



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**TITULACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL**

Estudio y diseño del alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui, cantón Gualaquiza, provincia de Morona Santiago

Trabajo de Fin de Titulación

**AUTOR:**

Lituma Viñan, Ismael Enrique

**DIRECTORA:**

Cisneros Abad, Mónica Jacqueline M.Sc.

Loja – Ecuador

**2012**

# CERTIFICACIÓN

Ing. M.Sc.

Mónica Jacqueline Cisneros Abad

DIRECTORA DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

## CERTIFICA:

Que el presente trabajo, denominado **“ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL Y DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA PARROQUIAL DE NUEVA TARQUI CANTÓN GUALAQUIZA”**, realizado por el profesional en formación Lituma Viñan Ismael Enrique, cumple con los requisitos establecidos en las normas generales para la Graduación en la Universidad Técnica Particular de Loja, tanto en el aspecto de forma como de contenido, por lo cual me permito autorizar su presentación para los fines pertinentes.

Loja, Septiembre de 2012

f).....

Ing. M.Sc. Mónica Jacqueline Cisneros Abad

C.I: 1102439237

## CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Lituma Viñan Ismael Enrique, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f:.....

Autor: Lituma Viñan, Ismael Enrique

Cédula: 1400470702

## AUTORÍA

Las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de fin de carrera, son de exclusiva responsabilidad del autor Lituma Viñan Ismael Enrique.

f:.....

Autor: Lituma Viñan, Ismael Enrique.

Cédula: 1400470702

## **DEDICATORIA**

Con profundo cariño a Dios, a mi madre: Concepción Viñan, por haberme dado la vida y por ser la fuente de mi inspiración y fuerzas, por ser siempre incondicional con su gran amor.

A mi padre Enrique, mis queridos hermanos Adrián, Joselito y Angélica; a mis abuelitos y toda mi familia que siempre me brinda un apoyo sincero, y a todas las personas que significan mucho en mi vida y en mi formación profesional.

Ismael E. Lituma

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis profesores y muy especial a la Ing. Mónica Cisneros por brindarme su tiempo y conocimientos para guiarme en este proyecto de tesis.

Agradezco también al personal del Departamento de Servicios Públicos y Gestión Ambiental del GAD Municipal de Gualaquiza, al señor alcalde el Ing. Franklin Mejía y sus concejales por brindarme la oportunidad de realizar en la Institución mi proyecto de fin de carrera.

A la Ing. Sonia Gonzaga por ayudarme a gestionar mi proyecto de fin de carrera.

A Todos mis amigos y compañeros. Que siempre me acompañaron en este largo camino, de los cuales conservo mis mejores recuerdos.

Ismael E. Lituma

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	i
CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi

### CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 PROBLEMATICA .....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.5 OBJETIVOS .....	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	3

### CAPÍTULO II. ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1 MARCO REFERENCIAL DEL PROYECTO .....	4
2.1.1 Ubicación Geográfica.....	4
2.1.2 Clima.....	4
2.1.3 Topografía.....	4
2.1.4 Hidrografía .....	5
2.2 ESTUDIOS SOCIO-ECONÓMICOS SANITARIOS .....	5
2.2.1 Análisis de las encuestas .....	5
2.2.1.1 Población .....	5
2.2.1.2 Economía.....	5
2.2.1.3 Salud.....	6
2.2.1.4 Varios .....	6
2.2.2 Sistema de agua potable.....	6
2.2.3 Energía eléctrica y telefónica.....	7

2.2.4	Sistema de recolección de desechos solidos .....	7
2.2.5	Infraestructura vial.....	8
2.3	EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	8
2.4	PERÍODO DE DISEÑO .....	8
2.5	POBLACIÓN .....	9
2.5.1	Recopilación de Datos Censales .....	9
2.5.2	Índice de Crecimiento .....	9
2.5.3	Población Flotante.....	10
2.6	MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA.....	11
2.6.1	Crecimiento Aritmético.....	11
2.6.2	Crecimiento Geométrico.....	12
2.6.3	Método Estadístico.....	13
2.6.4	Método del MIDUVI .....	14
2.7	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS .....	15
2.8	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS .....	16
2.8.1	Caudal de diseño.....	16
2.8.2	Intensidad, Duración y Frecuencia de lluvia.....	17
2.9	ESTUDIO DE SUELOS .....	18
2.9.1	Caracterización del suelo .....	18
2.9.2	Características Físicas .....	18
2.9.3	Límites de Atterberg.....	19
2.9.3.1	Límite líquido .....	19
2.9.3.2	Límite plástico: .....	19
2.9.3.3	Índice de Plasticidad .....	19
2.9.4	Análisis granulométrico.....	19
2.10	ESTUDIO DE AGUAS .....	20
2.10.1	Introducción .....	20
2.10.2	Tipos de Muestras .....	20
2.10.2.1	Muestra simple.....	20
2.10.2.2	Muestra compuesta.....	20
2.10.3	Ubicación del sitio de muestreo .....	20

2.10.4	Muestreo del agua residual.....	21
2.10.5	Identificación de las muestras .....	21
2.10.6	Conservación de las muestras .....	21
2.10.7	Temperatura.....	22

### **CAPÍTULO III. ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL**

3.1	ALCANTARILLADO SANITARIO .....	24
3.1.1.	Criterios de diseño.....	24
3.1.1.1	Diámetro.....	24
3.1.1.2	Velocidad .....	24
3.1.1.3	Ubicación y configuración de la red.....	25
3.1.1.4	Pendiente.....	25
3.1.1.5	Áreas de Aportación.....	25
3.1.2.	Dotación de Agua Potable .....	26
3.1.3.	Caudales de Diseño de Aguas Residuales .....	27
3.1.3.1.	Aguas residuales domesticas .....	28
3.1.3.2.	Caudal de infiltración.....	28
3.1.3.3.	Caudales de aguas ilícitas .....	29
3.1.3.4.	Coeficiente de simultaneidad o mayoración.....	29
3.2.	ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	38
3.2.1.	Criterios de Diseño.....	38
3.2.1.1.	Periodo de Diseño .....	38
3.2.1.2.	Periodo de Retorno .....	38
3.2.1.3.	Diámetro.....	39
3.2.1.4.	Velocidad .....	39
3.2.2.	Coeficiente de Escorrentía (C) .....	39
3.2.3.	Tiempo de Escorrentía .....	42
3.2.4.	Tiempo de Recorrido.....	42
3.2.5.	Tiempo de Concentración (Tc).....	43
3.2.6.	Obras Complementarias.....	43
3.2.6.1.	Sumideros.....	43

3.2.6.2.	Pozos de revisión .....	44
3.2.6.3.	Profundidades .....	44
3.2.6.4.	Descarga.....	44

#### **CAPÍTULO IV. PLANTA DE TRATAMIENTO**

4.1	INTRODUCCION.....	49
4.2	NECESIDADES DEL TRATAMIENTO Y OBJETIVOS.....	50
4.3	PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	50
4.4	CARACTERÍSTICAS FÍSICOS – QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	53
4.5	SELECCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	55
4.6	CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	56
4.7	SISTEMA ADOPTADO PARA LA CABECERA PARROQUIAL DE NUEVA TARQUI.....	62
4.7.1	Matriz de selección final .....	62
4.8	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DEPURACIÓN.....	64
4.9	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO .....	68

#### **CAPÍTULO V. IMPACTO AMBIENTAL**

5.1	INTRODUCCIÓN.....	98
5.2	TIPOS DE PROYECTOS SEGÚN EL IMPACTO AMBIENTAL.....	98
5.3	MARCO LEGAL.....	99
5.4	IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO .....	100
5.5	IMPACTOS POSITIVOS .....	100
5.6	IMPACTOS NEGATIVOS.....	101
5.7	MATRIZ DE LEOPOLD .....	101
5.8	MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	102

## **CAPÍTULO VI. PRESUPUESTO**

6.1	INTRODUCCIÓN.....	104
6.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	104
6.3	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS.....	105
6.3.1	Costos Directos .....	105
6.3.2	Costos Indirectos .....	105
6.4	CRONOGRAMA VALORADO .....	106

## **CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1	CONCLUSIONES.....	148
7.2	RECOMENDACIONES.....	149
	BIBLIOGRAFÍA .....	150

## **INDICE DE TABLAS**

### **CAPITULO II. ESTUDIOS PRELIMINARES**

Tabla N° 1: Recuento poblacional de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui.

Tabla N° 2: Índice de crecimiento de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui.

Tabla N° 3: Tasa de crecimiento poblacional.

Tabla N° 4: Ecuación representativa de la estación pluviométrica El Pangui.

Tabla N° 5: Ecuación representativa de las estaciones meteorológicas.

Tabla N° 6: Muestreo de aguas residuales.

### **CAPITULO III. ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL**

Tabla N° 7: Dotación de agua potable.

Tabla N° 8: Calculo del coeficiente escorrentía ponderada.

Tabla N° 9: Coeficiente de escorrentía según el tipo de superficie.

Tabla N° 10: Coeficiente de escorrentía según el tipo de zona y superficie.

### **CAPITULO IV. PLANTA DE TRATAMIENTO**

Tabla N° 11: Tipo de tratamiento de acuerdo al proceso.

Tabla N° 12: Campo poblacional de aplicación de las diferentes alternativas de depuración.

Tabla N° 13: Superficie necesaria en cada alternativa.

Tabla N° 14: Matriz de superficie necesaria.

Tabla N° 15: Matriz de costo del sistema.

Tabla N° 16: Matriz de costo de mantenimiento del sistema.

Tabla N° 17: Rendimiento de depuración.

Tabla N° 18: Producción de fangos.

Tabla N° 19: Matriz de operación y mantenimiento.

Tabla N° 20: Simplicidad de a construcción.

Tabla N° 21: Matriz de impacto ambiental.

Tabla N° 22: Matriz final de selección de sistema.

Tabla N° 23: Pérdidas d energía en la rejilla.

Tabla N° 24: Material cribado retenido según aberturas de cribas.

Tabla N° 25: Periodo de permanencia en el desengrasador.

Tabla N° 26: Velocidades ascensionales a caudal medio.

Tabla N° 27: Velocidades ascensionales a caudal máximo.

Tabla N° 28: Tiempos de detención en el decantador.

Tabla N° 29: Dimensiones típicas en decantadores.

Tabla N° 30: Carga de salida del vertedero.

Tabla N° 31: Concentración de fangos.

Tabla N° 32: Procesos de tratamiento y grados de remoción.

Tabla N° 33: Procesos de tratamiento y grados de remoción.

Tabla N° 34: Información típica de diseño para filtros percoladores.

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **CAPITULO II. ESTUDIOS PRELIMINARES**

Figura N° 1: Vista panorámica de la parroquia Nueva Tarqui.

Figura N° 2: Planta de tratamiento de agua potable.

### **CAPITULO III. ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL**

Figura N° 3: Delimitación de las áreas de aportación.

## ÍNDICE DE ECUACIONES

### **CAPITULO II. ESTUDIOS PRELIMINARES**

Ecuación 2.1: Proyección geométrica.

Ecuación 2.2: Índice de crecimiento.

Ecuación 2.3: Población Flotante.

Ecuación 2.4: Proyección aritmética.

Ecuación 2.5: Crecimiento geométrico.

Ecuación 2.6: Regresión lineal.

Ecuación 2.7: Proyección por el método del MIDUVI.

Ecuación 2.8: Caudal de diseño.

Ecuación 2.9: Cálculo de la intensidad.

Ecuación 2.10: Cálculo de la intensidad diaria.

Ecuación 2.11: Cálculo de la intensidad

### **CAPITULO III. ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL**

Ecuación 3.1: Velocidad de Manning en la tubería.

Ecuación 3.2: Dotación futura media de agua.

Ecuación 3.3: Caudal de aguas residuales.

Ecuación 3.4: Caudal de infiltración.

Ecuación 3.5: Caudal de aguas ilícitas.

Ecuación 3.6: Coeficiente de simultaneidad o mayoración.

Ecuación 3.7: Coeficiente de escorrentía ponderado.

Ecuación 3.8: Tiempo de recorrido.

Ecuación 3.9: Tiempo de concentración.

## **CAPITULO IV. PLANTA DE TRATAMIENTO**

Ecuación 4.1: Caudal de aguas residuales domésticas.

Ecuación 4.2: Tiempo de caída.

Ecuación 4.3: Distancia

Ecuación 4.4: Longitud de transición la canal de entrada.

Ecuación 4.5: Verificación para caudal máximo.

Ecuación 4.6: Ancho de rejillas.

Ecuación 4.7: Número de barras.

Ecuación 4.8: Pérdida de energía.

Ecuación 4.9: Altura de la rejilla

Ecuación 4.10: Área de la rejilla.

Ecuación 4.11: Tirante de agua en la rejilla.

Ecuación 4.12: Longitud de la rejilla.

Ecuación 4.13: Volumen de agua que pasa por la rejilla

Ecuación 4.14: Volumen retenido.

Ecuación 4.15: Área del desarenador.

Ecuación 4.16: Volumen máximo de agua que pasa por el desarenador.

Ecuación 4.17: Área superficial del desarenador.

Ecuación 4.18: Longitud del desarenador.

Ecuación 4.19: Periodo de retención.

Ecuación 4.20: Superficie del desengrasador.

Ecuación 4.21: Ancho del desengrasador.

Ecuación 4.22: Longitud de desengrasador.

Ecuación 4.23: Altura del desengrasador.

## **RESUMEN**

Con el fin de brindar condiciones adecuadas de salubridad que ayudan a mejorar el nivel de vida de la población de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui perteneciente al cantón Gualaquiza, se diseñó un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial apropiado y adecuado a los requerimientos del centro parroquial.

Se seleccionó un sistema de depuración de aguas residuales que es económicamente factible, fácil de construir, con tecnologías disponibles en el medio, fácil en su operación y mantenimiento. La depuradora ocupará la menor cantidad de espacio es amigable con el medio ambiente, brinda condiciones salubridad adecuadas a los usuarios y por ende su proceso de depuración se encuentra dentro de los requerimientos exigidos por la normativa ambiental vigente en el país.

Así que también se desarrolló un análisis del Impacto Ambiental, de las posibles causas y efectos que pueden ocurrir durante la etapa de construcción, a fin para tomar acciones que ayuden a mitigar la problemática.

## **ABSTRACT**

In order to provide appropriate conditions that help improve the living standards of the population of the parochial header of Nueva Tarqui, which belongs to the canton Gualaquiza, we designed a Sanitary Sewer and Stormwater System which are appropriate and adequate to the requirements of the central parochial.

We selected a System Wastewater treatment which is economically feasible and easy to build, with technologies available around, which are easy to use and maintain. The plant will occupy as little space and it is friendly to the environment, providing adequate health conditions for users and thus its debugging process is within the requirements demanded by Environmental Standards in the country.

We also developed an Environmental Impact analysis about the possible causes and effects that may occur during the construction phase, thus to act and to take actions to help mitigate the problem.

**CAPÍTULO**



**GENERALIDES**



## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Al ser el Ecuador un país en desarrollo y con una población en constante crecimiento, es evidente la necesidad de ampliar la oferta de agua potable y alcantarillado sanitario a un ritmo similar. Según las estadísticas del último censo, apenas el 16% de las zonas rurales tienen acceso a un sistema de alcantarillado.

La cobertura de saneamiento de aguas en el Ecuador ha aumentado considerablemente en los últimos años; sin embargo, se caracteriza por tener bajos niveles de cobertura para las áreas rurales. Disponer de agua potable, así como la forma de evacuarla luego de su uso, son dos necesidades que van de la mano. Es difícil de creer que en el país únicamente se haya puesto énfasis en ofrecer el servicio de agua potable, mas no en sistemas de alcantarillado para desechar y tratar aguas servidas.

Es por esta razón que los municipios deberían poner mayor énfasis en el diseño y la construcción de este tipo de obras, especialmente en zonas rurales. Por ende, el presente estudio tiene como propósito principal contribuir con el saneamiento de la población actual y futura de la cabecera parroquia de Nueva Tarqui, perteneciente al cantón Gualaquiza de la provincia de Morona Santiago.

## **1.2 ANTECEDENTES**

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Gualaquiza viéndose en la necesidad de dotar de todos los requerimientos básicos a las parroquias del cantón, con el propósito de mejorar la vida de sus habitantes, mediante convenio con la Universidad Técnica Particular de Loja se desarrollo el presente proyecto de titulación denominado "Estudio y diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui"

Los beneficios que traerá el proyecto cuando se ejecute a los residentes del centro parroquial de Nueva Tarqui, comprenden una amplia mejora en la calidad de vida, así como una disminución del número de enfermedades causadas por una mala

evacuación de aguas negras que afectan principalmente a niños y ancianos

### **1.3 PROBLEMÁTICA**

La parroquia Nueva Tarqui y su área de expansión rural han experimentado un crecimiento significativo, siendo esta una de las más desarrolladas del cantón Gualaquiza, pero que carece de infraestructura básica (saneamiento), generando problemas a la Municipalidad.

Por eso se ha convertido en una prioridad para el Municipio de Gualaquiza construir un sistema de alcantarillado que permita evacuar las aguas servidas, aguas lluvias y un sistema de tratamiento de aguas residuales que no permita que estas sean descargadas directamente hacia las quebradas, y así evitar problemas ambientales y de salud pública entre sus habitantes.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El estudio y diseño del sistema de alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui” son esencialmente un beneficio a la comunidad, porque ayudará a que los pobladores se puedan desarrollar, en un área libre de alteración de los sistemas ambientales; Esto hace que la población viva libre de muchos organismos patógenos, que proliferan en las aguas residuales.

Es por esto que tomando en cuenta las normas, recomendaciones y especificaciones de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA), el sistema de alcantarillado a diseñarse será de tipo separado (alcantarillado sanitario y pluvial), además debido a requerimientos propios propuestos por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Gualaquiza.

El sistema de alcantarillado separado se lo está usando actualmente por ser el más eficaz y moderno para evacuar tanto las aguas servidas como las aguas lluvias; y así evitar diseños sobre-dimensionados de la planta de tratamiento, lo cual implica mayor presupuesto de construcción y de mantenimiento.



## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo General

- Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales para la cabecera parroquial de Nueva Tarqui, cantón Gualaquiza, provincia de Morona Santiago.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información general y específica de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui.
- Analizar la calidad del agua residual proveniente de la población de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui.
- Realizar estudios de suelos donde se construirá la planta de tratamiento.
- Calcular y diseñar las redes de alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales
- Elaborar el análisis y presupuesto final de los tres componentes.

**CAPÍTULO**



**ESTUDIOS PRELIMINARES**



## 2.1 MARCO REFERENCIAL DEL PROYECTO

### 2.1.1 Ubicación Geográfica

La parroquia de Nueva Tarqui se encuentra ubicada dentro del cantón Gualaquiza en la región Oriental, provincia de Morona Santiago, limitado por el noreste con la parroquia El Ideal, al sur con la parroquia Bomboiza y al oeste con la parroquia Amazonas, a una distancia aproximada de 18 Km desde cabecera cantonal Gualaquiza.

**Figura N° 1:** Vista panorámica de la parroquia Nueva Tarqui



Fuente: El Autor

### 2.1.2 Clima

Posee un clima cálido húmedo, se encuentra a una altura media de 785 m.s.n.m., presentando una humedad relativa entre el (80 a 90) % con lluvias cercanas a los (1200 a 1500) mm anuales, con inviernos lluviosos y nublados entre enero y junio, y veranos entre julio y diciembre.

### 2.1.3 Topografía

La topografía es regular montañosa con predominio de áreas de vegetación tropical y suelos aptos para cultivos temporales. En general se trata de un relieve semi-plano, que presenta una pendiente ligera hacia el río Cuyes.

#### **2.1.4 Hidrografía**

La parroquia Nueva Tarqui, es rica en fuentes hídricas; esto significa que en toda la geografía regional se distribuyen ríos y pequeñas vertientes, recursos que hacen posible la población humana y garantizan las actividades agrícolas y ganaderas de la región.

### **2.2 ESTUDIOS SOCIO-ECONÓMICOS SANITARIOS**

Con el afán de poder tener una idea descriptiva y evidenciar las condiciones socio-económicas, sanitarias y costumbres de la población a beneficiar se procedió a realizar un censo, el cual se resume a continuación.

El detalle de los siguientes ítems se podrá apreciar en el Anexo 1.

#### **2.2.1 Análisis de las encuestas**

##### **2.2.1.1 Población**

La comunidad de Nueva Tarqui se encuentra conformada por dos tipos de raza mestiza y shuar, siendo la mestiza la que mayor incidencia tiene y en porcentaje menores la shuar.

##### **2.2.1.2 Economía**

Los quehaceres domésticos es la actividad económica que más resalta por lo cual las madres aportan poco al ingreso al núcleo familiar y su labor es más de apoyo en el hogar. En pequeños porcentajes se dedican a la ganadería y agricultura, en ocasiones las madres obtienen ingresos extras en actividades como lavanderas y empleadas domésticas.

En un elevado número de los hogares el padre es el principal apartador de la economía familiar, la madre aporta cuando hay ausencia del padre o cuando no existe la cantidad necesaria para la subsistencia.

### **2.2.1.3 Salud**

Una de las enfermedades de porcentaje más elevado es la diarrea, debido al poco tratamiento que se le da al agua, cabe recalcar que actualmente en la parroquia se construye el nuevo sistema de agua potable lo cual reducirá la incidencia de las enfermedades como la diarrea y la parasitosis mejorando la calidad de vida de los moradores.

El polvo también afecta a los habitantes debido a que el centro parroquial no cuenta con todas sus calles pavimentadas afectando a los más vulnerables como son los niños.

Los pobladores del centro parroquial de Nueva Tarqui es su mayoría acuden al Sub-centro de salud debido a la cercanía ya que ahí existe un doctor permanentemente para las emergencias, en pequeñas cantidades asiste al hospital cuando las enfermedades son graves.

### **2.2.1.4 Varios**

Del diagnóstico que se realizó con las encuestas, se puede obtener un recuento poblacional, por lo que la población total de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui en el año 2011 es de 360 habitantes La familia promedio se compone de 4 miembros: un padre, una madre y dos hijos.

No existe actualmente una industria que fomente el empleo a nivel local por lo que la mayoría de los habitantes tiende a cultivar sus tierras significando que sus ingresos sean poco significativos y que les ayude a salir adelante.

El tipo de construcción de la mayoría de las viviendas es mixta.

## **2.2.2 Sistema de agua potable**

La parroquia en la actualidad cuenta con un sistema de agua potable nuevo construido por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Gualaquiza (GADMG) en el 2011

El agua es tratada en una planta de potabilización para luego ser transportada a través de la red de distribución que contiene tubería de 75mm, 50mm, 32 mm y 25mm.

**Figura N° 2:** Planta de tratamiento de agua potable



**Fuente:** El Autor

### **2.2.3 Energía eléctrica y telefónica**

Toda la parroquia cuenta con energía eléctrica que es administrada por la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSA).

En cuanto se refiere a telefonía, la mayoría de los habitantes cuenta con teléfonos inalámbricos los cuales son administrados por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT)

### **2.2.4 Sistema de recolección de desechos solidos**

La recolección de los desechos sólidos funciona de una manera planificada entre el Municipio y la junta parroquial. La misma se realiza los días martes, por lo que esta actividad es indispensable para poder evitar la proliferación de enfermedades de infección que afectan a la salud pública.

### **2.2.5 Infraestructura vial**

Para poder acceder a la parroquia Nueva Tarqui existen varias compañías de transporte tipo ranchera que ofrecen el servicio hacia la parroquia y viceversa. Sus carreteras son de una sola vía sin pavimentar.

## **2.3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO**

En la Parroquia de Nueva Tarqui, el sistema de alcantarillado sanitario existe en un 60% de toda su población, fue construido por el FISE en el año 1995, las casas tienen conexiones domiciliarias las mismas que están conectadas a la red principal, de lo que se observó, las letrinas construidas en las casas son rudimentarias y en algunas casas carecen de esta, En la vía que conduce a la ciudad de Gualaquiza, las casas aledañas a ésta carecen de sistema de alcantarillado, por lo que es necesario su construcción.

No cuenta con sistema de evacuación de aguas lluvias mas que la pendiente del terreno, el agua se acumula en las calles sin poder drenar, siendo foco de contaminación y proliferación de enfermedades.

La falta de drenaje en las calles, dificulta el acceso a las viviendas, se debe saltar obstáculos para poder evitar charcos y canales de agua que se forman por las precipitaciones.

## **2.4 PERÍODO DE DISEÑO**

El periodo de diseño nos permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida al final del mismo.

De acuerdo a las normas de la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental (SSA) en su publicación **“Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (1997 pág. 18 numeral 4.1)”** recomienda que las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos, se diseñen para

un periodo de 20 años.

Por lo tanto; el presente estudio se diseñará para un periodo de 20 años, en el cual se estima que durante este tiempo el sistema trabajará en óptimas condiciones y además los componentes de la red serán útiles sin necesidad de modificaciones o variaciones en su funcionamiento.

## 2.5 POBLACIÓN

### 2.5.1 Recopilación de Datos Censales

De acuerdo a los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, tenemos:

**Tabla N° 1:** Recuento población de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui.

AÑO	N° POBLADORES (hab)	FUENTE
1990	280	INEC
2001	311	INEC
2011	360	ENCUESTAS

Fuente: El Autor

### 2.5.2 Índice de Crecimiento

De acuerdo a la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental (SSA) tenemos que:

$$Pf = Pa \times (1 + r)^{\Delta t} \quad \text{Ecu 2.1}$$

Despejando  $r$  obtenemos:

$$r = \left[ \left( \frac{Pf}{Pa} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \quad \text{Ecu. 2.2}$$

Dónde:

**Pf:** Población futura (hab)

**Pa:** Población actual (hab)

**r:** Índice de Crecimiento (%)

**n:** Periodo de diseño (años)



**Tabla N° 2:** Índice de Crecimiento de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui

Año	Pa (hab)	Pf (hab)	n	r	r %
1990 - 2001	280	311	11	0,01	0,96
2001 - 2011	311	408	10	0,03	2,75
<b>Σ =</b>					<b>3,71</b>
<b>Crecimiento=</b>					<b>1,86</b>

Fuente: El Autor

### 2.5.3 Población Flotante

De la encuesta realizada en noviembre 2011 la cabecera parroquial de Nueva Tarqui cuenta con una población de 360 habitantes, de esto se considera que un 15% de la población es flotante; por lo tanto tendremos:

$$\mathbf{Pflot} = Pa \times 15\% \qquad \text{Ecu. 2.3}$$

Dónde:

**Pa:** Población actual (hab)

**Pc:** Población del censo 2011 (hab)

$$\mathbf{Pflot} = 360 \text{ hab} \times 15\%$$

$$\mathbf{Pflot} = 54 \text{ hab}$$

Por lo tanto la población actual sería la siguiente:

$$\mathbf{Pa} = P_{\text{censo}} + P_{\text{flot}}$$

$$\mathbf{Pa} = 360 \text{ hab} + 54 \text{ hab}$$

$$\mathbf{Pa} = 414 \text{ hab}$$

## 2.6 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

En el análisis de la población futura se hará proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos conocidos, los cuales se establecen en la norma de la **Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA) de 1997 en la pág. 18 numeral 4.2.3** (proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativo, etc.)

Debido a que el presente proyecto nace de una necesidad, se prevé que el año de ejecución será el 2012, el cual se toma como año inicial del periodo de diseño. Por lo tanto el año final del mismo será el 2032.

### 2.6.1 Crecimiento Aritmético

Considera que el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de ésta, el crecimiento es lineal. Si **P** es la población y **T** el tiempo, entonces:<sup>1</sup>

$$ka = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \quad \text{Ecu. 2.4}$$

Dónde:

**ka:** Pendiente de la recta

**Puc:** Población del último censo (hab)

**Pci:** Población del censo inicial (hab)

**Tuc:** Año del último censo (año)

**Tci:** Año del censo inicial (año)

Podrá tomarse un valor de **ka** promedio entre los censos o un **ka** entre el primer censo y el último censo disponible; por lo tanto, la ecuación de proyección de población será:

$$Pf = Puc + ka \times (Tf - Tuc)$$

---

<sup>1</sup>Diseño de acueductos y alcantarillados: LOPEZ CUALLA Ricardo A, 1999, segunda edición, pág. 39.



