo al río o usarlo como riego cumplimiento con los límites establecidos en el TULAS hacia el cuerpo receptor.

El caudal tratado del lecho de secado de lodos al no tener un tratamiento completo, se realizó una conexión con la tubería de ingreso al filtro de flujo descendente para su posterior tratamiento.

Por otro lado, la única alternativa de tratamiento que necesita el agua cruda de los tanques de almacenamiento es cumplir los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección establecidos en el TULAS.

Mediante el estudio de impacto ambiental usando la Matriz de Leopold se determinó que el mayor impacto negativo es durante la etapa de construcción, en la cual se recomiendan medidas de mitigación para contrarrestar su impacto.

Al realizar el cálculo de volumen de obra se obtuvo un presupuesto referencial del proyecto técnico la cual asciende a 755750,66 USD, con un costo indirecto de 15% 98576,17 USD, no incluye IVA.

Se estima una duración de 6 meses para la ejecución del proyecto técnico el cual beneficiara a 1487 habitantes, para lo cual se debe tener una cuadrilla de 20 personas con fin de cumplir con el plazo y cronograma dispuesto.

RECOMENDACIONES

Para la alternativa de tratamiento se agua cruda, se recomienda hacer un mantenimiento o un posible diseño de los tanques de almacenamiento que no se encuentran en buen estado.

Durante la etapa de construcción, se recomienda regirse a los alineamientos indicados en los planos.

En el caso que el proyecto se realice, en años futuros se deberá hacer un nuevo análisis de presupuesto.

Al ser una zona sísmica alta se recomienda que durante el proceso de excavación tomara todas las medidas adecuadas de seguridad por posibles derrumbos.

Se recomienda hacer un buen mantenimiento de todos los elementos estructurales para un excelente funcionamiento.

En algunos tramos del sistema de alcantarillado se deberá tener un mayor énfasis en el mantenimiento de las tuberías ya que en algunos tramos no están cumpliendo con las velocidades mínimas de $V_{\min} = 0,45$ m/s ya que son caudales bajos pertenecientes a los colectores terciarios y secundarios.

Cuando se tiene un cárcamo se bombeo como el que se presenta en el proyecto, es recomendable usar en la tubería de impulsión una válvula anticipadora de presión o de alivio ubicada entre la válvula check y la válvula de compuerta.

Se recomienda realizar la extracción de lodos cada 45 días para una mejor eficiencia del tanque Imhoff.

Finalmente, con los caudales tratados que salen del tanque de desinfección es recomendable almacenarlo en un tanque para reutilizarlo como riego, ya que es un sector con gran índice de personas que se dedican a la agricultura y ganadería.

REFERENCIAS

- Abellán, M. A., & del Cerro Barja, A. (1993). *Referencia a tres de los métodos más utilizados en la evaluación de impactos ambientales*. Escuela Universitaria Politécnica de Albacete. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2282549>
- Asociación Chilena de Seguridad. (2006). *Control de riesgos en excavaciones para el sector construcción*.
https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/2_Manual_de_seguridad_en_excavaciones.pdf
- Buendía, M. P. (2002). *Evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI*. Fundamentos.
https://books.google.com.ec/books?id=_4SJ5ADAvAEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
- Calero Suntasig, B. V., & Jimbo Miño, E. K. (2016). *Dotación de un sistema de alcantarillado para la comunidad Río Abajo*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador] Repositorio virtual de la Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13333>
- Castillo Cepeda, A. D., & Soria Pugo, M. G. (2011). *Plan maestro de alcantarillado de la parroquia El Chaupi-cantón Mejía*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador] Repositorio virtual de la Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1909>

- Corcho Romero, F., & Duque Serna, J. I. (2005). *Acueductos teoría y diseño*. Sello editorial, Universidad de Medellín.
- Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Escuela colombiana de ingeniería.
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado*. V&M Gráficas.
- Ex-IEOS. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- Grundfos. (2013). *Manual de bombeo de aguas residuales*. https://blogdelagua.com/wp-content/uploads/2013/01/Manual-de-Bombeo-de-Aguas-Residuales_grundfos.pdf
- INEN. (1987). *Guía de práctica: excavaciones y medidas de seguridad*. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/gpe_inen_12.pdf
- Morales Nava, J. G., & Parra Meza, A. (2013). *Ingeniería Hidráulica y Ambiental: Mejoras al método usual de diseño hidráulico de alcantarillas*. Universidad Autónoma de Baja California. https://www.researchgate.net/publication/262784900_Mejoras_al_metodo_usual_de_diseño_hidraulico_de_alcantarillas
- Morales, F. A. (2015). *Abastecimiento de agua para comunidades rurales*. Universidad Técnica de Machala.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización*. <https://n9.cl/icj8d>
- PDYOT. (2015-2019). *Actualización plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia San Juan*. <https://www.scribd.com/document/466185483/PDOT-SAN-JUAN-pdf>

- Ponce, V. M. (15 de Enero de 2021). *Matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental*.
http://ponce.sdsu.edu/the_leopold_matrix.html
- Rojas, J. A. (2010). *Tratamiento de aguas residuales (Teoría y principios de diseño)*. Escuela colombiana de ingeniería.
- Sánchez, J. E. (2013). *Estudio de impacto ambiental*. Universidad de Alicante.
https://books.google.com.ec/books?id=HWmNAQAAQBAJ&dq=impacto+ambiental+leopold+1971&source=gbs_navlinks_s
- Sarango Narváez, F. M., & Quilumba Toapanta, J. A. (2020). *Proyecto de los sistemas de agua potable y de alcantarillado de la comunidad San Luis de Ichisi, ubicado en la parroquia Tabacundo, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha-Ecuador*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador] Repositorio virtual de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18600>
- SENAGUA. (2016). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
- SENAGUA y IEOS. (2016). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- Sotelo Ávila, G. (1997). *Hidráulica General Vol.1*. Limusa.
- TULAS. (2017). *Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso Agua*.

ANEXOS

Anexo A

Modelo de encuesta.



Encuesta semiestructurada dirigida a informantes claves de las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel

Por: Inga Sinaluisa Bety Elizabeth, Guañuna Heredia Anthony David.

Objetivo: Recolectar información demográfica y la situación actual sobre los servicios básicos que posee las comunidades de Chimborazo y Santa Isabel.

Fin: Diseño del sistema de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Chimborazo y Santa Isabel. Alternativa de tratamiento de agua cruda para la comunidad de Chimborazo, cantón Riobamba, provincia Chimborazo.

Nota: Se guardará absoluta reserva de la información otorgada, agradecemos su colaboración.

1. Datos

Nombres y Apellidos:

N.º de C.I.:

Comunidad:

Sector de la comunidad:

N.º de vivienda de acuerdo al orden de visita:

Fecha:

2. ¿Cuántas personas ocupan la vivienda y cuál es su ocupación?

N.º de integrantes:

0 a 5 años: H: M: Ocupación:

5 a 10 años: H: M: Ocupación:

10 a 20 años: H: M: Ocupación:

20 a 40 años: H: M: Ocupación:

40 a 65 años: H: M: Ocupación:

> a 65 años: H: M: Ocupación:

3. Servicios básicos

¿De dónde proviene principalmente el agua que recibe la vivienda?

Pozos: Río: Vertiente: Acequia/canal:

Nombre:

¿El sistema de agua que recibe la vivienda es?

Agua potable: Agua entubada: No tiene:

¿Servicio higiénico o escusado de la vivienda es?

Conectado a:

Alcantarillado: Pozo séptico: Descarga río/quebrada:

Letrina: No tiene:

Anexo B

Análisis de calidad del agua entubada.



LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
REPORTE ANALISIS DE AGUA				
1. DATOS DE LA MUESTRA				
CÓDIGO DE LA MUESTRA	1			
PROVINCIA	CHIMBORAZO	CANTÓN	RIOBAMBA	
PARROQUIA	SAN JUAN			
NOMBRE DEL SISTEMA	SISTEMA COMUNIDAD	TIPO	GRAVEDAD	
RESPONSABLE DE LA RECOLECCIÓN	TÉCNICOS LBM			
FECHA DE RECOLECCIÓN	23-06-2020	FECHA DE ANÁLISIS	23-06-2020	
HORA DE RECOLECCIÓN	08h51	HORA DE ANÁLISIS	11h30	
SITIO DE TOMA DE MUESTRA	DISTRIBUCION	Llave externa de domicilio	Sra. Martha Sisa (propietaria)	
2. CARACTERISTICAS FISICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE	RESULTADO
Ph		Unidades	6 - 9 *	7.92
Color	color real	Unidades de color	100 *	5
Turbiedad		U.N.T	100*	0.62
Temperatura		°C	Condición natural +/-3°C *	13.16
Sólidos disueltos		mg/l	1000*	119
3. CARACTERISTICAS QUIMICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Cloro libre residual ⁽¹⁾		mg/l	0,3 A 1,5	0.15
Hierro (total)	Fe	mg/l	1.00*	0.09
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10*	1.5
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1.0*	0.003
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400*	2
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1 *	0.004
Fluoruro (total)	F	mg/l	1.5 *	0.22
Amoniaco	N-Amoniaco	mg/l	1,0 *	0.05
Cobre	Cu	mg/l	1,0 *	0.01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1 *	0.001
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05 *	-
Responsable: Dra. Ana María López				
4. 5. REQUISITOS MICROBIOLOGICOS:				
PARAMETRO		METODO	LIMITE	RESULTADO
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3000*	-
Coliformes Fecales filtración de membranas	nmp/100 ml		<1**	-
Responsable: Dra. Ana María López				

* Límites permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional basados en la norma TULSMA libro VI, Anexo 1, Tablas 1
 ** Es el rango en el que debe estar el Cloro Libre Residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos (Límite permisible: NORMA TECNICA ECUATORIANA (NTE) IVEN 1108 QUINTA REVISIÓN 2014-01)

Dra. Ana María López
ANALISTA DE LABORATORIO 2



+593 29430266 / 2964176
LABORATORIO BROMATOLÓGICO-Ext: 204
www.gadmriobamba.gob.ec



LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
REPORTE ANÁLISIS DE AGUA				
1. DATOS DE LA MUESTRA				
CÓDIGO DE LA MUESTRA	2			
PROVINCIA	CHIMBORAZO	CANTÓN	RIOBAMBA	
PARROQUIA	SAN JUAN			
NOMBRE DEL SISTEMA	SISTEMA COMUNIDAD CHIMBORAZO	TIPO	GRAVEDAD	
RESPONSABLE DE LA RECOLECCIÓN	TÉCNICOS LBM			
FECHA DE RECOLECCIÓN	23-06-2020	FECHA DE ANÁLISIS	23-06-2020	
HORA DE RECOLECCIÓN	09h03	HORA DE ANÁLISIS	09h03	
SITIO DE TOMA DE MUESTRA	DISTRIBUCION	Llave externa de domicilio	Sr. Bruno Miñarcaja (propietario)	
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE	RESULTADO
pH		Unidades	6 - 9 *	7.57
Color	color real	Unidades de color	100 *	
Turbiedad		U.N.T	100*	
Temperatura		°C	Condición natural +/-3°C *	13.06
Sólidos disueltos		mg/l	1000*	108
3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Cloro libre residual ⁽¹⁾		mg/l	0,3 A 1,5	0.08
Hierro (total)	Fe	mg/l	1.00*	
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10*	
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1.0*	
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400*	
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1 *	
Fluoruro (total)	F	mg/l	1.5 *	
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0 *	
Cobre	Cu	mg/l	1.0*	
Cianuro (total)	CN	mg/l	0.1*	
Arsénico (total)	As	mg/l	0.05*	-
Responsable: Dra. Ana María López				
4. 5. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS:				
PARAMETRO		METODO	LIMITE	RESULTADO
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3000*	-
Coliformes Fecales filtración de membranas	nmp/100 ml		<1**	-
Responsable: Dra. Ana María López				

