



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

---

**Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo.**

---

**Autor: Ronmer Leonel Cumbal Sánchez**

**Director: Ing. Carlos Aguilar**

**Quito, febrero de 2013**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ingeniero **Carlos Aguilar**, tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PROYECTADO A 30 AÑOS PARA LA PARROQUIA DE MALCHINGUÍ, CANTÓN PEDRO MONCAYO" del estudiante **Ronmer Leonel Cumbal Sánchez**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, febrero 01 del 2013

EL TUTOR

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Carlos Aguilar', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Ing. Carlos Aguilar

C.I. 171176099-9

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Ronmer Leonel Cumbal Sánchez, declaro que el trabajo de investigación denominado: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PROYECTADO A 30 AÑOS PARA LA PARROQUIA DE MALCHINGUÍ, CANTÓN PEDRO MONCAYO" es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Quito, febrero 01 del 2013

## *DEDICATORIA*

*Dedico este trabajo:*

*A mis padres, Francisco Cumbal y Leonor Sánchez que con sacrificio y amor  
supieron apoyarme en este escalón de mi vida.*

*También quiero dedicarle a una persona muy especial que siempre estuvo a mi  
lado dándome fuerzas y ánimos, apoyándome cuando más lo necesite.*

*Leonel Cumbal*

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero agradecer a Dios por darme salud y vida para poder culminar mi carrera estudiantil.*

*A mi director de proyecto: Ing. Carlos Aguilar que con su conocimiento, supo guiarme en la elaboración de este proyecto.*

*A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Civil quienes supieron compartir conmigo sus conocimientos que aplicaré en mi vida profesional.*

*A la Universidad Internacional del Ecuador por darme la oportunidad de estudiar en sus aulas.*

*Leonel Cumbal*

## Índice del contenido

CAPÍTULO I .....	1
1 EL PROBLEMA.....	1
1.1 EL OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 FÓRMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.4 SISTEMATIZACIÓN.....	2
1.5 OBJETIVOS :GENERAL Y ESPECÍFICOS .....	3
1.5.1 Objetivo General .....	3
1.5.2 Objetivos Específicos .....	3
1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.6.1 Justificación Teórica.....	4
1.6.2 Justificación Práctica.....	4
1.6.3 Justificación de Relevancia Social.....	4
1.7 IDEA A DEFENDER.....	5
1.7.1 Idea a defender .....	5
1.7.2 Variables Independiente y Dependiente .....	5
CAPÍTULO II .....	6
2 MARCO REFERENCIAL Y TEÓRICO.....	6
2.1 MARCO REFERENCIAL .....	6
2.1.1 Ubicación Geográfica .....	6
2.1.2 Topografía General de la Zona.....	7
2.1.3 Delimitación Política Administrativa.....	8
2.1.4 Clima.....	9
2.1.5 Orografía .....	11
2.1.6 Hidrología.....	12
2.1.7 Suelo.....	13
2.1.8 Actividades económicas .....	14

2.1.9	Servicios de infraestructura urbana existente .....	14
2.1.9.1	Sistema de agua Potable .....	14
2.1.9.2	Sistema de Alcantarillado .....	15
2.1.9.3	Sistema de energía eléctrica y telefónica .....	16
2.1.9.4	Sistema de recolección de desechos sólidos .....	17
2.1.9.5	Infraestructura vial.....	17
2.1.9.6	Otros servicios.....	18
2.1.10	Marco Teórico .....	19
2.1.11	Marco conceptual .....	20
2.2	MARCO LEGAL .....	23
2.2.1	Constitución de la República del Ecuador .....	23
2.2.2	Ley de Gestión Ambiental .....	24
2.2.3	Otras Leyes y Códigos .....	26
CAPÍTULO III .....		27
3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.1	TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.2.1	Población .....	28
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	28
3.3.1	Técnicas.....	28
3.3.2	Instrumentos .....	29
3.4	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	29
3.4.1	Técnicas para el procesamiento de datos .....	29
3.4.1.1	Reconocimiento de la población.....	29
3.4.1.2	Trabajo topográfico .....	30
3.4.1.3	Cálculo de la población de diseño .....	30
3.4.1.4	Calcular la tendencia de desarrollo urbano. ....	31
3.4.1.5	Diseño hidráulico de colectores.....	31
3.4.1.6	Elaboración de planos.....	31

3.4.1.7	Cálculo de costo de la obra.....	31
3.4.2	Análisis de los resultados.....	32
3.4.2.1	Población.....	32
3.4.2.2	Grupos étnicos.....	33
3.4.2.3	Actividad laboral.....	34
3.4.2.4	Vías de acceso.....	35
3.4.2.5	Salud.....	36
3.4.2.6	Cobertura de Servicios Básicos.....	38
	Sistema de agua Potable.....	38
	Alcantarillado (Sistema de aguas servidas):.....	39
	Recolección de basura:.....	40
	Energía eléctrica:.....	40
	Alumbrado público:.....	41
3.5	VERIFICACIÓN DE LA IDEA A DEFENDER.....	41
CAPÍTULO IV.....		43
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
4.1	CONCLUSIONES.....	43
4.2	RECOMENDACIONES.....	44
CAPÍTULO V.....		45
5	PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
5.1	TÍTULO DE LA PROPUESTA A IMPLEMENTARSE.....	45
5.2	DATOS INFORMATIVOS.....	45
5.3	OBJETIVOS.....	45
5.4	JUSTIFICACIÓN.....	46
CAPÍTULO VI.....		47
6	METODOLOGÍA.....	47
6.1	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....	47
6.2	TIPO DE SISTEMA.....	48



6.3	PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y PERÍODO DE DISEÑO	49
6.3.1	Período de diseño	49
6.3.2	Dotación de agua potable	49
6.3.3	Población de diseño	51
6.3.4	Método de cálculo de la población futura	51
6.3.4.1	Método Aritmético o Lineal	51
6.3.4.2	Método Geométrico	53
6.3.5	Análisis poblacional	55
6.3.6	Áreas de aportación	56
6.3.7	Áreas de servicio	57
6.3.8	Densidad poblacional	58
6.3.9	Tipo de tubería	59
6.3.10	Profundidades	60
6.4	BASES Y PARÁMETROS DE DISEÑO	61
6.4.1	Caudales de diseño	61
6.4.2	Caudal de aguas servidas	62
6.4.2.1	Estimación del consumo medio diario por habitante (Do)	63
6.4.2.2	Estimación de la densidad (D)	63
6.4.2.3	Estimación de la población	64
6.4.2.4	Estimación del coeficiente de retorno (K)	64
6.4.3	Coeficiente de simultaneidad o mayoración (m)	65
6.4.4	Caudal por infiltración	66
6.4.5	Caudal de aguas ilícitas	66
6.5	CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA	67
6.5.1	Velocidad en los conductos (Manning)	69
6.5.1.1	Flujo en tuberías con sección llena	73
6.5.1.2	Flujo en tuberías con sección parcialmente llena	75
6.5.1.3	Criterios de velocidad en los conductos	76
6.5.2	Velocidad en los conductos (Chezy - Darcy Weisbach)	77
6.5.3	Relaciones hidráulicas de los conductos	80
6.5.4	Diámetro mínimo	84

6.5.5	Pendientes .....	85
6.5.6	Transiciones o saltos.....	86
6.5.7	Pozos de revisión .....	88
6.5.8	Conexiones domiciliarias.....	89
6.5.9	Cajas de revisión.....	90
6.5.10	Localización .....	90
6.6	HOJA DE CÁLCULO .....	92
CAPÍTULO VII	.....	109
7	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	109
7.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	109
7.1.1	Costos Directos .....	109
7.1.2	Costos Indirectos.....	109
7.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	110
7.2.1	Replanteo y nivelación .....	110
7.2.1.1	Medición y pago .....	111
7.2.2	Desbroce y limpieza .....	111
7.2.2.1	Medición y pago .....	111
7.2.3	Excavación de zanjas.....	112
7.2.3.1	Excavación en terreno normal.....	112
7.2.3.2	Excavación en conglomerado.....	113
7.2.3.3	Excavación en presencia de agua.....	113
7.2.3.4	Medición y pago .....	114
7.2.3.5	Conceptos de trabajo .....	114
7.2.4	Desalojo de materiales.....	115
7.2.4.1	Medición y pago .....	115
7.2.5	Entibados .....	115
7.2.5.1	Medición y pago .....	116
7.2.6	Rasanteo.....	116
7.2.6.1	Medición y pago .....	116
7.2.7	Rellenos compactados de zanjas .....	117

7.2.7.1	Medición y pago .....	117
7.2.7.2	Concepto de Trabajo.....	118
7.2.8	Replántillos.....	118
7.2.8.1	Medición y pago .....	118
7.2.9	Hormigones.....	118
7.2.9.1	Hormigón ciclópeo.....	118
7.2.9.2	Hormigón simple .....	119
7.2.9.3	Hormigón armado.....	119
7.2.10	Normas.....	119
7.2.10.1	Cemento.....	119
7.2.10.2	Agregados pétreos .....	119
7.2.10.3	Agua.....	120
7.2.10.4	Aditivos .....	120
7.2.10.5	Amasado o preparación del hormigón.....	120
7.2.10.6	Mezclado.....	121
7.2.10.7	Consistencia.....	121
7.2.10.8	Ensayos de Resistencia .....	121
7.2.10.9	Aditivos .....	122
7.2.10.10	Transporte y manipuleo.....	122
7.2.10.11	Preparación del lugar de colocación.....	122
7.2.10.12	Colocación .....	122
7.2.10.13	Consolidación.....	123
7.2.10.14	Curado .....	123
7.2.10.15	Medición y pago .....	123
7.2.11	Juntas de construcción.....	124
7.2.11.1	Concepto de trabajo .....	124
7.2.12	Encofrados .....	125
7.2.12.1	Medición y pago .....	125
7.2.12.2	Conceptos de Trabajo .....	125
7.2.13	Acero de refuerzo.....	125
7.2.13.1	Medición y pago .....	126

7.2.13.2	Conceptos de Trabajo .....	126
7.2.14	Morteros .....	126
7.2.14.1	Medición de pago .....	127
7.2.15	Enlucidos.....	128
7.2.15.1	Medición y pago .....	128
7.2.15.2	Conceptos de trabajo. ....	128
7.2.16	Suministro e instalación tubería pvc de alcantarillado .....	128
7.2.16.1	Instalación de la tubería .....	129
7.2.16.2	Prueba hidrostática accidental.....	130
7.2.16.3	Prueba hidrostática sistemática.....	130
7.2.16.4	Medición y pago. ....	131
7.2.16.5	Conceptos de trabajo con Diámetro Interno de Tubería	131
7.2.17	Construcción de pozos de revisión .....	131
7.2.17.1	Medición y pago .....	132
7.2.17.2	Concepto de Trabajo.....	132
7.2.18	Conexiones domiciliarias de alcantarillado .....	132
7.2.18.1	Medición y pago .....	133
7.2.18.2	Concepto de Trabajo.....	133
7.2.19	Tapas y cercos de hierro fundido para pozos de revisión.	133
7.2.19.1	Medición y pago .....	134
7.2.20	Estribos o peldaños.....	134
7.2.20.1	Medición y pago .....	134
7.3	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	135
7.3.1	Rejilla de gruesos.....	136
7.3.2	Toma de muestras para Laboratorio.....	136
7.3.3	Estructura de Descarga.....	138
CAPÍTULO VIII .....		139
8	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS .....	139
8.1	OBJETIVO .....	139
8.2	ALCANCE .....	139

8.3	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS .....	139
8.4	EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	140
8.5	RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS .....	142
8.5.1	Construcción .....	142
8.5.2	Operación y Mantenimiento.....	143
8.5.3	Medidas de Mitigación.....	143
8.5.4	Plan de Manejo Ambiental.....	145
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	145
9.1	CONCLUSIONES.....	145
9.2	RECOMENDACIONES .....	146
	 BIBLIOGRAFÍA .....	 149
	 ANEXOS .....	 153
	ANEXOS 1 .....	154
	HOJA DE CÁLCULO .....	154
	ANEXO 2.....	155
	EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	155
	ANEXO 3.....	156
	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES .....	156
	ANEXO 4.....	157
	INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA ...	157 <b>Error! Bookmark not defined.</b>
	ANEXO 5.....	158
	PLANOS.....	158

## Índice de cuadros

Cuadro 2.1: Precipitaciones en la Parroquia de Malchingui.....	10
Cuadro 3.1: Población del Cantón Pedro Moncayo .....	33
Cuadro 3.2: Grupos étnicos.....	34
Cuadro 3.3: Actividad Laboral .....	35
Cuadro 3.4: Vías de acceso .....	36
Cuadro 3.5: Cobertura de Servicios Básicos .....	38
Cuadro 6.1: Dotación de agua de una vivienda media .....	50
Cuadro 6.2: Población por años .....	51
Cuadro 6.3: Cálculo de población futura método aritmético.....	52
Cuadro 6.4: Cálculo de población futura método geométrico .....	54
Cuadro 6.5: Tablas de crecimiento poblacional según el MIDUVI .....	54
Cuadro 6.6: Resumen de poblaciones estimadas por los distintos métodos .....	55
Cuadro 6-7: Áreas de servicio .....	58
Cuadro 6-8: Cálculo de densidad poblacional .....	59
Cuadro 6-9: Coeficiente de rugosidad $\eta$ para la fórmula de Manning	59
Cuadro 6-10: Porcentaje de agua potable que se vierte en el sistema de alcantarillado .....	62
Cuadro 6-11: Coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas .	65
Cuadro 6-12: Elementos geométricos de las secciones transversales más frecuentes de canales tipo. ....	72
Cuadro 6-13: Coeficiente de rugosidad de Manning (n).....	73
Cuadro 6-14: Velocidades permisibles para tubería de diferentes materiales.....	77
Cuadro 6-15: Relaciones Hidráulicas de las tuberías circulares .....	82
Cuadro 6-16: Distancias entre pozos de revisión en función al diámetro de las tuberías o colectores .....	89
Cuadro 6-17: Diámetros recomendados de pozos de revisión.....	89
Cuadro 6-18: Relaciones (Y/D).....	101
Cuadro 8-1: Medidas de Mitigación .....	144

## Índice de figuras

Figura 2.1: Ubicación de la Parroquia de Malchinguí.....	7
Figura 2.2: Topografía general de la Parroquia de Malchinguí .....	8
Figura 2.3: Delimitación Política Administrativa .....	9
Figura 3.1: Sistema de agua potable .....	39
Figura 3.2: Sistema de alcantarillado.....	39
Figura 3.3: Sistema de recolección de basura .....	40
Figura 3.4: Sistema de cobertura eléctrica .....	41
Figura 3.5: Alumbrado público.....	41
Figura 3.6: Cobertura de servicios básicos.....	42
Figura 6.1: Delimitación de áreas de aportación a cada tramo .....	56
Figura 6.2: Delimitación de áreas de aportación en el Proyecto .....	57
Figura 6.3: Profundidad de las tuberías .....	61
Figura 6.4: Flujo en Canales Abiertos.....	68
Figura 6.5: Flujo en tubería parcialmente llena .....	75
Figura 6.6: Diagrama de las Propiedades Hidráulicas de las tuberías circulares.....	81
Figura 6.7: Salto o Transición vertical.....	86
Figura 6.8: Localización Relativa de colectores .....	91

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Cálculo población futura Método Lineal .....	51
Ecuación 2 Tasa de cambio de la población.....	52
Ecuación 3 Cálculo de población futura método geométrico .....	53
Ecuación 4 Tasa de crecimiento geométrico .....	53
Ecuación 5 Cálculo de la densidad poblacional.....	58
Ecuación 6 : Caudal de aguas residuales.....	63
Ecuación 7: Población Acumulada .....	64
Ecuación 8: Coeficiente de mayoración de Babitt.....	65
Ecuación 9: Caudal por infiltración .....	66
Ecuación 10: Caudal por aguas ilícitas.....	67
Ecuación 11: Ecuación de continuidad .....	68
Ecuación 12: Ecuación de Chezy .....	69
Ecuación 13: Coeficiente de Chezy .....	70
Ecuación 14: Ecuación de Manning.....	70
Ecuación 15: Radio Hidráulico.....	71
Ecuación 16: Radio hidráulico para tuberías con sección llena .....	73
Ecuación 17: Fórmula de Manning para tuberías con sección llena ..	74
Ecuación 18: Área de la sección circular .....	74
Ecuación 19: Caudal para tuberías con sección llena .....	74
Ecuación 20: Ángulo para tuberías con sección parcialmente llena...	75
Ecuación 21: Radio hidráulico para tuberías con sección parcialmente llena.....	76
Ecuación 22: Fórmula de Manning para tuberías a sección llena en función del ángulo.....	76
Ecuación 23: Fórmula de Manning para tuberías a sección llena en función del caudal.....	76
Ecuación 24: Caudal en función del área y el radio hidráulico .....	84
Ecuación 25: Radio hidráulico .....	85
Ecuación 26: Diámetro de la tubería.....	85
Ecuación 27: Salto hidráulico .....	87
Ecuación 28: Salto hidráulico régimen acelerado .....	87
Ecuación 29: Salto hidráulico régimen retardado.....	88
Ecuación 30: Salto hidráulico en cambios de dirección .....	88
Ecuación 31: Perímetro de la tubería .....	97
Ecuación 32: Cálculo de constante para las relaciones hidráulicas ...	99
Ecuación 33: Cálculo del calado.....	102



Ecuación 34: Área mojada.....	102
Ecuación 35: Perímetro mojado.....	103

### **Índice de fotografías**

Fotografía 2.1: Bosque seco.....	11
Fotografía 2.2: Lagunas de Mojanda .....	13
Fotografía 2.3: Alcantarillado Combinado existente.....	15
Fotografía 2.4: Instalaciones de CNT .....	16
Fotografía 2.5: Vías existentes en la Parroquia de Malchingui .....	18
Fotografía 4.1: Levantamiento Topográfico en la Parroquia de Malchingui .....	47

## RESUMEN

El Gobierno Municipal del Cantón Pedro Moncayo por intermedio de La Empresa Municipal de Agua Potable y Servicio Básico, EMASA-PM, conscientes de las necesidades básicas de la Parroquia Malchinguí, realizarán las gestiones correspondientes para dotar de los servicios básicos a la población, y con ello elevar el nivel de vida de la misma, en el presente trabajo de investigación se diseñó el sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años como una estructura hidráulica bajo la hipótesis de flujo uniforme, para evacuar de forma adecuada y económica las aguas residuales provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias, sin dejar de lado la investigación de un nuevo método de cálculo más preciso que solo se la pudo desarrollar con el uso de la tecnología moderna, el mismo que en el futuro deberá utilizarse para realizar los diseños de los alcantarillados. A partir de los estudios topográficos y análisis de población futura se pudo establecer que el conducto diseñado es capaz de transportar el caudal demandado y cumplir con la velocidad mínima de auto limpieza evitando que la tubería se termine obstruyendo total o parcialmente debido a la acumulación de sedimentos en el tiempo. El diseño se complementa con el análisis de precios unitarios y el estudio de la identificación y evaluación de impactos ambientales.