Dónde:

**Pf:** Población proyectada

**Tf:** Año de proyección

Entonces:

$$ka_1 = \frac{311 - 280}{2001 - 1990} = 2.8 \frac{\text{hab}}{\text{año}} \quad ka_2 = \frac{414 - 311}{2011 - 2001} = 9.6 \frac{\text{hab}}{\text{año}}$$

$$ka_{\text{promedio}} = \frac{2.82 + 10.30}{2} = 6.56 \frac{\text{hab}}{\text{año}}$$

La población proyectada será:

$$Pf = Po + ka \times (Tf - To)$$

$$Pf = P_{2011} + ka_{\text{promedio}} \times (2032 - 2012)$$

$$Pf = 414 + 6.56 \times (3032 - 2012)$$

$$Pf = 414 + 6.2 \times (20)$$

$$Pf = 545 \text{ hab}$$

## 2.6.2 Crecimiento Geométrico

La hipótesis de un porcentaje de crecimiento geométrico o uniforme supone que la tasa de incremento es proporcional a la población; es decir, que el incremento por unidad de tiempo es proporcional a la población en cada lapso de tiempo. (López C; 1999)

$$Pf = Pa \times (1 + r)^{(Tf - Tuc)} \quad \text{Ecu. 2.5}$$

Donde **r** es la tasa de crecimiento anual calculada a partir de la ecuación anterior

$$r = \left[ \left( \frac{Pa}{Pca} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tca}} - 1 \right]$$

Dónde:

**r:** Taza de crecimiento o índice de crecimiento (%)

**Tuc:** Tiempo de censo actual o inicial (año)

**Tca:** Tiempo de censo futuro anterior (año)

**Pa:** Población actual (hab)

**Puc:** Población del último censo (hab)

Entonces:

$$r_1 = \left[ \left( \frac{311}{280} \right)^{\frac{1}{2001-1990}} - 1 \right] = 0.0095 \qquad r_2 = \left[ \left( \frac{414}{311} \right)^{\frac{1}{2011-2001}} - 1 \right] = 0.0273$$

$$r_{\text{promedio}} = \frac{0.0095 + 0.0273}{2} = 0.0184$$

La población proyectada será:

$$P_f = P_a \times (1 + r)^{\Delta t}$$

$$P_f = 414 \times (1 + 0.019)^{(20)}$$

$$P_f = 607 \text{ hab}$$

### 2.6.3 Método Estadístico

#### ➤ Regresión lineal

Se utiliza una serie de ecuaciones para cada periodo de recuento:

$$Y_1 = a + b \times (X_1) \qquad Y_2 = a + b \times (X_2) \qquad Y_n = a + b \times (X_n) \qquad \text{Ecu. 2.6}$$

Son ajustadas por el método de mínimos cuadrados, en la que se determina como incógnitas **a** y **b**, donde **Y** representa la población en miles de habitantes y **X** representa los periodos de años.

$$a = \frac{\sum Y \times \sum X^2 - \sum X \times \sum XY}{n \times \sum X^2 - (\sum X)^2} \qquad b = \frac{n \times \sum XY - \sum X \times \sum Y}{n \times \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Año	Pa (hab.)	Y (miles)	X (años)	X (Y)	X <sup>2</sup>
1990	280	0,28	0	0	0
2001	311	0,311	11	3,421	121
2011	414	0,414	21	8,694	441
Σ=	<b>1,01</b>		<b>32,00</b>	<b>12,12</b>	<b>562,00</b>

$$a = 268 \qquad b = 6,32$$

Puesto que el valor de **a** representa la población actual, la corregimos por el valor de 414 habitantes que se lo obtuvo anteriormente, dándonos la recta ajustada que es la que mejor representa el crecimiento poblacional, entonces:

$$Y_1 = a + b \times (X_1)$$

Dónde:

$$Y = 414 \text{ hab} + 6.32 \times 20 \text{ años}$$

$$Y = Pa = 540 \text{ hab.}$$

- La población actual para el año 2032 por el método estadístico es de 540.

#### 2.6.4 Método del MIDUVI

Usando recomendaciones del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), para el cálculo de la población futura en zonas rurales, se puede considerar un valor de índice de crecimiento que se tomara de las normas de diseño de abastecimiento de agua potable<sup>2</sup>

**Tabla N° 3:** Tasas de crecimiento poblacional

Región Geográfica	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

**Fuente:** MIDUVI

$$Pf = Po \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \qquad \text{Ecu. 2.7}$$

Dónde:

**Pf:** Población futura (hab)

**Po:** Población presente (hab)

**r:** Incremento probable por año (%)

<sup>2</sup> Ecuador Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) , Subsecretaria de Saneamiento Ambiental (SSA) Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable ,disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Quito 1997 pag.18

**n:** Número de años considerados (años)

$$Pf = 414 \times \left(1 + \frac{1.5}{100}\right)^{20}$$

$$Pf = 557 \text{ hb}$$

La población escogida para el proyecto es la que nos da el de método geométrico que es de 607 hab, para el año 2032.

## **2.7 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS**

El levantamiento topográfico nos sirve para recopilar toda la información necesaria y con la exactitud requerida para el diseño de nuestro proyecto de alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales. Por lo tanto se ha realizado la planimetría y altimetría de todas las calles existentes en la parroquia.

La delimitación del área a levantarse, se la realizó en forma conjunta con el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, a través del departamento de Gestión Ambiental y Servicios Públicos por medio de su director, con quien se realizó la visita de campo respectiva y se delimitó el límite urbano actual y futuro.

Durante este proceso se realizó lo siguiente: un polígono y los levantamientos de líneas de conducción, línea de emisario (canalización que sirve para evacuar las aguas residuales de una población hacia la depuradora o hacia el receptor) y descarga. Es decir, la nivelación de todas las calles de la parroquia, para determinar cotas y el perfil del terreno a fin de establecer los cortes o rellenos necesarios para la conducción de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.

Se utilizó una ESTACION LEIKA TCR 305 propiedad de la Municipalidad, de precisión angular de 5", con capacidad para grabar tres trabajos a la vez y 400 puntos en cada trabajo, se manipuló un prisma estándar. Además se usó herramienta menor para este tipo de trabajo. La información procesada de este trabajo se encuentra en el Anexo 2.

## 2.8 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

El estudio hidrológico es fundamental para el diseño del alcantarillado pluvial, es el conocimiento de las intensidades de lluvia que se producen en la zona donde se construirá el proyecto, y a la vez esto nos permite determinar el caudal de drenaje que circulará por el alcantarillado pluvial.

El objetivo básico que persigue el análisis hidrológico, es determinar los parámetros característicos de la zona en estudio basándose en la intensidad diaria (IdTR) y la ecuación de intensidad para cualquier periodo de retorno establecidas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en su estudio de Lluvias Intensas publicado en 1999.

En el caso de nuestro estudio se toma como referencia la ecuación asignada para la estación pluviométrica de El Pangui, debido a que el cantón Gualaquiza no cuenta con una estación pluviométrica, si no con una meteorológica, además de que su distancia entre el proyecto y la estación meteorológica es relativamente corta. El detalle de las ecuaciones se las encuentra en el Anexo 3.

### 2.8.1 Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño del sistema de alcantarillado pluvial se utilizará la fórmula empleada en el método racional.

$$Q = C \times I \times A \qquad \text{Ecu. 2.8}$$

Dónde:

- Q:** Caudal de escurrimiento (m<sup>3</sup>/s)
- C:** Coeficiente de escurrimiento (adimensional)
- I:** Intensidad media de lluvia (mm/h)
- A:** Área de estudio (Ha)

## 2.8.2 Intensidad, Duración y Frecuencia de Lluvia

Para determinar la intensidad de lluvia nos basamos en el estudio realizado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología "INAMHI", Estudio de lluvias intensas", Quito-Ecuador 1999.

### a. Fórmula para determinar la intensidad (INAMHI)

Ecuación Tipo

$$I = \frac{K \times (T)^m}{t^n} \quad \text{Ecu. 2.9}$$

Dónde:

- I:** Intensidad de precipitación en (mm/h)  
**K, m, n:** Constantes de ajuste determinados aplicando mínimos cuadrados  
**T:** Tiempo de duración de la lluvia (min)

### b. Ecuación en función de la intensidad diaria (id)

$$I_{TR} = \frac{K(I_{dTR})}{t^n} \quad \text{Ecu. 2.10}$$

Dónde:

- ITR:** Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno (mm/h)  
**IdTR:** Intensidad diaria para un periodo de retorno dado (mm/h)  
**TR:** Periodo de retorno (años).

**Tabla N° 4:** Ecuaciones representativas de estaciones pluviométricas

Ecuación Representativa de estaciones Pluviométricas			
Código	Estación	Duración	Ecuación
M.502 ZONA 27	EL PANGUI	5 min < 46 min	$I = 76.133 t^{(-0.3477)} I_{dTR}$
		46 min < 1440 min	$I = 539 t^{(-0.8634)} I_{dTR}$

**Fuente:** INAMHI

**Tabla N° 5:** Ecuaciones representativas de estaciones meteorológicas

Estación	Ubicación		IdTR (mm/h)	Periodo de Retorno TR (años)	ITR (mm/h)
	w	S			
El Pangui	78° 34' 18"	3° 38' 47"	2.7	5	80.2
Rio Machinatza	78° 30' 00"	3° 38' 47"	3.3	5	98
Gualaquiza	78° 34' 00"	3° 24' 00"	3.5	5	103.9
Yantzatza	78° 45' 01"	3° 50' 15"	3.0	5	89.1
28 de Mayo	78° 55' 35"	3° 38' 03"	2.1	5	62.4

Fuente: INAMHI

El valor del  $I_{TR}$  para nuestra zona de estudio es de 3.50 mm/h, para un periodo de retorno de 5 años

$$I_{TR} = 76.133 \times t^{-0.3477} \times Id_{TR} \quad \text{Ecu. 2.11}$$

## 2.9 ESTUDIO DE SUELOS

### 2.9.1 Caracterización del suelo

Al proceder con una caracterización y estudio del suelo, se podrá obtener un diagnóstico del tipo de materiales que constituyen cada uno de los estratos que puedan presentarse en el suelo. Para esto, es necesaria la apertura de una calicata, que no es más que una excavación que se realiza en el terreno. Una calicata debe tener tres paredes verticales para poder observar bien el perfil y los horizontes existentes en el sitio de muestreo.

Son estas calicatas las que también nos sirven para tomar muestras que posteriormente serán llevadas al laboratorio para un análisis para determinar características físicas de interés como granulometría, límites.

### 2.9.2 Características Físicas

El estudio de las características físicas del suelo nos permitirá conocer su porosidad y estructura, las mismas que influyen sobre sus propiedades hidráulicas como la infiltración del agua en el terreno.

### **2.9.3 Límites de Atterberg**

Son usados, en el Sistema de Clasificación de Suelos, como base para la diferenciación en el laboratorio, entre los materiales de cierta plasticidad (arcillas) de los materiales poco o nada plásticos (limos). (Martínez E González E; 2007). Estos límites se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, así como también para conocer el contenido de agua límite al que se produce el cambio de estado en su consistencia (sólido, semi-sólido, plástico o semi-líquido).

#### **2.9.3.1 Límite líquido**

El límite líquido está dado por el contenido de agua donde un suelo cambia de estado líquido al comportamiento plástico. Para la determinación de este límite se utiliza el equipo Casagrande, siguiendo el procedimiento dado en la norma AASHTO T 89.

#### **2.9.3.2 Límite plástico:**

El límite plástico está dado por el contenido de agua donde el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

#### **2.9.3.3 Índice de Plasticidad**

El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

### **2.9.4 Análisis granulométrico**

El análisis granulométrico tiene por objeto determinar la distribución por tamaño de las partículas presentes en la muestra de suelo. Para obtener la distribución de los tamaños de las partículas se emplean tamices normalizados y numerados, los cuales tienen que ir dispuestos en orden decreciente. Los resultados del análisis se representan gráficamente bajo la forma de una curva granulométrica. Para clasificar el suelo, se siguieron los procedimientos de la norma ASTM D 422 que se basa en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

El resultado de los ensayos de suelo se lo podrá ver en el Anexo 4.

## **2.10 ESTUDIO DE AGUAS**

### **2.10.1 Introducción**

El resultado de cualquier determinación no puede ser mejor que la calidad de la muestra empleada y, en efecto, esto es no solo el primer paso, sino que es indispensable para la obtención de un resultado confiable y representativo. Muestrear es tomar una porción del material que se desea conocer, de manera que pueda ser fácilmente transportada y manejada en el laboratorio para su análisis. Ello implica que la muestra debe mantener las mismas concentraciones de cada uno de sus componentes en todas las fases y no sufrir alteraciones durante el transporte.

### **2.10.2 Tipos de Muestras**

#### **2.10.2.1 Muestra simple**

Son las que se toman en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual, proporciona información sobre la calidad en un punto y momento. Para nuestro caso se utilizó este tipo de muestreo.

#### **2.10.2.2 Muestra compuesta**

Son las obtenidas por mezcla y homogeneización de muestras simples recogidas en el mismo punto y en diferentes tiempos, se compone de varias alícuotas espaciadas temporalmente (con frecuencias, variables, minutos, horas, días) que se adicionan al mismo recipiente. Este tipo de muestras se aplica por ejemplo en el seguimiento de vertidos industriales cuya calidad puede variar mucho a lo largo de una jornada de trabajo.

### **2.10.3 Ubicación del sitio de muestreo**

Las dificultades para la selección de un sitio que sea representativo para la toma de muestras hace del muestreo una actividad importante y compleja que requiere

de una técnica apropiada respecto a los procedimientos de toma, conservación y transporte de las muestras. La muestra de agua residual debería ser tomada en un lugar que este situado antes de su vertido final al cauce receptor, en nuestro caso, las muestras fueron tomadas en la descarga y el penúltimo pozo del sistema de alcantarillado de la cabecera parroquial.

#### **2.10.4 Muestreo del agua residual**

Se tomaron muestras simples a intervalos constantes en el espacio y en el tiempo, debido a que su ejecución es simple, práctica y da resultados satisfactorios. La toma de muestras consiste en llenar los envases manteniendo un flujo de agua lento, continuo y que escurra sobre la pared. Se toma la muestra directamente de los puntos ya mencionados con la ayuda de una jarra de plástico, antes del llenado definitivo se procede a homogeneizar el envase y al llenarlo se debe evitar que se produzcan burbujas de aire en su interior.

Las muestras para los ensayos físicos- químicos y bacteriológicos fueron tomadas en la hora pico del medio día entre las 13h00 y 14h00.

#### **2.10.5 Identificación de las muestras**

Previo al día de muestreo se procedió a etiquetar cada uno de los envases que fueron destinados para la recolección del agua residual. En cada etiqueta se indicó la hora de muestreo, la fecha y lugar de procedencia; para evitar errores se recomienda que cada botella se identifique con un único nombre.

#### **2.10.6 Conservación de las muestras**

Una vez tomada la muestra, ésta sufre una serie de procesos que alteran sus características fisicoquímicas y biológicas. Así, por ejemplo, puede ocurrir: fijación de ciertos elementos sobre las paredes de los recipientes y sobre las partículas suspendidas, pérdida de gases disueltos, acción de gérmenes presentes, etc. Por ello es necesario tomar ciertas precauciones con miras a su conservación y estabilización de los constituyentes durante el tiempo que

transcurra entre la toma de muestra y el análisis. En nuestro caso se conservaron las muestras a una temperatura de 4°C, para mantener las propiedades iniciales del agua residual y así evitar que se alteren hasta su análisis, la muestra se conservó tanto durante el transporte como en el laboratorio.

### 2.10.7 Temperatura

En cada muestreo se procedió a tomar la temperatura de las muestras al momento de su recolección. A continuación se indica los datos de temperatura tomados. De entre los muestreos realizados se obtuvieron 4 datos de temperatura los que se presentan en la Tabla N° 6.

**Tabla N° 6:** Muestreo de las Aguas Residuales

MUESTRA	FECHA	HORA	TEMPERATURA °C	LUGAR DE RECOLECCIÓN	ELEVACION m.s.m
No. 001	04/04/2012	12 H 30	27	Pozo 16	896.83
No. 002	04/04/2012	13 H 00	25.3	Pozo 23	896.21
No. 003	09/05/2012	13 H 10	26.8	descarga	895.67
No. 004	09/05/2012	14 H 00	26.4	descarga	895.67

**Fuente:** El Autor.

Los resultados del análisis laboratorio de las aguas residuales de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui se encuentran en el Anexo 5.

**CAPÍTULO** 

**ALCANTARILLADO  
SANITARIO Y PLUVIAL**



### 3.1 ALCANTARILLADO SANITARIO

#### 3.1.1. Criterios de diseño

Los diferentes parámetros y criterios para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se tomaron en consideración las normas vigentes de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA), Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

##### 3.1.1.1 Diámetro

Las normas de la SSA en el numeral 5.2.1.3 recomiendan que el diámetro mínimo que deberá usarse en sistemas de alcantarillado sanitario sea de 200 mm.

##### 3.1.1.2 Velocidad

La velocidad máxima y mínima admisible en tuberías o colectores depende del material de fabricación, la SSA en el numeral 5.2.1.11, recomienda usar una velocidad mínima de 0.45 m/s y de preferencia de 0.60; y para condiciones de velocidad máxima de 4.5 m/s para tuberías de plástico y con un coeficiente de rugosidad de 0.011.

El cálculo de la velocidad en las tuberías se efectuó utilizando la ecuación de Manning, recomendada en el numeral de 5.2.1.13 de las normas del MIDUVI.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad \text{Ecu. 3.1}$$

Dónde:

- V:** Velocidad (m/s)
- n:** Coeficiente de rugosidad
- R:** Radio hidráulico (m)
- S:** Pendiente (m/m)

### **3.1.1.3 Ubicación y configuración de la red**

Se debe considerar los 5.2.1.2 y 5.2.1.3 de las normas de la SSA del **“Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural” (1997 pág. 27)**

- a. Los colectores de la red de alcantarillado se localizarán en el lado opuesto de las calles de aquel en el que se encuentran las tuberías del sistema de agua potable, dando preferencia para su instalación la posición sur oeste.

En los cruces de los sistemas, la red de alcantarillado deberá estar localizada por debajo de la red de agua potable, y a una profundidad que garantice su seguridad a las cargas exteriores y que permita descargar libremente las conexiones domiciliarias.

- a. Los tramos de colector tendrán alineación recta y pendiente uniforme.
- b. Deberá existir un pozo de revisión en todo cambio de dirección o pendiente del colector y en los puntos de Intersección de colectores.
- c. La distancia máxima entre dos pozos de revisión depende del diámetro de la tubería que los conecta.

### **3.1.1.4 Pendiente**

Las tuberías y colectores sanitarios seguirán, en general, las pendientes del terreno natural y formaran las mismas hoyas primarias y secundarias. En caso de que la pendiente sea muy pronunciada o muy débil y no permita cumplir con la velocidad mínima o máxima, esta puede variar hasta que se cumpla con las condiciones de auto limpieza o esté dentro del rango de velocidades permitido de acuerdo a las normas de la SSA.

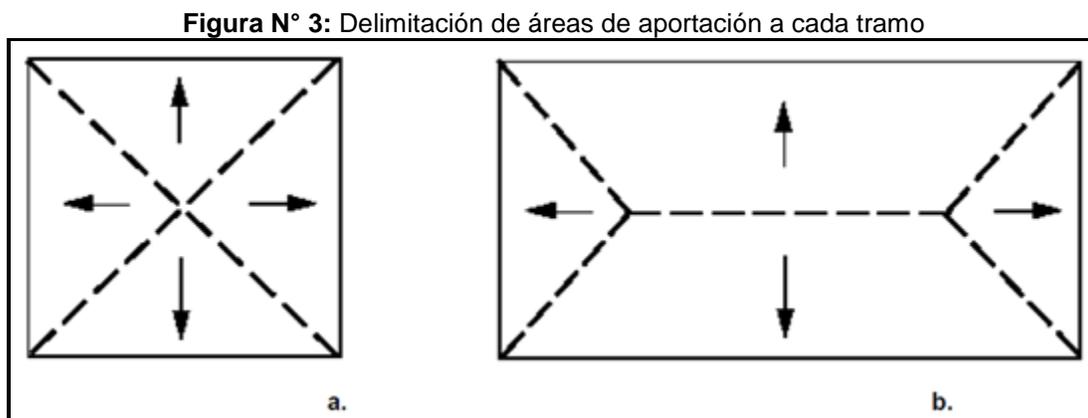
### **3.1.1.5 Áreas de Aportación**

Las áreas de aportación sanitaria son la división en varias superficies del área original del sector. Estas áreas determinan la distribución de los caudales

sanitarios en cada tramo de la red de alcantarillado.

Las áreas de aportación sanitaria deben ser calculadas a partir del levantamiento topográfico del terreno en donde se realizará el proyecto. Con la topografía y la densidad poblacional se puede determinar los caudales sanitarios en cada tramo de la red de alcantarillado.

La división de las manzanas en áreas tributarias, se efectúa como se detalla a continuación en la siguiente Figura N° 3:



Si las manzanas son cuadradas o aproximadamente cuadradas (Figura N° 3a.), se dividen en diagonales, teniendo como lados los ejes de las calles que las circundan. Si son rectangulares, o paralelogramos (Figura N° 3b.), se los divide en triángulos y trapecios. Los lados menores de las manzanas son las bases de los triángulos y los lados adyacentes forman ángulos aproximados de 45°.

### 3.1.2. Dotación de Agua Potable

La dotación de agua es la cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en l/hab/día y ser proporcionada por un sistema de abastecimiento público.

De acuerdo al código de práctica para **el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural 1997 pag.19** se tiene la siguiente tabla de dotaciones de agua para los siguientes

niveles de servicio.

**Tabla N° 7: Dotación de agua**

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (l/hab x día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab x día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

**Fuente:** Subsecretaría de Saneamiento Ambiental

Para el presente estudio y diseño se considera una dotación de agua potable de 100 l/hab/día debido a que con esta dotación fue diseñado el sistema de agua potable de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui<sup>3</sup>.

➤ **Dotación media futura de agua**

Es la dotación que cubre la demanda hasta el final del periodo de diseño propuesto. En el presente caso la demanda futura de aguas ( $D_{MF}$ ) se calcula aplicando un incremento de 1.0 l/hab/día por cada año en nuestro caso será 20 años.

$$D_{MF} = D_A + \text{Incremento (Periodo de diseño)} \tag{Ecu. 3.2}$$

$$D_{MF} = 100 \text{ l/hab/día} + 1.0 \text{ l/hab/día (20 años)}$$

$$D_{MF} = 120 \text{ l/hab/día}$$

**3.1.3. Caudales de Diseño de Aguas Residuales**

El caudal de aguas residuales de una población está compuesto por los siguientes aportes:

- ❖ Aguas residuales domésticas.
- ❖ Aguas residuales industriales, comerciales e institucionales.
- ❖ Aguas de infiltración.
- ❖ Conexiones clandestinas.

<sup>3</sup> Estudio del agua potable de la parroquia Nueva Tarqui cantón Gualaquiza, financiada por el PRAGUAS y MIDUVI, pág. 16

### **Coeficiente de retorno**

Este coeficiente tiene en cuenta de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado, en razón de sus múltiples usos como riego, lavado de pisos, cocina y otros. Se puede establecer, entonces, que solo un porcentaje del total de agua consumida se devuelve al alcantarillado. Este porcentaje es el llamado "coeficiente de retorno", el que estadísticamente fluctúa entre (70 a 80) %. (Normas Ex - IEOS, 1993).

#### **3.1.3.1. Aguas residuales domesticas**

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales. Su estimación debe basarse en lo posible, en información histórica de consumos, mediciones periódicas y evaluaciones regulares.

El aporte doméstico de aguas residuales está dado por la expresión:

$$Q_d = \frac{P_f \times Cr \times D_{MF}}{86400} \quad \text{Ecu. 3.3}$$

Dónde:

**Q<sub>d</sub>**: Caudal de aguas residuales domésticas (l/s)

**P<sub>f</sub>**: Población futura (hab)

**Cr**: Coeficiente de retorno de agua potable (%)

**D<sub>MF</sub>**: Dotación media diaria futura de agua (l/hab/día).

#### **3.1.3.2. Caudal de infiltración**

Es inevitable la infiltración de aguas sub-superficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, principalmente freáticas, por lo que es necesario tener en cuenta para el diseño un caudal de infiltración, el que se introduce a las redes, a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones de tuberías ejecutadas deficientemente, en la unión de las tuberías con pozos de revisión, pozos de

revisión que no son completamente impermeables, etc.

Para áreas inferiores a 40.5 Ha se puede utilizar la siguiente recomendación del Ex - IEOS:

$$Q_{inf} = 14 \times \left( \frac{m^3}{Ha \times dia} \right) \times A(Ha) \times \left[ \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} \right] \times \left( \frac{1000 \text{ l}}{1 m^3} \right) \quad \text{Ecu. 3.4}$$

Dónde:

**Q<sub>inf</sub>**: Caudal de infiltración máximo instantáneo en (l/s)

**A**: Área servida en hectáreas

### 3.1.3.3. Caudales de aguas ilícitas

En sistemas de alcantarillado sanitario nuevos, no debería admitirse la entrada de aguas lluvias a través de conexiones ilícitas, o por los orificios de las tapas de los pozos de revisión, sin embargo debido a la dificultad de control, es necesario considerar la inclusión de dicho aporte.

En nuestro país se adopta como aporte de aguas ilícitas, un caudal de 80 l/hab/día.

$$Q_{ilicitas} = 80 \text{ l/hab/día} \quad \text{Ecu. 3.5}$$

Dónde:

**Q<sub>ilicitas</sub>**: Caudal de aguas ilícitas (l/hab/día).

### 3.1.3.4. Coeficiente de simultaneidad o mayoración

El caudal medio diario de aguas servidas es afectado en determinados momentos y en ciertas horas pico en las que el consumo de agua y descarga a las redes de alcantarillado es máximo debido a las costumbres y hábitos de la población, generalmente se presenta este fenómeno, por las mañanas, al mediodía y las primeras horas de la noche generando con ello una secuencia simultánea de aportes de agua residuales al sistema, originándose un caudal máximo instantáneo que debe considerarse en el dimensionamiento de las redes de

tuberías y colectores.

Para la estimación de este caudal máximo instantáneo, el Ex IEOS establece la siguiente fórmula:

$$M = \frac{2.228}{Q^{0.073325}} \quad \text{Ecu. 3.6}$$

Dónde:

**M:** Relación entre el caudal máximo instantáneo y el caudal medio diario

**Q:** Caudal medio diario de aguas servidas (m<sup>3</sup>/s).

Esta ecuación se aplica para caudales medio comprendidos entre (0.004 a 5.00) m<sup>3</sup>/s. Se recomienda también que a falta de datos se podrá utilizar un factor M de 4. Este es el valor de M que adoptamos para el presente estudio (**M = 4**).