* Límites permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional basados en la norma TUSMSA libro VI, Anexo I, Tablas 1
 ** Es el rango en el que debe estar el Cloro Libre Residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos. (Límite permisible: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE) INEN 1108 QUINTA REVISIÓN 2014-01

Dra. Ana María López
ANALISTA DE LABORATORIO 2





LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
REPORTE ANÁLISIS DE AGUA				
1. DATOS DE LA MUESTRA				
CÓDIGO DE LA MUESTRA	4			
PROVINCIA	CHIMBORAZO	CANTÓN	RIOBAMBA	
PARROQUIA	SAN JUAN			
NOMBRE DEL SISTEMA	SISTEMA COMUNIDAD CHIMBORAZO	TIPO	GRAVEDAD	
RESPONSABLE DE LA RECOLECCIÓN	TÉCNICOS LBM			
FECHA DE RECOLECCIÓN	23-06-2020	FECHA DE ANÁLISIS	23-06-2020	
HORA DE RECOLECCIÓN	09h37	HORA DE ANÁLISIS	09h37	
SITIO DE TOMA DE MUESTRA	DISTRIBUCION	Llave externa de domicilio	Sra. María Tacuri (propietaria)	
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE	RESULTADO
pH		Unidades	6 – 9 *	7.59
Color	color real	Unidades de color	100 *	
Turbiedad		U.N.T	100 *	
Temperatura		°C	Condición natural +/-3°C *	11.82
Sólidos disueltos		mg/l	1000 *	179
3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Cloro libre residual ⁽¹⁾		mg/l	0,3 A 1,5	0.12
Hierro (total)	Fe	mg/l	1.00 *	
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10 *	
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1.0 *	
Sulfatos	SO ₄	mg/l	400 *	
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1 *	
Fluoruro (total)	F	mg/l	1.5 *	
Amoniaco	N-Amoniaco	mg/l	1.0 *	
Cobre	Cu	mg/l	1.0 *	
Cianuro (total)	CN	mg/l	0.1 *	
Arsénico (total)	As	mg/l	0.05 *	-
Responsable: Dra. Ana María López				
4. 5. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS:				
PARAMETRO		METODO	LIMITE	RESULTADO
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3000 *	-
Coliformes Fecales filtración de membranas	nmp/100 ml		<1 **	-
Responsable: Dra. Ana María López				

* Límites permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional basados en la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tablas 1
 ** Es el rango en el que debe estar el Cloro Libre Residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos (límite permisible: NORMA TECNICA ECUATORIANA (NTE) INEN 1108 QUINTA REVISIÓN 2014-01

Dra. Ana María López
ANALISTA DE LABORATORIO 2





LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

DATOS GENERALES:

CANTÓN: Riobamba

PARROQUIA: San Juan

COMUNIDAD: Chimborazo

Fecha de toma de muestra: Martes, 23 de Junio del 2020

- Muestra 1, PARROQUIA SAN JUAN, COMUNIDAD CHIMBORAZO, LLAVE EXTERNA DE DOMICILIO (DISTRIBUCION), SRA. MARTHA SISA.



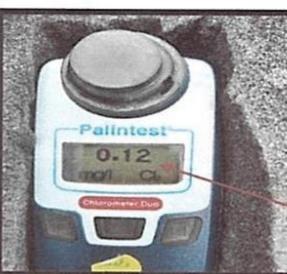
COLOR RESIDUAL

- Muestra 2, PARROQUIA SAN JUAN, COMUNIDAD CHIMBORAZO, LLAVE EXTERNA DE DOMICILIO (DISTRIBUCION), SR. BRUNO MIÑARCAJA



COLOR RESIDUAL

- Muestra 4, PARROQUIA SAN JUAN, COMUNIDAD CHIMBORAZO, LLAVE EXTERNA DE DOMICILIO (DISTRIBUCION), SRA. MARÍA TACURI.



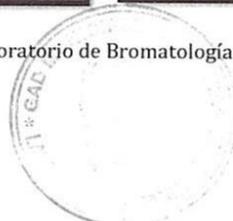
COLOR RESIDUAL

Responsables. Personal técnico de Laboratorio de Bromatología.

+593 29430266 / 2964176

LABORATORIO BROMATOLÓGICO-Ext: 204

www.gadmriobamba.gob.ec





LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
REPORTE ANÁLISIS DE AGUA				
6. DATOS DE LA MUESTRA				
CÓDIGO DE LA MUESTRA	1			
PROVINCIA	CHIMBORAZO	CANTÓN	RIOBAMBA	
PARROQUIA	SAN JUAN	BARRIO ACHIGÑAN		
NOMBRE DEL SISTEMA	COMUNIDAD CHIMBORAZO	TIPO	GRAVEDAD	
RESPONSABLE DE LA RECOLECCIÓN	TÉCNICOS LBM			
FECHA DE RECOLECCIÓN	03-07-2020	FECHA DE ANÁLISIS	03-07-2020	
HORA DE RECOLECCIÓN	09H00	HORA DE ANÁLISIS	11H30	
SITIO DE TOMA DE MUESTRA	DISTRIBUCION	Llave externa de domicilio	Sra. Paulina Miñarcaja (propietaria)	
7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE	RESULTADO
pH		Unidades	6 - 9 *	6.85
Color	color real	Unidades de color	100 *	1
Turbiedad		U.N.T	100 *	0.15
Temperatura		°C	Condición natural +/-3°C *	12.34
Sólidos disueltos		mg/l	1000 *	303
8. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Cloro libre residual ⁽¹⁾		mg/l	0,3 A 1,5	-
Hierro (total)	Fe	mg/l	1.00 *	0.01
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10 *	1.6
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1.0 *	0.001
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	400 *	74
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1 *	0.011
Fluoruro (total)	F	mg/l	1.5 *	0.65
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0 *	0.03
Cobre	Cu	mg/l	1.0 *	0.01
Cianuro (total)	CN	mg/l	0.1 *	0.003
Arsénico (total)	As	mg/l	0.05 *	0.001
Responsable: Dra. Ana María López				
9. 10. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS:				
PARAMETRO		METODO	LIMITE	RESULTADO
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3000 *	-
Coliformes Fecales filtración de membranas	nmp/100 ml		<1 **	-
Responsable: Dra. Ana María López				

* Límites permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional basados en la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tablas 1
 ** Es el rango en el que debe estar el Cloro Libre Residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos. (Límite permisible: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE) INEN 1108 QUINTA REVISIÓN 2014-01)

Dra. Ana María López
ANALISTA DE LABORATORIO 2





LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

LABORATORIO DE BROMATOLOGIA				
REPORTE ANÁLISIS DE AGUA				
6. DATOS DE LA MUESTRA				
CÓDIGO DE LA MUESTRA	2			
PROVINCIA	CHIMBORAZO	CANTÓN	RIOBAMBA	
PARROQUIA	SAN JUAN	BARRIO EL COLEGIO		
NOMBRE DEL SISTEMA	COMUNIDAD CHIMBORAZO	TIPO	GRAVEDAD	
RESPONSABLE DE LA RECOLECCIÓN	TÉCNICOS LBM			
FECHA DE RECOLECCIÓN	03-07-2020	FECHA DE ANÁLISIS	03-07-2020	
HORA DE RECOLECCIÓN	09H11	HORA DE ANÁLISIS	11h30	
SITIO DE TOMA DE MUESTRA	DISTRIBUCION	Llave externa de domicilio	Sr. Wilmer Paguay (propietario)	
7. CARACTERISTICAS FISICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE	RESULTADO
pH		Unidades	6 - 9 *	6.76
Color	color real	Unidades de color	100 *	7
Turbiedad		U.N.T	100 *	0.41
Temperatura		°C	Condición natural +/-3°C *	11.45
Sólidos disueltos		mg/l	1000 *	155
8. CARACTERISTICAS QUIMICAS				
PARAMETRO		UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Cloro libre residual ⁽¹⁾		mg/l	0,3 A 1,5	-
Hierro (total)	Fe	mg/l	1.00*	0.01
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10*	0.9
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1.0*	0.005
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400*	4
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1 *	0.006
Fluoruro (total)	F	mg/l	1.5*	1.71
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0 *	0.03
Cobre	Cu	mg/l	1.0*	0.03
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0.1*	0.002
Arsénico (total)	As	mg/l	0.05*	0.001
Responsable: Dra. Ana María López				
9. 10. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS:				
PARAMETRO		METODO	LIMITE	RESULTADO
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3000*	-
Coliformes Fecales filtración de membranas	nmp/100 ml		<1**	-
Responsable: Dra. Ana María López				

* Límites permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional basados en la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tablas 1
 ** Es el rango en el que debe estar el Cloro Libre Residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos. (Límite permisible: NORMA TECNICA ECUATORIANA (NTE) INEN 1108 QUINTA REVISIÓN 2014-01

Dra. Ana María López
ANALISTA DE LABORATORIO 2





LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

DATOS GENERALES:

CANTÓN: Riobamba

PARROQUIA: SAN JUAN

COMUNIDAD: CHIMBORAZO

Fecha de toma de muestra: Viernes, 03 de Julio del 2020

- **Muestra 1,** PARROQUIA SAN JUAN, COMUNIDAD CHIMBORAZO, BARRIO ACHIGÑAN, LLAVE EXTERNA DE DOMICILIO (DISTRIBUCION). SRA. PAULINA MIÑARCAJA.



- **Muestra 2,** PARROQUIA SAN JUAN, COMUNIDAD CHIMBORAZO, BARRIO EL COLEGIO, LLAVE EXTERNA DE DOMICILIO (DISTRIBUCION). SR. WILMER PAGUAY.



Responsables. Personal técnico de Laboratorio de Bromatología.

+593 29430266 / 2964176
LABORATORIO BROMATOLÓGICO-Ext: 204
www.gadmriobamba.gob.ec



Anexo C

Tablas para el diseño del sistema de alcantarillado y caudal para la estación de bombeo.