**Palabras claves:** Estructura hidráulica, Evacuar aguas residuales, Análisis de precios unitarios, Identificación y evaluación de impactos ambientales.

## Introducción

En el desarrollo de las localidades urbanas y rurales, los servicios de la población en general se inician con el abastecimiento de agua potable, para el uso doméstico, comercial o industrial. Como consecuencia la población genera desperdicios ya sean estos: sólidos, líquidos o una combinación de los dos, que se los conoce como “aguas residuales o aguas servidas”. El desalojo y conducción de las aguas residuales se lo realiza mediante un sistema de alcantarillado sanitario que está integrado por todos o algunos de sus elementos: colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, obras accesorias y descarga final.

El crecimiento poblacional en el sector sumado a un sistema de alcantarillado de más de 30 años de construcción, ha generado que a largo plazo se volviera el sistema deficiente, siendo necesaria la implementación de este servicio básico para minimizar los problemas de salud pública y medio ambiente.

La Memoria Técnica Descriptiva de los estudios del presente trabajo, comprende la totalidad de los aspectos poblacionales, sociológicos, económicos, ecológicos y técnicos, que se consideró para obtener una solución óptima en el diseño, el mismo que incluye lo siguiente: recopilación, análisis y conclusiones de la información previa obtenida, que permitió posteriormente desarrollar los estudios definitivos, en base de la deducción de los parámetros y bases de diseño, considerando la situación actual, realidad física, la infraestructura de servicios y normas vigentes en el país, aplicadas a la zona en estudio.

# **CAPÍTULO I**

## **1 EL PROBLEMA**

### **1.1 EL OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN**

“Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo.”

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Parroquia de Malchinguí, actualmente cuenta con un sistema de alcantarillado combinado que fue diseñado y construido en el año de 1978; por causa de los años de servicio del sistema, este presenta deficiencias en su operación (fracturas, desacoples de uniones, deterioros en los pozos de inspección y mala hermeticidad del sistema), provocando infiltraciones y exfiltraciones de sustancias peligrosas que producen daños a la red, al agua subterránea y al propio suelo; causando la proliferación de vectores o focos de contaminación que generan todo tipo de enfermedades de origen hídrico que a su vez inciden de forma directa en la salud de la población, además el incremento poblacional y la pluviosidad existentes en la zona ha originado que esta obra de sanidad colapse.

Se debe señalar que durante la época lluviosa, la población se ve afectada por las inundaciones que imposibilitan el tránsito vehicular y peatonal en algunas vías de la zona urbana de la Parroquia, principalmente en la Calle Quito y la Calle Jerusalén. Adicionalmente el arrastre de basura y sedimentos causados por las

lluvias deterioran la infraestructura vial existente, por lo que la vida útil de estas se ve disminuida ocasionando el incremento de los costos de mantenimiento.

### **1.3 FÓRMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El actual sistema de alcantarillado combinado de la Parroquia de Malchinguí es obsoleto, y técnicamente presenta deficiencias en su operación para el drenaje de las aguas residuales hacia la planta de tratamiento, lo cual está afectando de varias formas a toda su población, es por ello que se ve la necesidad de desarrollar un proyecto a largo plazo para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan ahí, es por esta misma razón que planteamos nuestro trabajo de investigación.

### **1.4. SISTEMATIZACIÓN**

Lo que se buscará es diseñar un sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para el beneficio de la Parroquia de Malchinguí.

- a) El sistema existente de alcantarillado combinado resulta insuficiente para el drenaje de las aguas residuales y aguas lluvia?
- b) Qué consecuencias podrían presentarse en la Parroquia por el uso de un sistema de alcantarillado ineficiente?
- c) Existen alternativas de solución al problema de drenaje de las aguas residuales?
- d) Se requieren nuevos diseños de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial?

- e) Existe una relación directa entre el alcantarillado sanitario y el pluvial?
- f) El diseño para la dotación del servicio de alcantarillado sanitario es técnicamente y económicamente ejecutable?
- g) Qué tipo de material de la tubería debe utilizarse para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario?

## **1.5 OBJETIVOS :GENERAL Y ESPECÍFICOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años mediante el estudio hidráulico de tuberías parcialmente llenas bajo flujo uniforme, para beneficio de la población de la Parroquia de Malchinguí.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información topográfica del sector donde se implantará el sistema de alcantarillado sanitario.
- Establecer los parámetros de diseño del sistema de alcantarillado sanitario.
- Dotar a la población de la Parroquia de Malchinguí un diseño de alcantarillado sanitario adecuado para mejorar el nivel de vida de la gente.
- Preparar el presupuesto general del sistema de alcantarillado sanitario a construirse.
- Recopilar las especificaciones técnicas utilizadas por La Empresa Municipal de Agua Potable y Servicio Básico, EMASA-PM.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.6.1 Justificación Teórica**

Se busca por medio de esta investigación contar con un diseño de alcantarillado sanitario, donde se pueda identificar las soluciones más adecuadas a las condiciones del área del proyecto, para garantizar su sostenibilidad financiera, su facilidad operativa a lo largo del tiempo de servicio y la sustentabilidad ambiental del entorno para poder mitigar los impactos negativos, operativos y constructivos, que deberían estar acorde a los requerimientos y necesidades básicas de las personas de la Parroquia.

### **1.6.2 Justificación Práctica**

Tomando como base el presente estudio, una vez ejecutado el proyecto de investigación del Diseño de Alcantarillado Sanitario de la Parroquia de Malchinguí, este podría ayudar a que el sector pueda convertirse en un atractivo turístico debido a : su ubicación, potenciales agrícolas, flora y fauna, así como artesanías y costumbres que resaltar y cultivar, preservando el medio físico en el que se ubica el centro del poblado

### **1.6.3 Justificación de Relevancia Social**

Con el presente estudio se pretende ayudar al desarrollo social de los pobladores de la Parroquia de Malchinguí, de tal manera que mejore el nivel de vida y la calidad de los servicios de sanidad que pueda brindar los mejores beneficios.

## 1.7 IDEA A DEFENDER

### 1.7.1 Idea a defender

Si para lograr el desarrollo social se debe comprender y entender que tener una buena salud es importante, entonces con el presente trabajo de investigación se pretende dar solución a la recolección adecuada de las aguas residuales de la Parroquia de Malchinguí del Cantón Pedro Moncayo, mediante el diseño del sistema de alcantarillado sanitario adecuado al nivel de vida de las personas que viven en esta comunidad, minimizando el impacto ambiental en la zona y generando oportunidades de desarrollo turístico, ya que actualmente esta Parroquia no cuenta con un sistema adecuado de alcantarillado de recolección de las aguas servidas y aguas lluvia.

### 1.7.2 Variables Independiente y Dependiente

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario depende de las siguientes variables:

**Variable Independiente:** Diseño de alcantarillado sanitario (periodo de diseño, densidad poblacional, área de aportación, caudales de diseño y materiales de construcción).

**Variable Dependiente:** Sistema adecuado de recolección de aguas residuales.

**Variable Independiente:** Erradicación de la contaminación.

**Variable Dependiente:** La salud de la comunidad.

**Variable Independiente:** Tratamiento de aguas residuales.

**Variable Dependiente:** Preservación del medio ambiente.

**Variable Independiente:** Éxito y finalización del proyecto.

**Variable Dependiente:** Prolongación del programa en otras zonas.



## **CAPÍTULO II**

### **2 MARCO REFERENCIAL Y TEÓRICO**

#### **2.1 MARCO REFERENCIAL**

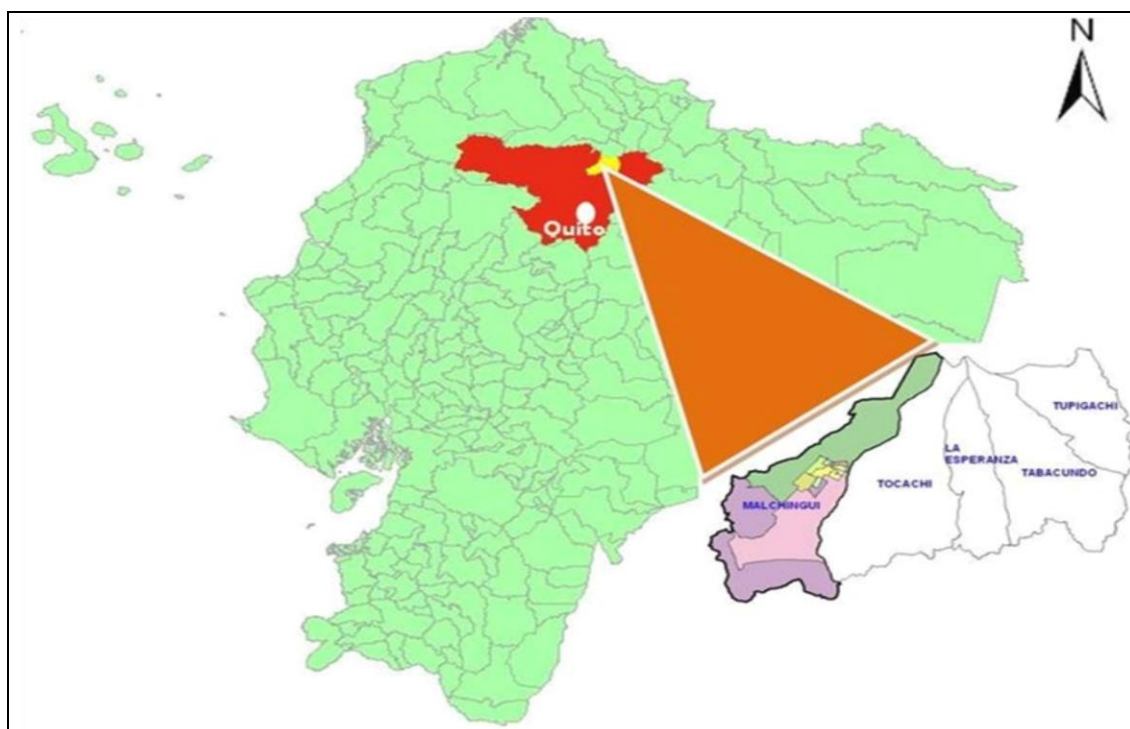
##### **2.1.1 Ubicación Geográfica**

La Parroquia de Malchinguí perteneciente al Cantón Pedro Moncayo en la Provincia de Pichincha, se encuentra en la latitud 0.00 grados, 0.4 minutos, 0.07 segundos Norte y en longitud 76 grados, 20 minutos y 14 segundos, ubicada en el extremo oeste del cantón Pedro Moncayo.

Desde la ciudad de Quito se puede llegar utilizando servicios de transporte público y está a unos 45 minutos desde la Estación Norte de Transferencia Municipal de la Ofelia.

El área total de la Parroquia es de 9834,18 hectáreas, y constituye la Parroquia más grande del cantón, extendiéndose desde la Laguna de Mojanda hasta el río Pisque y el río Guayllabamba, el área urbana de la cabecera Parroquial de Malchinguí es de 36 hectáreas.

**Figura 2.1: Ubicación de la Parroquia de Malchinguí**

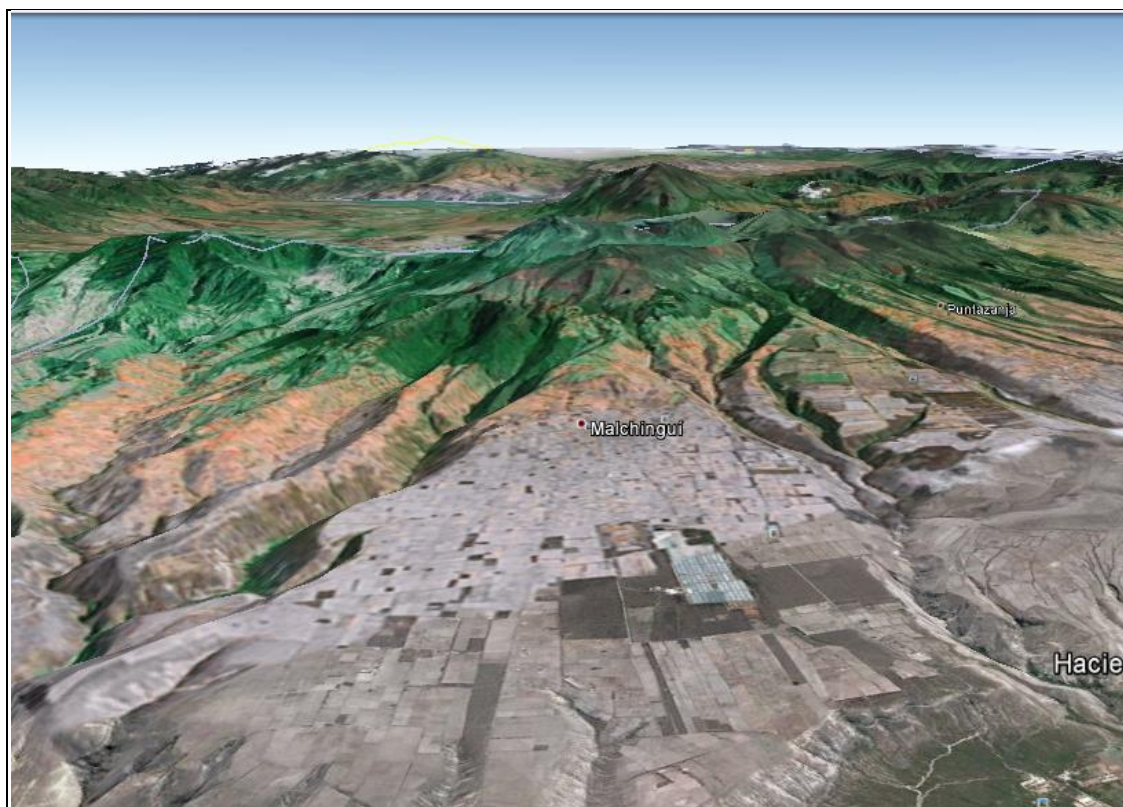


Fuente: Google Maps.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

### **2.1.2 Topografía General de la Zona**

La Cabecera Parroquial de Malchinguí está situada en una zona topográfica irregular, con una pendiente que desciende desde la zona de páramo de manera pronunciada hasta la cota 3000 msnm, en los alrededores del cerro del Pueblo y del canal de Riego Tabacundo, a partir de esta zona se extiende en una amplia llanura con ligera pendiente (menor al 10% y en el último tramo, sector San Isidro, es prácticamente plano) y que termina en un corte que cae desde los 2500 hasta los 2200 m.s.n.m hacia la amplia llanura de Jerusalén, sitio por el que atraviesa la Línea Equinoccial, esta meseta termina en el cañón que desciende al río Guayllabamba.

**Figura 2.2: Topografía general de la Parroquia de Malchinguí**

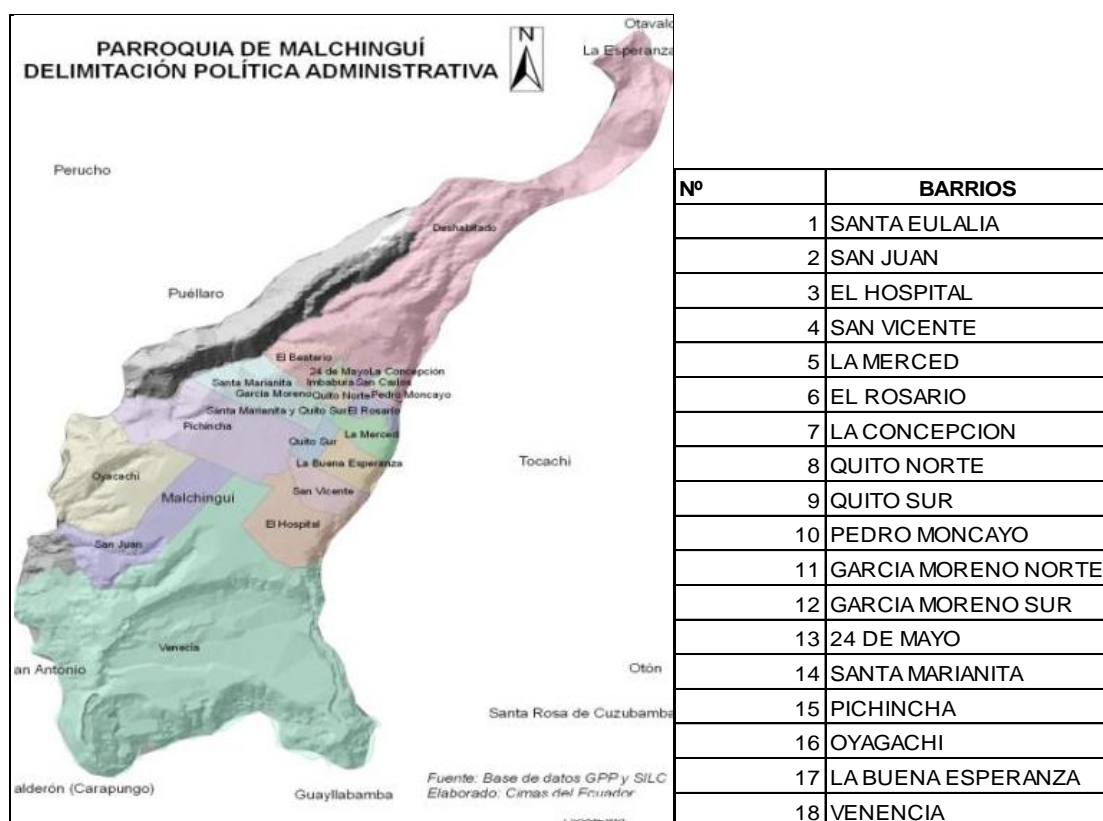


Fuente: Google Maps.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

### **2.1.3 Delimitación Política Administrativa**

La delimitación política de la Parroquia está conformada de la siguiente manera:

**Figura 2.3: Delimitación Política Administrativa**



Fuente: Base de datos GPP y SILC.  
Elaborado: Cimas del Ecuador.