El diseño hidráulico de la red de alcantarillado sanitario se podrá ver en el Anexo 6

## DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO

### **BASES DE DISEÑO:**

- ✓ Periodo de diseño = Pd = 20 años
- ✓ Numero de habitantes = Nh = 360 hab
- ✓ Índice de crecimiento poblacional = r = 1,86 %
- ✓ Población flotante = Pf = 54 hab
- ✓ Población actual = Pa = 414 = hab
- ✓ Población futura = Pf = 607 hab
- ✓ Áreas tributarias = 14.48 Ha
- ✓ Datación futura de agua = 120 l/hab/día
- ✓ Diámetro mínimo = 200 mm
- ✓ Caudal de aguas domesticas = Qs = 80 l/hab/día
- ✓ Factor de Mayoración = M = 4,00
- ✓ Caudal de agua de Infiltración = Qinf = 14 m<sup>3</sup>/hab/día
- ✓ Caudal de aguas ilícitas = Qili = 80 l/hab/día
- ✓ Coeficiente de Manning = n = 0,011

## EJEMPLO DE CÁLCULO

### Datos:

- Calle 9 de Diciembre.
- Tramo número 2: pozo inicial = 5, pozo final = 6.
- $n = 0,011$
- Longitud =  $L = 64.00$  m
- Área parcial =  $A_p = 0.204$  Ha
- Área acumulada =  $A_{ac} = 0.507$  Ha
- Diámetro de la tubería =  $\varnothing = 200$  mm
- Cota inicial =  $C_i = 915.840$  msnm
- Cota Final =  $C_f = 911.920$  msnm
- Área futura =  $A_f = 14.88$  Ha
- Población futura =  $P_f = 607$  hab
- Densidad Poblacional =  $D_p = 41$  hab/Ha
- Dotación futura =  $D_f = 120$  l/hab/día
- Coeficiente de retorno =  $C_r = 80$  %



### **Población parcial**

$$P_p = D_p + A_p$$

$$P_p = 41 \frac{\text{hab}}{\text{Ha}} \times 0.204 \text{ Ha}$$

$$P_p = 8 \text{ hab}$$

### **Población Acumulada**

$$P_{ac} = D_p \times A_{ac}$$

$$P_{ac} = 41 \frac{\text{Hab}}{\text{Ha}} \times 0.507 \text{ Ha}$$

$$P_{ac} = 21 \text{ hab}$$

### **Coefficiente de mayoración**

$$M = 4$$

### **Caudal de aguas servidas parcial**

$$Q_{s_p} = 80 \% D_f \times P_p$$

$$Q_{s_p} = 0.80 \times 120 \frac{\text{l}}{\text{hab} \times \text{dia}} \times 8 \text{ hab} \times \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{s_p} = 0.009 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

### **Caudal de aguas servidas acumulado**

$$Q_{s_{ac}} = 80 \% \times D_f \times P_{ac}$$



$$Q_{s_{ac}} = 0.80 \times 100 \frac{l}{\text{hab} \times \text{dia}} \times 21 \text{ hab} \times \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{s_{ac}} = 0.023 \frac{l}{s}$$

### **Caudal mayorado**

$$q_M = Q_{s_{ac}} \times M$$

$$q_M = 0.023 \frac{l}{s} \times 4$$

$$q_M = 0.092 \frac{l}{s}$$

### **Caudal de infiltración parcial**

$$Q_{inf_p} = 14 \times \left( \frac{m^3}{\text{Ha} \times \text{dia}} \right) \times A_p(\text{Ha}) \times \left[ \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} \right] \times \left( \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right)$$

$$Q_{inf_p} = 14 \times \left( \frac{m^3}{\text{Ha} \times \text{dia}} \right) \times 0.204(\text{Ha}) \times \left[ \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} \right] \times \left( \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right)$$

$$Q_{inf_p} = 0.033 \frac{l}{s}$$

### **Caudal de infiltración acumulada**

$$Q_{inf_p} = 14 \times \left( \frac{m^3}{\text{Ha} \times \text{dia}} \right) \times A_{ac}(\text{Ha}) \times \left[ \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} \right] \times \left( \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right)$$

$$Q_{inf_p} = 14 \times \left( \frac{m^3}{\text{Ha} \times \text{dia}} \right) \times 0.507(\text{Ha}) \times \left[ \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} \right] \times \left( \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right)$$



$$Q_{inf_{ac}} = 0.082 \frac{l}{s}$$

### **Caudal de aguas ilícitas parcial**

$$Q_{ili_p} = Q_{ili} \times P_p$$

$$Q_{ili_p} = 80 \frac{l}{Hab \times dia} \times 8 Hab \times \frac{1 dia}{86400 s}$$

$$Q_{ili_p} = 0.008 \frac{l}{s}$$

### **Caudal de aguas ilícitas acumulada**

$$Q_{ili_{ac}} = Q_{ili} \times P_{ac}$$

$$Q_{ili_{ac}} = 80 \frac{l}{hab \times dia} \times 21 hab \times \frac{1 dia}{86400 s}$$

$$Q_{ili_{ac}} = 0.019 \frac{l}{s}$$

### **Caudal de diseño**

$$q = q_M + Q_{inf_{ac}} + Q_{ili_{ac}}$$

$$q = 0.092 \frac{l}{s} + 0.082 \frac{l}{s} + 0.019 \frac{l}{s}$$

$$q = 0.19 \frac{l}{s}$$

### **Diámetro**

$$D = 200 \text{ mm}$$



### **Pendiente**

$$J = \frac{C_i - C_f}{L} \times 1000$$

$$J = \frac{914.14 \text{ msnm} - 910.25 \text{ msnm}}{64.00 \text{ m}} \times 1000$$

$$J = 61 \text{ ‰}$$

### **Velocidad a sección llena**

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

$$V = \frac{1}{0.011} \times \left( \frac{0.200 \text{ m}}{4} \right)^{2/3} \times 0.061^{1/2}$$

$$V = 3.04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### **Caudal en el tubo a sección llena**

$$Q = V \times A_{\text{tubo}} \times 1000$$

$$Q = 3.03 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{\pi(0.200\text{m})^2}{4} \times 1000$$

$$Q = 96.00 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

### **Relación**

$$\frac{q}{Q} = \frac{0.19 \frac{\text{l}}{\text{s}}}{95.00 \frac{\text{l}}{\text{s}}}$$

$$\frac{q}{Q} = 0.002$$

Las relaciones: Velocidad real y velocidad a tubo lleno, lámina de agua y diámetro interno de la tubería, radio hidráulico de la sección de flujo y radio hidráulico a tubo lleno, profundidad hidráulica de la sección de flujo y diámetro interno de la tubería, se los obtiene de la tablas de relaciones hidraulicas (López C; 1999) en función de  $q/Q$ ; por lo tanto:

Para hallar el valor de la relación  $v/V$  ubicarse en la tabla de la página siguiente, en donde encontrara las relaciones respectivas para algunos valores de  $q/Q$ .

### **Velocidad real de circulación en la tubería**

$$v = \frac{v}{V} \times V$$

$$v = 0.233 \times 3.03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = 0.708 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### **Desnivel**

$$H = J \times L \div 1000$$

$$H = \frac{0.01749 \times 64.00}{1000}$$

$$H = 1.09 \text{ m}$$

### **Cotas**

Pozo # 2:  $C_t = 915.84$  msnm y  $C_p = 913.79$  msnm

Pozo # 3:  $C_t = 911.92$  msnm y  $C_p = 909.92$  msnm.

## **3.2. ALCANTARILLADO PLUVIAL**

### **3.2.1. Criterios de Diseño**

Los diferentes parámetros y criterios para el diseño de la red de alcantarillado pluvial se tomaron en consideración las normas vigentes de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA), Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Ex - IEOS.

#### **3.2.1.1. Periodo de Diseño**

Para un buen funcionamiento del sistema alcantarillado pluvial y mantener las condiciones hidráulicas con las cuales es diseñado durante toda su vida útil, sin que presente ningún problema, se diseñara para un periodo de vida útil de 20 años de acuerdo a las recomendaciones de la normas del Ex – IEOS.

#### **3.2.1.2. Periodo de Retorno**

Periodo de retorno o intervalo de recurrencia se lo define como un intervalo medio de años que transcurren entre sucesos que iguala o exceden una magnitud dada. La frecuencia elegida debe ser comparativa contra el riesgo de inundación y el costo de inversión del proyecto. El Ex-IEOS ha normado los períodos de retorno para tuberías y subcolectores que fluctúan de 1 a 5 años.

No se adoptaron períodos de retorno más largos para no aumentar innecesariamente los costos y debido a la cercanía de la parroquia de ríos y quebradas, además en nuestro caso las descargas de las aguas lluvias se las realizara tomando en cuenta la depresión natural del terreno ya que las pendientes existentes son ideales para el rápido desalojo de las aguas lluvias. En el presente estudio se adoptó un período de retorno de 5 años.

### **3.2.1.3. Diámetro**

El diámetro mínimo que deberá usarse es 250 mm para alcantarillado pluvial de acuerdo al numeral 5.2.1.6 de las normas del EX – IEOS, 1992.

### **3.2.1.4. Velocidad**

La velocidad mínima en sistemas de alcantarillado pluvial, debe cumplir lo establecido en los numerales 5.2.1.12 y 5.2.1.14 de las normas del EX – IEOS. En el caso del alcantarillado pluvial la velocidad mínima será de 0,90 m/s, para caudal máximo instantáneo, en cualquier época del año y las velocidades máximas permisibles pueden ser mayores que aquellas adoptadas para el alcantarillado sanitario, pues los caudales de diseño del alcantarillado pluvial ocurren con poca frecuencia. Tomando estas consideraciones y las características del material de la tubería, se adopta una velocidad de 4,50 m/s recomendada por los fabricantes de tuberías PVC en general, cuando estas funcionen en drenajes pluviales.

El cálculo de la velocidad en las tuberías se efectuó utilizando la ecuación de Manning, recomendada en el numeral 5.2.1.3 de las normas antes mencionadas.

### **3.2.2. Coeficiente de Escorrentía (C)**

Llamado también coeficiente de impermeabilidad, es adoptado en función de las escorrentías superficiales, infiltraciones, evaporación por efectos de temperatura, retención superficial, etc.

La parroquia de Nueva Tarqui tiene todas sus calles son de lastrado en tierra, calles proyectadas no aperturadas, áreas verdes, parques, zonas de expansión futura, entre otras. El presente estudio tiene un periodo de diseño de 20 años, por lo que para adoptar un valor representativo del coeficiente de escorrentía considerando las condiciones actuales y futuras de la ciudad, se ha procedido a calcular este coeficiente mediante una ponderación de diferentes coeficientes de escorrentía típicos para distintos tipos de construcciones y superficies, a partir de

la evaluación realizada a toda el área de estudio.

El coeficiente de escorrentía ponderado se calcula con la siguiente expresión:

$$C = \frac{\sum C \times A}{\sum A} \quad \text{Ecu. 3.7}$$

Dónde:

- C:** Coeficiente de escorrentía ponderado
- $\Sigma C \cdot A$ :** Sumatoria del producto del coeficiente por su área respectiva
- $\Sigma A$ :** Área total de análisis

**Área total del estudio = 14,88 Ha**

**Tabla N° 8:** Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado

TERRENO TIPO	AREA (Ha)	COEFICIENTE (C)	C X A	COEFICIENTE PONDERADO
Vías lastradas	3,4	0,3	1,02	0,32
Áreas verdes y reserva	6,24	0,3	1,87	
Parques y jardines	0,65	0,7	0,45	
Casas de habitación	4,01	0,3	1,2	
	14,88		4,55	

**Fuente:** El Autor

Apoyados en el plan regulador de ordenamiento urbano y rural del cantón de Gualaquiza, vigente a la fecha, se determinaron las áreas del cuadro anterior, y para cada una de ellas se adoptó un coeficiente de escurrimiento promedio, utilizando la Tabla N°: 9 y 10.

La Tabla N° 9 corresponde a normas mexicanas que sirven como referencia.



**Tabla N° 9:** Coeficiente de escorrentía según tipo de superficie

TIPO DE SUPERFICIE DRENANTE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)
Cubierta metálica o teja vidriada	0.95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.90
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0.85 - 0.90
Pavimentos de hormigón	0.80 - 0.85
Empedrados (juntas pequeñas)	0.75 - 0.80
Empedrados (juntas ordinarias)	0.40 - 0.50
Pavimentos	0.25 - 0.60
Superficies no pavimentadas	0.10 - 0.30
Parques y jardines	0.05 - 0.25

Fuente: CPE-INEN.

**Tabla N° 10:** Coeficiente de escorrentía según tipo de superficie

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C	
	MÍNIMO	MÁXIMO
<b>Zonas Comerciales</b>		
Zona Comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
<b>Zonas Residenciales</b>		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliar4es, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliar4es,compactod	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
<b>Zonas Industriales</b>		
Espaciado	0.50	0.80
Compactado	0.60	0.90
<b>Cementerios y parques</b>	0.10	0.25
<b>campos de juego</b>	0.20	0.35
<b>Techados</b>	0.75	0.95

Fuente: Comisión Nacional del agua-México

Con el procedimiento descrito, considerando los valores recomendados en los cuadros anteriores y del análisis realizado a los diferentes tipos de áreas a drenar existentes en la cabecera parroquia de Nueva Tarqui se adopta como coeficiente de escurrimiento ponderado, el valor equivalente y constante para todo el proyecto de **C = 0.32**.

### 3.2.3. Tiempo de Escorrentía

También se lo denomina tiempo de llegada y corresponde al tiempo que tarda la lluvia más alejada en llegar a la red de alcantarillado pluvial. Normalmente se puede adoptar su valor entre un mínimo de 3 minutos y un máximo de 20 minutos.

Debe considerarse que conforme aumenta la superficie desaguada, disminuye el tiempo de escorrentía en el total del tiempo de concentración.

Para el presente estudio se adopta un tiempo de escorrentía de **15 minutos**, tomando en cuenta la pendiente del terreno y la cobertura vegetal, además por razones de que corresponde a un centro poblado en la que existen parques, áreas recreativas y otras.

### 3.2.4. Tiempo de Recorrido

El tiempo del trayecto (recorrido o flujo) se expresa en minutos y considera el tiempo que tarda la gota teórica de agua en recorrer desde la entrada hasta la otra sección. Depende de las condiciones hidráulicas de los colectores, siendo su fórmula para obtenerlo la siguiente:

$$T_R = \frac{L}{60 \times V} \quad \text{Ecu. 3.8}$$

Dónde:

**T<sub>R</sub>**: Tiempo de recorrido (min)

**L**: Longitud del tramo (m)

**V**: Velocidad del agua (m / s)

### 3.2.5. Tiempo de Concentración (Tc)

Es el tiempo que demora una gota de agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el colector, es decir, es el tiempo requerido desde el comienzo de la lluvia para que el área de aporte esté contribuyendo al colector en análisis.

El tiempo de concentración es la suma del tiempo de escorrentía más el tiempo recorrido en el colector.

$$T_c = T_e + T_r \qquad \text{Ecu. 3.9}$$

En la que:

**Tc:** Tiempo de concentración (min)

**Te:** Tiempo de escorrentía (min)

**Tr:** Tiempo de recorrido (del flujo dentro de la alcantarilla) (min)

### 3.2.6. Obras Complementarias

#### 3.2.6.1. Sumideros

Son estructuras encargadas de recoger la escorrentía de las calles, ubicándose a lado y lado de la calle y en la esquina aguas debajo de cada manzana.

La entrada a la red del alcantarillado debe hacerse en los pozos de revisión, cada sumidero estará conectado directamente o a través de otro sumidero con el pozo respectivo por medio de una tubería cuyo diámetro mínimo es de 160 mm.

Se los considera parte esencial de cualquier red de alcantarillado pluvial, cuya frecuencia de limpieza depende de las condiciones locales, tales como la capacidad del sumidero, la cantidad de sólidos retenidos en los mismos. Sin embargo cuando éstos estén llenos, aproximadamente la mitad, la eficiencia de retención de sólidos se reduce considerablemente, por lo que son arrastrados a la alcantarilla.

### 3.2.6.2. Pozos de revisión

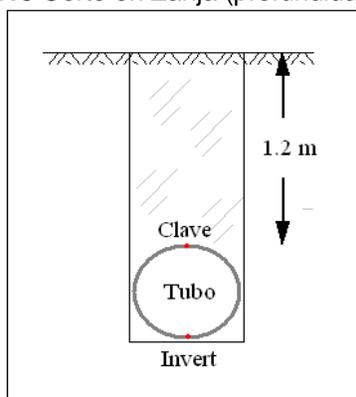
Se colocaron pozos al inicio de tramos de cabecera, en cambios de pendiente, cambios de dirección y sección. La máxima distancia entre pozos será de 100 m.

En pozos de salto interior con desniveles de  $h \leq 0.7\text{m}$  ( $h$ =altura) se aceptara para tuberías de diámetros menores o iguales a 300mm; para el caso contrario en caídas mayores 0.7m, se proyectara caídas externas con o sin colchón de agua, mediante estructuras especiales (8).

### 3.2.6.3. Profundidades

La red está diseñada a profundidades que permita la evacuación de las aguas lluvias. En todo caso la profundidad mínima sobre la clave del conducto será de 1,20 m. Con estas alturas se garantiza la evacuación de las aguas, y posibles daños por efectos de tráfico.

**Figura 4.13** Corte en Zanja (profundidad mínima)



Fuente: El Autor

### 3.2.6.4. Descarga

La red de alcantarillado pluvial se descargara en la quebrada "Sin Nombre" se ubica al lado sur- este esta agua eliminará sin ningún tratamiento.

El diseño hidráulico de la red de alcantarillado pluvial se podrá ver en el Anexo 6.



## DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED

En los apartados anteriores se ha descrito todos los datos y parámetros de diseño para el alcantarillado pluvial, a continuación se realiza un ejemplo de cálculo del diseño hidráulico de la red.

DATOS			
Calle	Del Cementerio		
Tramo numero 3	Pozo inicial: 11	Pozo Final: 12	
Longitud	L	64	m
Tiempo de escorrentía	Te	15	min
Área parcial	Ap	0.204	Ha
Área acumulada	Aac	0.204	Ha
Tiempo de flujo del tramo	Tf1	0.66	min
Coeficiente de escurrimiento	C	0.32	
Periodo de retorno	Tr	5	años
Velocidad máxima	Vmax	5.00	m/s
Velocidad mínima	Vmin	0.90	m/s

### Tiempo de concentración

$$T_c = T_e + T_{f_1}$$

$$T_c = 15 \text{ min} + 0.66 \text{ min}$$

$$T_c = 15.66 \text{ min}$$

### Área equivalente parcial

$$A_{eq_p} = A_{ac} \times C$$

$$A_{eq_p} = 0.204 \times 0.32$$

$$A_{eq_p} = 0.070$$



### **Área equivalente acumulada**

$$A_{eq_{ac}} = A_{ac} \times C$$

$$A_{eq_{ac}} = 0.016 \times 0.032$$

$$A_{eq_{ac}} = 0.023 \text{ Ha}$$

### **Intensidad**

$$I = 76.133 \times t^{-0.3477} \times I_d$$

$$I = 137.27 \times 15,66^{-0,3477} \times 3.5 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \div 0.36$$

$$I = 284.37 \frac{\text{l}}{\text{s} \times \text{Ha}}$$

### **Caudal**

$$Q = I \times A_{eq_{ac}}$$

$$Q = 284.37 \frac{\text{l}}{\text{s} \times \text{Ha}} \times 0.204 \text{ Ha}$$

$$Q = 65.40 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

### **Diámetro**

$$D = 350 \text{ mm}$$

### **Pendiente**

$$J = \frac{C_i - C_f}{L} \times 1000$$

$$J = \frac{909.72 \text{ msnm} - 906.40 \text{ msnm}}{64.00 \text{ m}} \times 1000$$



$$J = 52 \text{ ‰}$$

### **Velocidad a sección llena**

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

$$V = \frac{1}{0.011} \times \left(\frac{0.350 \text{ m}}{4}\right)^{2/3} \times 0.050^{1/2}$$

$$V = 4.08 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### **Caudal a sección llena**

$$Q = V \times A_{\text{tubo}} \times 1000$$

$$Q = 4.03 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{\pi(0.350\text{mm})^2}{4} \times 1000$$

$$Q = 392 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

### **Relación: q / Q:**

$$\frac{q}{Q} = \frac{65.40 \frac{\text{l}}{\text{s}}}{392 \frac{\text{l}}{\text{s}}}$$

$$\frac{q}{Q} = 0.167$$

Las relaciones: Velocidad real y velocidad a tubo lleno, lámina de agua y diámetro interno de la tubería, radio hidráulico de la sección de flujo y radio hidráulico a tubo lleno, profundidad hidráulica de la sección de flujo y diámetro interno de la tubería, se los obtiene de la tabla de relaciones hidráulicas (López C; 1999) en función de q/Q; por lo tanto:



Para hallar el valor de la relación  $v/V$  ubicarse en la tabla de la página siguiente, en donde encontrara las relaciones respectivas para algunos valores de  $q/Q$ .

**Velocidad real de circulación en la tubería =  $v$ :**

$$v = \frac{v}{V} (\text{leído en tabla}) \times V$$

$$v = 0.233 \times 3.03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = 0.708 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**Desnivel**

$$H = J \times L \div 1000$$

$$H = \frac{50 \times 64,00}{1000}$$

$$H = 1.29 \text{ m}$$

**Cotas**

Cotas # 11:  $C_t = 911,75$  msnm y  $C_p = 909,72$  msnm

Cotas # 12:  $C_t = 908,47$  msnm y  $C_p = 906,40$  msnm.

# **CAPÍTULO**

## **PLANTA DE TRATAMIENTO**



## 4.1 INTRODUCCION

Las aguas residuales son todas las aguas que han sido contaminadas al ser usadas por las personas en sus actividades diarias.

Las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. Estas aguas por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales.

Los inconvenientes más graves que producen las aguas residuales es que si no reciben ningún tratamiento y simplemente son descargadas al medio ambiente pueden provocar problemas de salud a los habitantes de poblaciones cercanas. Además, si se evacúan las aguas negras a un cuerpo de agua, los materiales se depositarán en el fondo, impidiendo el crecimiento de las plantas acuáticas. Asimismo, la materia orgánica biodegradable ocupará el oxígeno del agua, causando la extinción de plantas y animales acuáticos, y generando malos olores y sabores.

Para asegurarnos que las aguas residuales no representen un peligro para el medio ambiente es necesario aplicar sistemas de tratamiento. La operación de eliminación de contaminantes se dificulta ya que una parte se encuentra en forma de solución y otra en suspensión. Para eliminar estos elementos existen distintos procedimientos que al aplicarse producen distintos grados de purificación de las aguas contaminadas.

## **4.2 NECESIDADES DEL TRATAMIENTO Y OBJETIVOS**

Una planta de tratamiento de aguas residuales se diseñara para retirar de las aguas contaminadas las cantidades de solidos orgánicos e inorgánicos que permiten su disposición.

Se diseña una planta de tratamiento (PT) para cumplir los siguientes objetivos:

- Reducir las concentraciones de contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas provenientes de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui.
- Cumplir con las normas y requisitos mínimos definidos por la, Normativa Ecuatoriana de descarga de Aguas residuales vigentes en la actualidad.
- La prevención de enfermedades.
- La conservación de las fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico.

## **4.3 PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales son trasportadas desde su punto de origen hasta la planta de tratamiento mediante tuberías; al ser un sistema separado de la las aguas lluvias, esto significa mayor eficiencia ya que permite mayor flexibilidad en el trabajo de la planta depuradora.

En nuestro país, las aguas residuales o negras procedentes de los sistemas de alcantarillado, (en la mayoría de los casos) se descargan en corrientes naturales, sin previo tratamiento. Las aguas servidas están constituidas aproximadamente por un 99,0 % de agua y 1,0 % de materia extraña, material solido suspendido. Este 1,0 % presenta una parte orgánica, medida por la DBO5 (demanda bioquímica de oxigeno), y otra inorgánica. La DBO5 es la cantidad de oxigeno empleado por los microorganismos durante cinco días aproximadamente para descomponer la materia orgánica en el agua residual, con temperatura a 20°C. Adicionalmente, es un indicador de purificación del agua después de ser tratada.

El tratamiento de las aguas servidas, inicia con la separación de material sólido a

través de rejillas o desarenadores; continuando con el proceso de conversión del material biológico disuelto en material sólido. Esto depende de las características del agua a tratar, la calidad que requiere el efluente, la disponibilidad de terreno, costos y de operación del sistema.

En nuestro proyecto, el área donde se va a construir la depuradora de aguas residuales por un lado de esta atraviesa la quebrada de "Sin Nombre", en donde actualmente se realiza la descarga de las aguas residuales, sin previo tratamiento.

La elección de un sistema de tratamiento se realiza en función de posibles soluciones técnicas y costos. Los tratamientos de aguas residuales se clasifican en:<sup>4</sup>

#### **a. Tratamiento Primario**

Es el conjunto de procesos que permiten eliminar un gran porcentaje de sólidos en suspensión y materia inorgánica. Esta etapa se realiza expresamente con medios mecánicos y en la mayoría de los casos es el único tratamiento que se les da a las aguas residuales.

#### **b. Tratamiento Secundario**

Es el conjunto de procesos que completan la disminución de sólidos en suspensión y DBO5 realizada por medios físicos en el tratamiento primario. Permiten reducir el contenido en materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales.

Un tratamiento secundario remueve aproximadamente 85% de la DBO y los SS aunque no remueve cantidades significativas de nitrógeno, fósforo, metales pesados, y parte de la materia orgánica que no fue degradada por el tratamiento secundario.

---

<sup>4</sup> Manual de saneamiento, vivienda, agua y desechos sólidos RIASCOS, Raúl. 1998 Capítulo 4 Tratamiento de aguas negras



### c. Procesos Terciarios o Complementarios

Este tratamiento se lo realiza cuando se requiere un nivel más elevado de purificación, se puede eliminar hasta el 99 % de los sólidos suspendidos, usando métodos como: osmosis inversa, electrólisis. Son un grupo de métodos diversos que permiten el tratamiento de la materia sedimentada.

Para eliminar los organismos patógenos existen procesos auxiliares que hacen uso de aparatos cloradores. Estos métodos garantizan la reutilización del agua.

**Tabla N° 11:** Tipos de tratamientos de acuerdo al proceso

	<b>SE UTILIZAN</b>	<b>PARA</b>
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>	Rejillas Cribas Trituradores mecánicos	Remover materia gruesa flotante y en suspensión
	tanques de flotación o Desarenadores Tanques Sedimentadores	Remover grasas y aceites
	Desarenadores Tanques sedimentadores de acción simple, química Tanque séptico Tanque Imhoff	Remover materias sedimentables
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIOS</b>	Bombas y tuberías para irrigación superficial Tanques con arena	Remover y estabilizar materia por dispersión y filtración verdadera
	Lechos de contacto sobre piedra y madera Filtros rociadores Lodos activados	Remover y estabilizar materia en condiciones aerobias y mediante contacto con organismos vivos.
<b>PROCESOS COMPLEMENTARIOS</b>	Digestores Calentadores	Acondicionar los lodos
	Precipitadores Lechos de secado Incineradores	Disponer finalmente los lodos

**Fuente:** Manual de saneamiento, vivienda, agua y desechos.

## 4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS – QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

### a. Temperatura

La temperatura es un parámetro importante en el tratamiento de aguas residuales porque influye en el desarrollo de los procesos biológicos y en las reacciones químicas. La temperatura del agua residual es generalmente más alta que la del suministro, debido a la adición de agua caliente procedente de las casas y de las actividades industriales.

### b. Sólidos totales

Representan la materia orgánica e inorgánica que se encuentra en el agua residual luego de que ha sido sometida a un proceso de evaporación, se consideran principalmente el polvo, arcillas y grasa.

La concentración de sólidos indica la cantidad de lodos que se producirán diariamente en condiciones normales de operación, también indican la turbiedad debido a los sólidos no filtrables. (Metcalf & Eddy, 1995).

### c. Sólidos en suspensión

Las aguas residuales generalmente contienen materiales en suspensión ya sea de origen orgánico o mineral. Los sólidos en suspensión es la fracción de los sólidos totales retenidos en un filtro específico medido después de que ha sido secado a una temperatura específica. Este tipo de sólidos dan lugar al desarrollo de depósitos de fango y condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual en el entorno acuático. (Metcalf & Eddy, 1995).

### d. Sólidos disueltos

Están compuestos por moléculas que se encuentran en disolución en el agua residual.

**e. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad de oxígeno necesaria para biodegradar la materia orgánica (degradación por microorganismos). La DBO es el parámetro más usado al momento de medir la calidad de las aguas residuales ya que permite apreciar la carga de agua en materias putrescibles y su poder auto depurador.

Este indicador se aplica principalmente en el control del tratamiento primario en las estaciones depuradoras y en evaluar el estado de degradación de los vertidos que tengan carga orgánica. Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de materia orgánica de aguas residuales es el ensayo de DBO que normalmente se mide en un período de incubación de 5 días (DBO<sub>5</sub>) a 20 °C.

**f. Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno consumida por las materias oxidables presente en el agua. La DQO corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato de permanganato en medio ácido.

**g. Características biológicas**

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano. Los indicadores biológicos más representativos incluyen:

**h. Coliformes fecales y coliformes de origen no fecal.**

Los coliformes son especies de organismos que indican contaminación por desechos humanos y animales (Metcalf & Eddy, 1996). Es importante mencionar que el grupo Coliformes Fecales están compuestos de varias cepas de bacterias, donde se encuentra el Escherichia Coli.

## **i. Grasas**

Las grasas son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal presentes en las aguas residuales domésticas debido al uso de manteca y grasa en cocinas. Las grasas pueden provocar problemas en determinadas partes del tratamiento provocando mal olor y formaciones de espuma que inhiben la vida de los microorganismos.

### **4.5 SELECCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Para determinar el proceso más adecuado de tratamiento de las aguas residuales de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui, se consideró criterios adoptados de autores españoles, que son fundamentales a la hora de la toma de decisión en la gestión de aguas residuales:

#### **Salud pública**

- Valores admisibles de vertidos recogidos en la legislación

#### **Reutilización**

- Irrigación
- Acuicultura
- Recarga de acuíferos

#### **Consideraciones medioambientales**

- Eutrofización en aguas receptoras
- Contaminación de playas
- Impactos en flora y fauna

#### **Molestias a la población**

- Ruidos



- Olores
- Paisaje
- Insectos

### **Facilidad de operación**

- Necesidad de personal calificado
- Mantenimiento de equipos
- Probabilidad de fallos y roturas
- Flexibilidad de tratamiento

### **Costos**

- Instalación de la planta
- Mantenimiento
- Costos energéticos

## **4.6 CRITERIOS DE SELECCIÓN**

La selección de los posibles sistemas de depuración debe pasar por una primera etapa de preselección, donde circunstancias específicas de cada lugar , población, superficie, grado de depuración exigida, limitaciones económicas, tipo de agua a tratar y otras características, haga viable o desechable alguna de las alternativas propuestas.