TIPO DE COLECTORES	NOMBRE DEL COLECTOR	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	ÁREAS SANITARIA (ha)			POBLACIÓN SANITARIA (hab)			CAUDALES DEL SISTEMA (l/s)				CAUDAL SANITARIO Q _s (l/s)	CAUDAL COLINDANTE Q _{col} (l/s)	CAUDAL DISEÑO Q _d (l/s)	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					TUBERÍA LLENA					DATOS HIDRAULICOS				COTAS		PROFUNDIDAD DE POZOS	
			PARCIAL Ap (ha)	ACUMULADA Aac (ha)	PARCIAL Pp (hab)	ACUMULADA Pac (hab)	PACTOR M	DOMESTICO Q _{dom} (l/s)	INFILTRACION Q _{inf} (l/s)	ERRADAS Q _{err} (l/s)	ESPECIALES Q _{esp} (l/s)	D (mm)				I (%)	S (m)	n	V (m/s)	Q (%)	Q _s -Q	Q _d -Q	Vd (m/s)	V _{max} (m/s)	Calado Y (m)	V/D (%)	TIERRENO C1 (mm)	PROYECTO C2 (mm)	H _{pozo} (Hpa (m))	S _{h_{pozo}} (Hpa (m))	H _{total} (Hpa (m))	H _{total} (Hpa (m))	
TERMINOS	CP #4	1	480	35,60	0,24	0,24	19,57	19,57	4,00	0,05	0,01	0,01	0,02	0,08	0,08	200	3,62	0,036	0,01	2,58	81,16	0,001	0,001	0,36	0,74	0,004	1,88	3471,06	3477,06	4,00	4,00	1,40	1,40
		2	481	62,69	0,25	0,49	20,33	39,90	4,00	0,11	0,02	0,02	0,05	0,22	0,22	200	1,48	0,015	0,01	1,65	51,93	0,004	0,004	0,36	0,50	0,008	4,11	3477,17	3475,77	1,40	1,40	1,40	1,40
		3	482	56,92	0,06	0,55	5,16	45,06	4,00	0,13	0,03	0,03	0,06	0,24	0,24	200	1,26	0,013	0,01	1,53	47,95	0,005	0,005	0,36	0,47	0,009	4,49	3478,04	3474,84	3,20	3,20	1,40	1,40
SECUNDARIOS	SECTOR RAMENA	1	482	63,01	0,20	0,30	24,30	24,30	4,00	0,07	0,01	0,01	0,03	0,10	0,10	200	3,41	0,034	0,01	2,51	78,76	0,001	0,001	0,37	0,72	0,004	2,15	3478,33	3477,13	1,40	1,40	1,40	1,40
		2	483	39,99	0,41	0,71	33,40	57,69	4,00	0,16	0,04	0,04	0,07	0,32	0,32	200	33,43	0,334	0,01	7,85	246,54	0,001	0,001	1,18	2,26	0,004	2,20	3466,36	3463,76	2,60	2,60	1,40	1,40
		3	484	42,85	0,18	0,89	14,78	72,47	4,00	0,20	0,04	0,04	0,09	0,38	0,38	200	5,58	0,056	0,01	3,21	100,70	0,004	0,004	0,68	0,96	0,008	3,85	3466,36	3463,76	2,60	2,60	1,40	1,40
		4	485	56,15	0,54	0,54	44,20	44,20	4,00	0,12	0,03	0,03	0,05	0,18	0,18	200	15,53	0,155	0,01	5,35	168,03	0,001	0,001	0,76	1,53	0,004	1,97	3540,08	3538,38	1,70	1,70	1,70	1,70
		5	486	84,37	0,36	0,90	29,31	73,51	4,00	0,20	0,05	0,05	0,09	0,39	0,39	200	13,63	0,136	0,01	5,01	157,42	0,002	0,002	0,85	1,46	0,005	2,68	3531,36	3529,66	1,70	1,70	1,70	1,70
		6	487	87,44	0,32	1,22	25,63	99,13	4,00	0,28	0,06	0,06	0,12	0,40	0,40	200	16,07	0,161	0,01	5,44	170,91	0,002	0,002	0,99	1,60	0,006	3,00	3519,36	3518,16	1,40	1,40	1,40	1,40
		7	488	32,61	0,19	1,41	15,84	114,97	4,00	0,32	0,07	0,07	0,14	0,46	0,46	200	15,98	0,160	0,01	5,42	170,43	0,003	0,003	1,04	1,60	0,007	3,25	3505,01	3504,11	1,80	1,80	1,80	1,80
		8	489	58,54	0,36	1,78	29,42	144,40	4,00	0,40	0,09	0,09	0,18	0,58	0,58	200	13,56	0,136	0,01	5,00	157,03	0,004	0,004	1,05	1,50	0,008	3,82	3505,01	3504,11	1,80	1,80	1,80	1,80
		9	490	64,02	0,28	2,05	22,40	166,80	4,00	0,46	0,07	0,07	0,10	0,67	0,67	200	15,56	0,156	0,01	5,35	168,18	0,004	0,004	1,16	1,62	0,008	3,98	3492,76	3490,96	1,80	1,80	1,80	1,80
		10	491	53,46	0,15	2,20	11,88	178,68	4,00	0,50	0,11	0,11	0,22	0,72	0,72	200	12,87	0,129	0,01	4,87	152,96	0,005	0,005	1,11	1,49	0,009	4,33	3492,76	3490,96	1,80	1,80	1,80	1,80
		11	492	46,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	200	6,28	0,063	0,01	3,40	106,87	0,007	0,009	0,98	1,07	0,012	6,06	3473,23	3471,23	2,00	2,00	2,00	2,00
		12	493	17,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	200	18,23	0,182	0,01	5,79	182,04	0,004	0,005	1,37	1,75	0,009	4,60	3473,23	3471,23	2,00	2,00	2,00	2,00
		13	494	29,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	200	12,30	0,123	0,01	4,76	149,56	0,005	0,006	1,30	1,46	0,010	5,09	3470,04	3468,04	2,00	2,00	2,00	2,00
		14	495	29,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	200	16,46	0,165	0,01	5,51	173,00	0,004	0,006	1,32	1,67	0,009	4,72	3465,97	3464,37	1,60	1,60	1,60	1,60
		15	496	62,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	200	18,12	0,181	0,01	5,78	181,52	0,004	0,005	1,37	1,74	0,009	4,60	3461,35	3459,55	1,80	1,80	1,80	1,80
		16	497	72,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	200	10,38	0,104	0,01	4,37	137,40	0,005	0,007	1,13	1,35	0,011	5,32	3450,49	3448,29	2,20	2,20	2,20	2,20
		17	498	67,17	0,25	0,25	19,96	19,96	4,00	0,06	0,01	0,01	0,02	0,08	0,08	200	5,78	0,058	0,01	3,26	102,48	0,001	0,001	0,42	0,93	0,003	1,68	3504,19	3502,59	1,60	1,60	1,60	1,60
PRIMARIOS	SECTOR RAMENA	1	499	88,16	0,13	0,37	10,28	30,24	4,00	0,08	0,02	0,02	0,04	0,12	0,12	200	3,49	0,035	0,01	2,54	79,66	0,002	0,002	0,60	0,73	0,005	2,40	3504,19	3498,71	5,48	5,48	1,80	1,80
		2	500	64,43	0,14	0,52	11,66	41,91	4,00	0,03	0,03	0,03	0,05	0,17	0,17	200	7,93	0,079	0,01	3,82	130,08	0,001	0,001	0,59	1,10	0,005	2,30	3498,08	3496,68	1,40	1,40	1,40	1,40
		3	501	45,88	0,09	0,61	7,57	49,47	4,00	0,14	0,03	0,03	0,06	0,20	0,20	200	8,85	0,088	0,01	4,04	126,34	0,002	0,002	0,65	1,17	0,005	2,44	3493,17	3491,57	1,60	1,60	1,60	1,60
		4	502	62,21	0,14	0,75	11,19	60,66	4,00	0,17	0,04	0,04	0,07	0,24	0,24	200	7,73	0,077	0,01	3,77	118,56	0,002	0,002	0,66	1,10	0,006	2,81	3489,51	3487,51	2,00	2,00	2,00	2,00
		5	503	77,29	0,16	0,91	13,26	73,92	4,00	0,21	0,05	0,05	0,09	0,30	0,30	200	4,99	0,050	0,01	3,03	95,29	0,003	0,003	0,61	0,90	0,007	3,50	3484,7	3482,7	2,00	2,00	2,00	2,00
		6	504	52,94	0,11	1,02	9,14	83,06	4,00	0,23	0,05	0,05	0,10	0,33	0,33	200	3,42	0,034	0,01	2,51	78,84	0,004	0,004	0,55	0,76	0,008	4,10	3480,44	3478,84	1,60	1,60	1,60	1,60
		7	505	76,99	0,14	1,17	11,72	94,77	4,00	0,26	0,06	0,06	0,12	0,38	0,38	200	3,99	0,040	0,01	2,71	85,14	0,004	0,004	0,61	0,82	0,008	4,22	3478,63	3477,03	1,60	1,60	1,60	1,60
		8	506	74,06	0,15	1,31	11,86	106,64	4,00	0,30	0,07	0,07	0,13	0,43	0,43	200	3,88	0,039	0,01	2,67	83,94	0,005	0,005	0,62	0,82	0,009	4,52	3475,36	3473,96	1,60	1,60	1,60	1,60
		9	507	47,31	0,10	1,41	8,32	114,95	4,00	0,32	0,07	0,07	0,14	0,46	0,46	200	6,70	0,067	0,01	3,51	110,37	0,004	0,004	0,77	1,06	0,008	4,08	3472,49	3471,09	1,40	1,40	1,40	1,40
		10	508	89,72	0,20	1,61	16,01	130,96	4,00	0,36	0,08	0,08	0,16	0,52	0,52	200	1,97	0,020	0,01	1,91	59,89	0,009	0,009	0,53	0,62	0,012	5,99	3470,23	3467,63	2,60	2,60	2,60	2,60
		11	509	81,79	0,17	1,78	14,18	145,14	4,00	0,40	0,09	0,09	0,18	0,58	0,58	200	1,20	0,012	0,01	1,49	46,67	0,012	0,012	0,46	0,51	0,014	7,19	3468,43	3466,13	2,30	2,30	2,30	2,30
		12	510	43,87	0,07	1,86	5,98	151,12	4,00	0,42	0,09	0,09	0,19	0,61	0,61	200	1,23	0,012	0,01	1,51	47,31	0,013	0,013	0,48	0,52	0,015	7,29	3467,37	3465,17	2,20	2,20	2,20	2,20
		13	511	35,23	0,08	1,93	6,24	157,36	4,00	0,44	0,10	0,10	0,19	0,63	0,63	200	1,53	0,015	0,01	1,68	52,79	0,012	0,012	0,52	0,57	0,014	7,03	3465,97	3464,37	1,60	1,60	1,60	1,60
		14	512	33,89	0,07	2,00	5,68	163,04	4,00	0,45	0,10	0,10	0,20	0,65	0,65	200	1,24	0,012	0,01	1,51	47,47	0,014	0,014	0,49	0,53	0,015	7,56	3464,7	3462,9	1,80	1,80	1,80	1,80
		15	513	27,64	0,07	2,07	5,48	168,																									