La Parroquia de Malchinguí está dividida en 18 barrios que podemos observar en la figura 2.3, pero el sector de mayor concentración de la población se encuentra en la calle Quito y la calle Jerusalén, las mismas que se desarrollan a lo largo de todos los barrios.

### 2.1.4 Clima

El clima de Malchinguí varía según la altitud que va desde los 1.730 m.s.n.m. hasta los 4.300 m.s.n.m, la cabecera Parroquial está ubicada en los 2.869 msnm, tiene un clima templado frío, con un promedio anual de 14,77 grados centígrados<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (Anuario Meteorológico 2008).

En el límite norte de la Parroquia, el clima es típico del páramo, hacia la zona occidental y en la zona del Coyagal, existe un microclima que ha dado lugar a un bosque húmedo de alta montaña, este bosque es primario y deberá protegerse adecuadamente, pues este tipo de cobertura vegetal, es cada vez más escasa a escala nacional.

La Parroquia no cuenta con una estación meteorológica, razón por la que, los datos obtenidos corresponden a la Estación del INAMHI ubicada en la comunidad de Tomalón, Parroquia de La Esperanza. De acuerdo a los técnicos de esta institución, la validez de la información está sobre un radio de 40 Km., razón por lo cual, se encuentra perfectamente para las áreas del presente estudio.

Las precipitaciones promedio de los años, 2000 al 2009 son de 496,8 mm por año, los años más lluviosos son el 2000 con 733 mm y 2008 con 823 mm; en tanto que los más secos son el 2001, 2003, y el 2009 con precipitaciones por debajo de los 500 mm.<sup>2</sup>

**Cuadro 2.1: Precipitaciones en la Parroquia de Malchinguí**

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	mm/año	prom/mes
2000	78,5	99	72,6	94,3	117	61,5	6,2	4,3	97,6	35,5	32,4	34,7	733	61,12
2001	50,3	38,3	59	43,4	33	13,2	25,1		36	28,8	45,3	38,4	411	34,98
2002	19,9	33,1	26,7	109,2	33,2	41,3	1,4	6,8	9,9	114,5	80,7	98,4	575	47,93
2003	38,8	54,3	34,4	75,7	14,6	34,7	24,6	0	20,5	83,2	63,9	37,7	482	40,20
2004	38,6	20,5	16,3	84,5	63,6	1,5	4,5	0,6	50,5	48	54,4	106,5	490	40,79
2005	38,3	63,2	68,2	56,8	30,2	21,8	7,6	6,6	40,3	44,5	33,6	169,9	581	48,42
2006	41,2	83,4	109	88,5	38,3	62,3	3,5	4,9	4,6	72,9	134,2	102	745	62,08
2007	18,8	18,5	82	140,1	41,4	31,8	5,6	12,3	8,6	102,7	82	72	616	51,32
2008	52,9	82,5	146	107,9	91,7	37,8	9,5	23,1	37	122,5	57,9	54,5	823	68,61
2009	84,4	43,6	105	37,7	26,5	48,5	1,4	0,5	14,1	42,6	33	68,6	506	42,18
													496,8	

Fuente: INAHMI - Tomalón.

Elaboración: Ronmer L. Cumbal S.

En cuanto a la pluviosidad mensual se puede evidenciar que existe un comportamiento similar en los últimos 10 años, en los cuales los meses más secos son: junio, julio, agosto y parte de septiembre, en tanto que los más

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (Anuario Meteorológico 2008).

lluviosos son los de: marzo, abril y mayo, seguido por octubre, noviembre y diciembre; es importante señalar que el comportamiento de las precipitaciones coincide con el ciclo de siembra, cultivo y cosecha en la zona.

### **2.1.5 Orografía**

El área debido a su endemismo o región geográfica, posee el único bosque seco de altura en el Ecuador, ubicándose entre los dos únicos bosques de estas características en el mundo.

Las Pirámides de Cochasquí, es una zona culturalmente muy representativa por su legado arqueológico, astrológico y ubicación, pues se ubica en la línea imaginaria que divide al planeta en dos hemisferios.

**Fotografía 2.1: Bosque seco**



Fuente: Ronmer L. Cumbal S.

## **2.1.6 Hidrología**

El principal recurso hidrológico lo constituye el complejo lacustre de Mojanda Cajas, compuesto de tres lagunas principales: Caricocha o Laguna Grande de Mojada, Warmicocha o Laguna negra y Cririyacu.

El sistema de quebradas de la Parroquia, tiene como las mayores y más importantes a las de Tajamar y Coyagal, que constituyen los límites oriental y occidental de la Parroquia. La Quebrada de Tajamar se une con la de Iruto y desciende hasta el río Pisque precisamente donde se unen las carreteras Panamericana, la vía a Perucho y Puéllaro.

Recorren la meseta dos quebradas de menores proporciones, la de La Buena Esperanza y la de Ermita o Guagtapi. A partir de la meseta, se forman varias quebradas, entre las más importantes están la de Milmiacu, que en un tramo de su recorrido, forma el límite con el Distrito Metropolitano, la de Pilaguno, Molino Potrero, el Santo de La Chorrera y la de Tuluarpi que también define el límite cantonal y Parroquial, todas estas a diferencia de las anteriores, desembocan en el río Guayllabamba.



**Fotografía 2.2: Lagunas de Mojanda**



Fuente: Ronmer L. Cumbal S.

### **2.1.7 Suelo**

Los suelos de la Parroquia son suelos arenosos derivados de materiales volcánicos, poco meteorizados, con baja retención de humedad y con menos del 1% de materia orgánica de 0 a 20 cm. de profundidad. Otros son suelos negros, profundos, francos arenosos, derivados de materiales piroclásticos; también existen suelos poco profundos, erosionados, sobre una capa dura cementada denominada cangagua.

En algunas partes de la Parroquia se encuentran suelos severamente erosionados por la velocidad del viento y otros agentes, en los cuales la cangagua se encuentra a nivel de la superficie.<sup>3</sup>



## **2.1.8 Actividades económicas**

La principal actividad económica de la Parroquia es la agricultura, la cual da a la población ingresos comprendidos entre \$300 a \$400 actualmente por familia. Sin embargo la mayor alternativa para incrementar las actividades en la Parroquia es la culminación del canal de Riego Tabacundo, la cual ayudará (por ejemplo) a mejorar la producción agrícola.

La Parroquia posee un gran potencial agropecuario, principalmente porque la meseta de Malchinguí es amplia y prácticamente plana, las características de sus suelos, que si bien es cierto carecen de material orgánico, resultan fáciles de cultivar y propicios al desarrollo de explotaciones de frutales de variada índole.

El turismo a escala cantonal, es un aspecto a desarrollarse, dado que las potencialidades están presentes, sin embargo es necesario realizar una planificación sustentable para la adecuada explotación del recurso turístico, que se encuentra presente en los sitios como : el Complejo Lacustre del Mojanda, el bosque primario de Cascungo, los miradores del cañón del Guayllabamba y el bosque seco que forma parte del Complejo recreativo Jerusalén manejado por el Gobierno Provincial, siendo los sitios de mayor potencial en la Parroquia.

## **2.1.9 Servicios de infraestructura urbana existente**

Los principales servicios de infraestructura presentes en el sector son los que se citan a continuación:

### **2.1.9.1 Sistema de agua Potable**

Actualmente la comunidad del área en estudio cuenta con el abastecimiento de agua potable entubada de manera continua, provenientes de las captaciones de la vertiente de Chiriacu y de las Lagunas de Mojanda. La localización de las tuberías principales y secundarias se encuentran ubicadas en los costados norte y este de las calzadas, tal como lo indica las normas del Ex IEOS.

### 2.1.9.2 Sistema de Alcantarillado

Hoy en día la comunidad del área en estudio cuenta con el Sistema de alcantarillado combinado solo en la Calle Quito con una tubería de 200 mm de asbesto cemento, el mismo que se encuentra en malas condiciones como: fracturas, desacoples de uniones y mala hermeticidad del sistema, ya que fue construido en el año de 1978 por la comunidad de la Parroquia de Malchinguí sin los debidos diseños hidráulicos del sistema ni las especificaciones técnicas adecuadas, evidenciando un período de utilización del sistema de 33 años, cuando los estudios se los realiza para 30 años como periodo máximo de diseño.

**Fotografía 2.3: Alcantarillado Combinado existente**



Fuente: Ronmer L. Cumbal S.

### 2.1.9.3 Sistema de energía eléctrica y telefónica

La Parroquia cuenta con redes de energía eléctrica manejada por la Empresa Eléctrica del Norte (EMELNORTE).

El servicio de alumbrado público se encuentra sólo en las calles de la zona del parque central y de los barrios Quito Norte y Quito Sur, por ser los sectores más poblados que se han formado en la Parroquia de Malchinguí. Los demás barrios presentan escasez de servicio de alumbrado público.

El servicio de comunicaciones de telefonía fija es administrado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, de acuerdo a lo manifestado por la comunidad de la Parroquia, existe limitación para instalar nuevas líneas telefónicas en sus domicilios. Y en los sectores alejados del centro de la Parroquia, la opción es adquirir servicios de telefonía móvil.

**Fotografía 2.4: Instalaciones de CNT**



Fuente: Ronmer L. Cumbal S.

#### 2.1.9.4 Sistema de recolección de desechos sólidos

La recolección de desechos sólidos funciona según la planificación prevista por la municipalidad del Cantón Pedro Moncayo. El carro recolector que se encarga de recoger la basura lo realiza los días lunes y viernes en el horario de 9 a 10 de la mañana.

La recolección de la basura es insuficiente y genera daños en el ambiente, es importante desarrollar proyectos para el buen manejo de estos desechos para evitar futuros daños más graves al medio ambiente y consecuencias en la salud de la población.

#### 2.1.9.5 Infraestructura vial

Se identifica como corredor principal la carretera Panamericana Norte el trayecto Guayllabamba – Tabacundo y una red de caminos que comunican el área urbana con el área rural, algunos caminos se encuentran deteriorados por falta de mantenimiento.

Las calles en su mayoría son polvorientas caminos de verano, salvo las vías adoquinadas que circundan el parque, la calle Quito y Jerusalén (sector del estudio); La movilidad de la Parroquia es relativamente baja en los días ordinarios, presentándose un mediano tráfico por la salida de sus habitantes a sus trabajos en las primeras horas del día, desde las 05:00 hasta las 07:00 horas de la mañana y la presencia de los niños y jóvenes estudiantes que ingresan a sus centros de estudios. Luego, el mediano tráfico se presenta entre las 12:30 y 13:30 horas por la salida de los estudiantes. A partir de las 16:30 horas se continúa con una mediana movilidad por el regreso de sus habitantes de sus lugares de trabajo a sus sitios de residencia.

Para su transportación utilizan el servicio de taxis, buses y camionetas que prestan servicio de transportación en la Parroquia.

**Fotografía 2.5: Vías existentes en la Parroquia de Malchinguí**



Fuente: Ronmer L. Cumbal S.

#### 2.1.9.6 Otros servicios

Existen otros tipos de servicios a los que se puede hacer referencia, como escuela primaria, colegio, transporte, policía nacional, cuerpo de bomberos, subcentro de salud e iglesia.

Cabe mencionar que no todos los sectores tienen acceso a estos servicios: agua entubada, alcantarillado, desechos sólidos y electricidad, por lo que es necesario aumentar las capacidades de estas infraestructuras, para el desarrollo de la Parroquia.

## 2.1.10 Marco Teórico

El término alcantarillado hace referencia a una segura recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales y aguas lluvias.

El agua residual es el residuo líquido transportado por una alcantarilla, la cual puede incluir descargas domésticas e industriales.

La alcantarilla es una tubería o conducto, que normalmente fluye a tubería parcialmente llena, transportando aguas residuales.

“Los sistemas de alcantarillado modernos son por lo común separados. Las excepciones a esta regla general se encuentran en ciudades grandes y antiguas donde las alcantarillas combinadas fueron construidas en el pasado y donde nuevas adiciones siguieron a las existentes en la práctica. En muchos casos, estas comunidades se poblaron densamente y tuvieron construcciones de alcantarillas pluviales antes de que la necesidad de alcantarillas sanitarias fuera en general aceptada”.<sup>4</sup>

“Dentro del concepto de la integralidad del drenaje urbano, el papel del alcantarillado es recolectar las aguas residuales y lluvias y transportarlas hacia las PTARs, asegurando hermeticidad, minimizando infiltraciones y exfiltraciones, y logrando algún efecto benéfico de tratamiento preliminar o gestionando la cantidad y la calidad del agua residual que llega al tramo o interceptor aguas arriba de dichas plantas”.<sup>5</sup>

Los modelos a utilizarse para el diseño de la red de alcantarillado sanitario es seguir la teoría racional y empírica tradicional, es decir que para realizar el trabajo de investigación se acoge los principios técnicos, de acuerdo con las fórmulas, propiedades hidráulicas, criterios de diseño, criterios de velocidad mínima,

---

<sup>4</sup> McGhee, Terence J. Abastecimiento de agua y Alcantarillado, Colombia, 6ª Edic. Edit. McGrawHill, 1999, Pág. 268.

<sup>5</sup> Numeral D.1.2 del RAS 2011, Colombia

transportes de sedimentos, condiciones de flujo y pendientes mínimas admisibles de los diferentes componentes que conforman los sistemas de Alcantarillado.

### 2.1.11 Marco conceptual

A continuación se presentan las definiciones de los términos conceptuales según las Normas de diseño de sistemas de alcantarillado de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS.

- **Aguas pluviales:** Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.
- **Agua potable:** Es el agua libre de contaminantes que es apta para el consumo humano.
- **Agua residual municipal:** Mezcla de: desechos líquidos y sólidos evacuados de residencias, locales públicos, educacionales y comerciales, locales industriales; y agua freática, superficial y de lluvia que entra al alcantarillado como infiltración.
- **Alcantarillado:** Sistema de evacuación de las aguas residuales.
- **Alcantarillado combinado:** Sistema de evacuación de las aguas residuales y de las aguas de lluvia en conjunto.
- **Alcantarillado de aguas de lluvia:** Sistema de recolección, conducción y disposición final de las aguas de lluvia.
- **Alcantarillado sanitario:** Sistema de recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales.
- **Canal:** Cauce artificial para la conducción de las aguas.
- **Capacidad nominal:** Es la capacidad que tiene el sistema de acuerdo al caudal de diseño.
- **Capacidad hidráulica:** Es la capacidad máxima que tiene el sistema, generalmente en exceso de la capacidad nominal
- **Captación:** Estructura de cauce abierto destinada a captar las aguas de escorrentía superficial, para que ingresen a un colector de la red de alcantarillado de aguas de lluvia o combinado.

- **Catastro de redes:** Es el inventario de las redes sanitarias existentes.
- **Caudal de diseño:** Caudal estimado con el que el sistema de alcantarillado se diseña.
- **Coeficiente de rugosidad:** Medida de la fricción de una superficie la misma que depende del material de la tubería.
- **Colector:** Conducto cerrado circular, cuadrado, oval, etc., que permite la evacuación de las aguas residuales.
- **Coliformes:** Bacterias perjudiciales para la salud de las personas.
- **Conducción:** Conjunto de conductos, estructuras y accesorios destinados a transportar el líquido.
- **Conexiones domiciliarias:** Descargas que conducen aguas residuales y aguas lluvia desde un domicilio hacia la red de Alcantarillado.
- **Descarga:** Es una estructura que permite la libre entrega de las aguas de un sistema de alcantarillado hacia una planta de recepción
- **Diámetro nominal:** Es el número comercial con el cual se conoce el diámetro de una tubería.
- **Estudio de factibilidad:** La obtención de información directa de la zona del proyecto y tiene como objetivo final la viabilidad de la ejecución del proyecto.
- **Estudio de impacto ambiental (EIA):** Estudio que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado.
- **Estudio geotécnico:** análisis de terreno en el que se va a construir.
- **Estudio hidrológico:** Estudio de datos relativos a la esorrentía y distribución espacial y temporal de aguas superficiales y subterráneas.
- **Memoria técnica:** Documento técnico y descriptivo que resume todos resultados de trabajos realizados, recomendaciones y conclusiones del estudio. Forman parte de la memoria los anexos, esquemas, planos y todos los demás documentos que sean necesarios para completar el proyecto. También se puede denominar Informe Técnico.
- **Parámetros de diseño:** Criterios seleccionados o preestablecidos con los que se diseñan y construyen cada uno de los elementos de un sistema de Alcantarillado.



- **Perfil hidráulico:** Es un corte del sistema de Alcantarillado que muestra el nivel de agua en cada una de sus partes bajo condiciones de operación normal.
- **Período de diseño:** Tiempo para el cual se diseña un sistema atendiendo la demanda proyectada para este tiempo.
- **Pozo o cámara de revisión (o inspección):** Estructura de forma cilíndrica o prismática con tapa removible para permitir el acceso, la ventilación y el mantenimiento de los sistemas de alcantarillado.
- **Sedimentación:** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se depositan por gravedad en el fono del conducto.
- **Sistema combinado:** Sistema de alcantarillado que recibe aguas lluvias y aguas residuales de origen domestico/o industrial.
- **Sumidero:** Estructura destinada a captar las aguas superficiales que corren por las cunetas de las mismas que se descargan en el sistema de alcantarillado.
- **Tubería:** Conducto de sección circular para el transporte de agua.
- **Usuario:** Es toda persona natural o jurídica, que utilice agua tomada directamente de una fuente natural o red pública, o cuya actividad genere una descarga directa o indirecta.
- **Vida útil:** Periodo de utilización después del cual una obra o estructura puede ser reemplazada por inservible<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EPMAPS-Q. Introducción, definiciones y referenciación, Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. Primera edición. V&M Gráficas, Quito. 2009. Págs. 3 a 14.

## **2.2 MARCO LEGAL**

Para el diseño de elaboración del siguiente proyecto se consideraron los siguientes cuerpos legales como:

### **2.2.1 Constitución de la República del Ecuador**

Según la Nueva Constitución de la República del Ecuador, Asamblea Constituyente de 2008, indica en los artículos que se citan a continuación<sup>7</sup>:

**Art 395.-** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

- 1 El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
- 2 Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales y jurídicas en el territorio nacional.
- 3 El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución, y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
- 4 En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

**Art. 396.-** El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño.

---

<sup>7</sup> Constitución del Ecuador. Asamblea Constituyente, Título VII, Régimen del buen vivir, Capítulo Segundo, Biodiversidad y recursos naturales, Págs. 177 a 179.