Se presenta en la Tabla N°: 12 y 13 los campos poblacionales de aplicación y a la superficie necesaria por habitante para cada una de las alternativas posibles.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades. COLLADO L, 1999



**Tabla N° 12:** Campo poblacional de aplicación de las diferentes alternativas de depuración.

ALTERNATIVA	POBLACION EQUIVALENTE							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	>10000
Fosa Séptica	+++	++	+					
Tanque Imhoff	+++	+++	++	+				
Zanja Filtrante	+++	+++	+++	++	++	+		
Lecho Filtrante	+++	+++	+++	++	++	+		
Filtro de Arena	+++	+++	+++	++	+			
Lecho de Turba	++	+++	+++	+++	+++	++	+	
Pozo Filtrante	+++	+++	+++	++	++	+		
Filtro Verde	+	++	+++	+++	+++	++	++	+
Lecho de Juncos	+	++	+++	+++	+++	++	+	+
Filtración Rápida	+	++	+++	+++	+++	++	+	+
Escurrimiento Superficial	++	+++	+++	+++	++	+	+	+
Laguna Aireada			+	++	+++	+++	+++	+++
Laguna Aerobia	+	+	++	+++	+++	+++	++	++
Laguna Facultativa	+	++	+++	+++	+++	+++	++	++
Laguna anaerobia	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++
Laguna anaerobia Modificada				++	++	+++	+++	++
Lecho Bacteriano	+	++	+++	+++	++	++	++	++
Biodisco			+	+	++	+++	+++	+++
Aireación Prolongada	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++
Canal de Oxidación				++	+++	+++	+++	+++
Tratamiento Físicoquímico		+	+	++	+++	+++	+++	++

**Fuente:** Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada; pág. 105



**Tabla N° 13:** Superficie necesaria en cada alternativa

ALTERNATIVA	SUPERFICIE NECESARIA (m2/hab)
Fosa Séptica	0.10 - 0.50
Tanque Imhoff	0.05 - 0.10
Zanja Filtrante	6 – 66
Lecho Filtrante	2 – 25
Filtro de Arena	1 – 9
Lecho de Turba	0.60 - 1.00
Pozo Filtrante	1 – 14
Filtro Verde	12 – 110
Lecho de Juncos	2 – 8
Filtración Rápida	2 – 22
Escurrimiento Superficial	5 – 15
Laguna Aireada	1 – 3
Laguna Aerobia	4 – 8
Laguna Facultativa	2 – 20
Laguna anaerobia	1 – 3
Laguna anaerobia Modificada	1 – 5
Lecho Bacteriano	0.50 - 0.70
Biodisco	0.50 - 0.70
Aireación Prolongada	0.20 - 1.00
Canal de Oxidación	1.20 - 1.80
Tratamiento Físicoquímico	0.10 - 0.20

**Fuente:** Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada; pág. 105

Para la selección del tratamiento se comparara varios aspectos entre ellos:

- Superficie necesaria
- Simplicidad de la construcción
- Mantenimiento y explotación
- Costos de construcción
- Costos de explotación y mantenimiento
- Rendimientos
- Estabilidad
- Impacto ambiental



➤ Producción de fangos

**Tabla N° 14: SUPERFICIE NECESARIA**

Demanda de área (m2/hab)	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
	0.60 - 1.00	2.0 - 8.0	2.0 - 20	1.0 - 3.0	0.5 - 0.7	0.5 - 0.8
Superficie Necesaria (m2)	587	4696	11740	1761	410,9	410,9
Calificación	6	3	1	4	10	10
Nota	8,00	3,00	1,00	4,00	10,00	10,00

Fuente: Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada.

**Tabla N° 15: COSTO DEL SISTEMA USD / hab**

	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
Costo (USD \$/Hab)	170 \$/hab	200 \$/hab	100 \$/hab	45 \$/hab	250 \$/hab	260 \$/hab
Calificación	8	5	5	5	10	9
<b>Nota</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>9</b>

Fuente: Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada.

**Tabla N° 16: COSTO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA USD\$ / hab x año**

	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
Costo (USD \$/Hab x año)	10 \$/hab x año	15 \$/hab x año	10 \$/hab x año	1.2 \$/hab x año	12 \$/hab x año	20 \$/hab x año
Calificación	8	2	2	4	9	8
<b>Nota</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>8</b>

Fuente: Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada.

**Tabla N° 17: RENDIMIENTOS DE DEPURACIÓN**

	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
DBO5	60% - 85%	60% - 92%	60% - 95%	50% - 85%	60% - 95%	70% - 97%
Calificación	5	7	8	5	8	10
DQO	60% - 75%	55% - 80%	50% - 85%	20%	68% - 81%	70% - 85%
Calificación	5	5	5	2	7	8
SS	85% - 90%	56% - 95%	49% - 90%	60% - 80%	52% - 90%	75% - 97%
Calificación	7	8	7	6	8	9
Fosforo total	20% - 25%	20% - 40%	10% - 35%	10%	5% - 30%	10% - 35%
Calificación	2	3	2	1	4	2
Nitrógeno Total	20% - 70%	25% - 65%	60%	30%	15% - 70%	30% - 80%



Calificación	5	4	4	2	5	6
Coliformes Fecales	99% - 99.5%	99% - 99.5%	99% - 99.9%	99% - 99.9%	80% - 90%	99% - 99.9%
Calificación	10	10	10	10	9	10
Total	34	37	36	26	41	45
<b>Nota</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>9</b>

Fuente: Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada.

Tabla N° 18: PRODUCCION DE FANGOS

	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
Producción de Fangos	0.5 - 1 (l/m3)	-	1.2 - 1.6 (l/m3)	1 - 2 (l/m3)	1 - 3 (l/m3)	3 - 4 (l/m3)
Recogida de Fangos	> 1 año	-	5 años	5 años	< 6 meses	6 mese
Calificación	8		9	10	3	4
<b>NOTA</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Fuente: Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada.

Tabla N° 19: OPERACION Y MANTENIMIENTO

	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
Simplicidad Funcional	Simple	Muy Simple	Simple	Simple	Complejo	Complejo
Calificación	8	10	8	8	7	7
Personal Necesario	Medio	Medio	Poco	Poco	Medio	Mucho
Calificación	7	7	10	10	7	4
Duración Control	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto
Calificación	10	10	10	10	4	4
Frecuencia de Control	Razonablem e Frecuente	Poco Frecuente	Poco Frecuente	Poco Frecuente	Frecuenteme nte	Frecuenteme nte
Calificación	7	8	8	8	4	4
Total	32	35	36	36	22	19
<b>Nota</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

Fuente: Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada.



**Tabla N° 20: SIMPLICIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN**

	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
Movimiento de Tierras	A	B	C	C	A	A
Calificación	10	7	5	5	10	10
Obra Civil	B	B	A	A	B	C
Calificación	7	7	10	10	8	7
Equipos	A	A	A	A	B	C
Calificación	10	10	10	10	8	5
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>22</b>
<b>NOTA</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>

**A:** Proceso constructivo muy simple

**C:** Proceso constructivo complicado

**B:** Proceso simple

**D:** Proceso constructivo muy complicado

**Tabla N° 21: IMPACTO AMBIENTAL**

	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
Olores	<b>PN</b>	<b>PA</b>	<b>PN</b>	<b>PN</b>	<b>PA</b>	<b>PA</b>
Calificación	4	6	4	4	6	6
Ruido	<b>PI</b>	<b>PI</b>	<b>PI</b>	<b>N</b>	<b>PI</b>	<b>PI</b>
Calificación	10	10	10	4	10	10
Insectos	<b>PN</b>	<b>PN</b>	<b>PN</b>	<b>PN</b>	<b>PA</b>	<b>PI</b>
Calificación	4	4	4	4	6	10
Integración - Entorno	<b>N</b>	<b>B</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>N</b>
Calificación	4	7	4	4	7	4
Riegos - Salud	<b>Me</b>	<b>A</b>	<b>Me</b>	<b>Me</b>	<b>Ba</b>	<b>Me</b>
Calificación	5	2	5	5	10	5
Efectos del Suelo	<b>PI</b>	<b>PN</b>	<b>PN</b>	<b>PN</b>	<b>PI</b>	<b>PF</b>
Calificación	10	4	4	4	10	4
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>49</b>	<b>39</b>
<b>NOTA</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>7</b>

**B:** Buena

**PI:** Problema Inexistente

**A:** Alto

**PF:** Problema Frecuentemente

**N:** Normal

**PA:** Problema Atípico

**Me:** Medio

**M:** Mal

**PN:** Problema Normal

**Ba:** Bajo

**PF:** Problema Frecuentemente



**Tabla N° 22: MATRIZ FINAL DE SELECCIÓN DEL SISTEMA**

	Lecho de Turba	Lechos de Juncos	Laguna Facultativa	Lagunas Anaerobias	Lechos Bacterianos	Biodisco
Superficie Necesaria	8,00	3,00	1,00	4,00	10,00	10,00
Costo del Sistema \$/ hab	8,00	5,00	5,00	5,00	10,00	9,00
Costo de Mantenimiento del Sistema \$/ hab x año	8,00	2,00	2,00	4,00	9,00	8,00
Rendimientos de Depuración	5,00	6,00	6,00	3,00	8,00	9,00
Producción de fangos	8,00	0,00	9,00	10,00	3,00	4,00
Operación y Mantenimiento	7,00	8,00	8,00	8,00	5,00	3,00
Simplicidad de la Construcción	9,00	5,00	6,00	6,00	8,00	4,00
Impacto Ambiental	6,00	5,00	4,00	3,00	9,00	7,00
<b>TOTAL</b>	<b>57,00</b>	<b>34,00</b>	<b>41,00</b>	<b>43,00</b>	<b>62,00</b>	<b>54,00</b>

Fuente: Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Obra Citada.

## 4.7 SISTEMA ADOPTADO PARA LA CABECERA PARROQUIAL DE NUEVA TARQUI

### 4.7.1 Matriz de selección final

La matriz de selección final corresponde a varios sistemas de depuración de aguas residuales por varios métodos con cada una de las variables analizadas en las matrices de selección.

Esta matriz sirve para asignar la puntuación a cada variable, y de esta forma, el más alto puntaje obtenido de la sumatoria algebraica de cada columna dará el sistema más apropiado para proyecto. De la tabla anterior se puede analizar y comparar las tecnologías seleccionadas y llegar a concluir, que sistema de depuración más adaptable a las condiciones de terreno, agua residual, tipo de suelo, área disponible, costos de construcción, operación y mantenimiento, etc., el tratamiento a escogerse es el de procesos biológicos de Lechos Bacterianos obteniendo una puntuación de 62/70 puntos.

Con lo expuesto anteriormente, se pretende que el tratamiento sea eficiente y de menor área posible y realice la depuración deseada sin que se eleven los costos

de operación y mantenimiento.

El sistema de depuración escogida para este proyecto (Lechos Bacterianos) constara de las siguientes estructuras que ayudaran a que el proceso sea más eficiente los cuales son:

- Estructura de Entrada
- Cribado o rejas (Finas y Gruesas)
- Desarenador
- Desengrasador
- Decantador primario
- Filtro biológico
- Decantador secundario
- Eras de sacado

Estas unidades han sido tomadas en función de los siguientes criterios:

- Los tratamientos primarios, no resuelven más que de un modo parcial la depuración de las aguas residuales, y por tanto deberá formar parte de un sistema de depuración más amplio.
- El empleo del desbaste y recogida de grasas y aceites, influye directa y positivamente en el funcionamiento del conjunto de unidades destinadas al tratamiento.
- El tratamiento biológico está proyectado a la reducción de la DBO, pero es también capaz de eliminar, en cierta medida, microorganismos patógenos.
- El tanque decantador constituye la protección del lecho bacteriano. Así mismo, está diseñado para realizar alguna digestión anaeróbica de los sólidos retenidos, y almacenar por un cierto tiempo los sólidos ya digeridos.
- El tratamiento biológico se usa esencialmente para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables (coloidales o disueltas) presentes en el agua residual. Básicamente, estas sustancias se transforman en gases que



pueden escapar a la atmósfera y en tejido celular biológico que puede posteriormente eliminarse por sedimentación.

- El proceso biológico, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir cerca de un 85% la DBO5.
- Las bacterias son las encargadas de depurar la materia orgánica.

#### 4.8 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DEPURACIÓN

A continuación se hace una descripción de cada una de las etapas de tratamiento por las que el efluente pasara para luego ser descargado hacia el cuerpo de agua dulce.

- a. **Recepción:** Las aguas residuales generadas por los habitantes serán conducidas a través del colector hasta una estructura de llegada que funcionará como una unidad reguladora de caudal.
- b. **Pre tratamiento:** En la planta de tratamiento resulta necesario un pre tratamiento, que permita la remoción de sólidos que puedan obstruir sistemas de transporte, o interferir en el desarrollo de los procesos posteriores. Con el pre tratamiento se elimina la parte de polución más visible: cuerpos voluminosos, trapos, palos, hojas, arenas, grasas y materiales similares, que llegan flotando o en suspensión desde el colector de entrada.
- c. **El desbaste:** Se llevará a cabo mediante rejas formadas por barras inclinadas, que interceptarán el flujo de la corriente de agua residual en el canal de entrada a la estación depuradora. Su misión es retener y separar los sólidos más voluminosos, a fin de evitar las obstrucciones en los equipos mecánicos de la planta y facilitar la eficacia de los tratamientos posteriores. Estas rejas tendrán dimensiones entre (50 a 100) mm de separación de los barrotes (desbaste grueso) y dispondrán de un sistema de limpieza manual que deberá recoger lateralmente la materia retenida.
- d. **El desarenador:** Se sitúa después del desbaste y tienen como objetivo el



extraer del agua bruta las partículas minerales de tamaño superior a 200 micras. El funcionamiento técnico del desarenado reside en hacer circular el agua en una cámara de tal forma que la velocidad sea reducida al punto de permitir la deposición de arena al fondo. Normalmente, esta arena sedimentada queda desprovista casi en su totalidad de materia orgánica y es evacuada a las eras de secado.

- e. **Tratamiento Primario:** Se entiende por tratamiento primario aquel proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pre tratamiento. El objeto de este tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y una reducción del DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. El proceso principal del tratamiento primario es la decantación, utilizando la fuerza de gravedad que hace que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen sedimentándose. El tratamiento primario permite eliminar aproximadamente el 90% del materia decantable y el 65% de la materia en suspensión; se consigue también una disminución de la DBO de alrededor del 35%.
- f. **Tratamiento Secundario o Biológico:** El objetivo del tratamiento biológico es convertir la materia orgánica fina coloidal y disuelta en el agua residual en flóculos biológicos sedimentables y sólidos inorgánicos que puedan ser removidos por el decantador secundario. El tratamiento secundario que se va a emplear consiste de un proceso biológico aeróbico seguido por decantación secundaria. El proceso biológico se llevara a cabo por el proceso denominado de lechos bacterianos o filtros percoladores.
- g. **Los lechos bacterianos o filtros percoladores** son tanques rellenos de piedra o materiales sintéticos de alta relación área/volumen que forman un filtro con un gran volumen de huecos sobre el cual son aplicadas las aguas residuales por medio de brazos distribuidores. Alrededor de este lecho de piedra se encuentra adherida una población bacteriana que descompone las



aguas residuales a medida que estas percolan hacia el fondo del tanque. Después de algún tiempo, la capa bacteriana adquiere exceso de espesor y se desprende del lecho de piedras y pasa al decantador secundario donde se efectúa la separación de los lodos formados. El agua residual se rocía sobre el lecho filtrante mediante un brazo giratorio provisto de surtidores dando lugar a la formación de la película bacteriana que recubre los materiales filtrantes. Esta película está formada por bacterias, protozoos y hongos alimentados por la materia orgánica del agua residual. Al fluir sobre la película, la materia orgánica y el oxígeno disueltos son extraídos; el oxígeno disuelto en el líquido se aporta por la absorción del aire que se encuentra entre los huecos del lecho. El material del lecho debe tener una gran superficie específica y una elevada porosidad, y suelen emplearse piedra calizas, grava, escoria o bien materiales plásticos artificiales de diversas formas. Este tipo de tratamiento garantizará la remoción de sustancias orgánicas que presenten tamaño coloidal inferior a aproximadamente (85 a 95) % de los  $\text{DBO}_5$  y sólidos suspendidos. Para la planta de tratamiento se propone el diseño de lechos bacterianos de carga alta, en los cuales se empleará recirculación para crear una carga hidráulica homogénea, diluyendo por otra parte los  $\text{DBO}_5$  influentes. Este sistema, además de presentar un alto rendimiento en la remoción del DBO evita en gran medida el problema de generación de olores y la presencia de moscas. Para el caso de la planta de tratamiento de aguas se utilizará dos decantadores rectangulares de aproximadamente 6 m de largo y un filtro o lecho bacteriano de 7 m.

- h. Línea de Fangos:** En un tratamiento biológico de aguas residuales se obtienen volúmenes considerables de lodos. A estos fangos hay que someterlos a procesos que reduzcan su facultad de fermentación y volumen. Las características de los fangos son consecuencia del uso que se haya dado a las aguas. Los fangos de depuración se producen por sedimentación en el proceso de pre tratamiento de manera parcial, y principalmente en los decantadores primarios y secundarios del proceso de tratamiento. Por un lado, las partículas sólidas más gruesas se depositan en el fondo del decantador primario y forman



los fangos primarios. Las partículas más finas y disueltas se fijan y metabolizan por las bacterias que se multiplican en presencia de oxígeno durante la operación de aireación. Esta biomasa bacteriana se separa en el decantador secundario para producir los lodos secundarios. Una parte de esta biomasa se recircularía a un reactor biológico, la otra se extraería constituyendo los fangos biológicos en exceso. El tratamiento de los fangos depende de su composición y de las características del agua residual del que proviene. Para esta planta de tratamiento las fases del proceso de tratamiento y evacuación de fangos serán: concentración o espesamiento, acondicionamiento, secado, disposición final. El tratamiento de los fangos se realizará en función de las disponibilidades económicas, destino final previsto, existencia de espacio. La misión del espesamiento de los fangos es concentrarlos para hacerlos más densos, reduciendo el volumen global para facilitar el manejo de los mismos y abaratar los costes de las instalaciones posteriores. Un espesador es un depósito cilíndrico terminado en forma cónica. Normalmente, el fango que llega a estos espesadores es de tipo mixto. Estos suelen tener un cono de descarga de gran pendiente para una concentración de hasta (5 a 10) %. Los fangos urbanos y muchos industriales tienen una estructura coloidal que los hace poco filtrables a la hora del secado posterior a la digestión, por lo que el sistema de filtración consigue un bajo rendimiento. Para evitar este inconveniente se añade a los fangos reactivos floculantes que rompen la estructura coloidal y le confiere otra de carácter granular de mayor filtrabilidad. El reactivo que se utilizará será con cal viva ( $\text{CaO}$ ) o cal apagada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). El objetivo del secado es eliminar agua del fango para convertirlo en una pasta sólida fácilmente manejable y transportable. El sistema depende de la cantidad de fango y del terreno disponible. El sistema que se propone para la planta de tratamiento es el de Eras de Secado por su simplicidad y bajo costo. Este procedimiento consiste en la disposición de los fangos a secar sobre una superficie al aire libre dotada de un buen drenaje. La altura de la capa extendida varía según las características del fango. Para fangos urbanos digeridos se disponen capas de (20 a 30) cm. La superficie de las Eras varía en función del clima de la zona. La



torta de fangos se suele secar cuando la humedad de la misma desciende por debajo del 40%. Un puente rascador que se mueve sobre unos carriles pueden emplearse en la extracción de la torta de fango. Esta, una vez seca, se transportará a un vertedero para ser luego utilizados como corrector de suelos (aguas exclusivamente urbanas).

#### **4.9 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO**

Al descargar el agua tratada a la quebrada "Sin Nombre", se garantiza que cumple con los requisitos de acuerdo a la normativa del TULAS, de ahí que esto se corrobora en la eficiencia de disminución de la DBO.

Con este tratamiento obtenemos rendimientos del 80%, de ahí que la carga del efluente de acuerdo a los análisis de laboratorio es de 94 mg/l, obteniendo una concentración en el afluente de 25 mg/l, según la normativa, de aquí se concluye que el tratamiento seleccionado es el adecuado para la depuración de las aguas residuales provenientes de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui.

## CALCULO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

### CAUDALES DE DISEÑO

En el diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui, el caudal de diseño está conformado por los siguientes componentes

- Caudal de aguas residuales domesticas
- Caudal de aguas residuales industriales
- Caudal de aguas de infiltración
- Caudal de aguas ilícitas

#### **a. Caudal de aguas residuales domesticas**

De acuerdo a las normas vigentes, el caudal de aguas residuales domesticas esta constituido por un porcentaje que varia entre (70 a 80) % de la dotación de agua potable.

|

$$Q_{AASS} = \frac{4.0 \times Pf \times Df \times 0.80}{86400} \quad \text{Ecu. 4.1}$$

$$Q_{AASS} = \frac{4.0 \times 607\text{hab} \times 120 \text{ l/hab/dia} \times 0.80}{86400}$$

$$Q_{AASS} = 2.70 \text{ l/s}$$

#### **b. Caudal de aguas Industriales**

Dentro de la parroquia de Nueva Tarqui no existe la presencia de ninguna industria, por lo consiguiente en el diseño de esta EDAR no se ha considera este valor.

$$Q_{IND} = 0.00 \text{ l/s}$$

### c. Caudal de aguas de Infiltración

Las aguas de infiltración son aquellas que debido a la presencia de aguas subterráneas y a imperfecciones en las juntas de tubería y colectores, penetran por ellos aportando al caudal normal de circulación.

El caudal de infiltración que se indica a continuación fue tomado del diseño de sistema alcantarillado sanitario.

$$Q_{INF}=2.41 \text{ l/s}$$

### d. Caudal de aguas Ilícitas

Este caudal se debe generalmente a conexiones domiciliarias que llevan aguas lluvias, interconectadas al sistema sanitario, consideramos adecuado estimar una cantidad mínimo de 80 l/hab/día, con el objeto de tomar en cuenta posibles conexiones pluviales que se realicen sin el debido conocimiento de las autoridades respectivas.

Por consiguiente:

$$Q_{ILI}=\frac{80 \text{ l/hab/dia} \times Pf(607)}{86400}$$

$$Q_{ILI}=0.56 \text{ l/s}$$

### e. Caudal Medio

EL caudal medio es la suma de todos los caudales anteriormente calculados

$$Q_{MEDIO}=Q_{AASS} + Q_{IND} + Q_{INF} + Q_{ILI}$$

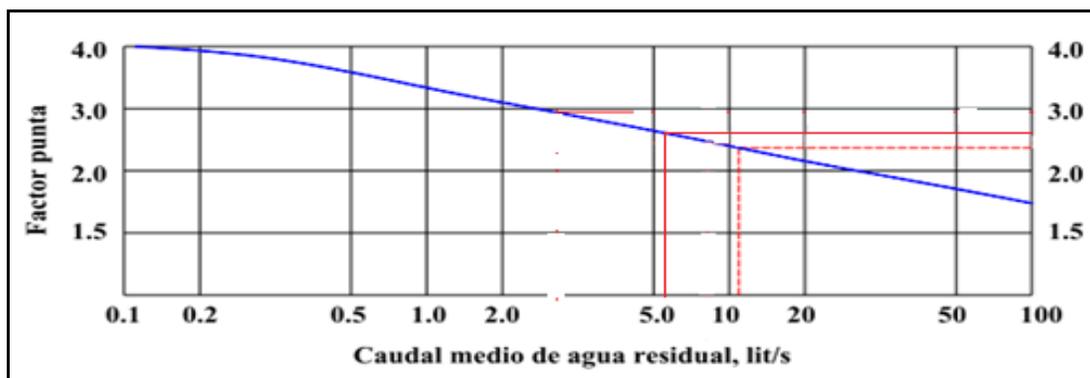
$$Q_{MEDIO}=2.70 + 0,00 + 2.41 + 0.56$$

$$Q_{MEDIO}= 5.67 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

**f. Coeficiente de Punta:**

“Teóricamente, los factores punta (la relación entre el caudal de punta y caudal medio) podrían derivarse o ser estimados para cada uno de los grandes usuarios o para categoría de caudal recogida en la red. Con este procedimiento los caudales medios individuales se multiplicarían para estos factores y los caudales punta resultantes se combinarían para obtener los caudales máximos previsibles. Desgraciadamente, este grado de refinamiento es raramente posible por consiguiente, los factores utilizados deben estimarse mediante la utilización de métodos más generales”.

**Figura 4:** Coeficiente de punta



**Fuente:** Villa, Mercedes. Tesis de grado

Por lo tanto, el coeficiente punta obtenido de la Figura N° 4, es de 2.80

**g. Caudal de Diseño**

El caudal de diseño está dado por el producto entre el caudal medio y el coeficiente de punta, por lo tanto el caudal de diseño está dado por:

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 2.80(Q_{\text{AASS}}) + Q_{\text{IND}} + Q_{\text{INF}} + Q_{\text{ILI}}$$

$$Q_{\text{DISEÑO}} = (2.80 \times (2.70)) + 0.00 + 2.41 + 0.56$$

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 10.53 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

## DIMENSIONES DE LA PLANTA

Las dimensiones de la planta de tratamiento, están diseñadas por unidades. El área requerida para toda la planta la desglosamos para cada una de sus unidades:

### **1. UNIDADES DE PRETRATAMIENTO.**

#### **a. Cajón de entrada**

De acuerdo con la normativa del Ex - IEOS, es indispensable construir a la entrada de la planta un cajón de entrada de la tubería y que además puede servirnos para inspecciones.

Debido al diámetro de llegada del emisario de 200mm hacia la planta, se cree conveniente colocar un pozo o cajón de 0.6 m de ancho por 0.6 m de largo, que tendrá una pantalla para romper la presión de llegada y uniformizar velocidades.

El fondo de este pozo está 15 cm más bajo que el nivel de llegada del emisario (10 a 15) cm según recomendación del Ex – IEOS).

Tiempo de caída:

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2(0.15)}{9.81}} = 0.17 \text{ s} \quad \text{Ecu. 4.2}$$

Dónde:

**t:** Tiempo de caída del chorro (s)

**y:** Altura de caída (m)

**g:** Gravedad específica (m/s)

#### **Distancia a la que debe ir la pantalla**

La velocidad de descarga es de 1.31 m/s.

$$x = v \times t \quad \text{Ecu. 4.3}$$

$$x = 1.31 \times 0.17 = 0.23 \text{ m}$$

Dónde:

- x:** Distancia a la que se debe colocar la pantalla (m)
- v:** Velocidad de salida del flujo desde la tubería (m/s)
- t:** Tiempo de caída del chorro (s)

**Por lo tanto las dimensiones de la pantalla serán**

- Distancia de la pantalla rompe presión adoptada de 0.25m.
- Altura de la pantalla de 0.35m.
- Ancho de la pantalla de 0.30m.

**b. Canal de entrada**

Ancho del canal de entrada adoptado es de 0.40m. (Según Manual de depuración Uralita:  $0.30m < b < 0.70m$ )

**Longitud de transición al canal de entrada**

$$L = \frac{b_1 - b_2}{2 \times \tan(\theta)} \quad \text{Ecu. 4.4}$$

$$L = \frac{0.6 - 0.3}{2 \times \tan(12.5^\circ)} = 0.7 \text{ m}$$

Dónde:

- b1:** Ancho del cajón de llegada (m)
- b2:** Ancho del cajón de entrada (m)
- a:** Angulo de transición (°)
- L:** Longitud de transición (m)

Parámetros tomados en cuenta de diferentes normas y publicaciones.

Este canal será de sección rectangular, con una pendiente adoptada del 1.5% ( $S \geq 0.5\%$  Manual de Depuración URALITA).

El canal se construirá con de hormigón simple, por lo que el coeficiente de rugosidad n de Manning para canales abiertos es de 0.013.

Según la normativa del EX - IEOS, recomienda las siguientes velocidades:

- $V > 0.6$  m/s. (A Caudal Medio  $Q_{med.}$ )
- $V < 2.5$  m/s. (A Caudal Máximo  $Q_{máx.}$ )

### **Verificación para caudal máximo**

$$K = \frac{Q \times n}{b^{8/3} \times S^{1/2}} = \frac{\left(\frac{10.53}{1000}\right) \times 0.013}{0.3^{08/3} \times 0.015^{1/2}} = 0.028 \quad \text{Ecu. 4.5}$$

Canal rectangular, entonces:

$$\frac{d}{b} = 1.66240 \times K^{0.7423}$$

$$d = 1.66240 \times 0.028^{0.7423} \times (0.30)$$

$$d = 0.035 \text{ cm}$$

La velocidad debe mantenerse entre los siguientes límites (0.6 a 3.0) m/s (Manual de depuración Uralita)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0.013} \times \left(\frac{(0.30 \times 0.035)}{0.30 + 2(0.035)}\right)^{2/3} \times \left(\frac{1.3}{100}\right)^{1/2} = 0.87 \frac{m}{s}$$

La velocidad se encuentra dentro de los límites.

### **Verificación de Velocidad para Caudal Medio**

$$K = \frac{Q \times n}{b^{8/3} \times S^{1/2}} = \frac{\left(\frac{5.67}{1000}\right) \times 0.013}{0.3^{08/3} \times 0.015^{1/2}} = 0.015$$

Canal rectangular, entonces:

$$\frac{d}{b} = 1.66240 \times K^{0.7423}$$

$$d = 1.66240 \times 0.015^{0.7423} \times (0.30)$$

$$d = 0.022 \text{ cm}$$

La velocidad debe mantenerse entre los siguientes límites (0.6 a 3.0) m/s (Manual de depuración Uralita)



$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0.013} \times \left( \frac{(0.30 \times 0.022)}{0.30 + 2(0.022)} \right)^{2/3} \times \left( \frac{1.5}{100} \right)^{1/2} = 0.68 \frac{m}{s}$$

La velocidad se encuentra dentro de los límites.