TIPO DE COLECTORES	NOMBRE DEL COLECTOR	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO		AREAS SANITARIA (ha)		POBLACION SANITARIA (hab)			CAUDALES DEL SISTEMA (l/s)				CAUDAL SANITARIO	CAUDAL COLINDANTE EXISTENTE	CAUDAL DISEÑO	CARACTERISTICAS FISICAS				TUBERIA LLENA		DATOS HIDRAULICOS					COTAS		PROFUNDIDAD DE POZOS				
		TRAMO	POZO Nº	LONGITUD (m)	PARCIAL Ap (ha)	ACUMULADA Aac (ha)	PARCIAL Pp (hab)	ACUMULADA Pac (hab)	FACTOR M	Q DOMESTICO Qdom (l/s)	Q INFILTRACION Qinf (l/s)	Q ERRADAS Qerr (l/s)	Q ESPECIALES Qesp (l/s)	Qs (l/s)	Qcol (l/s)	Qdis (l/s)	D mm	I %	S 0/00	n Manning	V m/s	Q l/s	Qs-Q	Qd-Q	Vd m/s	V min m/s	Calado Y (m)	Y/D %	TERRENO Ct msum	PROYECTO Cp msum	Hpozo Hpz (m)	Salo Hpz s (m)	Hotalpozo Pz (m)
SECUNDARIO	C.P. #2	1	420	82.12	0.34	0.34	9.06	9.06	4.00	0.03	0.02	0.02	0.03	0.06	0.06	200	1.33	0.013	0.01	1.56	49.12	0.0012	0.0012	0.23	0.45	0.0043	2.13	3464.17	3462.77	1.40	1.40	1.40	
P R I M A R I O S	C A M I N O P U B L I C O H A C I A L A U - E - C H I M B O R A Z O	1	412	38.28	0.19	0.19	5.03	5.03	4.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	200	1.52	0.015	0.01	1.67	52.48	0.0006	0.0006	0.20	0.48	0.0030	1.50	3467.58	3466.88	5.00	5.00	5.00	
			413																									3467.49	3466.09	1.40	1.40		
		2	413	52.71	0.10	0.30	2.76	7.79	4.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.05	0.05	200	1.69	0.017	0.01	1.76	55.40	0.0009	0.0009	0.24	0.50	0.0037	1.84	3468.91	3465.51	3.40	3.40	3.40	
			414																									3467.82	3464.62	3.20	3.20		
		3	414	67.70	0.14	0.43	3.57	11.36	4.00	0.03	0.02	0.02	0.04	0.07	0.07	200	4.34	0.043	0.01	2.83	88.85	0.0008	0.0008	0.37	0.81	0.0035	1.75	3467.82	3464.62	3.20	3.20	3.20	
			415																									3467.58	3461.68	5.90	5.90		
		4	415	64.22	0.13	0.56	3.39	14.75	4.00	0.04	0.03	0.03	0.06	0.10	0.10	200	1.25	0.012	0.01	1.51	47.59	0.0020	0.0033	0.31	0.44	0.0072	3.61	3467.58	3461.68	5.90	5.90	5.90	
			416																									3464.88	3460.88	4.00	4.00		
		5	416	54.63	0.17	0.73	4.37	19.13	4.00	0.05	0.04	0.04	0.07	0.13	0.13	200	1.50	0.015	0.01	1.66	52.24	0.0024	0.0036	0.35	0.49	0.0075	3.75	3464.88	3460.88	4.00	4.00	4.00	
			417																									3463.76	3460.06	3.70	3.70		
		6	417	60.95	0.20	0.93	5.26	24.39	4.00	0.07	0.05	0.05	0.09	0.16	0.16	200	1.30	0.013	0.01	1.55	48.54	0.0033	0.0045	0.35	0.46	0.0085	4.26	3463.76	3460.06	3.70	3.70	3.70	
			418																									3463.87	3459.27	4.60	4.60		
		7	418	66.31	2.44	3.37	64.21	88.59	4.00	0.25	0.17	0.17	0.34	1.50	1.50	200	0.41	0.004	0.01	0.87	27.21	0.0553	0.0575	0.45	0.45	0.0316	15.80	3463.87	3459.27	4.60	4.60	4.60	
			419																									3464.9	3459	5.90	5.90		
		8	419	63.40	0.41	3.78	10.66	99.26	4.00	0.28	0.19	0.19	0.38	1.57	1.57	200	1.17	0.012	0.01	1.47	46.06	0.0342	0.0355	0.65	0.64	0.0246	12.31	3459.86	3458.26	1.60	1.60	1.60	
			42																									3459.86	3458.26	1.60	1.60		
		9	42	32.70	0.17	3.95	4.54	103.80	4.00	0.29	0.20	0.20	0.39	1.60	1.60	200	8.81	0.088	0.01	4.03	126.54	0.0127	0.0131	1.28	1.39	0.0148	7.39	3459.86	3458.26	1.60	1.60	1.60	
			43																									3456.98	3455.38	1.60	1.60		
		10	43	67.26	0.00	3.95	0.00	103.80	4.00	0.29	0.20	0.20	0.39	1.60	1.60	200	9.93	0.099	0.01	4.28	134.37	0.0119	0.0124	1.33	1.46	0.0143	7.16	3456.98	3455.38	1.60	1.60	1.60	
			44																									3450.7	3448.7	2.00	2.00		
		11	44	77.43	0.10	4.05	2.54	106.34	4.00	0.30	0.20	0.20	0.40	1.62	1.62	200	10.32	0.103	0.01	4.36	136.97	0.0118	0.0123	1.36	1.49	0.0143	7.13	3450.7	3448.7	2.00	2.00	2.00	
			45																									3442.71	3440.71	2.00	2.00		
		12	45	65.99	0.00	4.05	0.00	106.34	4.00	0.30	0.20	0.20	0.40	1.62	1.62	200	8.29	0.083	0.01	3.91	122.76	0.0132	0.0137	1.26	1.36	0.0151	7.54	3442.71	3440.71	2.00	2.00	2.00	
			46																									3437.24	3435.24	2.00	2.00		
		13	46	93.88	0.14	4.18	3.57	109.91	4.00	0.31	0.21	0.21	0.42	1.64	1.64	200	5.94	0.059	0.01	3.31	103.95	0.0158	0.0164	1.13	1.19	0.0165	8.27	3437.24	3435.24	2.00	2.00	2.00	
			47																									3431.66	3429.66	2.00	2.00		
		14	47	29.44	0.00	4.18	0.00	109.91	4.00	0.31	0.21	0.21	0.42	1.64	1.64	200	8.36	0.084	0.01	3.92	123.25	0.0133	0.0138	1.27	1.36	0.0152	7.58	3431.66	3429.66	2.00	2.00	2.00	
			48																									3429.2	3427.2	2.00	2.00		
15	48	41.19	0.05	4.24	1.43	111.35	4.00	0.31	0.21	0.21	0.42	1.65	1.65	200	13.69	0.137	0.01	5.02	157.78	0.0105	0.0109	1.50	1.68	0.0134	6.69	3429.2	3427.2	2.00	2.00	2.00			
	49																									3425.06	3421.56	3.50	3.50				
16	49	72.09	0.06	4.30	1.60	112.94	4.00	0.31	0.21	0.21	0.43	1.66	1.66	200	6.06	0.061	0.01	3.34	104.98	0.0159	0.0164	1.14	1.20	0.0166	8.28	3425.06	3421.56	3.50	3.50	3.50			
	50																									3419.89	3417.19	2.70	2.70				
		352																															

Anexo D

Análisis para el diseño de la estación de bombeo.

Hora	Tiempo	Coficiente (k)	Caudal Diseño (de manda) (L/s)	Volumen de mandado (m3)	Volumen acumulado demandado (m3)	Caudal ingreso (L/s)	Volumen ingreso (m3)	Volumen ingreso acumulado (m3)	Volumen de deficit-excedencia (m3)
12:00 a. m.	0				0	0	0	0	0
12:30 a. m.	0,5	0,10	0,43	0,78	0,78	0,00	0,00	0,00	0,78
1:00 a. m.	1	0,10	0,43	0,78	1,56	0,00	0,00	0,00	1,56
1:30 a. m.	1,5	0,10	0,43	0,78	2,33	0,00	0,00	0,00	2,33
2:00 a. m.	2	0,10	0,43	0,78	3,11	0,00	0,00	0,00	3,11
2:30 a. m.	2,5	0,10	0,43	0,78	3,89	0,00	0,00	0,00	3,89
3:00 a. m.	3	0,10	0,43	0,78	4,67	0,00	0,00	0,00	4,67
3:30 a. m.	3,5	0,10	0,43	0,78	5,44	0,00	0,00	0,00	5,44
4:00 a. m.	4	0,10	0,43	0,78	6,22	0,00	0,00	0,00	6,22
4:30 a. m.	4,5	0,25	1,08	1,94	8,16	0,00	0,00	0,00	8,16
5:00 a. m.	5	0,25	1,08	1,94	10,11	0,00	0,00	0,00	10,11
5:30 a. m.	5,5	0,50	2,16	3,89	14,00	0,00	0,00	0,00	14,00
6:00 a. m.	6	0,75	3,24	5,83	19,83	4,00	7,20	7,20	12,63
6:30 a. m.	6,5	1,00	4,32	7,78	27,60	4,00	7,20	14,40	13,20
7:00 a. m.	7	1,00	4,32	7,78	35,38	4,00	7,20	21,60	13,78
7:30 a. m.	7,5	1,00	4,32	7,78	43,16	4,00	7,20	28,80	14,36
8:00 a. m.	8	1,00	4,32	7,78	50,93	4,00	7,20	36,00	14,93
8:30 a. m.	8,5	0,75	3,24	5,83	56,76	4,00	7,20	43,20	13,56
9:00 a. m.	9	0,50	2,16	3,89	60,65	4,00	7,20	50,40	10,25
9:30 a. m.	9,5	0,50	2,16	3,89	64,54	4,00	7,20	57,60	6,94
10:00 a. m.	10	0,25	1,08	1,94	66,48	4,00	7,20	64,80	1,68
10:30 a. m.	10,5	0,25	1,08	1,94	68,43		0,00	64,80	3,63
11:00 a. m.	11	0,25	1,08	1,94	70,37		0,00	64,80	5,57
11:30 a. m.	11,5	0,50	2,16	3,89	74,26		0,00	64,80	9,46
12:00 p. m.	12	1,00	4,32	7,78	82,04	4,00	7,20	72,00	10,04
12:30 p. m.	12,5	1,00	4,32	7,78	89,81	4,00	7,20	79,20	10,61
1:00 p. m.	13	1,00	4,32	7,78	97,59	4,00	7,20	86,40	11,19
1:30 p. m.	13,5	1,00	4,32	7,78	105,36	4,00	7,20	93,60	11,76
2:00 p. m.	14	0,75	3,24	5,83	111,20	4,00	7,20	100,80	10,40
2:30 p. m.	14,5	0,50	2,16	3,89	115,08	4,00	7,20	108,00	7,08
3:00 p. m.	15	0,25	1,08	1,94	117,03	4,00	7,20	115,20	1,83
3:30 p. m.	15,5	0,25	1,08	1,94	118,97		0,00	115,20	3,77
4:00 p. m.	16	0,25	1,08	1,94	120,92		0,00	115,20	5,72
4:30 p. m.	16,5	0,50	2,16	3,89	124,80		0,00	115,20	9,60
5:00 p. m.	17	0,75	3,24	5,83	130,64	4,00	7,20	122,40	8,24
5:30 p. m.	17,5	0,75	3,24	5,83	136,47	4,00	7,20	129,60	6,87
6:00 p. m.	18	0,75	3,24	5,83	142,30	4,00	7,20	136,80	5,50
6:30 p. m.	18,5	1,00	4,32	7,78	150,08	4,00	7,20	144,00	6,08
7:00 p. m.	19	1,00	4,32	7,78	157,85	4,00	7,20	151,20	6,65
7:30 p. m.	19,5	1,00	4,32	7,78	165,63	4,00	7,20	158,40	7,23
8:00 p. m.	20	0,75	3,24	5,83	171,46	4,00	7,20	165,60	5,86
8:30 p. m.	20,5	0,75	3,24	5,83	177,29	4,00	7,20	172,80	4,49
9:00 p. m.	21	0,50	2,16	3,89	181,18	4,00	7,20	180,00	1,18
9:30 p. m.	21,5	0,50	2,16	3,89	185,07		0,00	180,00	5,07
10:00 p. m.	22	0,50	2,16	3,89	188,96		0,00	180,00	8,96
10:30 p. m.	22,5	0,25	1,08	1,94	190,90		0,00	180,00	10,90
11:00 p. m.	23	0,25	1,08	1,94	192,84	4,00	7,20	187,20	5,64
11:30 p. m.	23,5	0,25	1,08	1,94	194,79	4,00	7,20	194,40	0,39
12:00 a. m.	24	0,10	0,43	0,78	195,57		0,00	194,40	1,17

Anexo E

Tablas para el diseño del sistema de alcantarillado caudal final para la planta de tratamiento.