**Art. 397.-** En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas.

**Art. 398.-** Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente.

**Art. 399.-** El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

## **2.2.2 Ley de Gestión Ambiental**

La Ley de Gestión Ambiental N° 37, define la normativa para la Evaluación de Impacto Ambiental y del Control Ambiental en los siguientes artículos<sup>8</sup>.

**Art. 19.-** Las obras públicas privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

**Art. 20.-** Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

**Art. 21.-** Los Sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos; planes de manejo;

---

<sup>8</sup> Ley de Gestión Ambiental N° 37, publicada en el Registro Oficial N° 245 de 30 de julio de 1999, en el TÍTULO III, Capítulo II, Art. 19 a 27.

planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación.

**Art. 22.-** Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y en las actividades para las que se hubiere otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento, a solicitud del Ministerio del ramo o de las personas afectadas.

**Art. 23.-** La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

- a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua el paisaje y la estructura y función del los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada;
- b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y,
- c) La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

**Art. 24.-** En obras de inversión públicas o privadas, las obligaciones que se desprendan del sistema de manejo ambiental, constituirán elementos del correspondiente contrato. La evaluación del impacto ambiental, conforme al reglamento especial será formulada y aprobada, previamente a la expedición de la autorización administrativa emitida por el Ministerio del ramo

**Art. 25.-** La Contraloría General del Estado, podrá en cualquier momento, auditar los procedimientos de realización y aprobación de los estudios y evaluaciones de impacto ambiental, determinando la validez y eficacia de éstos, de acuerdo con la Ley y su Reglamento Especial.

**Art. 26.-** En las contrataciones que, conforme a esta Ley deban contar con estudios de impacto ambiental los documentos precontractuales contendrán:

las especificaciones, parámetros, variables y características de esos estudios y establecerán la obligación de los contratistas de prevenir o mitigar los impactos ambientales.

**Art. 27.-** La Contraloría General del Estado vigilará el cumplimiento de los sistemas de control aplicados a través de los reglamentos, métodos e instructivos impartidos por las distintas instituciones del Estado, para hacer efectiva la auditoría ambiental.

### **2.2.3 Otras Leyes y Códigos**

- Ley de Régimen Municipal. Registro Oficial N° 331 de 15-10-197, con agregados y reformas a los Art. 212 y Art. 213 y la inclusión de dos Art. Innumerados, a fin de fortalecer los contenidos ambientales de esta Ley.
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, publicada en el Registro Oficial N° 416: de 22-11-83 en la cual, para fortalecerla, introduce reformas a los Artículos: 28, 81, 83, y 89.
- Ley Orgánica de Salud, publicada en el registro Oficial N° 423, el 22 de diciembre de 2006, donde en el artículo 103 se prohíbe la descarga de aguas servidas y residuales en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros similares. En tal razón, todo establecimiento industrial, comercial o de servicios, tiene la obligación de instalar un sistema de tratamiento previo la descarga.
- Ley de Aguas, publicada en el Registro Oficial N° 69 de 30-05-1972. Decreto ejecutivo N° 369 de 18-05-1972, define la normativa para la conservación y contaminación de las aguas; Capítulo I, Art. 20 y Capítulo II, Art. 22
- Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos. Registro Oficial N° 991. Acuerdo N° 14630 de 03-08-1992
- Reglamento a la Ley Forestal, Áreas Naturales y Vida Silvestre. Decreto Ejecutivo No. 1529. RO/ 436 de 22 de Febrero de 1983
- Reglamento del Aire del Ecuador, Acuerdo Ministerial No. 181. RO/ 156 de 26 de Marzo de 1993
- Código Penal. Registro Oficial N° 260 de 29-08-1985

## **CAPÍTULO III**

### **3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de metodología que se utilizó en esta investigación, está basada en el método científico Descriptivo - Observacional, ya que este nos permite obtener y ordenar los conocimientos de una forma sistemática y concisa.

Este tipo de método nos permite, demostrar una hipótesis utilizando varios elementos, de los cuales se puede mencionar: La recolección de datos, análisis e interpretación de resultados, la observación y la comprobación.

El tipo de investigación utilizada, se estableció de la siguiente manera:

- Recopilación de información básica.
- Levantamiento topográfico.
- Trazado general de la red.
- Localización de pozos de visita.
- Lineamientos técnicos oficiales de diseño para el alcantarillado: Caudales, velocidades, diámetros, pendientes, ancho y profundidad de zanja, etc.
- Localización de la planta de tratamiento.
- Presentación de planos del proyecto.
- Cálculo del presupuesto del proyecto.
- Manual de operación y de mantenimiento.

Para la recopilación de la información básica como: la proyección de la población, datos de salud, datos del lugar, servicios básicos entre otros; se realizaron

encuestas apoyadas en una investigación bibliográfica en libros, manuales, tesis, bibliografías por internet, etc.

## **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1 Población**

La población total de la Parroquia de Malchinguí es de 4624 habitantes, según el último censo realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Además de la información obtenida por fuentes primarias y secundarias, el muestreo es indispensable para el investigador, tomando como muestra una parte o un subconjunto de la población, pero que la misma sea lo suficientemente representativa, ya que es imposible entrevistar a todos los miembros de una población debido a problemas de tiempo, recursos y esfuerzo. Los resultados de las encuestas se las analizará más adelante en el Capítulo 3.4.2 Análisis de resultados.

## **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

### **3.3.1 Técnicas**

- **Técnica documental:** Es el procedimiento de recolección, obtención e interpretación de la información referente al tema determinado; basado en la revisión de libros, documentos, manuales, revistas e internet.
- **Técnica de observación:** Consistirá en obtener información mediante la inspección que se realizará en el área urbana de la Parroquia de Malchinguí.

- **Técnica de la encuesta:** Es una técnica de investigación que permite al investigador conocer información de un hecho a través de las opiniones que reflejan ciertas maneras y formas de asimilar y comprender los hechos.

### 3.3.2 Instrumentos

- **Fichas Bibliográficas:** Es una ficha de referencia de fuente de información que tiene por objeto presentar los datos de identificación de los libros, de los documentos y de todo material impreso consultado por el investigador.
- **Ficha Resumen:** Este tipo de ficha es la síntesis de un texto o es extraer la idea principal del autor.
- **Guía de Observación:** Este instrumento sirve para medir en el campo los parámetros que el investigador requiera analizar.

## 3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 3.4.1 Técnicas para el procesamiento de datos

Los procesos con los que cuenta el desarrollo del proyecto para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario son:

#### 3.4.1.1 Reconocimiento de la población

Este se realiza con visitas a la población para investigar todo lo referente a:

Fuentes de abastecimiento de agua potable, enfermedades más comunes en la población, forma de eliminación de las aguas residuales, tipo de suelo, nivel



freático, número de habitantes, infraestructura, condiciones económicas y sociales.

También se hará una solicitud al INHAMI, para conocer todo lo referente a los escenarios climatológicos existentes en la zona.

#### 3.4.1.2 Trabajo topográfico

Este trabajo se realizará en dos etapas:

- Trabajo de Campo
- Trabajo de Oficina

##### **Trabajo de campo**

Consiste en un levantamiento planimétrico y altimétrico del área urbana de la Parroquia de Malchinguí, el cual comprende la ubicación, distancia y elevación de los ejes de las calles, con el objetivo de elaborar los planos y perfiles para el diseño.

##### **Trabajo de oficina**

Consiste en calcular y elaborar planos topográficos y perfiles de las calles, determinando las pendientes para así conocer el sentido y el flujo hasta la planta de tratamiento existente.

#### 3.4.1.3 Cálculo de la población de diseño

Para este cálculo se solicitara información al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, ya que esta institución a través de los censos que realiza cada 10 años, proporcionara el número de habitantes a la fecha solicitada.

Teniendo el número de habitantes del último año censado, se calcula para el presente o para el periodo de diseño que se establezca.

Existen los métodos para la proyección de la población como son: Método Aritmético, Método Geométrico, los cuales calcularemos en el Capítulo 6.3.4 Método de cálculo de la población futura.

#### 3.4.1.4 Calcular la tendencia de desarrollo urbano.

Para calcular la tendencia de crecimiento poblacional, se tomará en cuenta la ampliación en cuanto al desarrollo de nuevas viviendas de la zona urbana, es necesario tener una idea de las áreas que pueden tener factibilidad de crecimiento urbano.

#### 3.4.1.5 Diseño hidráulico de colectores.

A partir de los perfiles se encontrará las pendientes para proyectar los pozos de registro, colectores e indicar la ubicación de la planta de tratamiento.

Seguidamente se procederá a calcular:

- Población Futura
- Áreas de Aportación
- Densidad Poblacional
- Cálculo de Caudales, etc.

#### 3.4.1.6 Elaboración de planos

Consiste en elaborar el plano topográfico del casco urbano de la Parroquia de Malchinguí, indicando la ubicación de los colectores, los pozos de registro, pendientes de tuberías y perfiles de colectores, donde se conocen sus pendientes, diámetro, caudal de diseño y elevaciones de los pozos de registro.

#### 3.4.1.7 Cálculo de costo de la obra.

Estos costos se toman del análisis de precios unitarios para establecer el costo final, el mismo que se realizará de la siguiente manera:

**CD=** Costo Directo el cual incluye mano de obra, material y equipo.

**CI=** Costo Indirecto, que comprende entre otras cosas gastos de administración, seguros, etc.

**CT=** Costo Total

**CT= CD + CI**

También se detallara la descripción del proyecto a realizar, las unidades, la cantidad, el precio unitario y el costo final.

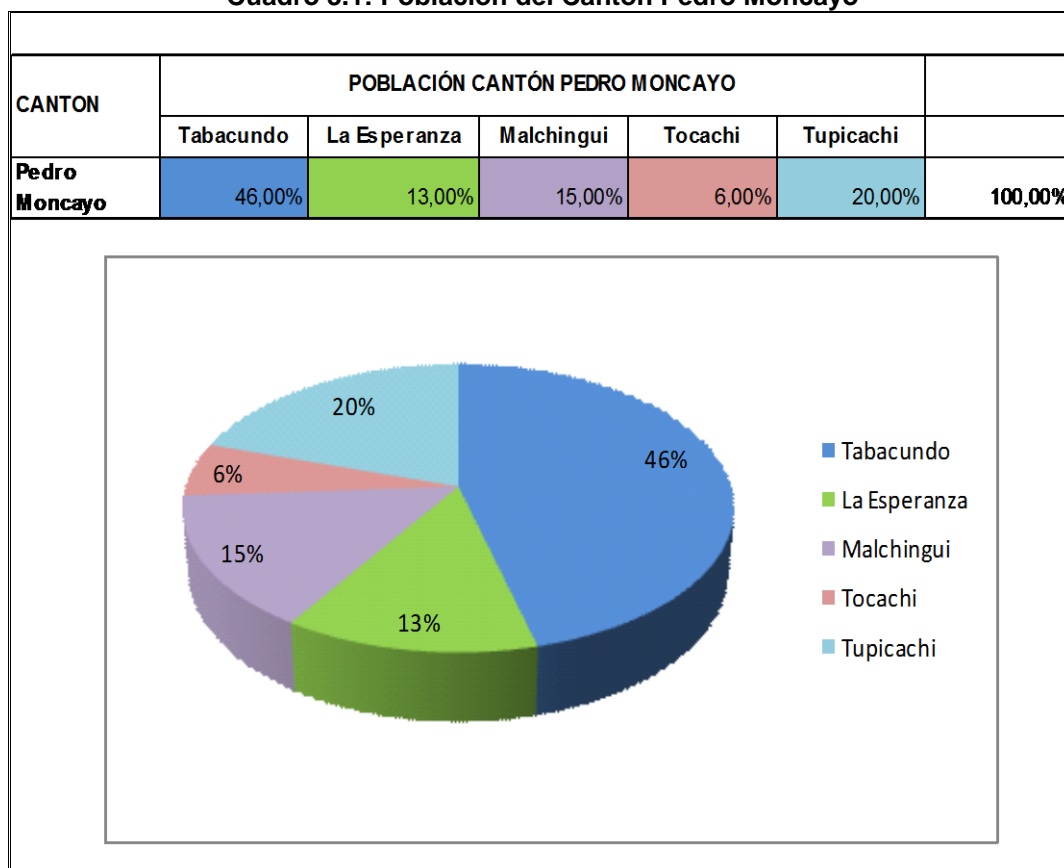
### **3.4.2 Análisis de los resultados**

De los resultados del trabajo de campo realizado y con el fin de lograr los objetivos planteados al inicio de este estudio, se utilizó las encuestas realizadas por la Fundación Cimas del Ecuador, para la obtención de los resultados partiendo de los servicios básicos con que cuenta la Parroquia de Malchinguí, para su análisis e interpretación.

#### **3.4.2.1 Población**

La población total de la Parroquia de Malchinguí, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), es de 4.624 habitantes hasta el año de 2010, con una densidad de 39,6 habitantes por Km<sup>2</sup>.

**Cuadro 3.1: Población del Cantón Pedro Moncayo**



Fuente: INEC 2010.  
 Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

La población total de la Parroquia de Malchinguí, representa el 15,00% de la población total del cantón Pedro Moncayo, siendo la tercera Parroquia con más habitantes en el cantón.

### 3.4.2.2 Grupos étnicos

La Parroquia de Malchinguí se encuentra conformada por población indígena, mestiza, afro ecuatoriano, mulata y otras.

**Cuadro 3.2: Grupos étnicos**

Parroquia	Barrios	Grupo étnico				
		Indígena	Mestizo(a)	Afro ecuatoriano	Mulato(a)	Otro, cual
Malchinguí	24 DE MAYO	1,80%	97,30%			0,90%
	GARCIA MORENO		98,00%			
	IMBABURA		100,00%			
	LA BUENA ESPERANZA	0,50%	96,80%	1,00%	0,70%	1,00%
	LA CONCEPCION		99,40%			
	PEDRO MONCAYO		96,50%		3,00%	0,50%
	PICHINCHA	0,60%	96,50%	0,40%	1,20%	0,40%
	QUITO NORTE	4,10%	91,70%	2,50%		
	QUITO SUR	4,00%	90,70%	0,70%	4,00%	
	SAN CARLOS	3,10%	93,80%			
	SAN JUAN, STA EULALIA, OYAGACHI	3,40%	89,50%		4,60%	1,20%
	BEATERIO, SANTA MARIANITA		97,40%	1,90%		0,70%
	EL ROSARIO MALCHINGUI	0,30%	98,00%		1,30%	0,30%
	MERCED, VENENCIA, HOSPITAL	6,50%	91,20%	0,20%	1,30%	

Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2010  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

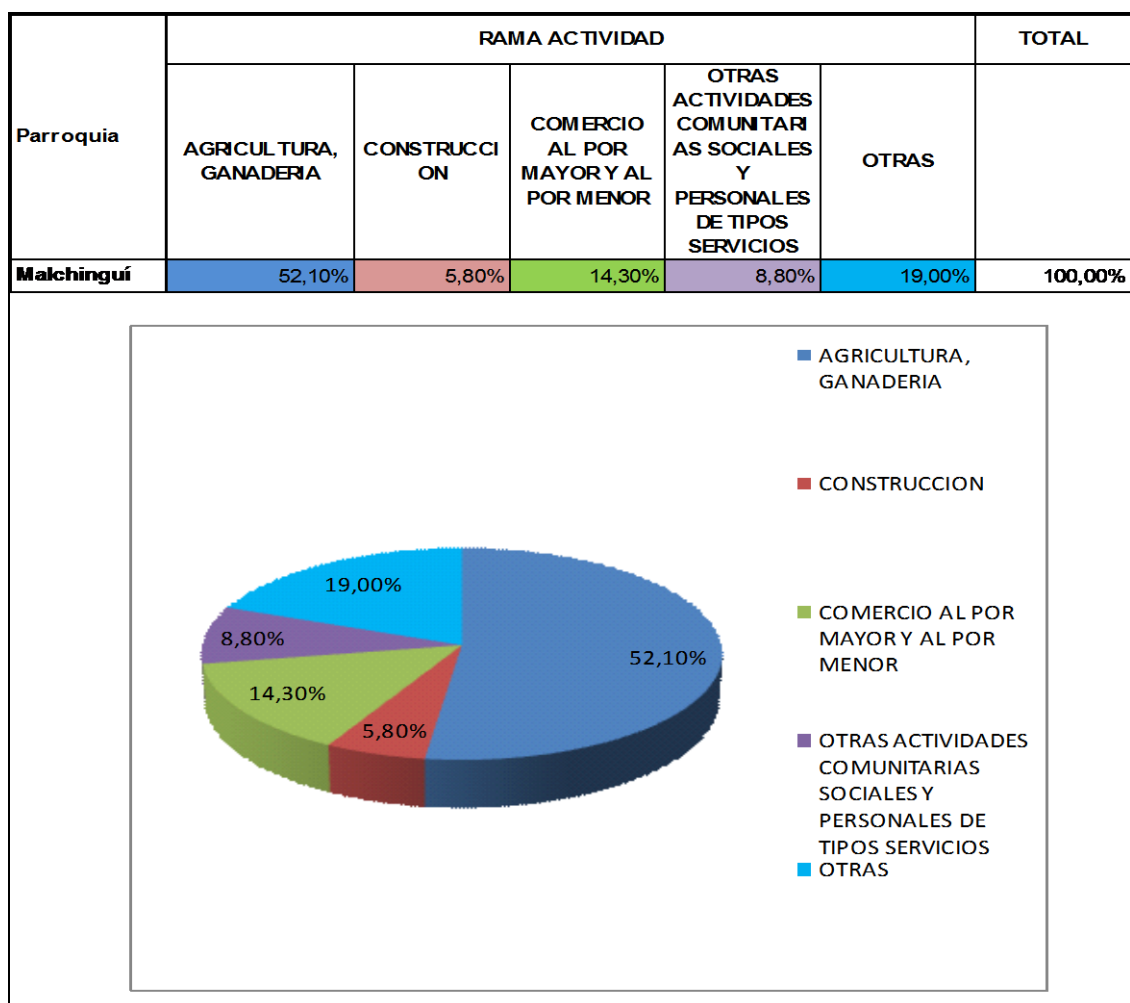
Del análisis del cuadro anterior se puede manifestar que existe un alto predominio de población mestiza entre un 89,5% y 100%, entre un 6,5% y 0,3% de indígenas, 2,5% y 0,2% de afroamericanos, un 4,6% y 0,7% de mulatos y un rubro calificado de otros entre 1,2% y 0,3%.