La normativa del Ex - IEOS, recomienda tomar una altura de seguridad  $\geq 0.40$  m, pero, dadas las características hidráulicas de diseño se adopta:

$$h_T = h_s + h + BL$$

$$h_T = 0.4 + 0.013 + 0.1$$

$$h_T = 0.50m$$

Donde:

**h<sub>s</sub>:** Altura de seguridad.

**h:** Corresponde al tirante de agua para el caudal medio.

**BL:** Borde libre por seguridad.

### **Las dimensiones del canal de entrada serán:**

- Ancho del canal: 0.30 m
- Calado del canal: 0.035 m
- Altura del canal: 0.50 m
- Longitud del canal: 1.00 m

### **c. Cribas**

De acuerdo con la normativa del EX – IEOS, es preferible diseñar cribas de limpieza manual, de acuerdo a las recomendaciones que se indican a continuación:

- Se utilizarán barras de sección circular de 10 mm de diámetro.
- El espaciamiento entre barras varía entre 25 mm y 50 mm. Para un mejor rendimiento, se elige adoptar un espaciamiento de 25mm.
- Las dimensiones y espaciamiento entre barras deben mantener la velocidad del canal entre 0.4 m/s y 0.75 m/s, para los caudales: mínimo, medio y entre 0.70 m/s y 2.50 m/s para el caudal máximo.

El ancho en la zona de rejillas vendrá dado por

$$b1 = \left(\frac{c}{s} - 1\right) \times (s + a) + s \quad \text{Ecu. 4.6}$$

$$b1 = \left(\frac{0.30}{0.025} - 1\right) \times (0.25 + 0.010) + 0.025 = 0.41 \text{ m}$$

Dónde:

**c:** Ancho del canal de llegada (0.30m)

**s:** Separación entre barrotes (0.025m)

**a:** Diámetro del barrote (0.010m)

El número de barras vendrá dado por:

$$Nb = \frac{b - s}{a + s} \quad \text{Ecu. 4.7}$$

$$Nb = \frac{0.41 - 0.25}{0.010 + 0.025} = 14 \text{ barras}$$

Dado que en ancho de las rejas es superior al ancho del canal de llegada, es necesario diseñar también una transición que permita reducir al mínimo las pérdidas. El ángulo de transición adoptado de 12.5°, ya que con este ángulo se obtienen pérdidas mínimas en la transición (Manual de depuración Uralita).

$$L = \frac{b1 - b2}{2 \times \text{tang}(\phi)} = \frac{0.3 - 0.45}{2 \times \text{tang}(12.5^\circ)} = 0.34 \text{ m}$$

Es así también importante conocer el comportamiento de la velocidad del flujo al pasar por el canal de cribado con la finalidad de evitar problemas de sedimentación o erosión.

**Verificación de la velocidad para caudal máximo.**

$$K = \frac{Q \times n}{b^{8/3} \times S^{1/2}} = \frac{\left(\frac{10.53}{1000}\right) \times 0.013}{0.45^{8/3} \times 0.015^{1/2}} = 0.026$$



Canal rectangular, entonces:

$$\frac{d}{b} = 1.66240 \times K^{0.7423}$$

$$d = 1.66240 \times 0.009^{0.7423} \times (0.45)$$

$$d = 0.023 \text{ cm}$$

Según las normas del Ex – IEOS, en la rejilla la velocidad a caudal máximo y medio debe estar entre 0.4 y 0.75 m/s

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0.013} \times \left( \frac{(0.45 \times 0.023)}{0.45 + 2(0.023)} \right)^{2/3} \times \left( \frac{1.5}{100} \right)^{1/2} = 0.72 \text{ m/s}$$

La velocidad se encuentra dentro de los límites.

**Verificación de Velocidad para Caudal Medio:**

$$K = \frac{Q \times n}{b^{8/3} \times S^{1/2}} = \frac{\left( \frac{5.67}{1000} \right) \times 0.013}{0.45^{8/3} \times 0.015^{1/2}} = 0.005$$

Canal rectangular, entonces:

$$\frac{d}{b} = 1.66240 \times K^{0.7423}$$

$$d = 1.66240 \times 0.005^{0.7423} \times (0.45)$$

$$d = 0.015 \text{ cm}$$

Según las normas del Ex – IEOS, en la rejilla la velocidad a caudal máximo y medio debe estar entre 0.4 y 0.75 m/s.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0.013} \times \left( \frac{(0.45 \times 0.005)}{0.45 + 2(0.005)} \right)^{2/3} \times \left( \frac{1.5}{100} \right)^{1/2} = 0.54 \text{ m/s}$$

La velocidad se encuentra dentro de los límites.

**Tabla N° 23:** Pérdidas de Energía en la Rejilla (Según Kirshmer)

$\beta$	Tipo de Barra
2.42	Rectangular con cara recta
1.67	Rectangular con cara recta y semicircular
1.79	Circular

**Fuente:** Manual de depuración Uralita

Por lo tanto, para nuestro diseño  $\beta=1.79$

Pérdida de energía

$$h_v = \frac{v^2}{2g} = \frac{0.64^2}{2 \times (9.81)} = 0.026 \text{ m} \quad \text{Ecu. 4.8}$$

De acuerdo con la normativa del Ex - IEOS: El ángulo de inclinación de las barras será entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal. Se adopta un ángulo  $\theta=45^\circ$ .

$$H = \beta \left(\frac{a}{s}\right)^{4/2} \times h_v \times \text{Sen } \phi \quad \text{Ecu. 4.9}$$

$$H = 1.79 \left(\frac{0.01}{0.025}\right)^{4/2} \times (0,026)(\text{sen}(45)) = 0.010 \text{ m}$$

Pérdidas en la rejilla (Según Ex – IEOS:  $H_{\text{mín}}=0.15\text{m}$ ), por lo que adopto.  $H=0.20\text{m}$ .

Área de la Rejilla

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{10.53}{0.72} = 0.015 \text{ m}^2 \quad \text{Ecu. 4.10}$$

Tirante de agua en la rejilla

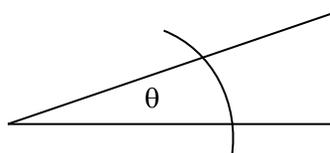
$$y = \frac{A}{b} = \frac{0.015}{0.45} = 0.333 \text{ m} \quad \text{Ecu. 4.11}$$

Altura de la rejilla

$$H_{rej} = y + BL + H = 0.033 + 0.10 + 0.20 = 0.333 \text{ m}$$

La altura calculada para la rejilla, es muy baja por lo que se considera adoptar una altura de 0.50m.

Longitud de la Rejilla:



$$L = \frac{h}{\text{Sen } \theta} = \frac{0.50}{\text{Sen } (45)} = 0.70 \text{ m} \quad \text{Ecu. 4.12}$$

Volumen de agua que pasa por la rejilla durante 1 día de operación.

$$\text{Vol} = Qt = \frac{10.53}{1000} (86400) = 909.79 \text{ m}^3 \quad \text{Ecu. 4.13}$$

**Tabla N° 24:** Material cribado retenido según aberturas de cribas

Abertura (mm)	Cantidad ( $\alpha$ ) (l/m <sup>3</sup> )
20	0.038
25	0.023
30	0.023
40	0.009

Fuente: Normativa de Ex - IEOS

Volumen del material retenido durante un día de operación:

$$V_{MT} = \alpha (\text{Vol}) = 0.23 \frac{l}{s} \times (909.79 \text{ m}^3) = 20.93 \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 l} \right) = 0.02 \text{ m}^3 \quad \text{Ecu. 4.14}$$

En resumen, las dimensiones del canal de cribado son:

- Altura del Canal de Cribado: 0.50m
- Ancho del Canal de Cribado: 0.45m
- Longitud del Canal de Cribado: 1.00m
- Inclinación de la Rejilla: 45°
- Diámetro de los barros: 10mm
- Espaciamiento entre barras: 25mm
- Número de barras: 14 barras

#### **d. Desarenador**

Se consideró diseñar un desarenador de flujo horizontal, para el cual se debe controlar y mantener la velocidad de flujo alrededor de 0.3 m/s (+/- 20%) según recomendaciones del Ex – IEOS:  $0.24\text{m/s} < V < 0.35\text{m/s}$ .

La velocidad adoptada para el presente diseño es:  $V = 0.30 \text{ m/s}$ .

El diámetro de las partículas a sedimentar es de 0.15mm.

Área del Desarenador:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.0105}{0.30} = 0.035 \text{ m}^2 \quad \text{Ecu. 4.15}$$

El desarenador a diseñar es de forma rectangular, con doble cámara para mayor rendimiento y para facilitar las operaciones de operación y mantenimiento, el ancho adoptado para cada cámara del desarenador es de 0.40m, con una pantalla divisoria entre ellos de 0.15m de espesor.

La transición desde la rejilla hasta el desarenador, considera un ancho del desarenador igual a:

$$B_{\text{des}} = 2(0.40) + 0.15 = 0.95 \text{ m}$$

### Longitud de transición al desarenador

Angulo de transición adoptado de 12.5°, ya que con este ángulo se obtienen perdidas mínimas en la transición. (Manual de depuración Uralita)

$$L = \frac{b_1 - b_2}{2 \times \text{tang}(\phi)} = \frac{0.95 - 0.45}{2 \times \text{tang}(12.5^\circ)} = 1.13 \text{ m}$$

Para determinar el tirante de agua, y durante cálculos posteriores se considera solamente el ancho de las dos cámaras del desarenador, ignorando el espesor de la pantalla que los divide.

### Tirante de Agua

$$h_a = \frac{A}{b} = \frac{0.035}{0.80} = 0.044 \text{ m}^2 \quad \text{Ecu. 4.16}$$

Se considera  $b=0.80$  porque si bien es un desarenador, éste es de doble cámara de 0.40m cada una por lo que el ancho total del desarenador es 0.80m.

Altura de sedimentación, de acuerdo con la normativa del Ex – IEOS es de mínimo 0.20m.

$$H_T = h_a + h_s$$

$$H_T = 0.20 + 0.044$$

$$H_T \approx 0.25 \text{ m}$$

De acuerdo con el Manual de Depuración Uralita, para el diseño de un desarenador, se debe considerar la siguiente relación:

$$1 < \frac{b}{h} < 5$$

$$\frac{b}{h} = \frac{0.80}{0.25} = 3.33 \text{ m}$$

En la normativa del Ex – IEOS, se establece que el tiempo de retención del flujo en el desarenador va de (30 a 90) s, y el periodo de limpieza del mismo de (10 a 30) días.

Se considera un tiempo de retención igual a **90 s** y se realizará su limpieza cada **15 días**.

Volumen máximo de agua que pasa por el Desarenador a los 15 días.

$$\mathbf{Vol} = Q \times t \times 86400 \quad \text{Ecu. 4.18}$$

$$\mathbf{Vol} = 0,0105 \times 86400 \times 15 = 13646,88 \text{ m}^3$$

La cantidad de arena recogida por el desarenador, según el Texto de la Dra. Petia Mijaylova Nacheva varía de (7.5 a 90) l por cada 1000 m<sup>3</sup> de agua residual.

Se adoptó que el desarenador recoge **45 l** por cada 1000 m<sup>3</sup> de agua residual.

Volumen de arena recogida por el desarenador:

$$\mathbf{Vol}_{\text{arena}} = \frac{\text{Vol}(\text{Cant. rec})}{1000000} = 0.614 \text{ m}^3$$

Según Ex – IEOS: Se debe considerar una tasa de aplicación del desarenador entre 25m/h y 50m/h, por lo que se adoptó una tasa de aplicación (Ts) de: **30m/h**.

Área superficial del Desarenador:

$$\mathbf{A} = Q(Ts) = \frac{10.53 \left( \frac{3600}{1000} \right)}{30} = 1.264 \text{ m}^2 \quad \text{Ecu. 4.17}$$

Longitud del Desarenador:

$$\mathbf{Ld} = \frac{V_{\text{arena}}}{(Ht \times b)} = \frac{0.614}{0.24 \times (0.80)} = 3.15 \text{ m} \quad \text{Ecu. 4.18}$$

Según la normativa del Ex – IEOS: Se debe incrementar la longitud del desarenador entre el (30 a 50) %. El incremento adoptado (∇) es del 40%.

Longitud última del desarenador:

$$\mathbf{Lu} = L(1 - \nabla) = 3.15 \left( 1 - \frac{40}{100} \right) = 4.40 \text{ m}$$

Según la normativa del Ex IEOS, la relación entre el largo y la altura del desarenador debe ser mínimo de 25.

$$\frac{L}{Ht} \geq 25$$

$$\frac{4.40}{0.24} \geq 25$$

$$18.3 \geq 25 \therefore \text{No Cumple}$$

Entonces, la longitud total del desarenador está dada por:

$$L = 25 \times Ht = 25 \times 0.24 = 6 \text{ m}$$

Chequeo de la Eficiencia Hidráulica del Desarenador:

Volumen útil del desarenador, para cada cámara:

$$\mathbf{V_{util}} = L(Hs)(b) = 6 \times (0.40) \times (0.24) = 0.48 \text{ m}^3$$

Periodo de retención:

$$\mathbf{Tr} = \frac{V_{util}}{Q} = \frac{0.48}{0.0105} = 46 \text{ s} \qquad \text{Ecu. 4.19}$$

El periodo de retención debe ser menor o igual al periodo de retención adoptado para el diseño.

$$Tr \leq Tr_{\text{adoptado}}$$

$$50 \leq 90 \Rightarrow \text{Desarenador Trabaja Eficientemente}$$

Dimensiones del Desarenador:

- b: 0.95 m.
- BL: 0.10 m.
- HT: 0.50 m.
- L: 6.00 m.

## **COMPUERTAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL DESARENADOR**

Para poder realizar la limpieza de sedimentos, se construirán dos canales desarenadores de iguales dimensiones, asumiendo que una de las unidades está fuera de operación, y se colocarán compuertas a la entrada y a la salida de cada cámara con la finalidad de evitar la corriente de retorno; las características geométricas de las compuertas son:

Ancho de la compuerta =  $0.40 \text{ m} + 2 (0.05) \text{ m} = \mathbf{0.50 \text{ m}}$ .

Altura de la compuerta =  $0.50 \text{ m} + 0.05 = \mathbf{0.55 \text{ m}}$ .

### **1. DESENGRASADOR:**

Es una estructura rectangular de funcionamiento mecánico para flotación, se basa en el método de separación gravitacional, el cual aprovecha la baja velocidad del agua y la diferencia de densidades entre el agua y las grasa para realizar la separación, adicionalmente realiza, en menor grado, retenciones de sólidos.

Para la remoción de aceites animales o minerales (hidrocarburos), con una densidad de alrededor de 0,8 kg/l, se debe proveer una permanencia de:

**Tabla 25:** Periodo de permanencia en el desengrasador

Tiempo de Permanencia (min)	Caudal (l/s)
3	< 10
4	10 – 20
5	> 20

**Fuente:** Normativa de EX - IEOS

La carga superficial recomendada es de  $4 \text{ l/ (m}^2\text{x s)}$  y el área se determina para el caudal máximo horario. El desengrasador tienen una relación largo/ancho de (1,8 a 1) m. (Ex – IEOS, 1998)

De lo expresado anteriormente, para un caudal máximo de 10.53 l/s le corresponde un tiempo de permanencia de 3 minutos.

Superficie del Desengrasador:

$$A = \frac{Q}{C_s} = \frac{10.53}{4} = 2.63 \text{ m}^2 \quad \text{Ecu. 4.20}$$

Se adopta una relación largo/ancho de 1.5 m, por lo tanto el ancho del desengrasador será de:

$$b = \sqrt{\frac{A}{1.5}} = \sqrt{\frac{2.63}{1.5}} = 1.32 \text{ m} \quad \text{Ecu. 4.21}$$

Siendo 1.30 en ancho calculado para el desengrasador se decide adoptar un ancho de 2 m.

Longitud del Desengrasador:

$$L = 1.5 \times b = 1.5 \times 1.2 = 1.80 \text{ m} \quad \text{Ecu. 4.22}$$

Altura del Desengrasador:

$$h = \frac{Tr \times Q}{bL} = \frac{3\text{min}(60\text{s}) \left( \frac{10.53 \text{ l/s}}{1000 \text{ m}^3/\text{s}} \right)}{1.2\text{m} \times 1.80\text{m}} = 0.88 \text{ m} \quad \text{Ecu. 4.23}$$

Dado que la altura calculada es muy pequeña, se adoptara una altura de 1.2m con la finalidad de facilitar operaciones de mantenimiento.

Dimensiones del Desengrasador

- b = 1.20 m
- H= 1.20 m
- L = 1,80 m
- Tr= 3 min.

## **DISEÑO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO PRIMARIO.**

Uno de los pasos más importantes en los procesos convencionales de depuración de aguas residuales es la eliminación de sólidos en suspensión y partículas coloidales que se mantienen de forma estable en el agua. Esto se consigue en los tratamientos primarios. Si este proceso lo potenciamos con reactivos hablamos de tratamiento físico-químico.

### **1. DISEÑO DEL DECANTADOR PRIMARIO**

El Objetivo de la decantación Primaria es la reducción de las partículas disueltas o en suspensión en las aguas residuales que no han podido retenerse por razón de su finura o densidad en el pre-tratamiento, bajo la exclusiva acción de la gravedad.

Por tanto solo se puede pretender la eliminación de los sólidos sedimentables y las materias flotantes.

En la decantación primaria las partículas tienen ciertas características que producen la floculación durante la sedimentación. Así, al chocar una partícula con otra, ambas se unen formando una nueva partícula de mayor tamaño, aumentando su velocidad de sedimentación.

#### **Tipo de Decantadores**

Existen varios tipos de decantadores reales, pero refiriéndonos solo a su tipología física destacan:

- Decantador circular
- Decantador Rectangular o de planta cuadrada.

El tipo de decantador que utilizaremos en el diseño será de tipo rectangular por lo tanto se toma en cuenta los siguientes parámetros.

Los parámetros principales a tener en cuenta para el diseño de un decantador primario son:



**Velocidad Ascensional:** Se define como el caudal de agua a tratar dividido por la superficie del tanque de sedimentación.

**Tabla N° 26:** Velocidades ascensionales

VELOCIDADES ASCENSIONALES A CAUDAL MEDIO (m/h)			
Decantación Primaria	Velocidad a caudal máximo		
	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
Decantador circular	1.00 m/h	1.50 m/h	2.00 m/h
Decantador rectangular	0.80 m/h	1.30 m/h	1.50 m/h

Fuente: Manual de Depuración Uralita

Velocidad adoptada: 1.3 m/h

$$\text{Superficie de decantacion} = \frac{Q_{\text{medio}}}{V_{\text{adoptada}}} = \frac{5.67 \left( \frac{3600}{1000} \right)}{1.3} = 15.70 \text{ m}^2 \quad \text{Ecu. 4.24}$$

**Tabla N° 27:** Velocidades ascensionales

VELOCIDADES ASCENSIONALES A CAUDAL MÁXIMO (m/h)			
Decantación Primaria	Velocidad a caudal máximo		
	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
Decantador circular	2.00 m/h	2.50 m/h	3.00 m/h
Decantador rectangular	1.80 m/h	2.20 m/h	2.60 m/h

Fuente: Manual de Depuración Uralita

Velocidad adoptada: 2.2 m/h

$$\text{Superficie de decantacion} = \frac{Q_{\text{medio}}}{V_{\text{adoptada}}} = \frac{10.53 \left( \frac{3600}{1000} \right)}{2.2} = 17.23 \text{ m}^2$$

**Tiempo de retención:** Se define como el volumen del tanque de decantación dividido para el caudal.

**Tabla N° 28:** Tiempos de retención

TIEMPOS DE RETENCIÓN.			
Decantación Primaria	Tiempo de retención		
	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
caudal medio	1.50 h	2.00 h	3.00 h
caudal máximo	1.00 h	1.50 h	2.00 h

Fuente: Manual de Depuración Uralita

Volumen de Decantación para caudal medio

$$\mathbf{Vol} = Q_{\text{medio}} \text{Tr} = 5.67 \left( \frac{36000}{1000} \right) \times 2 = 40.82 \text{ m}^3 \quad \text{Ecu. 4.25}$$

Volumen de Decantación para caudal máximo

$$\mathbf{Vol} = Q_{\text{medio}} \text{Tr} = 10.37 \left( \frac{36000}{1000} \right) \times 2 = 56.00 \text{ m}^3$$

Para determinar las dimensiones de estos decantadores, se debe realizar algunos tanteos, de manera que al imponernos valores de L y H, las relaciones adimensionales de L/h y L/b presenten valores dentro de los rangos permitidos, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla N° 29:** Dimensiones típicas en decantadores

<b>DIMENSIONES EN DECANTADORES RECTANGULARES.</b>			
DECANTACIÓN PRIMARIA	Valor mínimo	Valor típico	Valor Máximo
L	5	-	90
L/h	5	15	40
L/b	1.5	4.5	7.5
H	1.5	3	3

**Fuente:** Manual de Depuración Uralita

Valores adoptados:

$$\mathbf{L= 6.00} \quad \mathbf{B= 2.40} \quad \mathbf{H=1.20}$$

Verificación de las Relaciones Adimensionales:

$$5 \leq \frac{L}{h} \leq 40$$

$$1.5 \leq \frac{L}{b} \leq 7.5$$

$$5 \leq \frac{6.00}{1.2} \leq 40$$

$$1.5 \leq \frac{6.00}{2.40} \leq 7.5$$

$$5 \leq 5 \leq 40 \quad \therefore \text{Si Cumple}$$

$$1.5 \leq 2.5 \leq 7.5 \quad \therefore \text{Si Cumple}$$



**Tabla N° 30:** Carga de salida del vertedero

<b>CARGA DE SALIDA DEL VERTEDERO (m<sup>3</sup>/h/m)</b>			
Decantación Primaria	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
Decantador Circular	5	10	26
Decantador Rectangular	5	9.5	18

**Fuente:** Manual de Depuración Uralita

Carga adoptada: 9.5 m<sup>3</sup>/h/m

Longitud del Vertedero:

$$L_v = \frac{Q_{\max}}{C_{\text{adopt}}} = \frac{10.37 \left( \frac{36000}{1000} \right)}{9.5} = 3.93 \text{ m} \quad \text{Ecu. 4.26}$$

Para el dimensionamiento de las pocetas de fangos, el volumen necesario vendrá dado por el cociente entre el caudal medio de fangos producidos (m<sup>3</sup>/h) y el tiempo de retención en pocetas (h). Los valores usuales del tiempo de retención en pocetas pueden tomarse de la Tabla N°: 31

**Tabla 31:** Concentración de fangos

<b>CONCENTRACION DE FANGOS</b>			
Decantación Primaria	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
SUCCIÓN	1	1.5	2
POCETAS	3	5	6

**Fuente:** Manual de Depuración Uralita

Valor adoptado: Cf= 6

**Tabla N° 32:** Procesos de tratamientos y grados de remoción

<b>Ex - IEOS. Procesos de tratamiento y grados de Remoción.</b>				
<b>Proceso de Tratamiento</b>	<b>Remoción %</b>		<b>Rem., ciclos Log10</b>	
	<b>DBO</b>	<b>SS</b>	<b>Bacteria</b>	<b>Helmineto</b>
Sedimentación primaria	25-40	40-70	0-1	0-1
Lodos Activados	55-95	55-95	0-2	0-1
Filtros percoladores	20-95	50-92	0-2	0-1
Lagunas Aireadas	80-90	-	1--2	0-1
Zanjas de Oxidación	90-98	80-95	1--2	0-1
Lagunas de Estabilización	70-85	-	1--6	1--4

**Fuente:** Manual de Depuración Uralita

Valor Adoptado: K1= 40 (Sedimentación Primaria para la remoción de SS)

**Tabla N° 33:** Procesos de tratamiento

Ex - IEOS. Procesos de tratamiento y grados de Remoción.		
PARAMETRO	INTERVALO	VALOR SUGERIDO
DBO5 días, 20°C, gr/hab x día	36 - 78	50
Solidos en suspensión gr/hab x día	60 - 115	90
NH3-N como N, gr/hab x día	7.4 - 11	8.4
Nkjelda total como N, gr/hab x día	9.3 - 13.7	12
Coliformes totales, NMP/hab x día	2X10 <sup>8</sup> - 2X10 <sup>11</sup>	2X10 <sup>11</sup>
Salmonella Sp, #hab x día		108
Nematodos Intestinales. # hab x día		4X10 <sup>11</sup>

**Fuente:** Manual de Depuración Uralita

Valor adoptado C=90

Periodo de limpieza adoptado = 7 días

Caudal medio de fangos producidos (m<sup>3</sup>/h)

$$Q_f = \frac{K \times C_1 \times Q_{\text{medio}}}{10000 C} = \frac{40 \times 6 \times \left(5.67 \left(\frac{86400}{1000}\right)\right)}{10000 \times (90)} \quad \text{Ecu. 4.27}$$

$$Q_f = 0.131 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Volumen de fangos a remover el día de limpieza:

$$V_f = Q_f T_f = 0.131 \times (7) = 0.914 \text{ m}^3 \quad \text{Ecu. 4.28}$$

## 2. DISEÑO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO SECUNDARIO.

El objeto de este tratamiento es la eliminación de las materias orgánicas, por medio de la presencia de microorganismos así como por la acción metabólica y físico químico, es conocido por todos nosotros que los hongos, bacterias, causan efectos negativos en la salud, pero en realidad en la mayor parte de los casos producen efectos beneficiosos estos son los encargados de la descomposición de la materia orgánica y son los elementos esenciales que garantizan la permanencia de la vida manteniendo los ciclos del nitrógeno y carbono.

El proceso biológico es la eliminación, estabilización o transformación de la materia orgánica, presente en las aguas como sólidos no sedimentables, esta acción se logra por microorganismos, mediante la acción metabólica y físico química. Los factores que afectan a la depuración biológica son la temperatura del agua que según norma Ex – IEOS debe estar entre (12 a 38) °C, el Ph, es un factor clave en el crecimiento de los microorganismos, ya que la mayoría de estos no pueden tolerar niveles de Ph por encima de 9.5 o por debajo de 4.

La condición adecuada para que una agua residual pueda depurarse es que la cantidad de nutrientes sea suficiente. Luego del análisis de los ensayos de laboratorio se obtuvo que el agua residual proveniente de las actividades diarias de la cabecera parroquial sea muy biodegradable, por lo que se recomienda la utilización de lechos bacterianos. (Nota: Ver análisis de selección de alternativas).|

### **DISEÑO DE LOS LECHOS BACTERIANOS**

Es un sistema de depuración biológica de aguas residuales cuyo procedimiento consiste en hacer escurrir las aguas de desecho decantadas a través de una masa de piedras cuyo diámetro oscila entre (4 a 8) cm, o de materiales plásticos que presenten una gran superficie y sobre las que se desarrolla una película bacteriana formada por microorganismos, la misma que no debe tener más de 3 mm de espesor para asegurar la acción del oxígeno.

La película biológica está constituida principalmente por bacterias autótrofas (fondo) y heterótrofas (superficie), también se puede encontrar en el interior del lecho animales evolucionados como gusanos, larvas de insectos, caracoles y limacos. El agua purificada se decanta y una parte de los lodos se recircula como el caso de los lodos activados.

Parámetros constructivos y funcionales.- Entre los principales parámetros tenemos:

La forma y estructura de los lechos bacterianos está en función del sistema de distribución que se emplee, si se utilizan distribuidores fijos su forma suele ser

rectangular al igual que los que tienen distribuidores móviles de traslación; cuando se utiliza distribuidores giratorios su forma es circular. Los lechos de aireación forzada en la actualidad son casi todos circulares.

Hay que evitar atascos y paradas en la distribución del agua residual, la misma que debe ser lo más uniforme y continua en lo posible, los aspersores fijos requieren un dispositivo más complicado de distribución mientras que los móviles tienen brazos giratorios dispuestos radialmente con boquillas incorporadas y movidos por carga hidráulica.

Para que se pueda formar la mayor cantidad de película biológica es conveniente que la masa filtrante tenga mayor superficie específica en lo posible, tomando en cuenta los orificios que permitan el paso del agua y del aire. Los materiales más usados son la piedra silícea, el pórfido o las puzolanas, pudiendo también utilizarse materiales artificiales como escorias o elementos plásticos en los que se reduce el peso aproximadamente en un 95 %, duplicándose el índice de huecos y aumentando la superficie específica, la misma que debe mantener su uniformidad.

Cuando se produzca una diferencia térmica entre el agua y el aire superior a 2 °C en el interior del lecho, se ocasionará una variación en la densidad que provoca el movimiento de la masa permitiendo una ventilación natural; cuando haya que cerrar el lecho por frío y presente escasez de oxigenación se hará una ventilación forzada.

En el canal de recolección del fondo, el agua no debe presentar sedimentaciones ya que los flóculos que lleva se sedimentarán en el decantador secundario; su sección nunca funcionará llena para permitir su aireación, y su pendiente será de (1 a 2) %.

La recirculación de una parte del efluente ya sea al decantador primario o al lecho bacteriano directamente es lo que más se utiliza como medio de mejora del rendimiento del proceso.

Cerca de un (25 a 35) % del lodo del tanque de sedimentación final se regresa



para la recirculación con las aguas negras de entrada. No debe retenerse el lodo en el tanque. Es necesaria la remoción parcial (a intervalos de menos de 1 hora).