TIPO DE COLECTORES	NOMBRE DEL COLECTOR	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO		ÁREAS SANITARIA (ha)		POBLACIÓN SANITARIA (hab)		CAUDALES DEL SISTEMA (l/s)					CAUDAL SANITARIO Qs (l/s)	CAUDAL COLINDANTE EXISTENTE Qcol (l/s)	CAUDAL DISEÑO Qds (l/s)	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				DATOS HIDRAULICOS					COTAS		PROFUNDIDAD DE POZOS						
		TRAMO	POZOS Nº	LONGITUD (m)	PARCIAL Aq (ha)	ACUMULADA Aac (ha)	PARCIAL Pq (hab)	ACUMULADA Pac (hab)	FACTOR M	Q DOMESTICO Qdom (l/s)	Q INFILTRACION Qinf (l/s)	Q ERRADAS Qerr (l/s)				Q ESPECIALES Qesp (l/s)	D mm	I %	S 0/00	n Manning	V m/s	Q l/s	Qs+Q	Qs+Q	Vd m/s	V m/s	Calado Y (m)	Y/D %	TERRENO Cl (mm)	PROYECTO Cp (mm)	Hsoso Hq (m)	Soho Hps (m)	Hosoloso Pz (m)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
T E R C I A R I O S	CALLE 1	364	365	41.86	0.12	0.12	4.68	4.68	4.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	200	1.79	0.018	0.01	1.65	51.88	0.0005	0.0005	0.18	0.47	0.0026	1.29	3455.31	3452.31	3.00	3.00			
		364	365	82.30	0.36	0.36	13.76	13.76	4.00	0.04	0.02	0.04	0.07	0.07	200	3.75	0.038	0.01	2.39	75.11	0.0010	0.0010	0.33	0.68	0.0038	1.91	3455.31	3452.31	3.00	3.00			
		365	366	99.95	0.39	0.75	14.89	28.65	4.00	0.08	0.04	0.04	0.07	0.15	0.15	200	1.59	0.016	0.01	1.56	48.89	0.0032	0.0032	0.31	0.46	0.0071	3.53	3451.42	3449.22	2.20	2.20		
		371	373	82.36	0.31	0.31	11.77	11.77	4.00	0.03	0.02	0.02	0.03	0.06	0.06	200	5.79	0.058	0.01	2.97	93.28	0.0007	0.0007	0.37	0.85	0.0031	1.56	3423.25	3420.55	1.70	1.70		
		373	374	85.92	0.32	0.63	12.46	24.23	4.00	0.07	0.03	0.03	0.06	0.13	0.13	200	4.33	0.043	0.01	2.57	80.65	0.0016	0.0016	0.42	0.74	0.0050	2.48	3418.93	3416.83	2.10	2.10		
		377	378	73.63	0.47	0.47	18.18	18.18	4.00	0.05	0.02	0.02	0.05	0.10	0.10	200	2.81	0.028	0.01	2.07	64.99	0.0015	0.0015	0.33	0.60	0.0048	2.39	3423.6	3421.1	2.50	2.50		
		378	379	90.00	0.76	1.23	28.98	47.16	4.00	0.13	0.06	0.06	0.12	0.25	0.25	200	6.33	0.063	0.01	3.11	97.55	0.0026	0.0026	0.59	0.92	0.0064	3.19	3421.23	3419.03	2.20	2.20		
		379	380	74.79	0.46	1.69	17.51	64.66	4.00	0.18	0.08	0.08	0.17	0.35	0.35	200	4.89	0.049	0.01	2.73	85.75	0.0041	0.0041	0.59	0.82	0.0080	4.02	3412.67	3409.67	3.00	3.00		
		380	381	75.74	0.41	2.09	15.65	80.31	4.00	0.22	0.10	0.10	0.21	0.43	0.43	200	1.81	0.018	0.01	1.66	52.13	0.0083	0.0083	0.45	0.54	0.0116	5.82	3412.67	3409.67	3.00	3.00		
		381	382	99.63	0.82	2.92	31.53	111.85	4.00	0.31	0.15	0.15	0.29	0.60	0.60	200	4.65	0.046	0.01	2.66	83.56	0.0072	0.0072	0.70	0.85	0.0108	5.42	3409.67	3407.67	1.80	1.80		
	382	383	99.76	0.78	3.69	29.82	141.66	4.00	0.39	0.18	0.18	0.37	0.76	0.76	200	2.95	0.029	0.01	2.12	66.54	0.0115	0.0115	0.64	0.72	0.0138	6.88	3402.63	3400.73	1.90	1.90			
	383	384	14.76	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.76	200	1.96	0.020	0.01	1.73	54.33	0.0140	0.0140	0.56	0.61	0.0153	7.64	3402.63	3400.73	1.90	1.90			
	390	391	23.50	0.06	0.06	2.35	2.35	4.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	200	12.55	0.126	0.01	4.37	137.33	0.0001	0.0001	0.40	1.23	0.0019	0.94	3453.16	3451.56	1.60	1.60			
	391	392	54.21	0.30	0.36	11.43	13.78	4.00	0.04	0.02	0.02	0.04	0.07	0.07	200	2.42	0.024	0.01	1.92	60.26	0.0012	0.0012	0.31	0.55	0.0050	2.51	3450.41	3448.61	1.80	1.80			
	392	393	60.84	0.27	0.62	10.18	23.96	4.00	0.07	0.03	0.03	0.06	0.13	0.13	200	1.66	0.017	0.01	1.59	49.94	0.0026	0.0026	0.32	0.47	0.0070	3.49	3448.61	3447.3	1.40	1.40			
	393	394	49.23	0.19	1.19	7.46	7.46	4.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.15	0.15	200	11.60	0.116	0.01	4.20	132.01	0.0003	0.0003	0.015	0.60	0.0047	2.36	3450.43	3447.63	2.80	2.80		
	394	395	80.00	0.43	0.62	16.49	23.95	4.00	0.07	0.03	0.03	0.06	0.13	0.15	0.15	200	3.33	0.033	0.01	2.25	70.68	0.0018	0.0018	0.49	0.65	0.0080	3.99	3445.52	3441.92	3.60	3.60		
	395	396	94.89	0.44	1.06	16.71	40.66	4.00	0.11	0.05	0.05	0.11	0.22	0.15	0.15	200	1.29	0.013	0.01	1.40	43.95	0.0050	0.0050	0.39	0.43	0.0118	5.90	3441.06	3439.26	1.80	1.80		
	396	397	31.62	0.14	0.14	5.18	5.18	4.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.37	200	3.32	0.033	0.01	2.25	70.63	0.0004	0.0004	0.23	0.64	0.0023	1.15	3441.06	3439.26	1.80	1.80		
	397	398	37.66	0.08	0.22	3.24	8.43	4.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	200	2.10	0.021	0.01	1.79	56.14	0.0008	0.0008	0.23	0.51	0.0034	1.71	3440.94	3438.04	2.90	2.90		
	398	399	76.50	0.40	0.40	15.15	15.15	4.00	0.04	0.02	0.02	0.04	0.08	0.08	0.08	200	5.58	0.056	0.01	2.91	91.58	0.0009	0.0009	0.29	0.83	0.0036	1.80	3438.04	3436.04	2.10	2.10		
	399	400	41.63	0.13	0.53	5.03	20.18	4.00	0.06	0.03	0.03	0.05	0.11	0.13	0.13	200	4.54	0.045	0.01	2.63	82.59	0.0013	0.0013	0.29	0.76	0.0067	3.37	3438.04	3436.04	2.10	2.10		
	400	401	65.34	0.48	0.48	18.30	18.30	4.00	0.05	0.02	0.02	0.05	0.10	0.10	0.10	200	3.98	0.040	0.01	2.46	77.32	0.0013	0.0013	0.37	0.71	0.0044	2.19	3437.77	3435.77	3.00	3.00		
	401	402	53.60	0.30	0.77	11.37	29.67	4.00	0.08	0.04	0.04	0.08	0.16	0.20	0.20	200	2.18	0.022	0.01	1.82	52.27	0.0028	0.0028	0.35	0.54	0.0066	3.37	3437.77	3435.77	3.00	3.00		
	402	403	59.99	0.41	0.41	15.88	15.88	4.00	0.04	0.02	0.02	0.04	0.09	0.76	0.85	200	6.37	0.064	0.01	3.11	97.81	0.0009	0.0009	0.86	0.89	0.0119	5.96	3437.77	3435.77	3.00	3.00		
	403	404	62.62	0.33	0.74	12.68	28.56	4.00	0.08	0.04	0.04	0.07	0.15	0.76	0.92	200	1.77	0.018	0.01	1.64	51.61	0.0030	0.0030	0.178	0.49	0.0172	8.26	3437.77	3435.77	3.00	3.00		
	390	391	99.70	0.51	0.51	19.47	19.47	4.00	0.05	0.03	0.03	0.05	0.10	0.10	0.10	200	4.42	0.044	0.01	2.59	81.52	0.0013	0.0013	0.39	0.75	0.0044	2.20	3451.97	3449.07	2.90	2.90		
	391	392	99.90	0.52	1.03	20.12	39.59	4.00	0.11	0.05	0.05	0.10	0.21	0.21	200	1.42	0.014	0.01	1.47	46.21	0.0046	0.0046	0.33	0.45	0.0086	4.30	3451.97	3449.07	2.90	2.90			
	392	393	98.65	0.49	1.52	18.88	58.47	4.00	0.16	0.08	0.08	0.15	0.31	0.31	200	1.38	0.014	0.01	1.45	45.51	0.0069	0.0069	0.37	0.46	0.0106	5.30	3450.45	3447.65	2.80	2.80			
	393	394	99.53	0.36	1.88	13.66	72.13	4.00	0.20	0.09	0.09	0.19	0.39	0.15	0.54	200	3.02	0.030	0.01	2.15	67.41	0.0058	0.0058	0.81	0.67	0.0115	5.73	3450.45	3447.65	2.80	2.80		
394	395	93.34	0.43	2.31	16.35	88.48	4.00	0.25	0.12	0.12	0.23	0.55	0.15	0.71	200	5.61	0.056	0.01	2.92	91.84	0.0060	0.0077	0.78	0.91	0.0112	5.60	3448.68	3445.28	1.40	1.40			
395	396	96.70	0.46	2.77	17.62	106.10	4.00	0.29	0.14	0.14	0.28	0.53	0.18	200	2.29	0.023	0.01	1.87	58.60	0.0111	0.0111	0.68	0.63	0.0184	9.18	3440.94	3438.04	2.90	2.90				
396	397	99.99	0.52	3.29	19.97	126.07	4.00	0.35	0.16	0.16	0.33	0.65	0.53	1.28	200	3.37	0.034	0.01	2.27	71.16	0.0106	0.0106	0.80	0.76	0.0174	8.69	3437.23	3435.83	1.40	1.40			
397	398	100.00	0.53	3.81	20.15	146.22	4.00	0.41	0.19	0.19	0.38	0.86	0.53	1.39	200	2.66	0.027	0.01	2.01	63.22	0.0137	0.0137	0.76	0.70	0.0193	9.63	3437.23	3435.83	1.40	1.40			
398	399	62.76	0.33	4.14	12.58	158.80	4.00	0.44	0.21	0.21	0.41	0.93	1.46	2.00	3.71	0.037	0.01	2.38	74.69	0.0125	0.0195	0.86	0.82	0.0181	9.06	3437.23	3435.83	1.40	1.40				
399	400	67.19	0.32																														

Anexo F

Informe de Estudio de suelos con calicatas para ensayo Triaxial (Sistema de alcantarillado)



5 ENSAYOS POR CALICATAS

5.1 PERFIL ESTRATIGRAFICO

Por tratarse de una zona de formación sedimentaria, los materiales encontrados en los cinco sondeos realizados muestran similitudes en su orientación estratigráfica (la misma que está conformada por secuencias alternadas de limos inorgánicos y arcillas inorgánicas); sin embargo, por ciertas características particulares que presentan los suelos a las diferentes profundidades de muestreo, a continuación, se detalla una descripción individualizada de los mismos.