Los mayores porcentajes de población indígena se asientan en los barrios de Quito Norte, Quito Sur, la Merced, Venencia y el Hospital. El mayor porcentaje de población afroamericana se asienta en el barrio Quito Norte. El mayor porcentaje de mulatos está asentado en los barrios San Juan, Santa Eulalia y Oyagachi.

#### 3.4.2.3 Actividad laboral

La Parroquia cuenta con varias actividades laborales, a continuación se presentan las más importantes:

**Cuadro 3.3: Actividad Laboral**



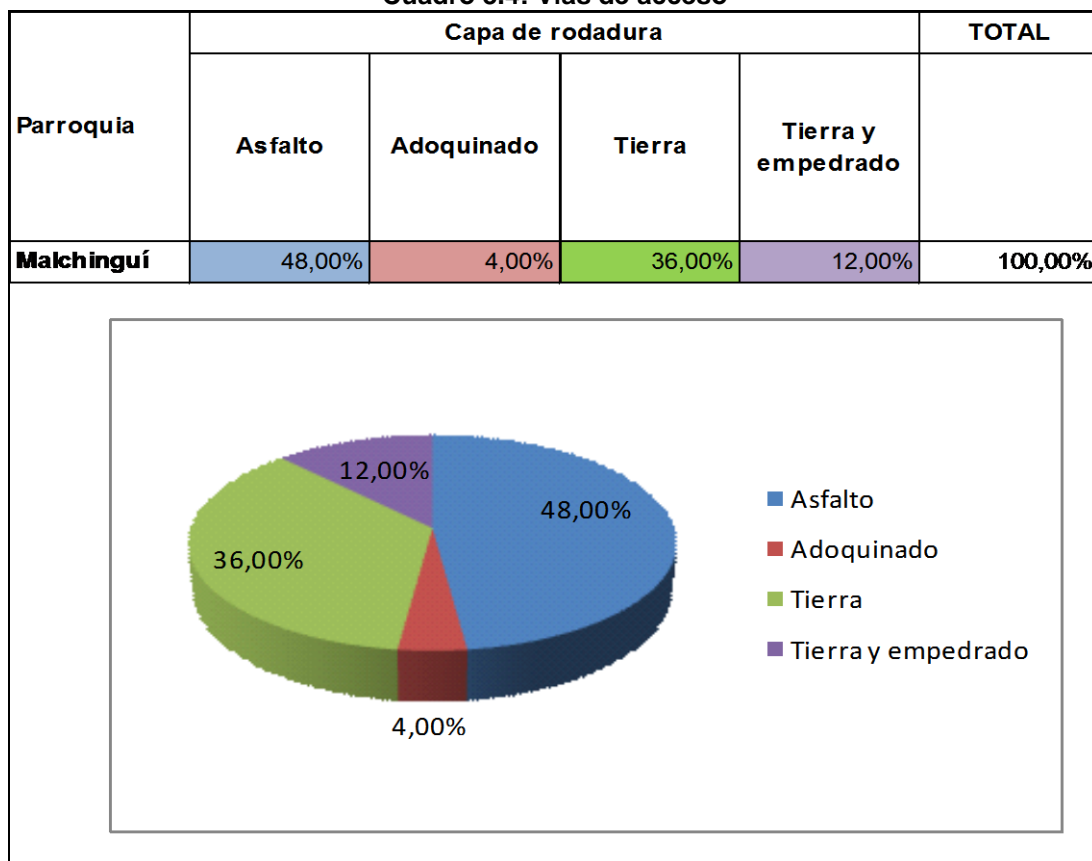
Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2010.  
 Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

La principal actividad económica de las familias es la agricultura con el 52,10%, esta actividad podría incrementarse si el proyecto del canal de riego Tabacundo se culminara, ya que actualmente este se encuentra paralizado.

#### 3.4.2.4 Vías de acceso

La red vial de la Parroquia tiene varios tipos de capas de rodadura, las mismas que se citan a continuación:

**Cuadro 3.4: Vías de acceso**



Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2010.  
 Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

La Parroquia de Malchinguí, dispone por clase de rodadura de un 48% de carreteras asfaltadas, 4% de vías adoquinadas, de tierra un 36% y 12% de tierra empedrada de la totalidad de las vías.

Para asegurar la movilidad de la Parroquia entre Malchinguí y Tocachi, se requiere que la carretera entre estas dos Parroquias sea asfaltada o pavimentada, de acuerdo a lo solicitado por la comunidad. Actualmente esta carretera tiene algunos tramos de tierra y piedra.

### 3.4.2.5 Salud

La Parroquia de Malchinguí dispone de un Subcentro de Salud perteneciente al Ministerio de Salud Pública, con 2 médicos generales, 2 odontólogos, 2 enfermeras, 1 obstetriz y 1 Inspector de sanidad. La comunidad informó que en

algunas ocasiones el personal médico, incluyendo a las enfermeras del Subcentro son trasladadas en forma intempestiva al Centro de Salud de Tabacundo, creando problemas de atención a la comunidad de Malchinguí.

Otro de los problemas detectados es que sólo atienden médicos generales y no se dispone de médicos especializados. De acuerdo a la percepción de los habitantes el mobiliario del Subcentro de Salud de la Parroquia está en buenas condiciones de presentación por la última ampliación de las instalaciones que hizo el G.P.P. con énfasis en atención hospitalaria primaria.

De acuerdo a reportes del Subcentro de Salud de la Parroquia, las enfermedades de la población más relevantes en orden de prioridad son:

- Ira e infecciones respiratorias agudas.
- Vaginitis
- Lumbociatalgias y osteoartrosis.
- Cefaleas tensionales.
- Diarreas agudas en niños menores de 5 años.
- Infecciones de vías urinarias.
- Disminorreas.
- Parasitosis.
- Dermatitis
- Hipertensión arterial en adultos mayores.
- Gastritis.



### 3.4.2.6 Cobertura de Servicios Básicos

Los servicios básicos, en la Parroquia son las obras de infraestructuras necesarias para una vida saludable. Entre otros son reconocidos como servicios básicos:

**Cuadro 3.5: Cobertura de Servicios Básicos**

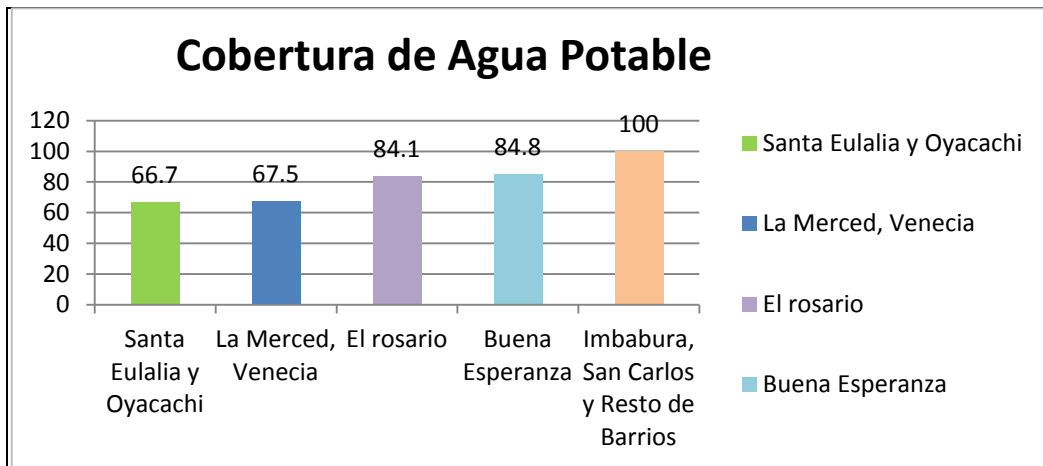
	Barrios	Nro. Viviendas	% Cobertura Agua por red pública	% Cobertura Disponibilidad de alcantarillado	% Servicio recolección basura público	% Disponibilidad luz eléctrica
Malchinguí	24 DE MAYO	35	91,4	85,7	77,1	97,1
	GARCIA MORENO	16	100	43,8	68,8	100
	IMBABURA	12	100	91,7	75	100
	LA BUENA ESPERANZA	99	84,8	45,5	65,7	98
	LA CONCEPCION	48	97,9	47,9	77,1	100
	PEDRO MONCAYO	52	92,3	78,8	86,5	100
	PICHINCHA	115	90,4	53	78,3	100
	QUITO NORTE	39	94,9	97,4	97,4	100
	QUITO SUR	50	96	90	98	100
	SAN CARLOS	12	100	0	8,3	100
	SAN JUAN, STA EULALIA, OYACACHI	72	66,7	5,6	79,2	95,8
	BEATERIO, SANTA MARIANITA	70	90	60	87,1	100
	EL ROSARIO MALCHINGUI	69	84,1	44,9	65,2	89,9
	MERCED, VENENCIA, HOSPITAL	123	67,5	33,3	70,7	95,9
	<b>TOTAL</b>	<b>812,00</b>	<b>89,71</b>	<b>55,54</b>	<b>73,89</b>	<b>98,34</b>

Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2009.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

#### Sistema de agua Potable

Los barrios de menor cobertura de servicios de agua por red pública son San Juan, Santa Eulalia y Oyagachi con un 66,7%, la Merced, Venencia y Hospital con un 67,5%, el Rosario con 84,1%, la Buena Esperanza con el 84,8 y los demás barrios superan el último porcentaje hasta llegar incluso al 100% como son los barrios de Imbabura y San Carlos.

Figura 3.1: Sistema de agua potable

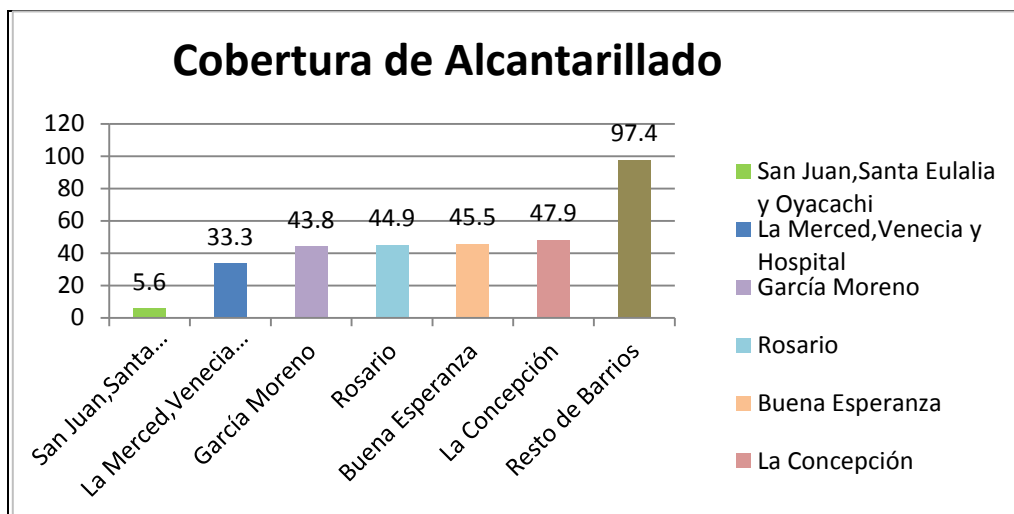


Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2009.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

Alcantarillado (Sistema de aguas servidas):

Los barrios de menor cobertura de servicio de alcantarillado son San Juan, Santa Eulalia y Oyacachi con un 5,6% de su población, la Merced, Venecia y Hospital con un 33,3%, García Moreno con un 43,8%, el Rosario con un 44,9%, la Buena Esperanza con un 45,5%, la Concepción con 47,9% y los demás barrios superan este último porcentaje hasta llegar al 97,4% como es el caso del barrio Quito Norte.

Figura 3.2: Sistema de alcantarillado



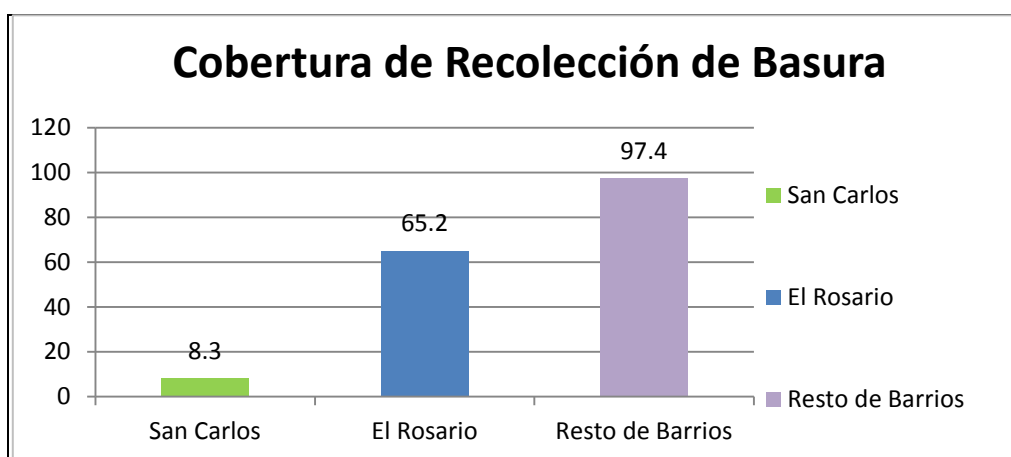
Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2009.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

Los barrios que no cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario poseen pozos sépticos.

#### Recolección de basura:

Los barrios de menor porcentaje de cobertura de recolección de basura son San Carlos con el 8,3%, el Rosario con 65,2%, y los demás superan este último porcentaje para llegar al 97,4% como es el caso del barrio Quito Norte.

Figura 3.3: Sistema de recolección de basura

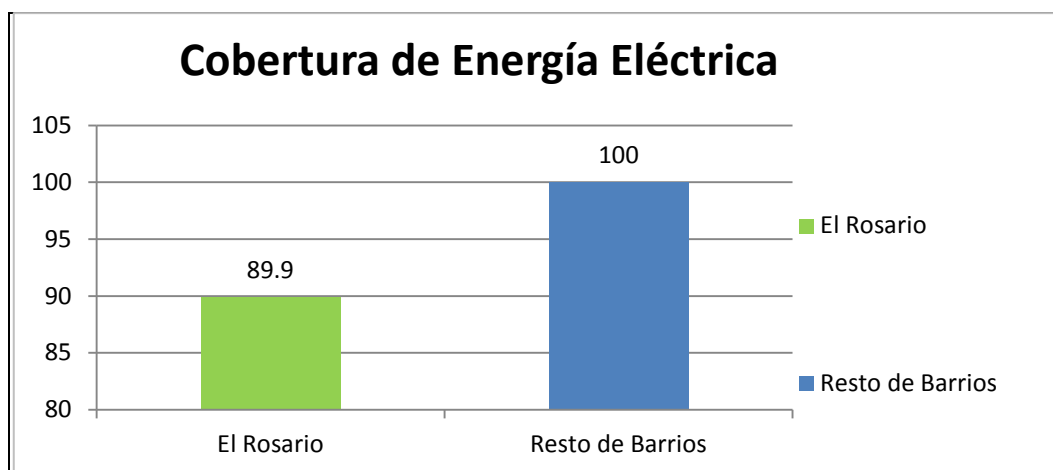


Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2009.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

#### Energía eléctrica:

El barrio de menor cobertura de servicio de energía eléctrica es el Rosario con un 89,9 y los demás superan este porcentaje llegando algunos a cubrir el 100% de su población.

Figura 3.4: Sistema de cobertura eléctrica

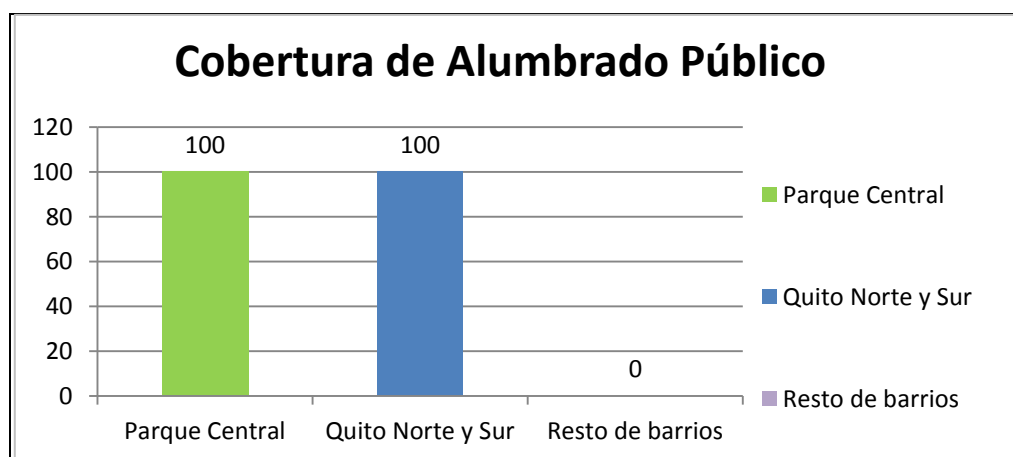


Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2009.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

#### Alumbrado público:

El servicio de alumbrado público se encuentra sólo en las calles de la zona poblada del parque central y de los barrios Quito Norte y Quito Sur, por ser las centralidades que se han formado en la Parroquia de Malchinguí. Los demás barrios presentan escasez de servicio de alumbrado público.

Figura 3.5: Alumbrado público

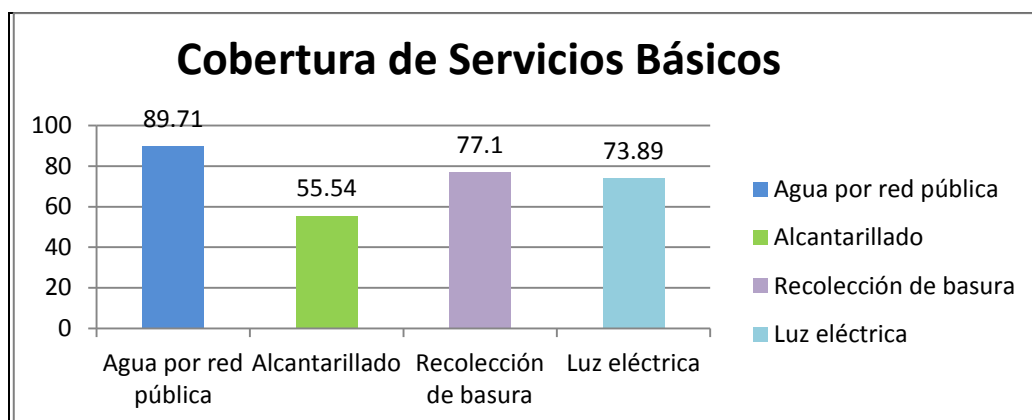


Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2009.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

### 3.5 VERIFICACIÓN DE LA IDEA A DEFENDER

De los datos procesados de acuerdo a la información receptada, se puede establecer los siguientes resultados:

Figura 3.6: Cobertura de servicios básicos



Fuente: Base Censo demográfico y de salud - 2009.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

Del análisis del cuadro anterior se puede observar que a nivel general en la Parroquia de Malchinguí, el servicio básico que menos cobertura tiene, es el de alcantarillado, servicio que se encuentra presente solo en la Calle Quito, el mismo que es insuficiente por la edad de servicio de la tubería, siendo necesaria la ampliación y mejoramiento del mismo.