Cálculo del Lecho bacteriano.

- Temperatura mes más frío : 18 °C
- Temperatura mes más cálido: 27°C
- DBO5: 230 mg/l
- % de depuración: 80%
- Coeficiente de recirculación: 0
- Tipo de carga: Carga Alta.

**Tabla N° 34:** Información típica de diseño para filtros percoladores

Elemento	Baja Carga	Carga intermedia	Carga alta	Muy alta carga
Medio filtrante	Piedra, escoria	Piedra, escoria	Piedra	Piedra
Carga hidráulica m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x día	1,20 - 3,50	3,50 - 9,40	9,40 - 37,55	11,70 - 70,40
Carga orgánica, Kg DBO5/m <sup>3</sup> x día	0,08 - 0,40	0,25 - 0,50	0,50 - 0,95	0,48 - 1,60
Profundidad (m)	1,80 - 2,40	1,80 - 2,40	0,90 - 1,80	-
Relación de circulación	0	0 - 1	1 - 2	1 - 2
Moscas en el filtro	Abundantes	Algunas	Escasas	Escasas o ninguna
Arrastre de solidos	Intermitente	Intermitente	Continuo	Continua
Eficiencia de eliminación de la DBO (%)	8 - 90	50 - 70	65 - 85	65 - 80
Efluente	Bien Nutricado	Parcialmente nutricado	Escasamente nutricado	Escasamente nutricado

Fuente: Metcalf & Eddy. pag. 699

Constante de tratabilidad por temperatura.

Metcalf y Eddy, en un experimento determinaron los valores de  $\Theta$  y  $K_{25/D10}$

$$\Theta = 1.035 \quad K_{25/D18} = 0.28 \text{ l/s/m}^2$$

$$K_{\frac{20}{D_{19}}} = K_{\frac{20}{D_{19}}} \theta^{T-25} = 0.28 \times (1.035^{18-25}) = 0.22 \text{ l/s/m}^2$$

Constante de Tratabilidad por Altura:

Metcalf y Eddy, la altura de correlación de acuerdo a planta piloto,  $D_{25}=6\text{m}$

$$K_{\frac{18}{D_{30}}} = K_{\frac{29}{D_{19}}} \left(\frac{D_{25}}{D_{19}}\right)^{\frac{1}{2}} = 0.22 \times \left(\frac{6}{1.8}\right)^{\frac{1}{2}} = 0.402 \text{ l/s/m}^2$$

DBO en el Afluente después de la decantación primaria:

$$DBO_{\text{AFLUENTE}} = DBO_5 - (DBO_5 \times \% \text{ depuración})$$

$$DBO_{\text{AFLUENTE}} = 380 - (380 \times 80\%)$$

$$DBO_{\text{AFLUENTE}} = 76 \text{ ml/l}$$

Área necesaria

$$A = Q \times \left[ \frac{-\ln(\text{Se/Si})}{K_{T/D} \times D} \right]^{1/n}$$

$$A = 18.61 \times \left[ \frac{-\ln(76/380)}{0.402 \times (1.8)} \right]^{0.5} = 52.14 \text{ m}^2$$

Para carga alta tenemos los siguientes valores.

Comprobación de carga Hidráulica

Según la Norma del Ex - IEOS:  $9.4 \leq (\text{HLR}) \leq 37.55 \text{ m}^3/\text{m}^2 / \text{día}$

$$(\text{HLR})_s = \frac{Q}{A} = \frac{10.53 \left(\frac{3600}{1000}\right)}{52.14} = 17.45 \text{ m}^3/\text{m}^2 / \text{día} \quad \therefore \text{Cumple Carga Hidraulica}$$

Comprobación de la Carga Orgánica:

Según la Norma del Ex IEOS:  $0.5 \leq (\text{ORL}) \leq 0.95 \text{ kg/m}^3\text{-día}$



$$(\text{ORL})_s = \frac{Q_{\text{PUNTA}} \times \text{DBO}_5}{\text{Altura útil} \times \text{Area}} = \frac{10.53 \left( \frac{1}{1000} \right) \times 380}{52.14 \times (1.8)} = 0.6 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{dia}$$

∴ Cumple Carga Organica

## DISEÑO DEL DECANTADOR SECUNDARIO

El procedimiento de cálculo sigue el mismo principio del diseño para el decantador primario expuesto en páginas anteriores.

- Sólidos en suspensión: 60 mg/l = 60 ppm

Concentración de sólidos en suspensión en la entrada del decantador

$$SS_i = \frac{100 - K}{100} (C) = \frac{100 - 40}{100} (90) = 54 \text{ mg/l}$$

Concentración de sólidos en suspensión admitidos en el vertido

$$SS = SS_i - \left[ SS_i \left( \frac{K}{100} \right) \right] = 54 - \left[ 54 \left( \frac{40}{100} \right) \right] = 33.40 \text{ mg/l}$$

Velocidad Ascensional en el Decantador:

$$V = V_i = \frac{(SS)}{(SS) - 0.034 \times (SS)_i} = \frac{32.40}{32.40 - 0.034 \times (54)} = 1.06 \text{ m/h}$$

Superficie de Decantación

$$\text{Superficie de decantacion} = \frac{Q_{\text{medio}}}{V_{\text{adoptada}}} = \frac{10.53 \left( \frac{3600}{1000} \right)}{1.06} = 35,76 \text{ m}^2$$

Tiempo de retención: Se define como el volumen del tanque de decantación dividido para el caudal.

**Tabla N° 28:** Tiempos de retención

<b>TIEMPOS DE RETENCIÓN.</b>			
Decantación Primaria	Tiempo de retención		
	Valor Mínimo	Valor Típico	Valor Máximo
caudal medio	1.50 h	2.00 h	3.00 h
caudal máximo	1.00 h	1.50 h	2.00 h

**Fuente:** Manual de Depuración Uralita

Volumen de Decantación

$$\text{Vol} = Q_{\text{maximo}} \text{Tr} = 10.53 \left( \frac{36000}{1000} \right) \times 1.5 = 56,86 \text{ m}^3$$

Las relaciones largo ancho son las mismas que para el caso de decantador primario por lo tanto tenemos.

**Tabla N° 29:** Dimensiones típicas en decantadores

<b>DIMENSIONES EN DECANTADORES RECTANGULARES.</b>			
DECANTACIÓN PRIMARIA	Valor mínimo	Valor típico	Valor Máximo
L	5	-	90
L/h	5	15	40
L/b	1,5	4,5	7,5
H	1,5	3	3

**Fuente:** Manual de Depuración Uralita

Valores adoptados:

**L= 6.00      B= 2.40      H=1.20**

Verificación de las Relaciones Adimensionales:

$$5 \leq \frac{L}{h} \leq 40 \qquad 1.5 \leq \frac{L}{b} \leq 7.5$$

$$5 \leq \frac{6.00}{1.2} \leq 40 \qquad 1.5 \leq \frac{6.00}{2.40} \leq 7.5$$

$$5 \leq 5 \leq 40 \quad \therefore \text{Si Cumple} \qquad 1.5 \leq 2.5 \leq 7.5 \quad \therefore \text{Si Cumple}$$



Cantidad de Lodos producidos:

$$P_i = \frac{Q \times (SS)_i}{1000} \left( 1 - \frac{0,34 V}{1,9 - V} \right) = \frac{10,53 \left( \frac{86400}{1000} \right) \times (54)}{1000} \left( 1 - \frac{0,34 (1,06)}{1,9 - (1,06)} \right) = 91,89 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Volumen de Lodos por día:

$$\text{Vol} = \frac{P_i}{1000} = \frac{91,89}{1000} = 0,0831 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 2,76 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Periodo de limpieza adoptado (Tr): Cada 12 meses.

Coefficiente de digestión de lodos (Cd): 0.50

Cantidad de fangos a remover cumplido el periodo de limpieza.

$$C_f = \text{Vol} \times \text{Tr} \times C_d = 2,76 \times (12) \times (0,50) = 16,54 \text{ m}^3$$

**CAPÍTULO**



**IMPACTO AMBIENTAL**

---

## 5.1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento sostenido de la población mundial ha generado diversos problemas. Uno de los inconvenientes más grandes y que puede afectar especialmente de manera futura es el relacionado con el medio ambiente. Es necesario que el ser humano se dé cuenta de que las fuentes hídricas y su habilidad de auto-limpieza tienen un límite. Las diferentes formas de contaminación afectan gravemente a nuestros recursos naturales y consecuentemente nos afecta a nosotros mismos. Según la norma ecuatoriana (TULAS), el límite permisible para la descarga de DBO5 es de 100 mg/l.

## 5.2 TIPOS DE PROYECTOS SEGÚN EL IMPACTO AMBIENTAL

A continuación se evaluarán los posibles impactos ambientales que podría tener el proyecto de alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales para la cabecera parroquial de Nueva Tarqui. Finalmente se darán posibilidades de mitigación para solucionar los impactos ambientales

**Proyecto tipo A.-** Son los proyectos que tienen el potencial de producir impactos ambientales importantes y diversos, y requieren generalmente estudios completos de impacto ambiental.

**Proyecto tipo B.-** Son proyectos con impacto ambiental moderado y cuyas medidas de mitigación son conocidas o fácilmente aplicables. Generalmente, requieren de estudios simplificados de impacto ambiental.

**Proyecto tipo C.-** Son proyectos que no producen impactos ambientales significativos, habitualmente no requieren estudios de impacto ambiental.

**Proyecto tipo D.-** Son proyectos destinados al mejoramiento de la calidad ambiental o a la conservación y manejo de recursos naturales. No requieren estudios de impacto ambiental salvo casos particulares.

Los proyectos de alcantarillado se encuentran clasificados en la categoría B, por lo que es necesario un estudio de impacto ambiental simplificado. A continuación, se

pretende identificar y evaluar la magnitud e importancia de todos los impactos ambientales que se podrían generar dentro de la zona de influencia del proyecto. Además se identificarán las medidas correctivas que podrían ser utilizadas para contrarrestar los impactos ambientales anteriormente identificados. Para la elaboración de este capítulo, se compararon las condiciones ambientales existentes antes de la implantación del proyecto con las que podrían aparecer durante la construcción y la fase de operación y mantenimiento.

### **5.3 MARCO LEGAL**

El interés para proteger la naturaleza, por efecto de proyectos de infraestructura urbana, ha motivado que las entidades financieras internacionales y nacionales, establezcan normas y principios para la planificación de las obras a ejecutar y para la evaluación de las afecciones que provocan al medio ambiente local. Esto ha determinado la necesidad de contar con una legislación ambiental que permita cumplir con los objetivos de conservación del medio ambiente y la biodiversidad. A continuación se presentan las leyes trascendentes para este proyecto:

- ✓ Numeral 2 del Art. 19 de la Constitución Política del Ecuador, que asegura el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación y especifica que es deber del Estado preservar la naturaleza.
  
- ✓ La Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y sus reglamentos que dictan normas para la prevención y control de la contaminación de los recursos Aire, Agua y Suelo y para la preservación, mejoramiento y restauración del ambiente. Además, este reglamento solicita el tratamiento de aguas residuales previa a su descarga.
  
- ✓ Art.22.- Los propietarios de toda vivienda accesible a la red de alcantarillado público accesible o público deben conectar su sistema de eliminación de excretas, aguas servidas y aguas pluviales, cumpliendo con las disposiciones pertinentes. Donde no hubiere alcantarillado público, los

propietarios de viviendas deben instalar sistemas de eliminación de excretas, aguas servidas y de disposición y tratamiento final.

#### **5.4 IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO**

En esta sección se menciona los impactos ambientales y la prevención de la contaminación del medio ambiente durante la ejecución de la obra y como resultado de las operaciones de construcción de los sistemas. Se tomará en cuenta la presencia de agentes químicos, físicos y biológicos que afectan adversamente a la salud o el bienestar humano, alteran desfavorablemente los equilibrios ecológicos de importancia para la vida o afectan a otras especies importantes para el hombre o reducen la utilidad del medio ambiente para propósitos estéticos y recreacionales.

A continuación se describirán los impactos ambientales negativos y positivos, que se producirán durante la fase de: Estudio y diseño del sistema de alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales para la cabecera parroquial de Nueva Tarqui, Cantón Gualaquiza, provincia de Morona Santiago

#### **5.5 IMPACTOS POSITIVOS**

Durante la etapa de construcción, se puede tomar en cuenta que se generarán empleos en la zona. Esto elevará el nivel económico, siempre y cuando los trabajadores contratados sean de la parroquia de Nueva Tarqui.

Cuando el proyecto entre en funcionamiento los impactos positivos serán obvios. En primer lugar, se elevará el nivel de salud al eliminar la posibilidad de generación de enfermedades. Además, se brinda de un servicio básico a todos los habitantes, lo que aumentará la rentabilidad del proyecto.

## 5.6 IMPACTOS NEGATIVOS

Durante la fase de construcción se debe tomar en cuenta que al momento de realizar las excavaciones de las zanjas para las tuberías se producirá la remoción de plantas, árboles y sus raíces. Esto causará que la resistencia del suelo disminuya y que en caso de lluvias, el suelo tenga menor capacidad de absorber el agua. A su vez, durante la excavación de zanjas e instalación de tuberías se producirán leves deslizamientos de laderas por lo que será necesario proveer lugares de almacenamiento provisionales para la tierra de excavación. Durante la fase de operación y mantenimiento se pueden producir problemas de un uso inadecuado a las plantas de tratamiento por lo que será necesario un programa de capacitación para el personal de mantenimiento. El mayor problema podría ocurrir si no se realiza mantenimiento a todos los componentes del alcantarillado tanto sanitario, lluvia y la depuradora de aguas residuales. Por ejemplo, al no limpiar las rejillas de los sumideros existe la posibilidad de que en una gran lluvia se inunden las calles.

## 5.7 MATRIZ DE LEOPOLD

En la actualidad, uno de los métodos más usados para realizar análisis de impacto ambiental es la matriz de Leopold. Su función principal es la de identificar el impacto potencial de todo el proyecto, para esto se crea una matriz cuyas columnas representan las acciones humanas que podrían afectar al medio ambiente mientras que las filas representan los factores ambientales. Las intersecciones son llenadas con dos valores: la magnitud y la importancia que cada actividad humana tendrá sobre cada factor ambiental. La magnitud se califica en una escala de 1 a 10 tomando en cuenta el signo. Por otro lado, la importancia también es medida en una escala de 1 a 10, pero el signo no es tomado en cuenta. 1 significa una magnitud o importancia mínima, mientras que 10 es el máximo valor que de importancia o magnitud.

Para obtener una relación entre importancia y magnitud se multiplica estos valores y se realiza las sumas tanto verticales como horizontales de los productos. De

acuerdo a los valores obtenidos se puede ver que acción del proyecto resulta más beneficiosa o más dañina, además de ver cuál es el factor ambiental más incidente y el menos afectado. Para poder calificar la importancia de cada efecto se suele utilizar la siguiente tabla: Ver Anexo 8

## **5.8 MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

Como se pudo concluir con la matriz de Leopold, los impactos ambientales serán mínimos. Estos podrían presentarse en la fase de operación y mantenimiento por falta de capacitación o el incumplimiento de la limpieza de los sistemas de alcantarillado. Para evitar cualquier problema que pueda afectar de manera considerable al medio ambiente, se presentan las siguientes propuestas de mitigación.

- ✓ Mantener los recursos del suelo dentro de los límites del proyecto, intentando que sean restaurados después de terminada la construcción. Se tratará que llegue a una condición que luzca natural y que no deteriore la apariencia del proyecto.
  
- ✓ Control de las aguas de escurrimiento superficial, mediante obras de drenaje adecuadas Conservación de la flora y vegetación existente, tratando en lo posible de conservar el paisaje, evitando la degradación del mismo, la deforestación, las quemas.
  
- ✓ Respecto a la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario, pluvial y la depuradora de aguas residuales deberá proveer de una adecuada capacitación al personal.
  
- ✓ Para evitar el deterioro de la calidad del aire durante la etapa de construcción del proyecto, se debe tomar medidas tales como:
  - ✓ Asegurarse que la tierra que sea removida sea rociada con agua para evitar la formación de polvo.
  - ✓ Cubrir los materiales transportados en volquetas con una carpa.



- ✓ Durante la fase de construcción se deberán tomar precauciones para señalar los desvíos, la existencia de obstáculos o peligros para el tráfico vehicular (excavaciones, acumulación de materiales, etc.).
- ✓ Una vez acabada la obra se deberá desalojar de la vía y área de influencia directa todo el material de desecho.
- ✓ Se realizarán programas de capacitación periódicos, en la etapa de operación, para concienciar a la comunidad en el uso adecuado del sistema de alcantarillado y así mejorar sus condiciones de vida y salud.

**CAPÍTULO**



**PRESUPUESTO**



## **6.1 INTRODUCCIÓN**

El presupuesto es la etapa final en la determinación de los costos de una obra. Se necesita, previo a la realización del presupuesto, tener claras las cantidades de obra que se van a ejecutar, para de esta manera poder tener la máxima precisión posible al realizar el presupuesto referencial de la obra.

## **6.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

El análisis de precios unitarios no es más que la realización pormenorizada de cada uno de los rubros que componen la obra, para poder llegar a realizar el presupuesto final. Los precios unitarios son los que definen el presupuesto de la obra y su resultado es de dividir el monto total de costos directos e indirectos de un rubro determinado para el rendimiento o volumen de trabajo durante un tiempo determinado.

Los precios unitarios considerados en el presente estudio, se encuentran detallados junto con el presupuesto en el Anexo 9, y el cálculo se lo realizó de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Costo horario de maquinaria.
- Rendimiento.
- Costo de mano de obra.
- Costo de materiales.
- Costo de transporte.

Además de los parámetros antes mencionados, es necesario tener en consideración los siguientes aspectos.

1. Debe conocerse con exactitud la zona en donde se construirá el proyecto.
2. Es necesario tener un conocimiento exacto de las especificaciones y procesos constructivos.
3. Tener un criterio completo y bien fundado del trabajo a realizar.



4. Deben desglosarse los precios unitarios con la finalidad de permitir una revisión rápida y adecuada.
5. La elección adecuada del equipo y la fuerza laboral estrictamente necesaria para la construcción de la obra.

En el análisis de precios unitarios, los costos indirectos se los valora en porcentaje en relación con los costos directos, que dependen directamente de la organización de la empresa constructora, del volumen de obra a realizarse; y, de las características del sector en donde se construirá el proyecto, etc.

### **6.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS**

Su composición por lo general consta de costos directos e indirectos.

#### **6.3.1 Costos Directos**

Es el conjunto de gastos que se producen para la obtención de un solo producto determinado, por lo tanto, es la suma de los materiales, mano de obra, transporte y equipo, que se requerirá para la ejecución de una determinada actividad de conformidad a la unidad de medida que se utilice.

#### **6.3.2 Costos Indirectos**

Son los gastos de origen técnico administrativo necesarios para la realización de un proceso productivo y que no están considerados en los costos directos. Se clasifican en indirectos administrativos e indirectos de obra. Dentro de los indirectos administrativos se consideran los siguientes:

- Cargos ejecutivos.
- Cargos profesionales.
- Cargos administrativos especiales.
- Alquileres, depreciaciones y materiales de consumo.
- Promociones y subscripciones.

Los costos indirectos de obra son los gastos necesarios no atribuibles directamente al proyecto pero que son necesarios para la ejecución del mismo.

Comprenden:

- Cargos de campo.
- Técnicos de obra.
- Administrativos.
- Servicios.
- Construcciones provisionales.
- Imprevistos.
- Financiamiento.
- Utilidades.
- Fianzas.
- Impuestos.

#### **6.4 CRONOGRAMA VALORADO**

Un proceso de programación comprende la definición de tareas y su forma de ejecución, permitiendo la organización en que serán realizadas. Este ordenamiento está dado por restricciones de tipo tecnológico. La programación de una obra debe contemplar la planificación de tiempos y de recursos físicos, humanos y financieros.

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

### **REPLANTEO Y NIVELACIÓN.**

Consiste en el trazado en campo, previo a la excavación de las zanjas, de la línea en planta y perfil, en donde se ubicará la tubería, definida en los planos.

Antes de iniciar la construcción, el Contratista y el Fiscalizador definirán el trazado observando los planos y recorriendo el terreno. De ser necesario el Contratista presentará las modificaciones requeridas.

El Constructor obtendrá del GAD. Municipalidad información sobre la línea de fábrica y características geométricas de la vía, para replantear adecuadamente el eje de la excavación.

Este trabajo debe realizarse con la precisión suficiente que permita la perfecta ubicación en el terreno del proyecto, tanto en planta como en perfil.

Información de instalaciones existentes incorporados en los planos relativos a localización, dimensiones y características de las estructuras y ductos subterráneos existentes en la vía no pretenden ser exactos, sino informativos para el Contratista; razón por la cual a éste corresponde realizar los sondeos y verificaciones necesarios.

Como resultado del replanteo, se trazará en el terreno el eje de la ruta de la tubería. Se dejarán, a lo largo de la vía, cada 300 m, mojones de hormigón perfectamente identificados con cota definida para el control de la obra.

Antes de iniciar la construcción, el Contratista presentará a la Fiscalización el plano constructivo en el que constarán todos los cambios realizados al proyecto.

El Constructor proveerá todo el personal, equipo, herramientas, y materiales requeridos para el replanteo de las obras. El Fiscalizador verificará estos trabajos y exigirá la repetición y corrección de cualquier obra impropriamente ubicada. Los trabajos de replanteo serán realizados por personal técnico capacitado y

experimentado.

**Procedimiento de Trabajo.-** El Contratista procederá conforme a lo detallado en los planos con el respectivo equipo de topografía.

**Medición.-** El Replanteo y Nivelación se medirá en Km, de acuerdo a los ejes de las vías descontando las partes de intersecciones.

**Pago.-** El pago constituirá la compensación total de las vías, calles y manzanas, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarios para efectuar debidamente los trabajos descritos y de acuerdo al precio estipulado en el contrato.

**Descripción:** Replanteo y nivelación con equipo topografico

**Unidad:** Kilómetro.

**Materiales mínimos:** estacas con pintura, mojones.

**Equipo mínimo:** Herramienta menor, Equipo de topografía: nivel, estación total, cinta, vehículo liviano.

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría III, Topógrafo, Chofer licencia tipo B.

**Medición y pago:** La longitud de replanteo y nivelación se medirá en kilómetros con la precisión de 2 decimales, medida sobre el eje de la zanja, previamente aprobada por la Fiscalización, comprende el suministro de la mano de obra, equipos, herramientas requeridas para el correcto replanteo y nivelación de la línea de tubería, a satisfacción del Fiscalizador.

### **EXCAVACION DE ZANJA A MAQUINA.**

En este ítem se trata sobre la ejecución de las excavaciones necesarias para las obras permanentes de este Proyecto. Se entenderá por excavación a mano o mecánica los cortes de terreno para conformar plataformas taludes o zanjas para alojar tuberías, cimentar estructuras u otros propósitos y, la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para construir las obras o

instalar las tuberías.

La excavación comprende también el control de las aguas sean éstas, servidas, potables, provenientes de lluvias o de cualquier otra fuente que no sea proveniente del subsuelo (aguas freáticas); en este sentido las obras se ejecutarán de manera que se obtenga (cuando sea factible) un drenaje natural a través de la propia excavación; para lo cual el Contratista acondicionará cuando sean requeridas cunetas, ya sea dentro de las excavaciones o fuera de ellas para evacuar e impedir el ingreso de agua procedente de la escorrentía superficial, estas obras son consideradas como inherentes a la excavación y están consideradas dentro de los precios unitarios propuestos. Después de haber servido para los propósitos indicados, las obras de drenaje serán retiradas con la aprobación de la Fiscalización.

Cualquier daño, resultante de las operaciones del Contratista durante la excavación, incluyendo daños a la fundación misma, a las superficies excavadas y/o cualquier estructura existente, o a las propiedades adyacentes, será reparado por el Contratista a su costa y a entera satisfacción de la Fiscalización.

Las excavaciones deberán ejecutarse de acuerdo a las alineaciones, pendientes, rasantes y dimensiones que se indican en los planos o que ordene la Fiscalización. De preferencia el Contratista utilizará sistemas de excavación mecánicos, debiendo los sistemas elegidos originar superficies uniformes, que mantengan los contornos de excavación tan ajustados como sea posible a las líneas indicadas en los planos, reduciendo al mínimo las sobre excavaciones.

Si los resultados obtenidos no son los esperados, la Fiscalización podrá ordenar y el Contratista debe presentar, sistemas alternativos adecuados de excavación, sin que haya lugar a pagos adicionales o diferentes a los constantes en el contrato. Así mismo, si se encontraren materiales inadecuados para la fundación de las obras, la Fiscalización podrá ordenar una sobre excavación, pagando por este trabajo los mismos precios indicados en el contrato.

El material proveniente de las excavaciones es propiedad del GAD Municipal y su utilización para otros fines que no estén relacionados con la obra, será expresamente autorizada por la Fiscalización.

Cuando las condiciones del terreno o las dimensiones de la excavación sean tales que pongan en peligro la estabilidad de las paredes de la excavación, el Contratista solicitará a Fiscalización, autorización para la colocación de entibados que juzgue necesarios para la seguridad pública de los trabajadores, de la obra y de las estructuras o propiedades adyacentes o que exijan las leyes o reglamentos vigentes.

La Fiscalización está facultado para suspender total o parcialmente las obras cuando considere que el estado de las excavaciones no garantiza la seguridad necesaria para las obras y/o las personas, hasta que se efectúen los trabajos de entibamiento o apuntalamiento necesarios.

Para profundidades de hasta 2,0 m, el talud de la pared de la zanja será vertical. Para mayores profundidades el talud máximo será 1H-6V.

En cada frente de trabajo se abrirán no más de 200 m. de zanja con anterioridad a la colocación de la tubería y no se dejará más de 100 m. de zanja sin relleno luego de haber colocado los tubos, siempre y cuando las condiciones de terreno y climáticas sean óptimas. En otras circunstancias, será el Ingeniero Fiscalizador quien indique las mejores disposiciones para el trabajo.

Obligatoriamente se deberán colocar puentes temporales sobre excavaciones aún no rellenadas, en los accesos a viviendas; todos esos puentes serán mantenidos en servicio hasta que los requerimientos de las especificaciones que rige el trabajo anterior al relleno, hayan sido cumplidos. Los puentes temporales deberán brindar la suficiente seguridad a los transeúntes y estarán sujetos a la aprobación de Fiscalización. El suministro, instalación y mantenimiento de estas estructuras deberán ser consideradas en los costos indirectos de la obra.

Se vigilará para que desde el momento en que se inicie la excavación hasta que

se termine el relleno de la misma, no transcurra un lapso mayor de siete días calendario incluyendo el tiempo necesario para la colocación y prueba de la tubería, salvo condiciones especiales que serán absueltas por la Fiscalización.

El ancho de la zanja, para efectos de cálculo de excavaciones y rellenos, será igual al diámetro exterior de la tubería más 0,50 m.

**Medición.-** La medición de las excavaciones a maquina será establecida por los volúmenes delimitados por la línea del terreno antes de iniciar las excavaciones y por los anchos teóricos definidos en estas especificaciones, o definidas con el debido sustento por la Fiscalización. Se medirá y pagará por metro cúbico excavado, sin considerar deslizamientos, desprendimientos o derrumbes que se consideren errores o negligencia del Contratista.

**Pago.-** Incluye la mano de obra, el equipo, los materiales, las herramientas necesarias y cualquier otro gasto que incurra el Contratista para realizar el trabajo según estas especificaciones.

En ningún caso serán objeto de pago, las excavaciones que el Contratista realice por conveniencia propia, los cuales se consideran incluidos en los costos indirectos de la obra.

**Descripción:** Excavación de zanja a máquina

**Unidad:** m<sup>3</sup>

**Equipo mínimo:** Retroexcavadora

**Mano de obra calificada, mínima:** Operador Chofer profesión licencia tipo C y Ayudante de maquinaria.

**Medición y pago:** El pago incluye la mano de obra, el equipo, los materiales, las herramientas necesarias y cualquier otro gasto que incurra el Contratista para realizar el trabajo según estas especificaciones.

## **EXCAVACIÓN A MANO**

**Descripción.-** Este trabajo consiste en el conjunto de actividades necesarias para la remoción de materiales de la excavación por medios ordinarios tales como picos y palas. Se utilizará para excavar la última capa de la zanja, o en aquellos sitios en los que la utilización de equipo mecánico sea imposible. La excavación manual para tuberías se hará de acuerdo a las dimensiones, pendientes, y alineaciones indicadas en los planos u ordenados por la Fiscalización. La excavación deberá remover aquel material que pudiera dificultar la colocación de la tubería.

**Procedimiento de Trabajo.-** La Fiscalización se asegurará que se tomen todas las medidas precautelatorias necesarias para salvaguardar el bienestar de quienes laboren. Se deberá usar equipo de trabajo adecuado, casco, chalecos, guantes, etc. Para ello se cumplirá con lo que al respecto se estipule en los planos de Alcantarillado Pluvial.