5.1.1 Calicata No. 1

En primer lugar, se encontró una capa de material vegetal de 20 cm, entre 0.20 y 0.70 m de profundidad, aparece un estrato de limos inorgánicos, húmedo color café oscuro, con presencia de arcilla inorgánica.

5.1.2 Calicata No. 2

En primer lugar, se encontró una capa de material vegetal de 25 cm, entre 0.25 y 0.70 m de profundidad, aparece un estrato de arcillas inorgánicas, húmedo color café algo oscuro.

En segundo lugar, entre 0.75 y 1.25 m de profundidad, se mantiene un estrato de arcillas inorgánicas además de la presencia de grava con arena, húmedo color café algo oscuro.

5.1.3 Calicata No. 3

En primer lugar, se encontró una capa de material vegetal de 25 cm, entre 0.20 y 0.70 m de profundidad, aparece un estrato de limos orgánicos, húmedo color café oscuro, con presencia de arcilla inorgánicas.

5.1.4 Calicata No. 4

En primer lugar, se encontró una capa de material vegetal de 25 cm, entre 0.00 y 0.50 m de profundidad, aparece un estrato de limos inorgánicos, húmedo color café algo oscuro, con presencia de arcilla.

En segundo lugar, entre 0.75 y 1.25 m de profundidad, se mantiene un estrato de arcillas inorgánicas, húmedo color café oscuro.

5.1.5 Calicata No. 5

En primer lugar, se encontró una capa de material vegetal de 20 cm, entre 0.00 y 0.30 m de profundidad, aparece un estrato de arcillas inorgánicas, húmedo color café algo oscuro.

En segundo lugar, entre 0.30 y 0.60 m de profundidad, se mantiene un estrato de arcillas inorgánicas además de la presencia de grava con arena, húmedo color café algo oscuro.

Dirección: Av. 10 de agosto N13-16 y Checa, Edificio F&L, Quinto piso, Oficina 503. Quito - Ecuador
Telf.: 02 2 65 88 49 Cel.: 0998 29 36 44 / 0984 80 40 93

civilcons@outlook.es

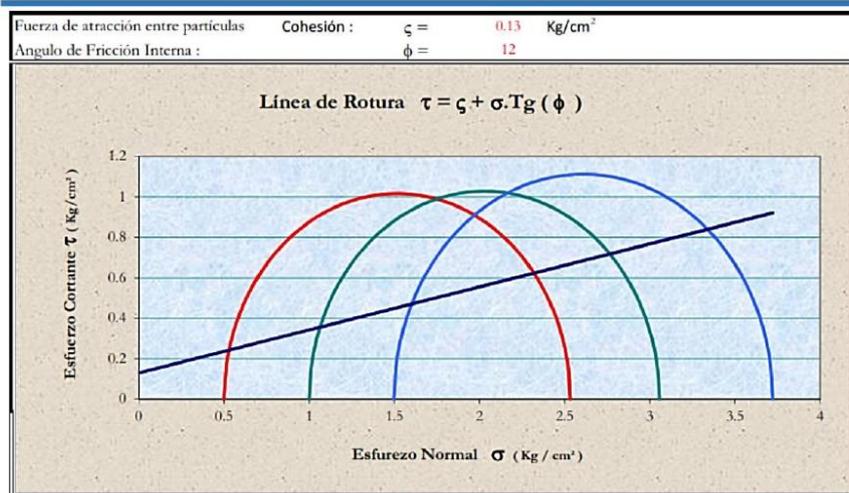
www.facebook.com/CivilConsIngenieriaCivil

Página 25 de 67

Calicata	Clasificación de Suelos			
	Clasificación AASHTO		Clasificación SUCS	
	Suelo	T. Fundación	Simbología	
C - 1	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	MH	Limos Inorgánicos
	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas inorgánicas
C - 2	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas inorgánicas
	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CL	Arcillas con grava o con arena
C - 3	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	ML	Limos Orgánicos
	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas inorgánicas
C - 4	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	MH	Limos Inorgánicos
	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas inorgánicas
C - 5	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CH	Arcillas inorgánicas
	Suelo Arcilloso	Regular a Malo	CL	Arcillas con grava o con arena

5.2 ANÁLISIS DE CIMENTACIONES

Proyecto : <i>Diseño del sistema de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Chimborazo y Santan Isabel, parroquia San juán, cantón Riobamba</i>									
Factores de Capacidad de Carga					Datos del Suelo				
N q =	2.97				Peso Especifico del Suelo :		$\gamma =$	2.71 Gr/cm^3	
N e =	9.28				Cota de Fundación		Df =	1.30 m	
N $\gamma =$	0.60						$\gamma \cdot Df =$	3.52 Tn/m^2	
Capacidad de Carga última en los Diferentes Elementos Estructurales									
Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares			
F.S	3.0		F.S	3.0		F.S	3.0		
B	q_d	$q_{adm.}$	B	q_d	$q_{adm.}$	R	q_d	$q_{adm.}$	
(m)	(Tn/m^2)	(Tn/m^2)	(m)	(Tn/m^2)	(Tn/m^2)	(m)	(Tn/m^2)	(Tn/m^2)	
0.40	22.87	7.62	1.00	25.61	8.54	1.00	25.93	8.64	
0.60	23.03	7.68	1.50	25.93	8.64	1.50	26.41	8.80	
0.80	23.19	7.73	2.00	26.25	8.75	2.00	26.90	8.97	
1.00	23.35	7.78	2.50	26.57	8.86	2.50	27.38	9.13	
1.20	23.51	7.84	3.00	26.90	8.97	3.00	27.87	9.29	
$q_{adm.} = 0.77 \text{ Kg/cm}^2$			$q_{adm.} = 0.88 \text{ Kg/cm}^2$			$q_{adm.} = 0.90 \text{ Kg/cm}^2$			



Por razones de Seguridad y para el diseño de la cimentación se recomienda Utilizar el valor de 0.85 Kg/cm como capacidad portante del terreno.

5.3 CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO ESPECIFICO

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO ESPECIFICO				
Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Contenido de Humedad W (%)	Peso Especifico gr / cm 3
C - 1	E2	1.2	37.61	2.71
	E3	2.7	30.32	2.69
C - 2	E2	2.2	20.21	2.36
	E3	2.5	19.87	2.66
C - 3	E2	1.3	26.97	2.53
	E3	2.5	24.58	2.45
C - 4	E2	1.2	31.23	2.92
	E3	2.7	13.11	2.69
C - 5	E2	2.2	20.38	2.36
	E3	2.5	24.4	2.66

5.4 LIMITES DE CONSISTENCIA

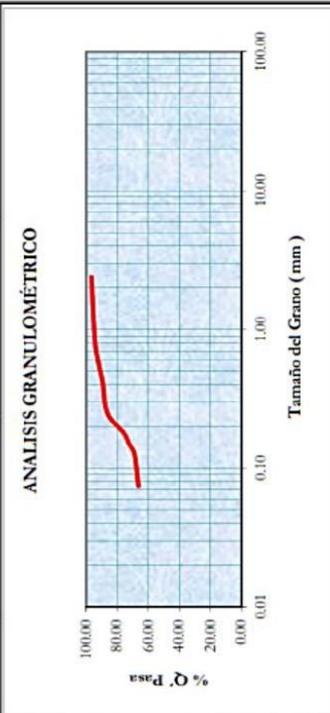
RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO LIMITES DE CONSISTENCIA			
Calicata	Estrato	Límites de Consistencia	
		Líquido LL (%)	Plástico LP (%)
C - 1	E2	63.88	39.38
	E3	62.81	31.16
C - 2	E2	56.9	17.35
	E3	41.32	19.05
C - 3	E2	45.33	32.26
	E3	57.06	17.67
C - 4	E2	35.24	112.63
	E3	16.22	6.17
C - 5	E2	21.82	7.62
	E3	21.78	19.05

5.5 INDICE DE PLASTICIDAD Y GRADO CONSISTENCIA

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO LIMITES DE CONSISTENCIA		
Calicata	Indice de Plasticidad IP (%)	Grado de Consistencia Kw
C - 1	24.5	1.07
	31.65	1.03
C - 2	39.55	0.93
	22.27	0.96
C - 3	13.07	1.41
	39.39	0.82
C - 4	-77.39	-0.05
	10.05	0.31
C - 5	14.2	0.1
	2.74	-0.95

5.6 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

Proyecto : <i>Diseño del sistema de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Chimborazo y Santan Isabel, parroquia San juán, cantón Riobamba</i>				
Proyectista : <i>Sra. Bey Elizabeth Inga Sinaluisa</i>				
Norma : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO				
Fecha de Muestreo : Comunidad de Chimborazo				
Muestreado por : Laboratorio de Mecánica de Suelos - CIVILCONS				
Chequeado por : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO				
Peso Inicial de la Muestra Seca	230,00 Gr	Ubicación :	D ₆₀ = 11,98	C _u = 25,489
Peso de la Muestra Después del Lavado	223,75 Gr	Estrato :	D ₃₀ = 2,40	C _c = 1,023
Pérdida por Lavado	6,25 Gr	Potencia:	D ₁₀ = 0,47	
Tolerancia	2,72 %	Deschegar Ensayo		
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido (gr.)	% Retenido (%)	% Q' Pasa
8	2,380	7,76	3,37	96,63
20	0,840	5,08	2,21	94,42
30	0,590	4,79	2,08	92,33
40	0,420	6,58	2,86	89,47
60	0,250	7,09	3,08	86,39
80	0,177	25,01	10,87	75,52
100	0,149	7,38	3,21	72,31
120	0,125	7,91	3,44	68,87
200	0,074	5,80	2,52	66,35
Cazoleta		152,60	66,35	
Total Retenido :		230,00	100,00	



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Dirección: Av. 10 de agosto N13-16 y Checa, Edificio F&L, Quinto piso, Oficina 503. Quito - Ecuador
Telf.: 02 2 65 88 49

civilcons@outlook.es

Cel.: 0998 29 36 44 / 0984 80 40 93

www.facebook.com/CivilConsIngenieriaCivil

Página 29 de 67

5.7 GRANULOMETRIA

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO				
Calicata	Estrato	Granulometria		
		% Qque Pasa		
		N° 10	N° 40	N° 200
C - 1	E2	98.51	97.57	93.02
	E3	99.48	98.49	89.77
C - 2	E2	90.06	86.55	71.12
	E3	94.39	86.96	68.74
C - 3	E2	90.06	86.55	71.12
	E3	94.39	86.96	68.74
C - 4	E2	98.51	97.57	93.02
	E3	99.48	98.49	89.77
C - 5	E2	90.06	86.55	71.12
	E3	94.39	86.96	68.74

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- a) La profundidad de los sondeos oscila entre 0.00 a 1.25 m.