## **CAPÍTULO IV**

### **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

La capacidad del sistema de alcantarillado combinado existente en la zona urbana de la Parroquia de Malchinguí, es insuficiente para la evacuación de las aguas residuales y aguas pluviales del sector, debido a la edad de operación del sistema y al incremento poblacional de la Parroquia.

Se evidencia que una de las mayores necesidades de infraestructura básica que tienen los barrios: 24 de Mayo, Quito Norte, Quito Sur, Pichincha, Malchinguí, García Moreno, El Rosario y La Concepción, es contar con un nuevo sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

Además debido a la ausencia del servicio de alcantarillado en otros sectores de la Parroquia, la población se ha visto en la necesidad de construir unidades de servicio básico (USB o pozos sépticos), provocando contaminación al suelo y la aparición de enfermedades como la parasitosis según el reporte del Subcentro de Salud la Parroquia de Malchinguí.

Mediante la investigación realizada se considera que la Parroquia de Malchinguí se encuentra en pleno desarrollo social y que un buen sistema de alcantarillado ayudara a mejorar el nivel de vida de sus pobladores.

La topografía general de la zona tiene una pendiente menor al 10%, por lo tanto se concluye que el transporte de las aguas residuales por la red de alcantarillado será por gravedad, siguiendo la pendiente natural del terreno.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Desde el punto de vista técnico, se recomienda realizar un nuevo diseño de alcantarillado sanitario, que funcione adecuadamente en términos de recolectar y transportar las aguas servidas hasta la planta de tratamiento, que contemple la dinámica de desarrollo urbano prevista en el corto, mediano y largo plazo de las áreas habitadas y las proyectadas para los años siguientes, teniendo en cuenta las necesidades básicas de la población y las zonas de conservación ambiental entre otros aspectos.

Se recomienda la construcción de sistemas separados de alcantarillado sanitario y pluvial, pues los volúmenes de aguas pluviales son muy superiores a los correspondientes de aguas residuales en proporción de 50 a 200 veces o más. Así, una planta de tratamiento es más económica si solo se encarga de tratar las aguas residuales, por tanto hasta donde sea posible se recomienda la separación de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales y pluviales.

Además se recomienda construir el nuevo sistema de alcantarillado sanitario que se adapte a las necesidades técnicas, geográficas, económicas y sociales del lugar donde se va a desarrollar la obra. Se espera que esta única solución sea la mejor relación costo/beneficio que se le otorgue al proyecto.

## **CAPÍTULO V**

### **5 PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **5.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA A IMPLEMENTARSE**

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PROYECTADO A 30 AÑOS PARA LA PARROQUIA DE MALCHINGUÍ, CANTÓN PEDRO MONCAYO.

#### **5.2 DATOS INFORMATIVOS**

La institución para quien se realizará el presente trabajo de investigación es para El Gobierno Municipal del Cantón Pedro Moncayo por intermedio de La Empresa Municipal de Agua Potable y Servicio Básico, EMASA-PM.

#### **5.3 OBJETIVOS**

El Objetivo principal de este trabajo de investigación es elaborar una propuesta de diseño de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años, que sea capaz de garantizar su buen funcionamiento durante el periodo de diseño, analizando sus condiciones hidráulicas y posibles zonas de expansión poblacional, cumpliendo con las normas de diseño de sistemas de alcantarillado del Ex IEOS.

Además con la construcción del sistema de alcantarillado sanitario, se podría alcanzar los siguientes objetivos:



- Mejoramiento de las condiciones sanitarias de la Parroquia.
- Conservación de los recursos naturales
- Recolección y evacuación rápida y segura de las aguas residuales.
- Disposición adecuada, sanitariamente hablando del afluente.
- Eliminación de focos de contaminación, así como de olores desagradables.

## **5.4 JUSTIFICACIÓN**

Sin un sistema adecuado de eliminación eficiente de los sólidos fecales, residuos domésticos y de otro origen, la vida en las aglomeraciones urbanas sería desagradable y peligrosa. Por lo cual se considera que la disposición final de las aguas residuales, debe ser uno de los servicios primordiales con los cuales debe contar toda comunidad.

Con el diseño del alcantarillado sanitario proyectado a 30 años que se plantea en este trabajo de investigación, se pretende desarrollar un sistema correcto de recolección y transporte de las aguas residuales, ayudando a mejorar la condición de vida de los habitantes de la zona urbana de la Parroquia de Malchinguí, y a si mismo se ayuda a disminuir el impacto ambiental que podría empeorar en un futuro no muy lejano, ya que estas aguas generan en la actualidad mucha contaminación , daños al medio ambiente y ocasionan problemas de salud a los habitantes de la Parroquia.

## CAPÍTULO VI

### 6 METODOLOGÍA

#### 6.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Los trabajos topográficos proporcionan la información necesaria de la planimetría y la nivelación del terreno, con la exactitud adecuada para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario. En el ANEXO 4 se encuentra la información topográfica.

El equipo que se utilizó para realizar el levantamiento topográfico en el sector fue una Estación Total Electrónica TOPCON GTS 229.

**Fotografía 4.1: Levantamiento Topográfico en la Parroquia de Malchinguí**



Fuente: Ronmer L. Cumbal S.

## 6.2 TIPO DE SISTEMA

De acuerdo con las especificaciones del Ex IEOS<sup>9</sup>, el tipo de sistema de alcantarillado a escogerse depende del área a servirse. En general existen tres niveles de servicio, desde el alcantarillado más simple que es el nivel 1 hasta el alcantarillado convencional que es el nivel 3.

La selección del tipo de alcantarillado a diseñarse obedece a la situación económica de la comunidad, de la topografía, de la densidad poblacional y del tipo de abastecimiento de agua potable.

El nivel 1 corresponde a comunidades rurales con casas dispersas y que tengan calles sin ningún tipo de acabado.

El nivel 2 se utiliza en comunidades que ya tengan algún tipo de trazado de calles, con tránsito vehicular y que tengan una mayor concentración de casas, de modo que se justifique la instalación de tuberías de alcantarillado con conexiones domiciliarias.

El nivel 3 se utiliza en ciudades o en comunidades más desarrolladas en las que los diámetros calculados caigan dentro del patrón de un alcantarillado convencional<sup>10</sup>.

Debido a las características topográficas, urbanísticas y social del sector se concluye que el tipo de alcantarillado aplicable a la población corresponde al nivel 3.

Dentro de este nivel las recomendaciones para el alcantarillado sanitario son:

- Se utilizará una red de tuberías y colectores, el diámetro mínimo que deberá usarse en sistemas de alcantarillado sanitario es de 200 mm para conducción y 100 mm para conexiones domiciliarias de acuerdo a la Normas del Ex IEOS.

---

<sup>9</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (ex IEOS). p. 284

<sup>10</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (ex IEOS). p. 284

- Todos los trabajos están orientados a realizar el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Sanitario.

## **6.3 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y PERÍODO DE DISEÑO**

### **6.3.1 Período de diseño**

Este período es el tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de este, sea por que los materiales han dejado de servir conforme a su diseño o porque el sistema no ha alcanzado a cubrir las demandas de una población proyectada hasta el año horizonte.

Las Normas de la EPMAPS-Q recomienda un período mínimo de diseño de 30 años y las Normas del Ex IEOS dice “El período óptimo de diseño de una obra de ingeniería es una función del factor de economía de escala y de la tasa de actualización (costo de oportunidad del capital)”, en consecuencia para el Diseño del Sistema de Alcantarillado de la Parroquia de Malchinguí el período de diseño será de 30 años<sup>11</sup>, período en el que está incluido el tiempo para los procesos de contratación y ejecución del proyecto, es decir, que si se implementa el sistema a partir del año 2013, la capacidad final del diseño corresponde al año 2043.

El período de diseño de 30 años, también proporciona un período económico para recaudar los gastos de financiamiento que justificará la construcción del sistema, a partir del presupuesto de obra.

### **6.3.2 Dotación de agua potable**

Es la cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes, 200 l/hab/día es una cantidad de agua comúnmente utilizada en los países de Latinoamérica.

---

<sup>11</sup> Normas de alcantarillado EPMAPS-Q. p. 27

Para cuantificar el aporte de las aguas residuales, se tomará en cuenta los valores de dotación de agua potable que posee el sector poblacional en función del clima, habitantes considerados como población del proyecto, economía, cultura y consumo medido en la Parroquia.

**Cuadro 6.1: Dotación de agua de una vivienda media**

CONSUMO	DOTACIÓN (l/h/d)
Aseo personal	45
Descargas de sanitarios	50
Lavado de ropa	30
Cocina	25
Riego de jardines	15
Lavado de piso	5
<b>Total consumo</b>	<b>170</b>

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales, Metcalf y Eddy. Tercera Edición 1995  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

El sistema de agua potable de la Parroquia de Malchinguí fue diseñado con una dotación de 150 lt/hab/día, información proporcionada por la EMASA-PM, pero debido a que las viviendas son de tipo media y considerando que se debe cubrir desperdicios y otro tipo de consumos adicionales como:

- Piletas
- Piscinas
- Riego de parques y áreas comunales
- Riego de cultivos
- Lavado de autos
- Población flotante

Tomando en cuenta estos factores la dotación de agua para el presente diseño será igual al valor que nos proporciona el Cuadro 6-1: Dotación de agua de una vivienda media.

**Dotación de diseño: 170 (l/h/d)**

### 6.3.3 Población de diseño

El conocimiento de la población actual es un parámetro básico la cual permite determinar la población futura a servir, pronosticando de alguna manera cuál sería la población en el futuro utilizando los métodos matemáticos.

Para determinar el crecimiento poblacional de la Parroquia partimos de los datos censales existentes.

**Cuadro 6.2: Población por años**

REGIÓN GEOGRÁFICA	CENSO POBL. 1982	CENSO POBL. 1990	CENSO POBL. 2001	CENSO POBL. 2010
MALCHINGUI	2,921	3,004	3,912	4,624

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

### 6.3.4 Método de cálculo de la población futura

A continuación se realiza el análisis de la población futura, utilizando los métodos conocidos:

#### 6.3.4.1 Método Aritmético o Lineal

Se basa en el hecho de que la variación de la población con respecto al tiempo es constante e independiente de que tan prolongado sea éste, es decir las tasa de crecimiento poblacional son constantes. Para el cálculo de la población futura se tiene la siguiente fórmula:

$$Pf = Po + Ka * (tf - to)$$

Ecuación 1 Cálculo población futura Método Lineal

$$Ka = \left( \frac{pf - po}{tf - to} \right)$$

Ecuación 2 Tasa de cambio de la población

Donde:

$P_f$ : Población futura o proyectada (hab.)

$P_o$ : Población presente (hab.)

$t_o$ : Tiempo de censo actual (años)

$t_f$ : Tiempo de censo próximo (años)

$K_a$ : Tasa de cambio de la población. Para este método es un valor constante. Se obtiene de los datos de los censos.

Se tiene el inconveniente que, para los plazos largos existe discrepancia con la realidad histórica, ya que el crecimiento se hace ilimitado.

**Cuadro 6.3: Cálculo de población futura método aritmético**

<b>CÁLCULO DEL INCREMENTO ANUAL DE CRECIMIENTO</b>					
<b>AÑOS</b>		<b>Periodo tf - to</b>	<b>Po (hab.)</b>	<b>Pf (hab.)</b>	<b>Increment. anual <math>K_a</math> (hab./año )</b>
<b>to</b>	<b>tf</b>				
1982	1990	8	2.921	3.004	10,4
1990	2001	11	3.004	3.912	82,5
2001	2010	9	3.912	4.624	79,1
2010	0		4.624		
Promedio aritmético de incremento anual					57,3
<b>TASA CONSIDERADA QUE SE APLICARA:</b>					<b>57,3</b>

<b>POBLACIÓN FUTURA PARA EL HORIZONTE DEL PROYECTO.</b>	
Población de partida:	4.624
Horizonte de proyecto ( Año ) :	2043
Año de partida:	2010

<b>Año</b>	<b>Población</b>
2043	6.516

Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

#### 6.3.4.2 Método Geométrico

Supone que la tasa de incremento es proporcional a la población. Es decir que el crecimiento por unidad de tiempo es proporcional en cada lapso de tiempo. Para el cálculo de la población futura se tiene la siguiente fórmula:

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

Ecuación 3 Cálculo de población futura método geométrico

Donde:

*Pf*: Población futura o proyectada (Hab)

*Pa*: Población actual (hab.)

*r*: Tasa de crecimiento geométrico (%)

*n*: Período de proyección (años)

Para el cálculo de la tasa de crecimiento anual para el método geométrico se utiliza la siguiente fórmula:

$$r = \left[ \left( \frac{P_{cp}}{P_{ca}} \right)^{\frac{1}{T_{cp}-T_{ca}}} \right] - 1$$

Ecuación 4 Tasa de crecimiento geométrico

Donde:

*Pcp*: Población censo futuro siguiente (hab.)

*Pca*: Población censo actual o inicial (hab.)

*r*: Tasa de crecimiento geométrico (%)

*Tca*: Tiempo de censo actual o inicial (años)

*Tcp*: Tiempo de censo futuro siguiente (años)



**Cuadro 6.4: Cálculo de población futura método geométrico**

<b>CÁLCULO DE TASA DE CRECIMIENTO</b>						
<b>AÑOS</b>		<b>Periodo tf - to</b>	<b>Po (hab.)</b>	<b>Pf (hab.)</b>	<b>Incremento</b>	
<b>to</b>	<b>tf</b>				<b>anual</b>	<b>r(decimales)</b>
1982	1990	8	2.921	3.004	10	0,0035
1990	2001	11	3.004	3.912	83	0,0243
2001	2010	9	3.912	4.624	79	0,0188
2010			4.624		0	0,0000
					0	0,0000
					0	0,0000
Promedio geométrico de incremento						0,0155
TASA CONSIDERADA QUE SE APLICARA:						<b>0,0155</b>

<b>POBLACIÓN FUTURA PARA EL HORIZONTE DEL PROYECTO.</b>	
Población de partida:	4.624
Horizonte de proyecto ( Año ) :	2043
Año de partida:	2010

Año	Población
2043	7.687

Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

**Cuadro 6.5: Tablas de crecimiento poblacional según el MIDUVI**

REGIÓN GEGRÁFICA	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

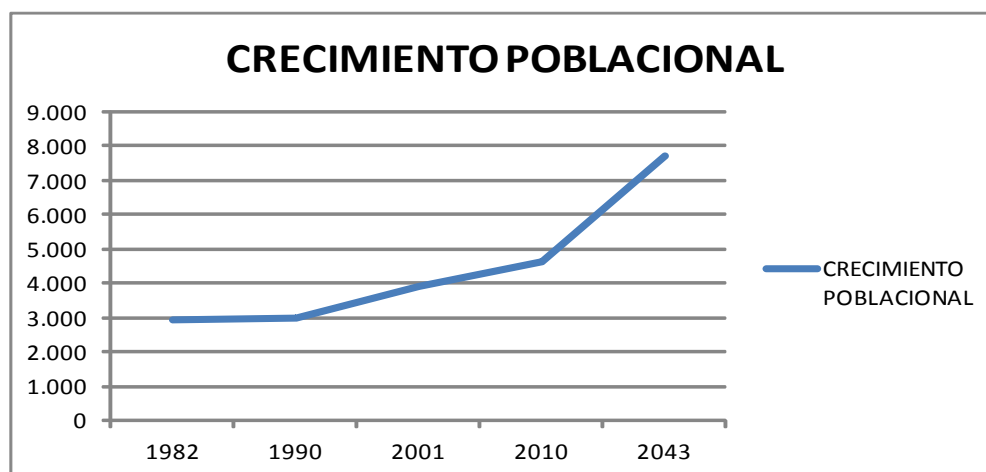
Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

### 6.3.5 Análisis poblacional

A continuación se presenta un resumen de las poblaciones futuras calculadas por los distintos métodos:

**Cuadro 6.6: Resumen de poblaciones estimadas por los distintos métodos**

AÑO	Aritmético	Geométrico
1982	2.921	2.921
1990	3.004	3.004
2001	3.912	3.912
2010	4.624	4.624
2043	6.516	7.687



Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

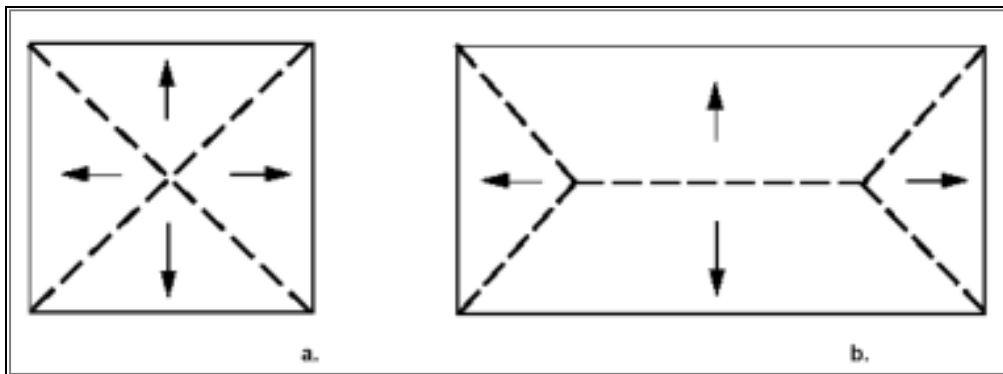
Para la proyección de la población se debe considerar la existencia de una población que no vive en la Parroquia pero en ciertos días van al sector y consumen agua. Además se debe considerar el hecho de que el sector se convertirá en una zona turística y por lo tanto existirá un mayor crecimiento poblacional.

Por lo anteriormente expuesto se asume un valor de población futura estimada igual al calculado por el método geométrico que es de 7.687,00 hab. El cual presenta un promedio de índice de crecimiento poblacional anual del 1.55%, representando un incremento poblacional de 3.063,00 hab al final del período.