**Medición.-** La medición de las excavaciones a mano será establecida por los volúmenes delimitados por la línea del terreno antes de iniciar las excavaciones y por los anchos teóricos definidos en estas especificaciones, o definidas con el debido sustento por la Fiscalización. Se medirá y pagará por metro cúbico excavado, sin considerar deslizamientos, desprendimientos o derrumbes que se consideren errores o negligencia del Contratista.

**Pago.-** El pago incluye la mano de obra, el equipo, los materiales, las herramientas necesarias y cualquier otro gasto que incurra el Contratista para realizar el trabajo según estas especificaciones. En ningún caso serán objeto de pago, las excavaciones que el Contratista realice por conveniencia propia, los cuales se consideran incluidos en los costos indirectos de la obra.

**Descripción:** Excavación a mano

**Unidad:** m<sup>3</sup>

**Equipo mínimo:** Herramienta menor.

**Mano de obra calificada, mínima:** --

**Medición y pago:** El pago incluye la mano de obra, el equipo, los materiales, las herramientas necesarias y cualquier otro gasto que incurra el Contratista para realizar el trabajo según estas especificaciones.

## **EXCAVACIÓN EN ROCA**

### **Uso de Explosivos: Rotura de roca con dinamita, incluye perforación**

Los trabajos con explosivos se ejecutarán de acuerdo a lo indicado en estas especificaciones y con la aprobación de la Fiscalización. El método de trabajo deberá controlarse cuidadosamente con el objeto de reducir al mínimo las sobreexcavaciones y preservar la roca situada tras los límites de excavación en las mejores condiciones posibles. El rubro incluye los equipos, herramientas y mano de obra requeridos para la perforación.

La roca situada en los límites de la excavación misma o fuera de ella y que haya sido aflojada por las voladuras deberá ser removida por el Contratista y su volumen se incluirá en los volúmenes de excavación. Sin embargo, aquellas rocas ubicadas fuera de las líneas de excavación y que hayan sido aflojadas, por cualquier motivo, serán removidas por el Contratista a su costo, incluyendo el relleno correspondiente. Cuando a juicio de la Fiscalización el uso de explosivos involucre un riesgo demasiado grande a estructuras o a instalaciones cercanas, la excavación deberá efectuarse con la utilización de materiales expansivos o por otros procedimientos, y los costos que no consten en la lista de cantidades y precios serán planillados de acuerdo a la Ley Orgánica Nacional de Compras Públicas.

El Contratista entregará a la Fiscalización, para su aprobación una información detallada de la forma como efectuará el trabajo con explosivos. Esto no disminuye o releva al Contratista de su total responsabilidad sobre la ejecución de su trabajo o el daño a personas u obras y equipo del proyecto.

Manejarán y utilizarán explosivos únicamente trabajadores competentes y

responsables, bajo la supervisión de personal experimentado.

En lo referente al transporte de explosivos, El Contratista deberá cumplir con lo estipulado en las Especificaciones Técnicas del MTOP (Capítulo 200, Sección 222, numerales 01; 01.1; 02.1.1; 02.2 y 03) "Manejo y Transporte de materiales peligrosos" que se presenta a continuación:

**Descripción.-** las normas y procedimientos de seguridad que deben ser considerados por el Contratista y exigidos por el Fiscalizador, a fin de que se extremen las precauciones cuando se use y transporte materiales y elementos contaminantes, tóxicos o peligrosos, tales como los explosivos, combustibles, aguas servidas no tratadas, desechos o basura están contempladas en las Especificaciones Ambientales.

#### **Medición y forma de pago.**

Para la excavación en roca, se considerarán los siguientes rubros:

Excavación mecánica en roca, con dinamita (incluye equipo de perforación) de acuerdo a profundidades, por metro cúbico medido sobre perfil en plano.

**Descripción:** Excavación en roca

**Unidad:** m<sup>3</sup>

**Materiales mínimos:** Dynamita, fulminante, mecha, nitrato de amonio.

**Equipo mínimo:** Compresor, equipo de perforación.

**Mano de obra calificada, mínima:** Operador de equipo liviano y Ayudante de maquinaria.

**Medición y pago:** El pago incluye la mano de obra, el equipo, los materiales, las herramientas necesarias y cualquier otro gasto que incurra el Contratista para realizar el trabajo según estas especificaciones.

## **EXCAVACIÓN CON PRESENCIA DE AGUA**

La realización de excavación de zanjas con presencia de agua puede ocasionarse por la aparición de aguas provenientes del subsuelo, escorrentía de aguas lluvias, de inundaciones, de operaciones de construcción, aguas servidas y otros similares; la presencia de agua por estas causas debe ser evitada por el constructor mediante métodos constructivos apropiados, por lo que no se reconocerá pago adicional alguno por estos trabajos.

En los lugares sujetos a inundaciones de aguas lluvias no se realizarán excavaciones en tiempo lluvioso. Las zanjas deberán estar libres de agua antes de colocar las tuberías y colectores; bajo ningún concepto se colocarán bajo agua. Las zanjas se mantendrán secas hasta que las tuberías hayan sido completamente acopladas. Para el caso de instalación de tuberías de drenaje de hormigón con juntas de mortero, se mantendrá seca la zanja hasta que se consiga el fraguado del cemento.

**Medición.-** La medición de las excavaciones en presencia de agua o fangos se medirá, por los volúmenes delimitados por la línea del terreno antes de iniciar las excavaciones y por los anchos teóricos definidos en estas especificaciones, o definidas con el debido sustento por la Fiscalización. Se medirá y pagará por metro cúbico excavado, sin considerar deslizamientos, desprendimientos o derrumbes que se consideren errores o negligencia del Contratista.

**Pago.-** El pago incluye la mano de obra, el equipo, los materiales, las herramientas necesarias y cualquier otro gasto que incurra el Contratista para realizar el trabajo según estas especificaciones. En ningún caso serán objeto de pago, las excavaciones que el Contratista realice por conveniencia propia, los cuales se consideran incluidos en los costos indirectos de la obra.

**Descripción:** Excavación en fango

**Unidad:** m<sup>3</sup>



**Equipo mínimo:** Retroexcavadora, bomba de agua.

**Mano de obra calificada, mínima:** Operador licencia tipo C y Ayudante de maquinaria.

**Medición y pago:** El pago incluye la mano de obra, el equipo, los materiales, las herramientas necesarias y cualquier otro gasto que incurra el Contratista para realizar el trabajo según estas especificaciones.

### **RASANTEO DE ZANJA**

**Descripción.-** Se entenderá por rasanteo de zanja, la preparación del fondo de la zanja y la ejecución de una serie de trabajos, previos a la instalación de las tuberías, tendientes a asegurar su debido funcionamiento y vida útil.

Para esto, los últimos 10 cm de profundidad de toda la zanja serán excavados a mano hasta llegar a la cota de proyecto.

Se procederá enseguida a conformar y compactar la rasante de la zanja que alojará la tubería, logrando una superficie uniforme.

Luego, sin excepción alguna, a fin de otorgar a las tuberías –independiente del material y tipo- una base adecuada para asegurar una distribución de cargas uniforme sobre el terreno, deberá colocarse una capa del espesor no menor a los 0.10 m de arena o material similar.

De encontrarse material inestable se procederá a cimentar en un replantillo de piedra, cuyas dimensiones oscilen entre 10 cm y 20 cm, las cuales se apisonarán mecánicamente hasta conseguir que no se presenten asentamientos y el fondo de la zanja sea firme; y, finalmente, de encontrarse terreno firme capaz de soportar la carga que se colocará, se lo apisonará a fin de conseguir al menos el 90% de compactación según el ensayo Proctor Modificado. En lugar de la cimentación con el replantillo, puede admitirse también el relleno con material de mejoramiento, compactado al 90% según el ensayo Proctor Modificado hasta completar una capa cuyo espesor promedio puede variar entre 30 cm. y 50 cm., alternativa que será

autorizada por el Fiscalizador.

Cuando se haya utilizado el replantillo para cimentar, deberá colocarse a continuación una capa del espesor de 0.15 m de material de reposición compactada al 90% del proctor modificado, sobre la cual colocará la capa de 0,10 m de arena y se asentará finalmente la tubería.

**Procedimiento de Trabajo.-** La Fiscalización se asegurará que se tomen todas las medidas precautelatorias necesarias para salvaguardar el bienestar de quienes laboren. Se deberá usar equipo de trabajo adecuado, casco, chalecos, guantes, etc. Para ello se cumplirá con lo que al respecto se estipule en los planos.

**Medición.-** El rasanteo de zanja, se medirá en ml e incluye la ejecución de las siguientes actividades; las excavaciones a mano de los últimos 0,10 m de la zanja y de los 0,10 m de la franja central.

**Pago.-** Esto se cancelará independientemente del tipo de suelo (a excepción de que sea roca) y de la profundidad de la zanja según el siguiente rubro.

**Descripción:** Rasanteo de zanja.

**Unidad:** ml

**Equipo mínimo:** Herramienta menor, compactador mecánico de talón.

**Mano de obra calificada, mínima:** Categorías I y III

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas necesarias para la correcta ejecución del rubro.

## **SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PERFILADA PARA ALCANTARILLADO Ø=200mm**

### **SUMINISTRO**

Estas especificaciones contemplan a tubos de policloruro de vinilo (PVC) rígido de pared estructurada con interior liso, sus uniones y accesorios para instalarse en sistemas de alcantarillado y comprenden los siguientes tipos.

**Tipo A<sub>2</sub>:** Tubo de doble pared liso en sus superficies interiores y exteriores, formadas por un elemento o banda con nervios entre sus paredes, que se ensambla en circunferencia o en espiral.

**Tipo B:** Tubo de extrusión simultánea de doble pared, interior lisa y exterior corrugada.

**Requisitos.-** Las tuberías cumplirán las normas internacionales ISO y ASTM u otra norma internacional equivalente que cumpla los requisitos mínimos mencionados en estas especificaciones. Las tuberías fabricadas en Ecuador deberán cumplir la norma INEN 2059:2000 Segunda Revisión.

**Material.-** Esta especificación incluye los requisitos, métodos de ensayo, uniones y accesorios para garantizar el funcionamiento del sistema.

Los tubos servirán para evacuación de aguas servidas y/o pluviales y soportarán rellenos con densidad no menor de 1.700 kg/cm<sup>2</sup> y compactación entre el 85 y 95% de la máxima densidad seca según el ensayo de Proctor Standard.

**Dimensiones y Tolerancias.-** Las dimensiones de los tubos, diámetros y espesores mínimos, deben satisfacer los requisitos indicados en la NTE 2059 vigente y podrán seleccionarse de acuerdo con lo señalado en las tablas de espesores, rigidez anular y diámetros de esta norma.

### **LONGITUD**

**Tubos tipo A<sub>2</sub>:** Se suministrarán en longitudes variables de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

**Tubos tipo B:** Se suministrarán en longitud de 6 m.

## **INSTALACIÓN**

Tanto la excavación en zanja como el relleno, deben estar de acuerdo con las especificaciones que siguen.

**Excavación.-** Para tuberías se hará de acuerdo a las dimensiones, pendientes y alineaciones indicadas en las especificaciones y planos del proyecto y no deben contener raíces, troncos, rocas ni otro material que obstruya la colocación de la tubería.

En lo posible, las paredes de la zanja en terrenos estables serán verticales y en terrenos inestables según la profundidad de la zanja, las paredes podrán tener taludes y/o para su estabilidad, se podrá colocar soportes o entibamientos.

**Tendido.-** La tubería será tendida en seco sobre terreno de densidad uniforme y de acuerdo con las líneas y pendientes indicadas en los planos.

El tendido de la tubería empezará aguas abajo y continuará en contrapendiente. Si se emplearan tubos con extremos espigo y campana, éstos serán tendidos en contrapendiente con la campana aguas arriba. Si los tubos son de extremos lisos, es indiferente y se acoplarán mediante uniones acampanadas para alojar los extremos de los tubos y sus cauchos o elastómeros. Las excavaciones para la campana o unión independiente se harán inmediatamente antes de la colocación de cada tubo.

**Relleno.-** Se efectuará lo más rápidamente posible después de instalada la tubería, para proteger a ésta contra rocas que puedan caer en la zanja y eliminar la posibilidad de desplazamiento o de flotación en caso de que se produzca una inundación, evitando también la erosión del suelo que sirve de soporte a la tubería.

El suelo circundante a la tubería debe confinar convenientemente la zona de relleno para proporcionar el soporte adecuado a la tubería, de tal manera que el

trabajo conjunto de suelo y tubería le permita soportar las cargas de diseño.

**Compactación.-** Antes de la compactación, el contenido de humedad del material debe ser el óptimo para ser sometido a una compactación hasta conseguir según el ensayo de Proctor Standard del 85 al 90% de la máxima densidad seca en el acostillado, y del 90 al 95% de dicha densidad en el relleno inicial y final.

Los equipos de compactación a utilizar desde la capa de cimiento hasta la de relleno inicial pueden ser compactadores manuales y mecánicos; rodillos sólo podrán ser utilizados sobre el relleno final.

### **Medición y forma de pago**

El suministro, instalación y prueba de tubería para alcantarillado, se determinará directamente en la obra la longitud de la tubería instalada según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador. La medición se hará entre las paredes interiores de los pozos de revisión. Los rubros a considerar son los siguientes:

**Descripción:** Suministro, instalación y prueba de tubería perfilada para alcantarillado  $\varnothing = 200$  mm, según la Norma INEN 2059.

**Unidad:** ml

**Materiales mínimos:** Tubo de PVC  $\varnothing = 200$  mm

**Equipo mínimo:** Herramienta menor

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas y materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro

### **CAMA DE ARENA PARA TUBERIA e=0.5 cm.**

**Descripción.-** A fin de otorgar a las tuberías –independiente del material y tipo- una base adecuada para asegurar una distribución de cargas uniforme sobre el terreno, deberá colocarse una capa del espesor no menor a los 0.10 m de arena o material similar.

**Procedimiento de Trabajo.-** De encontrarse material inestable se procederá a cimentar en un replantillo de piedra, cuyas dimensiones oscilen entre 10 cm. y 20 cm., las cuales se apisonarán mecánicamente hasta conseguir que no se presenten asentamientos y el fondo de la zanja sea firme; y, finalmente, de encontrarse terreno firme capaz de soportar la carga que se colocará, se lo apisonará a fin de conseguir al menos el 90% de compactación según el ensayo Proctor Modificado. En lugar de la cimentación con el replantillo, puede admitirse también el relleno con material de mejoramiento, compactado al 90% según el ensayo Proctor Modificado hasta completar una capa cuyo espesor promedio puede variar entre 30 cm. y 50 cm., alternativa que será autorizada por el Fiscalizador.

Cuando se haya utilizado el replantillo para cimentar, deberá colocarse a continuación una capa del espesor de 0.15 m de material de reposición compactada al 90% del Proctor modificado, sobre la cual colocará la capa de 0,10 m de arena y se asentará finalmente la tubería.

**Medición y Pago.-** El suministro y colocación de la capa de arena, se medirá y se cancelará en m<sup>3</sup>, y corresponde a un ancho medio de 0,30 m multiplicado por la longitud de tubería colocada y por un espesor de 0,10 m, según el siguiente rubro.

**Descripción:** Colchón de arena para tubería e=0,5 cm

**Unidad:** m<sup>3</sup>

**Materiales mínimos:** arena (puesta en obra)

**Equipo mínimo:** Herramienta menor.

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas y materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro

## **SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍA PERFILADA PARA ALCANTARILLADO Ø=250MM**

### **SUMINISTRO**

Estas especificaciones contemplan a tubos de policloruro de vinilo (PVC) rígido de pared estructurada con interior liso, sus uniones y accesorios para instalarse en sistemas de alcantarillado y comprenden los siguientes tipos.

**Tipo A<sub>2</sub>:** Tubo de doble pared liso en sus superficies interiores y exteriores, formadas por un elemento o banda con nervios entre sus paredes, que se ensambla en circunferencia o en espiral.

**Tipo B:** Tubo de extrusión simultánea de doble pared, interior lisa y exterior corrugada.

**Requisitos.-** Las tuberías cumplirán las normas internacionales ISO y ASTM u otra norma internacional equivalente que cumpla los requisitos mínimos mencionados en estas especificaciones. Las tuberías fabricadas en Ecuador deberán cumplir la norma INEN 2059:2000 Segunda Revisión.

**Material.-** Esta especificación incluye los requisitos, métodos de ensayo, uniones y accesorios para garantizar el funcionamiento del sistema.

Los tubos servirán para evacuación de aguas servidas y/o pluviales y soportarán rellenos con densidad no menor de 1.700 kg/cm<sup>2</sup> y compactación entre el 85 y 95% de la máxima densidad seca según el ensayo de Proctor Standard.

**Dimensiones y Tolerancias.-** Las dimensiones de los tubos, diámetros y espesores mínimos, deben satisfacer los requisitos indicados en la NTE 2059 vigente y podrán seleccionarse de acuerdo con lo señalado en las tablas de espesores, rigidez anular y diámetros de esta norma.

## **LONGITUD**

**Tubos tipo A<sub>2</sub>:** Se suministrarán en longitudes variables de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

**Tubos tipo B:** Se suministrarán en longitud de 6 m.

## **INSTALACIÓN**

Tanto la excavación en zanja como el relleno, deben estar de acuerdo con las especificaciones que siguen.

**Excavación.-** Para tuberías se hará de acuerdo a las dimensiones, pendientes y alineaciones indicadas en las especificaciones y planos del proyecto y no deben contener raíces, troncos, rocas ni otro material que obstruya la colocación de la tubería.

En lo posible, las paredes de la zanja en terrenos estables serán verticales y en terrenos inestables según la profundidad de la zanja, las paredes podrán tener taludes y/o para su estabilidad, se podrá colocar soportes o entibamientos.

**Tendido.-** La tubería será tendida en seco sobre terreno de densidad uniforme y de acuerdo con las líneas y pendientes indicadas en los planos.

El tendido de la tubería empezará aguas abajo y continuará en contrapendiente. Si se emplearan tubos con extremos espigo y campana, éstos serán tendidos en contrapendiente con la campana aguas arriba. Si los tubos son de extremos lisos, es indiferente y se acoplarán mediante uniones acampanadas para alojar los extremos de los tubos y sus cauchos o elastómeros. Las excavaciones para la campana o unión independiente se harán inmediatamente antes de la colocación de cada tubo.

**Relleno.-** Se efectuará lo más rápidamente posible después de instalada la tubería, para proteger a ésta contra rocas que puedan caer en la zanja y eliminar la posibilidad de desplazamiento o de flotación en caso de que se produzca una

inundación, evitando también la erosión del suelo que sirve de soporte a la tubería.

El suelo circundante a la tubería debe confinar convenientemente la zona de relleno para proporcionar el soporte adecuado a la tubería, de tal manera que el trabajo conjunto de suelo y tubería le permita soportar las cargas de diseño.

**Compactación.-** Antes de la compactación, el contenido de humedad del material debe ser el óptimo para ser sometido a una compactación hasta conseguir según el ensayo de Proctor Standard del 85 al 90% de la máxima densidad seca en el acostillado, y del 90 al 95% de dicha densidad en el relleno inicial y final.

Los equipos de compactación a utilizar desde la capa de cimiento hasta la de relleno inicial pueden ser compactadores manuales y mecánicos; rodillos sólo podrán ser utilizados sobre el relleno final.

### **Medición y forma de pago**

El suministro, instalación y prueba de tubería para alcantarillado, se determinará directamente en la obra la longitud de la tubería instalada según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador. La medición se hará entre las paredes interiores de los pozos de revisión. Los rubros a considerar son los siguientes:

**Descripción:** Suministro, instalación y prueba de tubería perfilada para alcantarillado  $\varnothing = 250$  mm, según la Norma INEN 2059.

**Unidad:** ml

**Materiales mínimos:** Tubo de PVC  $\varnothing = 250$  mm

**Equipo mínimo:** Herramienta menor

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas y materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro

## **SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍA PERFILADA PARA ALCANTARILLADO Ø=315 MM**

### **SUMINISTRO**

Estas especificaciones contemplan a tubos de policloruro de vinilo (PVC) rígido de pared estructurada con interior liso, sus uniones y accesorios para instalarse en sistemas de alcantarillado y comprenden los siguientes tipos.

**Tipo A<sub>2</sub>:** Tubo de doble pared liso en sus superficies interiores y exteriores, formadas por un elemento o banda con nervios entre sus paredes, que se ensambla en circunferencia o en espiral.

**Tipo B:** Tubo de extrusión simultánea de doble pared, interior lisa y exterior corrugada.

**Requisitos.-** Las tuberías cumplirán las normas internacionales ISO y ASTM u otra norma internacional equivalente que cumpla los requisitos mínimos mencionados en estas especificaciones. Las tuberías fabricadas en Ecuador deberán cumplir la norma INEN 2059:2000 Segunda Revisión.

**Material.-** Esta especificación incluye los requisitos, métodos de ensayo, uniones y accesorios para garantizar el funcionamiento del sistema.

Los tubos servirán para evacuación de aguas servidas y/o pluviales y soportarán rellenos con densidad no menor de 1.700 kg/cm<sup>2</sup> y compactación entre el 85 y 95% de la máxima densidad seca según el ensayo de Proctor Standard.

**Dimensiones y Tolerancias.-** Las dimensiones de los tubos, diámetros y espesores mínimos, deben satisfacer los requisitos indicados en la NTE 2059 vigente y podrán seleccionarse de acuerdo con lo señalado en las tablas de espesores, rigidez anular y diámetros de esta norma.

### **LONGITUD**

**Tubos tipo A<sub>2</sub>:** Se suministrarán en longitudes variables de acuerdo con los

requerimientos del proyecto.

**Tubos tipo B:** Se suministrarán en longitud de 6 m.

### **INSTALACIÓN**

Tanto la excavación en zanja como el relleno, deben estar de acuerdo con las especificaciones que siguen.

**Excavación.-** Para tuberías se hará de acuerdo a las dimensiones, pendientes y alineaciones indicadas en las especificaciones y planos del proyecto y no deben contener raíces, troncos, rocas ni otro material que obstruya la colocación de la tubería.

En lo posible, las paredes de la zanja en terrenos estables serán verticales y en terrenos inestables según la profundidad de la zanja, las paredes podrán tener taludes y/o para su estabilidad, se podrá colocar soportes o entibamientos.

**Tendido.-** La tubería será tendida en seco sobre terreno de densidad uniforme y de acuerdo con las líneas y pendientes indicadas en los planos.

El tendido de la tubería empezará aguas abajo y continuará en contrapendiente. Si se emplearan tubos con extremos espigo y campana, éstos serán tendidos en contrapendiente con la campana aguas arriba. Si los tubos son de extremos lisos, es indiferente y se acoplarán mediante uniones acampanadas para alojar los extremos de los tubos y sus cauchos o elastómeros. Las excavaciones para la campana o unión independiente se harán inmediatamente antes de la colocación de cada tubo.

**Relleno.-** Se efectuará lo más rápidamente posible después de instalada la tubería, para proteger a ésta contra rocas que puedan caer en la zanja y eliminar la posibilidad de desplazamiento o de flotación en caso de que se produzca una inundación, evitando también la erosión del suelo que sirve de soporte a la tubería.

El suelo circundante a la tubería debe confinar convenientemente la zona de relleno para proporcionar el soporte adecuado a la tubería, de tal manera que el

trabajo conjunto de suelo y tubería le permita soportar las cargas de diseño.

**Compactación.-** Antes de la compactación, el contenido de humedad del material debe ser el óptimo para ser sometido a una compactación hasta conseguir según el ensayo de Proctor Standard del 85 al 90% de la máxima densidad seca en el acostillado, y del 90 al 95% de dicha densidad en el relleno inicial y final.

Los equipos de compactación a utilizar desde la capa de cimiento hasta la de relleno inicial pueden ser compactadores manuales y mecánicos; rodillos sólo podrán ser utilizados sobre el relleno final.

**Descripción:** Suministro, instalación y prueba de tubería perfilada para alcantarillado Ø= 300 mm, según la Norma INEN 2059.

**Unidad:** ml

**Materiales mínimos:** Tubo de PVC Ø= 315 mm

**Equipo mínimo:** Herramienta menor

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas y materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro

## **SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍA PERFILADA PARA ALCANTARILLADO Ø=400MM**

### **SUMINISTRO**

Estas especificaciones contemplan a tubos de policloruro de vinilo (PVC) rígido de pared estructurada con interior liso, sus uniones y accesorios para instalarse en sistemas de alcantarillado y comprenden los siguientes tipos.

**Tipo A<sub>2</sub>:** Tubo de doble pared liso en sus superficies interiores y exteriores, formadas por un elemento o banda con nervios entre sus paredes, que se ensambla en circunferencia o en espira.

**Tipo B:** Tubo de extrusión simultánea de doble pared, interior lisa y exterior corrugada.



**Requisitos.-** Las tuberías cumplirán las normas internacionales ISO y ASTM u otra norma internacional equivalente que cumpla los requisitos mínimos mencionados en estas especificaciones. Las tuberías fabricadas en Ecuador deberán cumplir la norma INEN 2059:2000 Segunda Revisión.

**Material.-** Esta especificación incluye los requisitos, métodos de ensayo, uniones y accesorios para garantizar el funcionamiento del sistema.

Los tubos servirán para evacuación de aguas servidas y/o pluviales y soportarán rellenos con densidad no menor de 1.700 kg/cm<sup>2</sup> y compactación entre el 85 y 95% de la máxima densidad seca según el ensayo de Proctor Standard.

**Dimensiones y Tolerancias.-** Las dimensiones de los tubos, diámetros y espesores mínimos, deben satisfacer los requisitos indicados en la NTE 2059 vigente y podrán seleccionarse de acuerdo con lo señalado en las tablas de espesores, rigidez anular y diámetros de esta norma.

### **LONGITUD**

**Tubos tipo A<sub>2</sub>:** Se suministrarán en longitudes variables de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

**Tubos tipo B:** Se suministrarán en longitud de 6 m.

### **INSTALACIÓN**

Tanto la excavación en zanja como el relleno, deben estar de acuerdo con las especificaciones que siguen.

**Excavación.-** Para tuberías se hará de acuerdo a las dimensiones, pendientes y alineaciones indicadas en las especificaciones y planos del proyecto y no deben contener raíces, troncos, rocas ni otro material que obstruya la colocación de la tubería.

En lo posible, las paredes de la zanja en terrenos estables serán verticales y en terrenos inestables según la profundidad de la zanja, las paredes podrán tener taludes y/o para su estabilidad, se podrá colocar soportes o entibamientos.

**Tendido.-** La tubería será tendida en seco sobre terreno de densidad uniforme y de acuerdo con las líneas y pendientes indicadas en los planos.

El tendido de la tubería empezará aguas abajo y continuará en contrapendiente. Si se emplearan tubos con extremos espigo y campana, éstos serán tendidos en contrapendiente con la campana aguas arriba. Si los tubos son de extremos lisos, es indiferente y se acoplarán mediante uniones acampanadas para alojar los extremos de los tubos y sus cauchos o elastómeros. Las excavaciones para la campana o unión independiente se harán inmediatamente antes de la colocación de cada tubo.

**Relleno.-** Se efectuará lo más rápidamente posible después de instalada la tubería, para proteger a ésta contra rocas que puedan caer en la zanja y eliminar la posibilidad de desplazamiento o de flotación en caso de que se produzca una inundación, evitando también la erosión del suelo que sirve de soporte a la tubería.

El suelo circundante a la tubería debe confinar convenientemente la zona de relleno para proporcionar el soporte adecuado a la tubería, de tal manera que el trabajo conjunto de suelo y tubería le permita soportar las cargas de diseño.

**Compactación.-** Antes de la compactación, el contenido de humedad del material debe ser el óptimo para ser sometido a una compactación hasta conseguir según el ensayo de Proctor Standard del 85 al 90% de la máxima densidad seca en el acostillado, y del 90 al 95% de dicha densidad en el relleno inicial y final.

Los equipos de compactación a utilizar desde la capa de cimiento hasta la de relleno inicial pueden ser compactadores manuales y mecánicos; rodillos sólo podrán ser utilizados sobre el relleno final.

## **Medición y forma de pago**

El suministro, instalación y prueba de tubería para alcantarillado, se determinará directamente en la obra la longitud de la tubería instalada según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador. La medición se hará entre las paredes interiores de los pozos de revisión. Los rubros a considerar son los siguientes:

**Descripción:** Suministro, instalación y prueba de tubería perfilada para alcantarillado Ø= 400 mm, según la Norma INEN 2059.

**Unidad:** ml

**Materiales mínimos:** Tubo de PVC Ø= 400 mm

**Equipo mínimo:** Herramienta menor

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas y materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro

## **DESALOJO DE MATERIAL, INCLUYE TRANSPORTE Y CARGADA.**

Desalojo. Se entenderá por desalojo de material producto de excavación y no apto para relleno, la operación consistente en el cargado y transporte de dicho material hasta los bancos de desperdicio o de almacenamiento que señale el proyecto y/o el ingeniero Fiscalizador, ubicados a distancias iguales o menores a 3 km.

No se incluyen en la cuantificación de estos volúmenes, los materiales provenientes de restos de materiales, desperdicios y demás sobrantes o residuos de obra generados en la obra, cuyo manejo, recogida, cargado, transporte, descarga y demás actividades relacionadas, que son de responsabilidad del Contratista.