	Capa vegetal:	Muestra 1:	Muestra 2:
CALICATA No. 1	0.20 metros	0.20 a 0.70 metros	-
CALICATA No. 2	0.25 metros	0.25 a 0.75 metros	0.75 a 1.25 metros
CALICATA No. 3	0.25 metros	0.20 a 0.70 metros	-
CALICATA No. 4	0.25 metros	0.00 a 0.50 metros	0.75 a 1.25 metros
CALICATA No. 5	0.20 metros	0.00 a 0.30 metros	0.30 a 0.60 metros

- b) El análisis elaborado determina que el suelo tiene una **CAPACIDAD PORTANTE** de:

Proyecto : <i>Diseño del sistema de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Chimborazo y Santan Isabel, parroquia San juán, cantón Ríobamba</i>									
Factores de Capacidad de Carga					Datos del Suelo				
N _q =	2.97				Peso Específico del S _t	γ = 2.71 Gr/cm ³			
N _c =	9.28				Cota de Fundación	Df = 1.30 m			
N _g =	0.60						γ, Df = 3.52 Tn / m ²		
Capacidad de Carga última en los Diferentes Elementos Estructurales									
Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares			
F.S	3.0		F.S	3.0		F.S	3.0		
B	q d	q adm.	B	q d	q adm.	R	q d	q adm.	
(m)	Tn / m ²	Tn / m ²	(m)	Tn / m ²	Tn / m ²	(m)	Tn / m ²	Tn / m ²	
0.40	22.87	7.62	1.00	25.61	8.54	1.00	25.93	8.64	
0.60	23.03	7.68	1.50	25.93	8.64	1.50	26.41	8.80	
0.80	23.19	7.73	2.00	26.25	8.75	2.00	26.90	8.97	
1.00	23.35	7.78	2.50	26.57	8.86	2.50	27.38	9.13	
1.20	23.51	7.84	3.00	26.90	8.97	3.00	27.87	9.29	
q adm. = 0.77 Kg/cm ²			q adm. = 0.88 Kg/cm ²			q adm. = 0.90 Kg/cm ²			

Dirección: Av. 10 de agosto N13-16 y Checa, Edificio F&L, Quinto piso, Oficina 503. Quito - Ecuador
Telf.: 02 2 65 88 49 Cel.: 0998 29 36 44 / 0984 80 40 93

civilcons@outlook.es

www.facebook.com/CivilConsIngenieriaCivil

Página 30 de 67

Por razones de Seguridad y para el diseño de las cimentaciones se recomienda utilizar el valor de **0.85 Kg/cm²** como capacidad portante del terreno

- c) En cuanto al peligro sísmico del sector, el proyecto se encuentra localizado en una **ZONA SISMICA V**, cuya amenaza sísmica es ALTA, con un factor **Z = 0.40**; los valores de los coeficientes del perfil del suelo son: **Fa=1.00; Fd=1.60; Fs=1.90**, información necesaria para el diseño estructural de edificaciones.

6.2 RECOMENDACIONES

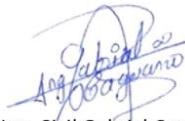
- a) Se recomienda como adición a este estudio de mecánica de suelos un estudio posterior en la fase de construcción, puesto que, este informe está desarrollado a nivel de pre-factibilidad con el propósito de contribuir a la seguridad del proyecto.
- b) Para el proceso de relleno se puede utilizar el material producto de la excavación, siempre y cuando el constructor y/o fiscalizador apruebe que el suelo extraído posee adecuadas particularidades físico-mecánicas, funcionales para material de relleno; así mismo, se deberá tener la precaución de no mezclar con suelo orgánico o material no apto.

7 CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN:

CivilCons CONSULTORES, se obliga y garantiza que guardará la debida reserva sobre la información que le sea suministrada, la cual para todos los efectos será considerada como "Información Confidencial" y de propiedad del Contratante. Así mismo, garantiza que la información que conozca y genere en desarrollo del presente Informe, no se entregará o suministrará total o parcialmente a ningún tercero, persona ajena o extraña al Contratante, salvo que El Contratante expresamente y por escrito lo autorice, o se trate de un requerimiento de una autoridad judicial.

Toda la documentación será entregada en digital y editable para la organización, o en físico con firmas de responsabilidad, dependiendo de las necesidades.

ATENTAMENTE:



Mg. Ing. Civil Gabriel Caguano.
C.S: 7241-164-033
CivilCons CONSULTORES

Anexo G

Informe de Estudio de suelos con Ensayo de Penetración Estándar (Cárcamo de bombeo y PTAR)

	PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"	DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
		ÁREA:	GEOTÉCNICA
		PROYECTO No.:	RV-0578-2020
		PÁGINA No.:	10

PERFORACIÓN 1 (-0.00 a -4.50 metros)

Profundidad -0.00 m. (Nivel Ref.)	CARACTERÍSTICA DEL ESTRATO ENCONTRADO IN SITU TIPO, OLOR, COLOR CONSISTENCIA
-1.00	Arena limosa con clastos de grava, olor inorgánico, color gris, humedad media, plasticidad media, consistencia blanda del tipo ML según SUCS A-4 según AASHTO.
-2.00	Arena limosa con clastos de grava, olor inorgánico, color gris, humedad media, plasticidad media, consistencia blanda del tipo ML según SUCS A-4 según AASHTO.
-3.00	Arena limosa con clastos de grava, olor inorgánico, color gris, humedad media, plasticidad media, consistencia blanda del tipo ML según SUCS A-4 según AASHTO.
-4.00	Arena limosa con clastos de grava, olor inorgánico, color gris, humedad media, plasticidad media, consistencia blanda del tipo ML según SUCS A-4 según AASHTO.
Nivel freático	-4.00 m
Valores N SPT	mínimo 1 máximo 83 .

PERFORACIÓN 2 (-0.00 a -4.50 metros)

Profundidad -0.00 m. (Nivel Ref.)	CARACTERÍSTICA DEL ESTRATO ENCONTRADO IN SITU TIPO, OLOR, COLOR CONSISTENCIA
-1.00	Limo arcilloso alta plasticidad, olor inorgánico, color gris, humedad media, plasticidad media, consistencia blanda del tipo MH según SUCS A-7-5 según AASHTO.
-2.00	Limo arcilloso alta plasticidad, olor inorgánico, color gris, humedad media, plasticidad media, consistencia blanda del tipo MH según SUCS A-7-5 según AASHTO.
-3.00	Limo arcilloso alta plasticidad, olor inorgánico, color gris, humedad media, plasticidad media, consistencia blanda del tipo MH según SUCS A-7-5 según AASHTO.
Nivel freático	-3.00 m
Valores N SPT	mínimo 10 máximo 87 .

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Iñaquito) Correo electrónico:

arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	11

8. ANÁLISIS DE CIMENTACIONES

8.1. CAPACIDAD DE CARGA EN FUNCIÓN DEL SPT PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES (METODO DE MEYERHOF)

$$qa = N_{corr} * \frac{Kd}{1.2} * \left(\frac{B + 0.305}{B}\right)^2$$

$$Cn = (98 \sigma_v)^{0.5}$$

$$N_{corr} = CN * N (60)$$

$$N (60) = N * CE * CB * CS * CR$$

$$Kd = 1 + 0.33 * \frac{Df}{B}$$

Dónde:

qa = presión admisible neta del suelo (T/m²).

N_{corr} = Número de golpes corregido.

B = ancho de zapata (m)

Df = profundidad de desplante (m)

En el presente análisis se obtuvo un suelo no cohesivo: **ARENA LIMOSA DE BAJA COMPRESIBILIDAD**, cuya clasificación SUCS es "ML", (SONDEO 1); **LIMO ARCILLOSO DE ALTA COMPRESIBILIDAD** cuya clasificación SUCS es "MH", (SONDEO 2) por consiguiente, el único factor de capacidad de carga que interviendría en la expresión es el de la cohesión (Nc), mismo que fue obtenido en base a la solución propuesta por SKEMPTON (1951), para suelos puramente cohesivos.

8.2. COHESIÓN DEL SUELO EXISTENTE EN BASE AL ENSAYO SPT

El cálculo de la cohesión del suelo existente se realizó en base a la expresión más adelante, donde interviene el coeficiente de cohesión y el número de golpes una profundidad determinada de acuerdo al ensayo SPT. La expresión definida para este cálculo es:

$$C = \frac{k * NF}{9.8} \quad (\text{expresado en } Tn/m^2)$$

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Iñaquito) Correo electrónico: arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	12

Dónde:

- K = constante (3.5 -6.5) KN/m2
- K adoptado = 5.00 KN/m2 -- (Adoptado según – Braja M. Das, 2001)
- NF = Número de golpes a cierta profundidad

9. RESULTADOS DEL ESTUDIO

La cota de cimentación del proyecto fue definida en base a las condiciones naturales y geotécnicas del sector, por consiguiente, se optó como altura de desplante o cota de cimentación mínima de **Df = -1.50 m.** por debajo del nivel 0.00 (nivel arquitectónico)

9.1. CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE

SONDEO 1:

PROF. m	SPT 1 (Ton/m2)	PROMEDIO (Ton/m2)	TIPO SUELO	C. BALASTO Kg/cm3	ASENTAMIENTO cm
0.50	0.00	0.00		0.00	0.00
1.00	1.11	1.11	E	0.13	0.08
1.50	1.57	1.57	E	0.19	0.12
2.00	1.76	1.76	E	0.21	0.13
2.50	4.15	4.15	E	0.50	0.31
3.00	6.36	6.36	E	0.76	0.48
3.50	21.63	21.63	D	2.60	1.64
4.00	34.27	34.27	D	4.11	2.59
4.50	70.02	70.02	D	8.40	5.30

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Iñaquito) Correo electrónico: arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	13

SONDEO 2:

PROF. m	SPT 2 (Ton/m2)	PROMEDIO (Ton/m2)	TIPO SUELO	C. BALASTO Kg/cm3	ASENTAMIENTO cm
0.50	0.00	0.00		0.00	0.00
1.00	11.10	11.10	E	1.33	0.84
1.50	12.55	12.55	E	1.51	0.95
2.00	14.07	14.07	E	1.69	1.06
2.50	4.97	4.97	E	0.60	0.38
3.00	13.52	13.52	E	1.62	1.02
3.50	67.20	67.20	D	8.06	5.08

9.2. COEFICIENTE DE BALASTO

El coeficiente de balasto según Terzaghi:

Valores de K30 propuestos por Terzaghi			
Tipo de Suelo	Consistencia	K30 Mín	K30 Máx
Arena Seca o Compacta	Suelta	0.64	1.92
	Media	1.92	9.60
	Compacta	9.60	32.00
Arena Seca o Compacta	Suelta	0.80	
	Media	2.50	
	Compacta	10.00	
Arcilla	qu=1-2 kg/cm2	1.60	3.20
	qu=2-4 kg/cm2	3.20	6.40
	qu>4 kg/cm2	>6.4	

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Iñaquito) Correo electrónico: arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	14

En arenas secas:	En una cimentación BxL :
$k_{30} \left(\frac{kg}{cm^3} \right) = 10^{\frac{N+2}{34}}$	$k_{B,L} \left(\frac{kg}{cm^3} \right) = 10^{\frac{N+2}{34}} \cdot \left(\frac{B + 0.3}{2B} \right)^2$
En arenas sumergidas:	En una cimentación BxL :
$k_{30} \left(\frac{kg}{cm^3} \right) = 0.6 \cdot 10^{\frac{N+2}{34}}$	$k_{B,L} \left(\frac{kg}{cm^3} \right) = 0.6 \cdot 10^{\frac{N+2}{34}} \cdot \left(\frac{B + 0.3}{2B} \right)^2$
En arcillas:	$k \left(\frac{t}{m^2} \right) = 40 \cdot N \cdot \frac{1}{B} \left(1 + \frac{B}{2L} \right)$

N = número de golpes SPT (**Df** especificado)