### 6.3.6 Áreas de aportación

Los caudales para el diseño de cada tramo se obtienen de su área tributaria, para la misma se toma en cuenta el trazado de los colectores, así como su influencia presente y futura para lo cual se realizará la división de los lotes en áreas tributarias, como los esquemas que se presentan a continuación.

Figura 6.1: Delimitación de áreas de aportación a cada tramo



Fuente: Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S

Si los lotes se aproximan o son cuadrados (figura a.), se dividen en diagonales entre pozos de revisión, teniendo como lados los ejes de las calles que las circundan.

Si son rectangulares o paralelogramos (figura b.), 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  $45^{\circ}$ .

Para este proyecto fue necesario trazar áreas de aporte rectangular y trapecoidal, dando un mayor aporte cuando exista una mayor pendiente en el terreno.

De no existir un plan de desarrollo urbano, en base a la situación actual, a las proyecciones de población y a las tendencias y posibilidades de desarrollo



La población concentrada y de concentración media constituyen el área actual de la Cabecera Parroquial, limitada entre las coordenadas expuestas anteriormente, teniendo un área aproximada de 238 Hectáreas

El área de población concentrada se estima en 85 hectáreas; por lo que el área futura de expansión está definida por el área de concentración media que se desarrolla a lo largo de las varias vías existentes que luego de muchos años estas áreas pasarán a consolidarse.

**Cuadro 6-7: Áreas de servicio**

Área actual	85 Ha
Área futura total	128 Ha

Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

### **6.3.8 Densidad poblacional**

Es la cantidad de personas existentes en una población en relación con la superficie en la que habitan, indicando el grado de concentración de individuos en el territorio.

Para el caso de la Parroquia de Malchinguí se considera el área de población concentrada.

Para el cálculo de la densidad poblacional se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = \frac{Pf}{A}$$

Ecuación 5 Cálculo de la densidad poblacional

Donde:

- Pf*: Población futura o proyectada (hab.)
- A*: Área de la población (Ha)
- D*: Densidad poblacional (hab/Ha)

**Cuadro 6-8: Cálculo de densidad poblacional**

<b>DENSIDAD POBLACIONAL</b>		
	<b>U</b>	<b>CALCULO</b>
Pf	Población futura = $P_a (1+i)^n$ ( 2043)	hab
A	Area de la población	Ha
D	Densidad poblacional = $Pf/A$	hab/Ha
		60,00

Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

### 6.3.9 Tipo de tubería

Para los sistemas de alcantarillado existen diferentes materiales para tuberías, las mismas que poseen características propias como rugosidad e irregularidades del canal. Estas características se evalúan con un factor que influye en el cálculo de las velocidades en los conductos.

En el caso de la ecuación de Manning se presentan los siguientes valores del coeficiente de rugosidad  $\eta$ :

**Cuadro 6-9: Coeficiente de rugosidad  $\eta$  para la fórmula de Manning**

<b>Tipo de Tubería</b>	<b><math>\eta</math></b>
Hormigón simple	0.013
Plástica (PVC)	0.009
Hormigón Armado	0.015

Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

En la Parroquia de Malchinguí las tuberías de recolección de las aguas servidas pueden ser de PVC (poli cloruro de vinilo) o de hormigón simple y se complementará con la correspondiente acometida domiciliaria a cada lote.

Considerando que el aspecto económico es fundamental en la construcción del proyecto pero sin disminuir la calidad de los materiales, el diseño se lo realizará con tubería de PVC, la misma que posee las siguientes características:<sup>13</sup>

- Ligeras.
- Vida útil de hasta 50 años
- Buena resistencia a aguas agresivas y a la corrosión del ácido sulfúrico.
- Superficie lisa que facilita la evacuación de aguas servidas
- Instalación fácil y rápida, con juntas herméticas
- Mejores propiedades hidráulicas
- Material más costoso.

Se debe señalar que las tuberías de cemento son más económicas, pero el tiempo y los inconvenientes que pueden ocurrir al instalarla, la convierte en la menos indicada.

### **6.3.10 Profundidades**

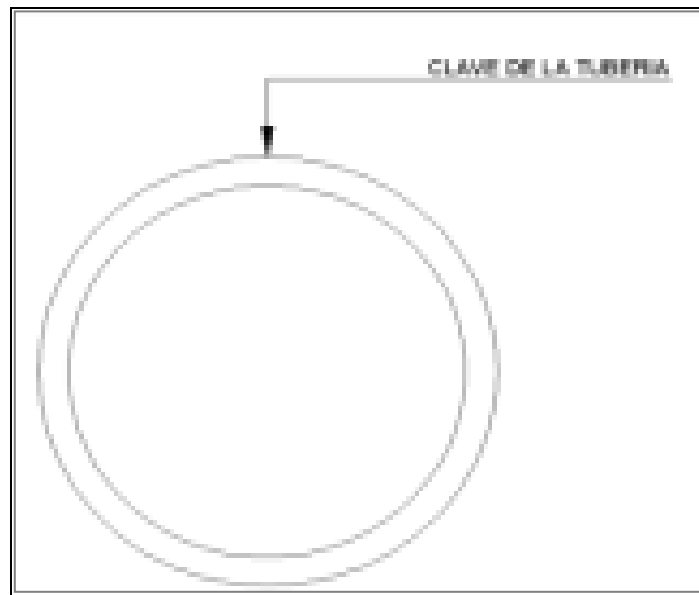
Las tuberías seguirán las pendientes naturales del terreno y se diseñarán a profundidades que sean suficientes para recoger las aguas servidas o aguas lluvias de las casas más bajas a uno u otro lado de la calzada. Cuando la tubería deba soportar tránsito vehicular, para su seguridad se considerará un relleno mínimo de 1,2 m de alto sobre la clave del tubo,<sup>14</sup> para garantizar la evacuación de aguas servidas y evitar daños por efecto del tráfico vehicular.

---

<sup>13</sup> Manual Técnico Novafort, Tubosistemas de PVC para Alcantarillado

<sup>14</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (IEOS). p. 287

**Figura 6.3: Profundidad de las tuberías**



Fuente: Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S

## **6.4 BASES Y PARÁMETROS DE DISEÑO**

### **6.4.1 Caudales de diseño**

El caudal de diseño es igual a la suma del caudal máximo de aguas servidas más el caudal de infiltración y más el caudal de aguas ilícitas, de acuerdo a estos resultados se dimensionará la conducción.

$$\text{Caudal de diseño} = Q \text{ máx aguas ser.} + Q \text{ infiltración} + Q \text{ aguas ilícitas}$$

El dimensionamiento de la red corresponde a un sistema de alcantarillado sanitario, para el cálculo se tomará como base el caudal sanitario.



## 6.4.2 Caudal de aguas servidas

El caudal sanitario está conformado por las aguas de origen doméstico, residencial e industrial. Estas aguas están compuestas por materias minerales, orgánicas, restos de alimentos, jabón, papel, así como también materia fecal. Toda esta materia orgánica es aprovechada por los microorganismos para generar su descomposición, la misma que produce olores desagradables y es capaz de transportar enfermedades durante su recorrido.

Según varios estudios, se ha llegado a determinar que no toda el agua potable se vierte al sistema de alcantarillado, así tenemos que:

**Cuadro 6-10: Porcentaje de agua potable que se vierte en el sistema de alcantarillado**

INVESTIGADOR	%
Hardenberg	60-70
Unda Opazo	85-90
Azevedo Netto	80
Fair y Séller	70
Ex - IEOS	65-75
EMAAP- Q	70

Fuente: Diseño de alcantarillado combinado de San Juna Bautista Alto, EPMAPS-Q  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

El caudal de aguas residuales domésticas puede calcularse de tres formas:<sup>15</sup>

- Proyección de demanda de agua potable
- Proyección de clientes
- Proyección de población

En este caso debido a la información que se ha obtenido, el cálculo de caudal medio diario de aguas residuales será realizado por el método de la proyección de población con la siguiente fórmula matemática:<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Reglamento Técnico del Sector (RAS), Colombia 2011, Numeral D 3.3.3.1

$$Q_{as} = \frac{0,8 \cdot D_o \cdot P_f}{86400}$$

Ecuación 6 : Caudal de aguas residuales

Donde:

$Q_{as}$  = Caudal medio diario de aguas servidas en (l/s)

K = Coeficiente de retorno (0,8)

$D_o$  = Dotación (l/hab/día)

$P_f$  = Población futura (hab)

#### 6.4.2.1 Estimación del consumo medio diario por habitante ( $D_o$ )

Corresponde a la dotación neta por habitante, es decir, a la cantidad de agua que el consumidor efectivamente recibe para satisfacer sus necesidades.

Dotación de agua potable	170 lt/hab./día
--------------------------	-----------------

El sistema de agua potable de la Parroquia de Malchinguí se describe en el numeral 6.3.2, de las cuales se estima que el 80% de ellas se convierten en aguas servidas y deben ser conducidas mediante el alcantarillado sanitario a diseñarse.

#### 6.4.2.2 Estimación de la densidad (D)

Los sistemas de recolección y evacuación de agua residuales deben diseñarse para la máxima densidad de población futura o densidad de saturación, la cual depende de la estratificación socioeconómica, el uso de la tierra y el ordenamiento urbano.

Densidad poblacional	60 hab. /Ha
----------------------	-------------

---

<sup>16</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (IEOS). Normas tentativas para el diseño de sistemas de abastecimientos de agua potable y sistemas de alcantarillado urbanos y rurales, Quito p.v-3.1

La densidad poblacional de 60hab. /Ha que se utilizará para el cálculo de la red de alcantarillado, fue calculada en el cuadro 6-9.

#### 6.4.2.3 Estimación de la población

La población servida puede ser estimada como el producto de la densidad de la población y el área residencial bruta acumulada de drenaje sanitario. Esta área debe incluir las zonas recreacionales; esta forma de estimación es válida donde esté definida la densidad de población; alternativamente la población puede ser estimada a partir del producto del número de viviendas planificadas en el área de drenaje y el número medio de habitantes por vivienda; debe revisarse que la densidad bruta del proyecto no exceda la disponibilidad del servicio de alcantarillado receptor existente, si éste es utilizado para el proyecto.

$$Pa = D * A.$$

Ecuación 7: Población Acumulada

Donde;

Pa= Población acumulada (hab)

D= Densidad poblacional (hab/Ha).

A= Área acumulada de aportación (Ha).

#### 6.4.2.4 Estimación del coeficiente de retorno (K)

El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Su estimación debe provenir del análisis de información existente de la localidad y/o de mediciones de campo.

**Cuadro 6-11: Coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas**

Nivel de complejidad del sistema	Coeficientes de retorno
Bajo y medio	0,7 - 0,8
Medio alto y alto	0,8 - 0,85

Fuente: Normas de alcantarillado EPMAPS-Q, p 30.  
Elaborado: EPMAPS-Q.

La EPMAPS-Q considera el coeficiente de retorno K como se indica en el cuadro 6-12. Pero el coeficiente de retorno K adoptado para el proyecto es de 0,80 según las Normas del Ex IEOS que se considerará constante durante todo el período de diseño y para toda el área servida.

### 6.4.3 Coeficiente de simultaneidad o mayoración (m)

El coeficiente de mayoración M es la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diario, el coeficiente sirve para estimar el caudal máximo horario con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones del consumo de agua.

La variación del coeficiente de punta M debe ser estimada en base a la relación de Babitt, válida para poblaciones de 1000 hab a 1000.000 hab, en la cual se estima M en función del número de habitantes

$$M = \frac{4}{Pac^{0,20}}$$

Ecuación 8: Coeficiente de mayoración de Babitt

Donde:

M = Coeficiente de simultaneidad o mayoración.

P ac = Población acumulada en miles

Condición: Si Pac < 1000 hab, entonces M = 4; caso contrario aplicar la ecuación 8.

#### 6.4.4 Caudal por infiltración

Se refiere al caudal de aguas superficiales que ingresa a las redes del sistema de alcantarillado a través de las juntas deficientes, fisuras en las tuberías, cajas de revisión, las uniones de las tuberías con los pozos de revisión u otras estructuras o la permeabilidad de estas estructuras.

Dados estos motivos utilizaremos para el cálculo la expresión dada por el Ex – IEOS para áreas comprendidas entre 40.5 Ha y 5000 Ha, la ecuación utilizada es la siguiente:

$$Q_{inf} = 42.51 \left( \frac{m^3}{Ha * día} \right) * A^{-0.3} (Ha) * \left( \frac{1 día}{86400 seg} \right) * \left( \frac{1000 ts}{1 m^3} \right)$$

Ecuación 9: Caudal por infiltración

Donde:

$Q_{inf}$  = Caudal de infiltración (l/s)

A = Área de aportación acumulada

Para nuestro diseño se considerara el caudal por infiltración igual a 0,00, ya que vamos a utilizar tubería de PVC.

#### 6.4.5 Caudal de aguas ilícitas

Debido a conexiones erróneas ocurridas cuando las canalizaciones pluviales del domicilio conecten sus aguas a la caja de revisión domiciliaria de las aguas servidas de carácter ilegal a través de conexiones clandestinas.

Para el cálculo utilizaremos la expresión dada por el Ex – IEOS, la ecuación utilizada es la siguiente:

$$Q_{ilicita} = 80 \left( \frac{lt}{habdía} \right) * PA(hab) * \left( \frac{1día}{86400seg} \right)$$

Ecuación 10: Caudal por aguas ilícitas

Donde:

$Q_{ilicita}$  = Caudal de aguas ilícitas (l/s)

PA = Población aportante (hab)

## 6.5 CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA

Existen diferentes tipos de flujo que se pueden producir dentro de una alcantarilla, pero generalmente se simplifica estos inconvenientes asumiendo que el flujo es en una sola dirección o unidimensional, por lo que se considera que el flujo que circula por los conductos es del tipo uniforme y permanente, eso no sucede en la realidad pero si se considera que las fuerzas de gravedad se equiparan con las fuerzas de rozamiento, el flujo no tendría aceleración.

Las tuberías del sistema de alcantarillado se diseñarán como canales abiertos considerando que el flujo es uniforme permanente en las tuberías con sección parcialmente llena, la tubería de alcantarillado no debe funcionar bajo presión a tubo lleno, manteniendo siempre las condiciones de flujo a gravedad en las mismas, teniendo en cuenta que la pendiente de la línea de energía será igual a la pendiente de la solera del conducto y éstas a su vez serán iguales a la pendiente de la superficie del agua, lo que daría como resultado que el calado, la velocidad y la energía se mantengan constantes en la longitud del tramo.

Se considera que el flujo uniforme es sólo permanente, debido a que el flujo uniforme no permanente prácticamente no existe. El flujo uniforme no puede ocurrir a velocidades muy altas, ya que atrapa el aire y se vuelve inestable.

El flujo uniforme tiene las siguientes características principales:

- La profundidad, el área mojada, la velocidad y el caudal en la sección del canal son constantes.
- La línea de energía, la superficie del agua y el fondo del canal son paralelos; es decir, sus pendientes son todas iguales<sup>17</sup>.
- El caudal en masa que entra es igual al caudal en masa que sale del volumen de control<sup>18</sup>.(Ecuación de continuidad)

$$Q = V * A$$

Ecuación 11: Ecuación de continuidad

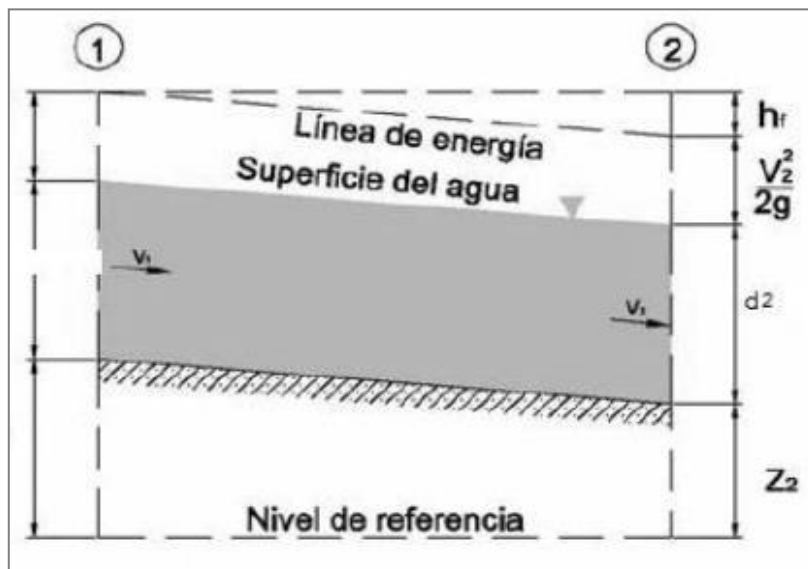
Donde:

$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/s).

$A$  = Área de la sección circular (m<sup>2</sup>).

En el caso de flujo en canales abiertos la condición de auto limpieza está determinada por la pendiente mínima de la tubería, que puede ser calculada utilizando el criterio de velocidad mínima.

**Figura 6.4: Flujo en Canales Abiertos**



Fuente: Hidráulica II, Pedro Ruiz, p.7.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

<sup>17</sup> Hidráulica II, Pedro Rodríguez Ruiz. México, 2008. Pág. 16.

<sup>18</sup> Hidráulica II, Ing. Carlos Aguilar. Apuntes UIDE, Cinemática de los fluidos.

Antoine Chezy, ingeniero francés fue encargado de diseñar un canal para suministro de agua entre el Río Yvette y París (1768). Sus recomendaciones finales (1775) incluían su fórmula escrita en términos de relaciones de velocidades de dos ríos, trabajo que solo fue reconocido hasta 1897 cuando fue publicado en Estados Unidos.<sup>19</sup>

Chezy planteó la fórmula principal de flujo uniforme la cual está en función del radio hidráulico y la pendiente:

$$V = CR^{\frac{1}{2}}J^{\frac{1}{2}}.$$

Ecuación 12: Ecuación de Chezy

Donde:

V = Velocidad (m/s).

C = Coeficiente de Chezy. (Factor de rugosidad del canal)

R = Radio hidráulico (m).

J = Pendiente (m/m) en fracción.

### **6.5.1 Velocidad en los conductos (Manning)**

En las tuberías es necesario controlar las velocidades tanto máximas como mínimas, ya que si superan el valor máximo, los sólidos arrastrados por el flujo erosionan el conducto, mientras que si son más bajas que los valores permisibles, los sólidos en suspensión se sedimentan acumulándose y obstruyendo el conducto, también el limitar las velocidades evita la generación de gas hidrógeno sulfurado, que es muy tóxico y aumenta los malos olores en las aguas. Estas velocidades dependen del tipo de alcantarillado que se vaya a escoger, en este caso es alcantarillado sanitario.