No se podrá desalojar materiales fuera de los sitios definidos por la Fiscalización. Para esto, la Fiscalización implementará un mecanismo de control para la entrega de materiales mediante una boleta de recibo-entrega.

Para que se considere efectuado el rubro de desalojo, la Fiscalización constatará

que el sitio de la obra y la zona de influencia de la misma, presente una condición de orden y limpieza. No se aceptará como rubro terminado si los desperdicios o restos de material se han colocado al borde de la vía o en un entorno inmediato en terrenos de particulares.

Los sitios de desalojo serán ubicados por el Contratista y previo a su uso, serán autorizados por el Fiscalizador quien valorará y coordinará con el I. Municipio la conveniencia de dicho sitio. La gestión de estos botaderos –conformación, adecuación final, etc- estará a cargo del Contratista, lo que deberá estar a considerado en el precio unitario del desalojo. Para iniciar el proceso de recepción provisional, la Fiscalización deberá emitir un certificado de aceptación de las condiciones finales del botadero.

#### **Medición y forma de pago:**

El cargado a mano o a máquina, de materiales de desalojo se pagará por separado, en metros cúbicos calculados en base al ancho teórico y a la profundidad de la excavación, multiplicado por el porcentaje de esponjamiento. .

El transporte de materiales de desalojo hasta 5 km, se medirá y pagará en metros cúbicos. El volumen corresponderá al volumen teórico excavado multiplicado por el porcentaje de esponjamiento.

El porcentaje de esponjamiento dependerá del tipo de material, sin embargo, para fines prácticos para este proyecto se considera un porcentaje de esponjamiento no mayor al 30%.

El Contratista se impondrá, para la elaboración y presentación de su oferta el factor de esponjamiento, de acuerdo a su experiencia y al conocimiento del proyecto. La ruta para el transporte de materiales de desalojo será definida por el Fiscalizador.

**Descripción:** Desalojo de material, incluye transporte y cargada.

**Unidad:** m<sup>3</sup>/km

**Equipo mínimo:** Retroexcavadora, volqueta.

**Mano de obra calificada, mínima:** Operador Grupo I, Categoría I, Chofer profesional

**Medición y pago:** Se medirá en base al ancho teórico en metros cúbicos calculados en base al ancho teórico y a la profundidad de la excavación, multiplicado por el porcentaje de esponjamiento. El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas necesarias para la correcta ejecución del rubro.

### **ENTIBADOS DE MADERA.**

Son los trabajos que tienen por objeto estabilizar y/o sostener temporalmente, evitando la socavación o derrumbamiento de las paredes. La ejecución del rubro incluye el suministro de toda la mano de obra, equipo, herramientas y materiales necesarios para su ejecución, instalación, retiro y mantenimiento.

Los entibados pueden ser: continuos y discontinuo.

Las excavaciones para tuberías y/o estructuras, serán entibadas de tal forma que no produzcan derrumbes, deslizamientos, de manera que el personal de trabajadores, o vecinos del lugar, y todas las obras existentes, ya sea ejecutadas o en ejecución por el Contratista, o pertenecientes a terceros o de cualquier clase que sean, se hallen completamente protegidos.

El Contratista suministrará, colocará y mantendrá todo el entibado necesario para soportar las paredes de las excavaciones. Si se produjere algún daño como resultado de la falta de entibamiento o de un inadecuado entibado, el Contratista efectuará las reparaciones, reconstrucciones o indemnizaciones por su propia cuenta y costo. Así mismo, deberá tomar todas las precauciones para garantizar que los entibados no se desplacen cuando sean retirados temporalmente para permitir la instalación de las tuberías

Todos los materiales utilizados en la construcción del entibado serán de buena

calidad, estarán en buenas condiciones y libres de defectos que puedan disminuir su resistencia. No se permitirá el uso de cuñas para compensar los cortes defectuosos de la superficie de apoyo.

Dependiendo de las condiciones particulares del terreno en cada sector, el Contratista debe presentar para la aprobación de la Fiscalización, el uso y el tipo de entibado a utilizar y el diseño correspondiente. .

**Entibado continuo.-** Esta protección está formada por tablas horizontales sostenidas contra las paredes de la zanja por piezas verticales, sujetas a su vez por puntales transversales. La separación entre tablas horizontales no será mayor a 10 cm. El entibado continuo no debe usarse en zanjas donde se haya iniciado el deslizamiento, pues da una falsa sensación de seguridad.

**Entibado discontinuo.-** Se colocan tablonces (ancho: 0,25 m y espesor > 2,5 cm.) en posición vertical, contra las paredes de la excavación, los cuales serán sostenidas en esta posición mediante puntales transversales (normalmente de madera, que son ajustados en el propio lugar). La separación entre los tablonces lo definirá el Contratista, no pudiendo ser mayor a 1,0 m.

No serán considerados para efectos de pago las medidas que tome el Contratista para proteger los frentes de excavación o las secciones excavadas y taludes no definitivos, estos costos se consideran incluidos en los correspondientes ítems de excavación.

#### **Medición y forma de pago:**

Los entibados ya sea continuo, o discontinuo se medirán en metros cuadrados de pared efectivamente entibada, considerando como tal, el área de la pared en contacto con las tablas, tablonces. Se tomarán en cuenta las superficies de las paredes de cada costado de las zanjas o taludes de excavaciones sostenidos por el entibado. El pago se realizará según el siguiente rubro:

**Descripción:** Entibados de madera

**Unidad:** ml

**Materiales mínimos:** Pingos, tablonos, clavos

**Equipo mínimo:** Herramienta menor

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría II, III

**Medición y pago:** El pago incluye la mano de obra, equipos, herramientas, materiales; y, todos los servicios conexos para la correcta ejecución del trabajo a entera satisfacción del Fiscalizador, incluye el uso, montaje, desmontaje y el retiro de los materiales.

### **RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO (VIBROCOMPACTADOR)**

En el proceso de relleno se utilizará de preferencia el material de la excavación, y cuando no fuese apropiado se seleccionará otro que cumpla las condiciones técnicas con el visto bueno de la Fiscalización. El material de reposición cumplirá con las siguientes especificaciones:

- ✓ El límite líquido del material ensayado, no será superior al 40 %
- ✓ El índice de plasticidad no será superior al 15%
- ✓ La densificación del material no será menor al 95% de la densidad máxima obtenida en laboratorio, de acuerdo al ensayo Proctor Modificado.
- ✓ El tamaño máximo de los granos no será mayor a 2", en caso de presentarse, deberán ser retirados.

El material de sitio para relleno puede ser cohesivo, pero cumplirá los siguientes requisitos:

- ✓ No contendrá material orgánico, ni residuos de plásticos u otros elementos que alteren la condición del material a usarse en el relleno y siempre que el límite líquido del suelo sea menor al 50 % y retirando toda partícula mayor a 2". El espesor de cada capa de relleno no será mayor de 30 cm y su densificación deberá ser igual o mayor al 95 % de la densidad máxima obtenida en laboratorio, de acuerdo al ensayo Proctor Modificado,
- ✓ El Constructor no podrá utilizar el material ni iniciar las tareas de relleno sin la



expresa autorización del Contratante, que puede ser a través del libro de obra o de una comunicación escrita.

- ✓ En caso de presentarse molones de piedra en el material para relleno entre 2 y 10", se procederá al relleno de la zanja por capas alternadas de 30 cm de material fino con tamaño de grano no mayor a 2" y luego sobre esta una capa de piedra acomodada sin que se sobrepongan, hasta completar la altura total de relleno, cuidando de que la primera y última capa sea de material fino.

### **Medición y forma de pago**

La preparación y colocación de material para conformar los rellenos en las condiciones indicadas en este ítem, se medirá en metros cúbicos debidamente compactados según las líneas y niveles definidos en los planos (valores teóricos) o lo señalado por escrito en el libro de obra por la Fiscalización.

En el caso de relleno con suministro de material de reposición, el Contratista considerará en su análisis el transporte, desperdicios y esponjamiento del material a suministrar, ya que para su pago este se medirá una vez colocado y compactado según estas especificaciones.

**Descripción:** Relleno compactado con material de mejoramiento.

**Unidad:** m<sup>3</sup>

**Materiales mínimos:** material de mejoramiento.

**Equipo mínimo:** Herramienta menor, vibroapisonador

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** Se medirá en obra, según ancho teórico y la profundidad que correspondiente. El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas necesarias para la correcta ejecución del rubro.

## **RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DEL SITIO**

### **RELLENOS.**

En esta parte se definen las actividades que se realizan para seleccionar, preparar y colocar material compactado, en las zanjas, desde el nivel del plano de asentamiento hasta el nivel original o el definido en los planos, y su mantenimiento hasta la terminación de las obras.

El Contratista someterá a la aprobación de la Fiscalización, los procedimientos y medios que ha previsto para la ejecución de los rellenos. No se efectuará el relleno de excavaciones si antes no se cuenta con la aprobación –constante en el libro de obra- por parte de la Fiscalización y la calificación del material a utilizar, de lo contrario, la Fiscalización, podrá ordenar la remoción del relleno no autorizado, sin que el Constructor tenga derecho a retribución económica ni compensación alguna por este trabajo.

No se autorizará la colocación del material de relleno en condiciones de saturación o sobresaturación, ni permitir que el exceso de agua ceda por filtración. Los rellenos se realizarán de manera que se evite la segregación de modo que los resultados sean lo más homogéneos. Se evitará la contaminación entre diversos tipos de materiales.

### **RELLENOS DE ZANJAS PARA TUBERÍAS.**

En las primeras capas, hasta alcanzar los 0,30 m por encima de la tubería sobre las tuberías, el relleno se realizará empleando material fino seleccionado ya sea de la propia excavación o de préstamo, según criterio de la Fiscalización, exento de piedras, restos de materiales de construcción, material vegetal, o cantos rodados mayores a los 0,05 m de diámetro.

El material de relleno será colocado en una capa de 0,40 m para ser compactada mediante un vibroapisonador de talón, hasta conseguir una compactación no menor al 90% del Proctor modificado. Se espera que finalmente quede una capa

compactada de alrededor de 0,30m sobre la tubería, que asegure la transmisión de esfuerzos al suelo adyacente

Se tendrá cuidado de no transitar, ni efectuar trabajos sobre la tubería, hasta que se haya alcanzado un mínimo de 0.30 m de relleno sobre éstas.

A partir de ese nivel, se procederá con el relleno propiamente dicho, sin compactar, o compactado a máquina, según lo señale la Fiscalización, y en la forma como se especifica más adelante.

El Constructor será responsable de cualquier desplazamiento o daño de la tubería y/o estructura, que pudiera ser causado por procedimientos inadecuados de relleno u otros. El arreglo obligatorio, aprobado por la fiscalización, que debe efectuar el Constructor para corregir el daño, no le concede ningún derecho para reclamar pago adicional por los trabajos ejecutados, que son de su responsabilidad.

En los espacios verdes -parques, parterres-, el relleno debe terminar quince (15) centímetros por debajo del nivel del terreno natural. La colocación posterior de tierra vegetal y el césped, serán ejecutados según las especificaciones correspondientes.

Si por negligencia o descuido del Constructor, la actividad de relleno no ha sido continua después de la instalación de las tuberías, y por esta causa se hubieren producido derrumbes, los daños serán reparados inmediatamente por el Constructor, por su cuenta y costo.

### **RELLENO COMPACTADO MÁQUINA.**

Por relleno compactado se define la colocación de material proveniente de la propia zanja o de préstamo, en capas sensiblemente horizontales de no más de 0.20 m de espesor, debidamente compactadas logrando una densidad igual o mayor al 95% de la densidad máxima, obtenida en laboratorio, de acuerdo al ensayo del Proctor Modificado.

La compactación se realizará únicamente con compactadores mecánicos. No se aceptará el uso de planchas vibratorias.

Cada capa compactada será escarificada manualmente antes de colocar la capa siguiente.

Para obtener una densidad de acuerdo con lo especificado, el contenido de humedad del material a ser usado en el relleno debe ser óptimo. Si el material se encuentra seco, se añadirá la cantidad necesaria de agua, y, si existe exceso de humedad, será necesario secar el material. En cualquier caso, la preparación del material deberá ser hecha fuera de la zanja. Para una adecuada compactación mediante apisonamiento, no será utilizado en el relleno material húmedo excedido con relación a la humedad óptima obtenida en la prueba Proctor T-99, de la ASSHO.

Para iniciar el relleno de las zanjas el Fiscalizador verificará que las paredes tengan los taludes autorizados, estables, (evitando que se formen "cuevas" donde el relleno no se puede compactar adecuadamente); en caso de haberse producido derrumbes por defectos en el proceso de excavación, originándose socavaciones o bóvedas que impidan una correcta compactación del material de relleno, serán eliminadas mediante sobreexcavación, por cuenta y a costa del Contratista.

### **CONTROL DE CALIDAD DE LOS RELLENOS**

La Fiscalización determinará el número de análisis para verificar el grado de compactación. Normalmente, se efectuarán los ensayos de compactación en función del volumen relleno o de la longitud de la zanja, según el siguiente criterio: cada 30 m<sup>3</sup> de relleno realizado.

Para el control de la compactación de suelos a nivel de sub-rasante y más abajo en corte, y cada capa de suelo que se utilice en rellenos, el Fiscalizador determinará la densidad máxima de laboratorio de acuerdo al método de ensayo, AASTHO T-180, método D, con la modificación permitida en cuanto al reemplazo de material retenido en el tamiz de 3/4" (19.0 mm.), por material retenido en el

número 4 (4.75 mm.).

El control de la densidad en la obra será llevado a cabo por el Fiscalizador, de acuerdo a los siguientes métodos.

- Método del Cono y Arena, según AASTHO 191-61;
- Método volumétrico, según AASTHO 206-64;
- Utilizando el Densímetro nuclear debidamente calibrado.

La Fiscalización, fijará los niveles y abscisas en los que se realizarán las pruebas de control de calidad. Dependiendo de los resultados, se podrán ordenar nuevos ensayos.

Todos los ensayos realizados serán a costa del Contratista.

Se entenderá como relleno compactado concluido, al llegar a los niveles especificados y se ha obtenido un grado de compactación igual o mayor al 95% del PROCTOR STANDARD.

Cuando la zanja se rellene y cumplan con los ensayos y rangos establecidos, el Constructor está en la obligación de limpiar la vía del sobrante de material, y de los escombros producidos durante la construcción, y que serán depositados en los sitios que la Fiscalización lo señale. El desalojo del material restante, será cancelado mediante los rubros de cargado y desalojo de materiales de acuerdo a lo descrito más adelante en estas especificaciones.

El Contratista será responsable por la estabilidad de todos los rellenos ejecutados, hasta la recepción definitiva de la obra, y deberá reacondicionar todas las partes defectuosas, exceptuando las que el Fiscalizador considere que provienen de movimientos inevitables del terreno natural.

**Medición.**-La preparación y colocación de material (ya sea de banco o de la propia excavación) para conformar los rellenos en las condiciones indicadas en este ítem, se medirá en metros cúbicos debidamente compactados según las

líneas y niveles definidos en los planos (valores teóricos) o lo señalado por escrito en el libro de obra por la Fiscalización.

**Pago.-** No se reconocerá pago adicional por preparación del terreno ni por relleno de depresiones menores. Tampoco se reconocerá pago alguno por los materiales ni por la elaboración de muros de confinamiento necesarios para conformar estos rellenos, dichos costos se encuentran incluidos en el precio unitario del relleno.

Los costos de control de calidad que realizará la Fiscalización, serán por cuenta del Contratista. El Contratista puede realizar ensayos adicionales para demostrar la calidad de los trabajos y adelantar la ejecución de los mismos. Los laboratorios para el control de rellenos compactados deberán ser previamente calificados por la Fiscalización y aprobado por GAD Municipal de Gualaquiza.

Este rubro incluye el suministro de la mano de obra, el equipo, las herramientas, el suministro del material, la preparación del material (secado o humedecido), la escarificación de las capas previa la colocación de la siguiente, para la correcta ejecución de los trabajos a entera satisfacción de la Fiscalización.

En el caso de relleno con suministro de material de reposición, el Contratista considerará en su análisis el transporte, desperdicios y esponjamiento del material a suministrar, ya que para su pago este se medirá una vez colocado y compactado según estas especificaciones.

**Descripción:** Relleno compactado con material del sitio

**Unidad:** m<sup>3</sup>

**Equipo mínimo:** Herramienta menor, vibroapisonador

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** Se medirá en obra, según ancho teórico y la profundidad que correspondiente. El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas necesarias para la correcta ejecución del rubro

### **POZOS TIPO H=0.80 A 2,50 M. INCLUYE TAPA HF**

Se entenderán por pozos de revisión, las estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso al interior de las tuberías o colectores de alcantarillado, especialmente para limpieza.

Los pozos de revisión serán construidos en donde señalen los planos y/o el Ingeniero Fiscalizador durante el transcurso de la instalación de tuberías o construcción de colectores. No se permitirá que existan más de 160 metros de tubería o colectores instalados, sin que oportunamente se construyan los respectivos pozos.

Los pozos de revisión se construirán de acuerdo a los planos del proyecto, tanto los de diseño común como los de diseño especial. La construcción de la cimentación de los pozos de revisión, deberá hacerse previamente a la colocación de la tubería o colector, para evitar que se tenga que excavar bajo los extremos. Todos los pozos de revisión deberán ser construidos en una fundación adecuada, de acuerdo a la carga que estos producen y de acuerdo a la calidad del terreno soportante.

Se usarán para la construcción los planos de detalle existentes. Cuando la subrasante está formada por material poco resistente, será necesario renovarla y reemplazarla por material granular, o con hormigón de espesor suficiente para construir una fundación adecuada en cada pozo. Los pozos de revisión serán construidos de hormigón simple de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$  y de acuerdo a los diseños del proyecto. En la planta de los pozos de revisión se realizarán los canales de media caña correspondientes, debiendo pulirse y acabarse perfectamente de acuerdo con los planos. Los canales se realizarán con uno de los procedimientos siguientes:

Al hacerse el fundido de hormigón de la base se formarán directamente las "medias cañas", mediante el empleo de cerchas

Se colocarán tuberías cortadas a "media caña" al fundir el hormigón, para lo cual



se continuarán dentro del pozo los conductos de alcantarillado, colocando después del hormigón de la base, hasta la mitad de los conductos del alcantarillado, cortándose a cincel la mitad superior de los tubos después de que se endurezca suficientemente el hormigón.

Para el acceso al pozo, se dispondrá de estribos o peldaños formados con varillas de hierro de 18mm de diámetro, con recorte de aleta en las extremidades para empotrarse, en una longitud de 20cm y colocados a 40cm de espaciamiento; los peldaños irán debidamente empotrados y asegurados formando una saliente de 15cm por 30cm de ancho, deberán ser pintados con dos manos de pintura anticorrosiva.

El brocal del pozo, así como la tapa correspondiente serán prefabricados, contruidos según el diseño constante en los planos.

### **Medición y forma de pago**

La construcción de los pozos de revisión serán medidos en unidades, determinándose en obra el número construido de acuerdo al proyecto y órdenes del Ingeniero Fiscalizador, en función de altura, según los siguientes rubros:

**Descripción:** Pozos de revisión 0.80 a 2,50 m. Incluye tapa hf

**Unidad:** unidad

**Materiales mínimos:** hormigón ciclópeo (60% H.S y 40% piedra), hormigón simple de 180kg/cm<sup>2</sup>, replantillo de piedra e = 15 cm

**Equipo mínimo:** Herramienta menor, encofrado metálico para pozo de revisión interior y exterior.

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas y materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro

## **POZOS DE REVISION H 2,50 A 4,00 M. INCLUYE TAPA HF**

Se entenderán por pozos de revisión, las estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso al interior de las tuberías o colectores de alcantarillado, especialmente para limpieza.

Los pozos de revisión serán construidos en donde señalen los planos y/o el Ingeniero Fiscalizador durante el transcurso de la instalación de tuberías o construcción de colectores. No se permitirá que existan más de 160 metros de tubería o colectores instalados, sin que oportunamente se construyan los respectivos pozos.

Los pozos de revisión se construirán de acuerdo a los planos del proyecto, tanto los de diseño común como los de diseño especial.

La construcción de la cimentación de los pozos de revisión, deberá hacerse previamente a la colocación de la tubería o colector, para evitar que se tenga que excavar bajo los extremos.

Todos los pozos de revisión deberán ser construidos en una fundación adecuada, de acuerdo a la carga que estos producen y de acuerdo a la calidad del terreno soportante.

Se usarán para la construcción los planos de detalle existentes. Cuando la subrasante está formada por material poco resistente, será necesario renovarla y reemplazarla por material granular, o con hormigón de espesor suficiente para construir una fundación adecuada en cada pozo.

Los pozos de revisión serán construidos de hormigón simple de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$  y de acuerdo a los diseños del proyecto. En la planta de los pozos de revisión se realizarán los canales de media caña correspondientes, debiendo pulirse y acabarse perfectamente de acuerdo con los planos. Los canales se realizarán con uno de los procedimientos siguientes:

Al hacerse el fundido de hormigón de la base se formarán directamente las

“medias cañas”, mediante el empleo de cerchas

Se colocarán tuberías cortadas a “media caña” al fundir el hormigón, para lo cual se continuarán dentro del pozo los conductos de alcantarillado, colocando después del hormigón de la base, hasta la mitad de los conductos del alcantarillado, cortándose a cincel la mitad superior de los tubos después de que se endurezca suficientemente el hormigón.

Para el acceso al pozo, se dispondrá de estribos o peldaños formados con varillas de hierro de 18mm de diámetro, con recorte de aleta en las extremidades para empotrarse, en una longitud de 20cm y colocados a 40cm de espaciamiento; los peldaños irán debidamente empotrados y asegurados formando una saliente de 15cm por 30cm de ancho, deberán ser pintados con dos manos de pintura anticorrosiva.

El brocal del pozo, así como la tapa correspondiente serán prefabricados, contruidos según el diseño constante en los planos.

### **Medición y forma de pago**

La construcción de pozos de revisión serán medidos en unidades, determinándose en obra el número construido de acuerdo al proyecto y órdenes del Ingeniero Fiscalizador, en función de altura, según el siguiente rubro.

**Descripción:** Pozos tipo II 2,50 a 4,00 m. Incluye tapa hf

**Unidad:** U

**Materiales mínimos:** hormigón ciclópeo (60% H.S y 40% piedra), hormigón simple de 180 kg/cm<sup>2</sup>, replantillo de piedra e = 15 cm

**Equipo mínimo:** Herramienta menor, encofrado metálico para pozo de revisión interior y exterior.

**Mano de obra calificada, mínima:** Categoría I, III

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas y materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro

## **ACOMETIDA DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO INCLUYE ACCESORIOS Y CAJA DE REVISION.**

La conexión domiciliaria se iniciará con una estructura denominada caja de revisión o caja domiciliaria. El objetivo básico de la caja domiciliaria es hacer las acciones de limpieza de la conexión domiciliaria, por lo que en su diseño tendrá en consideración este propósito. La sección mínima de una caja domiciliaria será de 0.60 x 0.60 m y, la profundidad será la necesaria para cada caso.

Las conexiones domiciliarias se colocarán frente a toda casa o parcela donde pueda existir una construcción futura. Se preverá una conexión domiciliaria por cada lote, con un diámetro mínimo de 100 mm.

Las conexiones domiciliarias de conectarán con el alcantarillado formando un ángulo de 45 grados.

Cuando por la topografía sea imposible dar una salida propia para cada casa, se permitirá una conexión domiciliaria múltiple; en este caso el diámetro mínimo será de 150 mm.

Los tubos de conexión deben unirse a la tubería principal de manera que la corona del tubo de conexión quede por encima del nivel máximo de las aguas que circulan por ella. Ningún tubo sobrepasará las paredes interiores de la tubería o canal al que se una para permitir el libre curso del agua. Las tuberías de las conexiones domiciliarias se empalmarán en un orificio abierto en la tubería principal. Se usará mortero cemento-arena, proporción 1:2.

La pendiente de la conexión domiciliaria no será mayor del 20 % ni menor que el 2%. La mínima distancia de una conexión domiciliaria y una tubería de agua será 20 cm.

La profundidad mínima de la conexión domiciliaria en la línea de fábrica será de 80 cm. medidos desde la parte superior del tubo con relación a la rasante de la acera. La profundidad máxima será 2 metros. Cuando la profundidad exceda los 2 m, se



utilizarán bajantes verticales, que se construirán de conformidad con los planos. Las conexiones domiciliarias que se construirán para edificaciones de servicio de alcantarillado que deba reemplazarse, se construirán de manera que permita posteriormente, la conexión con el sistema nuevo. La espera se tapaná con mortero y cemento pobre.

**Anclajes.-** Se usarán cuando los diseños lo determinen y se construirán en conformidad a lo especificado en los mismos. Los anclajes podrán ser de hormigón simple  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ , o de hormigón ciclópeo.

### **Medición y forma de pago**

La construcción de acometidas será medida en unidades, determinándose en obra el número construido de acuerdo al proyecto y órdenes del Ingeniero Fiscalizador, según siguiente rubro.

**Descripción:** Acometida domiciliaria de alcantarillado, incluye accesorios y caja de revisión.

**Unidad:** unidad

**Materiales mínimos:** Cemento, arena fina, ladrillo, hierro.

**Equipo mínimo:** Herramientas manuales

**Mano de obra calificada, mínima:** Grupo I, Categoría I.

**Medición y pago:** El pago incluye, el suministro de mano de obra, equipo y herramientas y materiales necesarios para la correcta ejecución del rubro

**CAPÍTULO VII**

**CONCLUSIONES  
Y RECOMENDACIONES**



## 7.1 CONCLUSIONES

- La construcción del alcantarillado sanitario, pluvial y depuradora de aguas residuales, mejorará las condiciones de vida de los habitantes, por lo cual se estará brindando dicho servicio aproximadamente a 607 familias en un período de 20 años
- El diseño del sistema de alcantarillado separado y depuradora de aguas residuales de la cabecera parroquial de Nueva Tarqui, se realizó un análisis de las características físicas, ambientales, económicas-sanitarias que permitieron tomar decisiones adecuadas en cuanto a la elección de los sistemas proyectados.
- Del estudio de suelos realizado podemos determinar que los suelos encontrados son CL arcillas limosas y SM arcillas de alta plasticidad presentan una humedad natural promedio de 17 %, es decir humedad media, y su coloración va desde café oscuro hasta café claro, se detectó presencia de nivel freático una profundidad promedio de 1.10 m.
- El impacto ambiental es mínimo, siendo la etapa de construcción la más perjudicial, por lo cual el constructor del proyecto tiene que tomar en cuenta las recomendaciones dadas en el capítulo V de impacto ambiental.
- La combinación del pre-tratamiento, tratamiento primario y secundario ofrecen una manera más efectiva de depurar las aguas residuales. La eficiencia promedio de la estación depuradora es del 80%, lo cual permite obtener concentraciones de contaminantes muy bajas que se descargarán en el cauce de agua (quebrada "Sin Nombre) o cuerpo receptor.
- El presupuesto general de todo el proyecto es de 542507.09 dólares americanos, teniendo que gestionar la municipal en forma conjunta con la junta parroquial, los recursos para que se pueda construir la obra.



## 7.2 RECOMENDACIONES

- En el momento de la ejecución del proyecto, la Municipalidad debe de garantizar la supervisión del proyecto, para que pueda cumplir las normas constructivas que especifican los planos.
- La Municipalidad en forma conjunta con la junta parroquial, deben darle el mantenimiento adecuado al sistema, para que pueda funcionar eficientemente durante el período de diseño.
- Se recomienda realizar reuniones con los moradores del sector, con el objetivo de explicar los beneficios que la implementación del sistema conlleva y su uso apropiado, además de explicar cuál va a ser el cronograma de actividades para evitar confrontaciones entre la municipalidad y los habitantes por posibles molestias ocasionadas durante la ejecución el proyecto.
- Capacitar continuamente a los trabajadores encargados del mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento, para evitar futuros problemas técnicos durante la vida útil de los mismos.
- Es necesario actualizar los precios unitarios del proyecto, cuando la Municipalidad considere ejecutarlo, para evitar caer en una subvaluación del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Seoáñez Calvo Mariano. 2005. Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España.
2. MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA (MIDUVI). 2005. Normas para estudios y diseños de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.
3. Romero Rojas Jairo Alberto. 2000. Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. 1era ed. EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.
4. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI). 1999. Estudio de lluvias intensas.
5. López Coalla Ricardo Alfredo. 2007. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. 2da ed. EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.
6. Metcalf & Eddy, Inc. 1995. Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. 3era ed. Volumen I. Mc GRAW HILL. Madrid – España.
7. Collado Lara Ramón. 1992. Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades. COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. Madrid - España.
8. Hernández M. Aurelio, Hernández L. Aurelio, Galán M. Pedro. 2004. Manual de depuración Uralita: Sistemas de depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes. 3era edición. Madrid: Paraninfo.
9. SUBSECRETARÍA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL (SSA). 2002.: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua.



# ANEXOS