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Ñaquito) Correo electrónico:

arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR

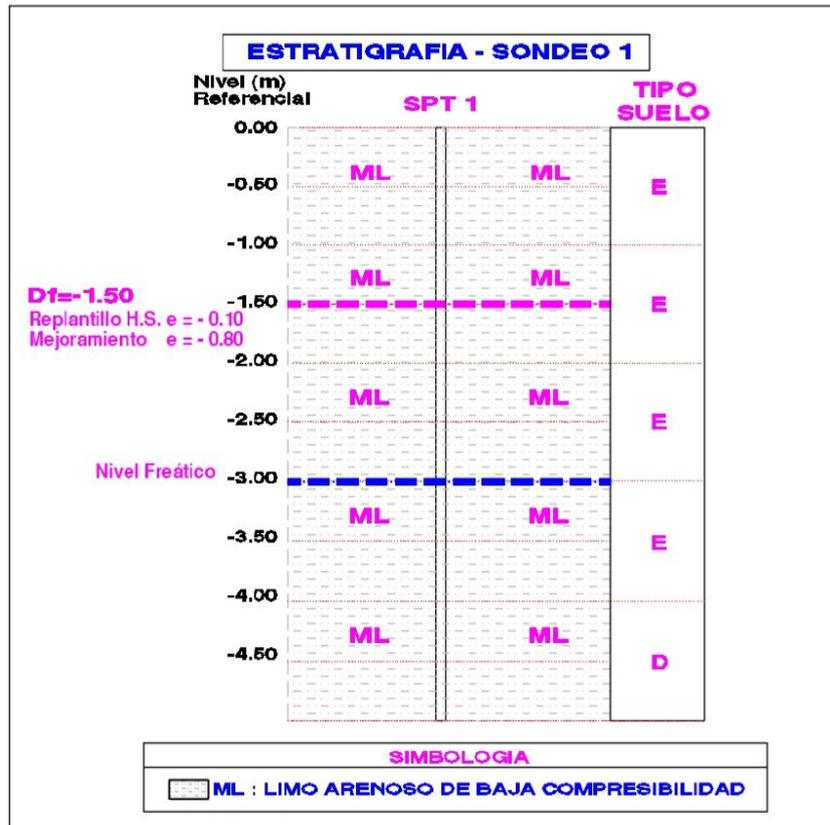


PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	15

9.3. ESTRATIGRAFÍA DE SONDEOS



Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Ñaquito) Correo electrónico: arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

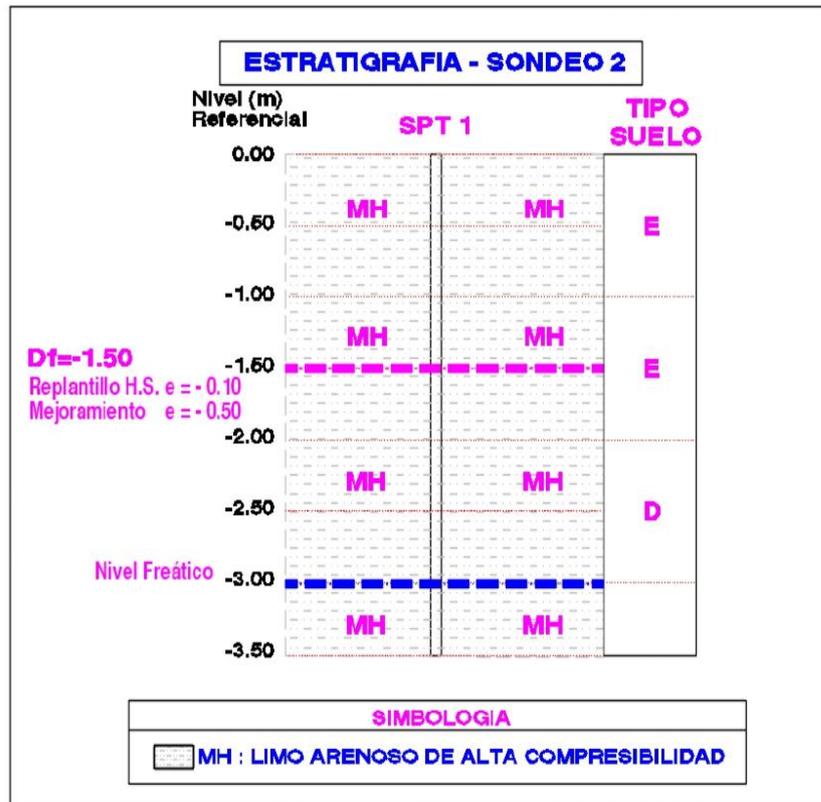
QUITO - ECUADOR



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	16



Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Iñaquito) Correo electrónico: arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi -Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR

	PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"	DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
		ÁREA:	GEOTÉCNICA
		PROYECTO No.:	RV-0578-2020
		PÁGINA No.:	17

9.4. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS1.

El cálculo de asentamientos viene dado por la siguiente expresión:

$$S_i = \frac{q \cdot B \cdot (1 - u^2)}{E_s} \cdot I_f$$

Donde:

S_i = Asentamiento Probable (cm)

u = Relación de Poisson (adimensional)

E_s = Módulo de Elasticidad (ton/m²)

I_f = Factor de Forma (cm/m)

q = Presión de Trabajo (ton/m)

B = Ancho de La Cimentación (m)

$S_i = 0.95$ (cm)

$u = 0.20$

$E_s = 1500$ (ton/m)

$I_f = 112$ (cm/m)

$q = 15.10$ ton/m

$B = 1.80$ (m)

9.5. NIVEL FREÁTICO

SONDEO	NIVEL FREÁTICO (m)
SPT 1	-3.00
SPT 2	-4.00

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Ñaquito) Correo electrónico: arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES PARA LA
COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y
SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN
JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	18

9.6. COHESIÓN DEL SUELO EN BASE AL ENSAYO SPT Y ANGULO DE FRICCIÓN INTERNO (Φ°) (VALORES APROXIMADOS).

$$(1) \quad c = \frac{K * NF}{9.8} \left(\frac{Tn}{m2} \right) \quad \text{Braja M. Das (2001)} \quad \text{Cohesión}$$

$$(2) \quad \phi = \sqrt{20 * NF} + 15 \quad \text{Hatanaka, Uchida (1996)} \quad \text{Angulo Fricción Interna}$$

PERFORACIÓN	COHESIÓN DEL SUELO (Tn/m2)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (Φ°)
1	1.12	36.00
2	0.46	28.00
PROMEDIO	0.79	32.00

¹pág. 240, Principios de Ingeniería de Cimentaciones, 4ta edición, Año 2001. Braja M. Das

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Ñaquito) Correo electrónico: arqingt@hotmai.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR

	PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN JUAN, CATÓN RIOBAMBA"	DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
		ÁREA:	GEOTÉCNICA
		PROYECTO No.:	RV-0578-2020
		PÁGINA No.:	19

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La profundidad de los sondeos oscila entre 0.00 y 4.00 m.
- Después del análisis realizado se determina que el suelo tiene una **CAPACIDAD PORTANTE BASICA**.

Capacidad Portante (Ton/m2)	Tipo de Suelos	Mejoramiento Sub Base Clase III	Capacidad Portante (Ton/m2)	Coefficiente de Balasto	Asentamiento Elástico
1.57	E	e=0.50 m	8.25	0.19	0.12
12.55	E	e=0.80 m	15.36	1.51	0.95

- En cuanto al peligro sísmico de la estructura, se determinó que el proyecto se localiza en una ZONA SISMICA **V**, cuya amenaza sísmica es **ALTA**, cuyo factor $Z = 0.40$; los valores de los coeficientes del perfil del suelo son: **Fa=1.00; Fd=1.60; Fs=1.90** información indispensable para el cálculo estructural de la edificación.
- El resultado del estudio de mecánica de suelos presentados en el presente informe está desarrollado a nivel de pre-factibilidad. Se recomienda como complementación a esta información, un estudio posterior en la fase de construcción por seguridad del proyecto.
- El proceso de relleno se lo realizará con el mismo suelo producto de la excavación, siempre y cuando el constructor y/o fiscalizador considere que el suelo extraído posea excelentes características físico-mecánicas, adecuadas como material de relleno, a excepción de suelo orgánico o mezcla de estos con material no apto.
- Para JUSTIFICAR LA PROFUNDIDAD de los sondeos se puede aplicar lo que se indica la norma ASTM D1586-84 para dar por FINALIZADA la prueba de SPT cuando:
 1. Cuando se aplican 50 golpes para un tramo de 15 cm.
 2. Cuando se aplican 100 golpes en total.
 3. Cuando no se observa penetración alguna para 10 golpes.

SPT	Profundidad	Número de Golpes	Consideración
1	-4.50	83	Rechazo-finalización de la prueba
2	-3.50	87	Rechazo-finalización de la prueba

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Ñaquito) Correo electrónico: arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES PARA LA
COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y
SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN
JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	20

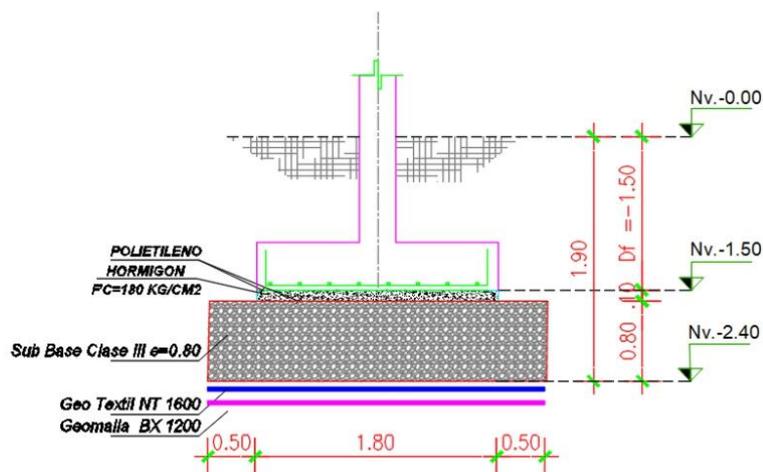


FIG1. SUGERENCIA - ESQUEMA CORTE DE ZAPATA AISLADA O ZAPATA COMBINADA SONDEO 1

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Iñaquito) Correo electrónico: arqingtop@hotmail.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi -Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO, TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES PARA LA
COMUNIDAD DE CHIMBORAZO Y
SANTA ISABEL, PARROQUIA SAN
JUAN, CATÓN RIOBAMBA"

DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA
ÁREA:	GEOTÉCNICA
PROYECTO No.:	RV-0578-2020
PÁGINA No.:	21

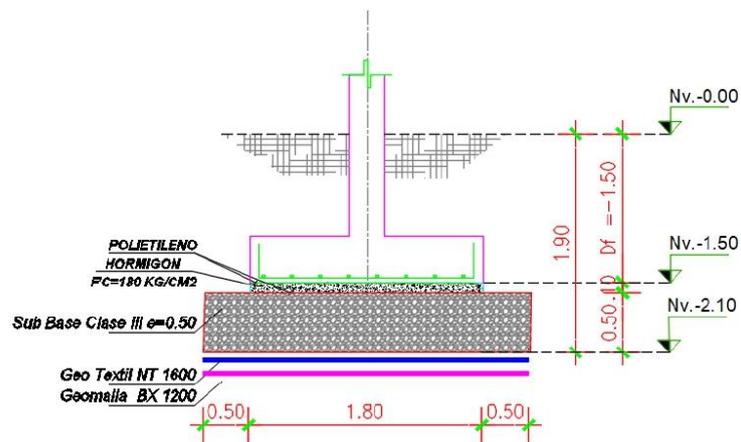


FIG1. SUGERENCIA – ESQUEMA CORTE DE ZAPATA AISLADA O ZAPATA COMBINADA SONDEO 2

Atentamente,

RAFAEL VILLAVICENCIO OTAÑEZ
INGENIERO CIVIL
SENESCYT 1005-07-797379

Dirección:

Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edif. Vizcaya II, Torre Sur, Oficina 1B, primer piso (Detrás del Edificio Xerox de la Av. Amazonas, sector Ñaquito) Correo electrónico: arqingt@hotmai.com

Contactos: 022461-083 (Convencional) 0992887515 (Movi –Whats App) 0967189575 (Claro)

QUITO - ECUADOR

Anexo H

Planos en planta y perfil del sistema de Alcantarillado

Anexo I

Planos del tanque de bombeo y planta de tratamiento