---

<sup>19</sup> Reglamento Técnico del Sector (RAS), Colombia 2011, Numeral D 6.2.7.2



El coeficiente de Chezy C fue ampliamente estudiado por Manning quien llegó a establecer (1889), en base al trabajo de Darcy y Bazin que C dependía del radio hidráulico (R) y de la rugosidad de las paredes (n), sin embargo un registro histórico hecho por Williams (1970) demuestra que otros 10 investigadores propusieron una fórmula de este tipo para determinar C.<sup>20</sup>

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

Ecuación 13: Coeficiente de Chezy

Donde:

C = Coeficiente de Chezy

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional) ver cuadro 6-10.

R = Radio hidráulico (m).

Entonces reemplazando la ecuación (14) en la ecuación (12) se llega a obtener la ecuación de Manning (Sistema Internacional):

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 14: Ecuación de Manning

Donde:

V = Velocidad (m/s).

R = Radio hidráulico (m).

J = Pendiente (m/m) en fracción.

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional) ver cuadro 6-10.

---

<sup>20</sup> Reglamento Técnico del Sector (RAS), Colombia 2011, Numeral D 6.2.7.2

Observando la ecuación (15) es obvio que  $n$  debe tener dimensiones, sin embargo en la práctica frecuentemente se utiliza la ecuación de Manning sin sus dimensiones.

$$n = \frac{s}{m^{\frac{1}{3}}}$$

Implicaciones en el uso de la ecuación de Manning en el diseño<sup>21</sup>:

- Usar inapropiadamente la ecuación de Manning, teniendo en cuenta que los nuevos materiales, como el PVC, podrían invalidar la suposición de flujo turbulento hidráulicamente rugoso.
- Ignorar factores relevantes, diferentes a la rugosidad relativa, en el cálculo del coeficiente “ $n$ ” de Manning.
- El “ $n$ ” de Manning es solo función de la rugosidad del conducto cuando una precisión cercana al 20% del valor real de la velocidad y del caudal es suficiente.

El Radio hidráulico se define como:

$$R = \frac{Am}{Pm}$$

Ecuación 15: Radio Hidráulico

Donde:

---

<sup>21</sup> Reglamento Técnico del Sector (RAS) , Colombia 2011, Numeral D 6.2.7.2

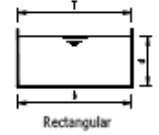
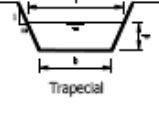
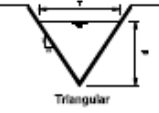
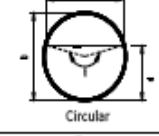

R = Radio hidráulico (m).

Am = Área de la sección mojada (m<sup>2</sup>).

Pm = Perímetro de la sección mojada (m).

Para calcular las velocidades dentro de los conductos se utiliza la ecuación de Manning. Por lo general la fórmula de Manning se ha usado para canales, en tuberías la fórmula se usa para canal circular parcial y totalmente lleno. Uno de los inconvenientes de esta fórmula es que solo toma en cuenta un coeficiente de rugosidad obtenido empíricamente y no toma en cuenta la variación de viscosidad por temperatura. Las variaciones del coeficiente por velocidad, si las toma en cuenta aunque el valor se considera para efectos de cálculo constante.

**Cuadro 6-12: Elementos geométricos de las secciones transversales más frecuentes de canales tipo.**

SECCIÓN	ÁREA	PERÍMETRO MOJADO	RADIO HIDRÁULICO	ANCHO SUPERFICIAL	PROFUNDIDAD HIDRÁULICA
 <p>Rectangular</p>	$b \cdot d$	$b + 2d$	$\frac{bd}{b + 2d}$	T	d
 <p>Trapecial</p>	$b \cdot d + md^2$	$b + 2d\sqrt{1 + m^2}$ O también : $b + 2d\sqrt{1 + \text{ctg}^2 \theta}$	$\frac{bd + md^2}{b + 2d\sqrt{1 + m^2}}$	$b + 2md$	$\frac{bd + md^2}{b + 2md}$
 <p>Triangular</p>	$md^2$	$2d\sqrt{1 + m^2}$ O también	$\frac{md}{2\sqrt{1 + m^2}}$	2md	$\frac{d}{2}$
		$2d\sqrt{1 + \cot^2 \theta}$			
 <p>Circular</p>	$\frac{(\theta - \text{sen} \theta)D^2}{8}$	$\frac{D\theta}{2}$	$\left(1 - \frac{\text{sen} \theta}{\theta}\right) \frac{D}{4}$	$\left(\frac{\text{sen} \theta}{2}\right) D$ $2\sqrt{d(D-d)}$	$\frac{1}{8} \left(\frac{\theta - \text{sen} \theta}{\text{sen} \frac{1}{2} \theta}\right) D$
 <p>Parabólica</p>	$\frac{2}{3} Td$	$T + \frac{8d^2}{3T}$	$\frac{2T^2d}{3T^2 + 8d^2}$	$\frac{3}{2} \frac{A}{d}$	$\frac{2}{3} d$

Fuente: Hidráulica II, Pedro Rodríguez Ruíz, p 21.  
 Elaborado: Ronmer Cumbal.

**Cuadro 6-13: Coeficiente de rugosidad de Manning (n)**

Tipo de Material	VALORES (n)		
	Mínimo	Normal	Máximo
Roca (con saliente y sinuosa)	0.035	0.040	0.050
Tepetate ( liso y uniforme)	0.025	0.035	0.040
Tierra	0.017	0.020	0.025
Mampostería seca	0.025	0.030	0.033
Concreto	0.013	0.017	0.020
Polietileno (PVC)	0.007	0.008	0.009

Fuente: Hidráulica II, Pedro Rodriguez Ruíz, p 30.  
Elaborado: Ronmer Cumbal.

Para el diseño se está considerando el valor de  $n = 0.009$  para la tubería de PVC.

#### 6.5.1.1 Flujo en tuberías con sección llena

Para tuberías con sección llena el radio hidráulico se calcula de la siguiente manera:<sup>22</sup>

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

Ecuación 16: Radio hidráulico para tuberías con sección llena

Donde:

R = Radio hidráulico (m).

D =Diámetro (m).

<sup>22</sup> Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos, Técnicas de Diseño de Alcantarillado Sanitario y Pluvial, Ing. Alcides Franco. La paz, Bolivia 2002.

Sustituyendo la ecuación (16) en la ecuación (14), la fórmula de Manning para tuberías a sección llena es:

$$V = \frac{0,397}{n} D^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 17: Fórmula de Manning para tuberías con sección llena  
En función del caudal, con:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Ecuación 18: Área de la sección circular

Donde:

A = Área de la sección circular (m<sup>2</sup>)

Sustituyendo ecuación (18) en ecuación (13), la fórmula en función del caudal para tuberías a sección llena es:

$$Q = \frac{0,312}{n} D^{\frac{8}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 19: Caudal para tuberías con sección llena

Donde:

Q = Caudal de la tubería a sección llena (m<sup>3</sup>/s).

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional) ver cuadro 6-10.

D = Diámetro (m).

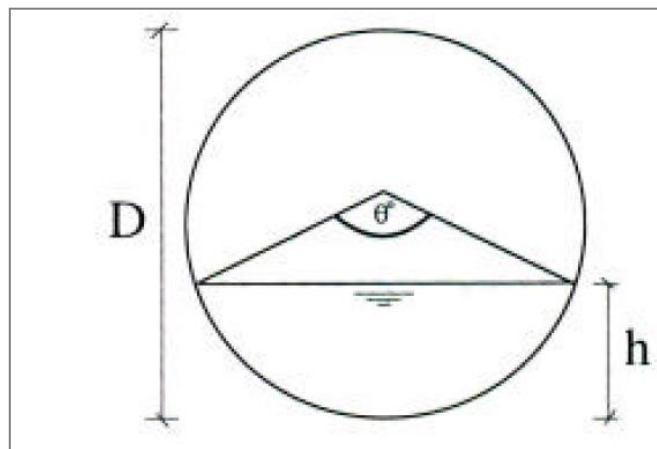
J = Pendiente (m/m) en fracción.

### 6.5.1.2 Flujo en tuberías con sección parcialmente llena

La mayor parte de las tuberías de alcantarillado funcionan a tubo parcialmente lleno, por lo que se hace necesaria la aplicación de las relaciones hidráulicas que faciliten los resultados de la velocidad y el caudal del flujo.

Para tuberías con sección parcialmente llena<sup>23</sup>:

**Figura 6.5: Flujo en tubería parcialmente llena**



Fuente: Técnicas de Diseño de Alcantarillado Sanitario y Pluvial, Ing. Alcides Franco.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

El ángulo central  $\Theta^0$  (en grado sexagesimal):

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - 2 \frac{Y}{D}\right)$$

Ecuación 20: Ángulo para tuberías con sección parcialmente llena

Radio Hidráulico para tuberías con sección parcialmente llena:

<sup>23</sup> Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos, Técnicas de Diseño de Alcantarillado Sanitario y Pluvial, Ing. Alcides Franco. La paz, Bolivia 2002.

$$r = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta}\right)$$

Ecuación 21: Radio hidráulico para tuberías con sección parcialmente llena

Sustituyendo la ecuación (22) en la ecuación (15), obtenemos la fórmula de Manning para tuberías a sección llena para el cálculo de la velocidad:

$$v = \frac{0,397D^{\frac{2}{3}}}{n} \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta}\right)^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 22: Fórmula de Manning para tuberías a sección llena en función del ángulo.

En función del caudal:

$$q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257,15n(2\pi\theta)^{\frac{2}{3}}} (2\pi\theta - 360 \operatorname{sen} \theta)^{\frac{5}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 23: Fórmula de Manning para tuberías a sección llena en función del caudal

Donde:

r = radio hidráulico del flujo parcialmente lleno (m)

v = velocidad flujo parcialmente lleno (m/s)

q = caudal flujo parcialmente lleno (m<sup>3</sup>/s)

### 6.5.1.3 Criterios de velocidad en los conductos

En el diseño de las redes del alcantarillado sanitario se destaca que las velocidades mínimas con las que circularán las aguas servidas por las tuberías estén dentro de los parámetros establecidos en las normas; los resultados de los cálculos hidráulicos se indican en el Anexo correspondiente.

**Cuadro 6-14: Velocidades permisibles para tubería de diferentes materiales**

Tipo de Tubería	VELOCIDAD PERMISIBLE	
	Mínima (m/s)	Máxima (m/s)
	0,30 < Vmin	Preferible Vmin >0,60
Hormigón simple:		
Con uniones de morteros		2,0
Con uniones de neopreno para nivel freático alto		3,5 - 4
Asbesto cemento		4,5 - 5
Plástico		4,5
Polietileno ( PVC )		8,0

Fuente: Normas del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

### 6.5.2 Velocidad en los conductos (Chezy - Darcy Weisbach)

La ecuación más general para calcular las pérdidas por fricción en ductos es la de Darcy Weisbach<sup>24</sup>:

$$hf = f \frac{lv^2}{d2g} \cdot \quad \text{Ecuación (24-1)}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s).

f =Factor de fricción de Darcy-Weisbach

l = Longitud (m).

g = gravedad.

hf = Pérdida por fricción

d= Diámetro de la tubería

Donde f está determinado por la ecuación de Colebrook-White para flujo turbulento Transicional

<sup>24</sup> Reglamento Técnico del Sector (RAS) , Colombia 2011, Numeral D 6.2.7.2



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{K_s}{3.7d} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \quad \text{Ecuación (24-2)}$$

Donde:

$K_s$  = Rugosidad absoluta de la tubería

$f$  = Factor de fricción de Darcy-Weisbach

$\text{Re}$  = Número de Reynolds. ( $4Q/Pv$ )

$$\text{Re} = \frac{4Q}{Pv} \quad \text{Ecuación (24-3)}$$

$d$  = Diámetro de la tubería

De la ecuación de Colebrook- White se obtiene la ecuación del coeficiente  $C$  de Chezy

$$C = -2\sqrt{8} \log \left( \frac{K_s}{14.8R} + \frac{2.51C}{\text{Re} \sqrt{8g}} \right) \quad \text{Ecuación (24-4)}$$

Donde:

$K_s$  = Rugosidad absoluta de la tubería.

$C$  = Coeficiente de Chezy. (factor de rugosidad del canal)

$R$  = Radio hidráulico (m).

$\text{Re}$  = Número de Reynolds.

Relacionando la velocidad de corte con la velocidad media se obtiene:

$$v' = \frac{V\sqrt{g}}{C}$$

Ecuación (24-5)

Reemplazando la ecuación (24-5) en (24-4):

$$V = \sqrt{8gRS} \left( -2 \log \left( \frac{Ks}{14.8R} + \frac{2.51u}{\frac{4RV}{u} \sqrt{8gRS}} \right) \right) \quad \text{Ecuación (24-6)}$$

Eliminando la velocidad dentro del logaritmo obtenemos la siguiente ecuación de cálculo de la Velocidad:

$$V = -2\sqrt{8gRS} \left( \frac{Ks}{14.8R} + \frac{2.51u}{4R\sqrt{8gRS}} \right) \quad \underline{\text{Ecuación (24-7)}}$$

Donde:

V= Velocidad (m/s).

Ks = Rugosidad absoluta de la tubería.

u = Viscosidad cinemática

R = Radio hidráulico (m).

S = Pendiente.

La ecuación de Darcy-Weisbach es aplicable tanto para flujo a presión como para flujo en canales.

La razón de esta transición son los avances tecnológicos computacionales, que hacen que ésta ecuación implícita sea tan fácil de usar como las otras ecuaciones menos exactas y más limitadas.

Algunos argumentan que no puede ser usada en el diseño de alcantarillados debido a que se desconoce el efecto de las biopelículas sobre  $K_s$ , no obstante anteriormente se justificó que el cambio no será significativo<sup>25</sup>.

**Este diseño se lo realizará por el método tradicional con la fórmula de Manning, pero en diseños futuros se tendrá que utilizar el método de Chezy y Darcy Weisbach.**

### **6.5.3 Relaciones hidráulicas de los conductos**

En el diseño de alcantarillado se utilizan este tipo de relaciones como una norma de seguridad para evitar que los conductos trabajen a presión, al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena garantizamos de alguna manera los resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, los mismos que se relacionaron con los términos de la sección parcialmente llena velocidad ( $v$ ), diámetro ( $a$ ) y caudal ( $q$ ), con los de la sección totalmente llena velocidad ( $V$ ), diámetro ( $D$ ) y caudal ( $Q$ ). **De los resultados obtenidos se construyeron las tablas, utilizando para eso la fórmula de Manning.**

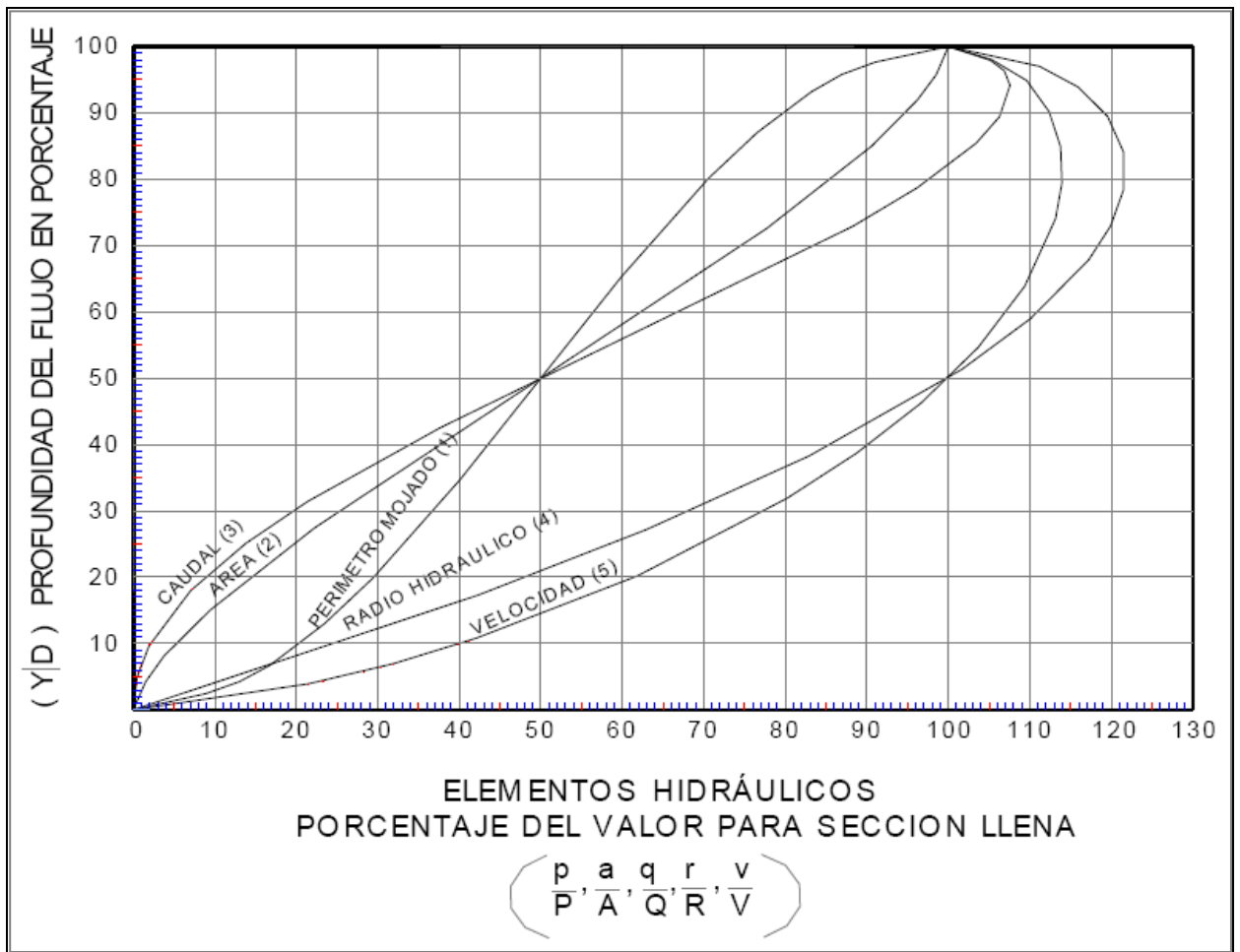
Existen varios ábacos (figura) que representan estas variaciones a través del tiempo mediante las relaciones  $(q/Q)$ ,  $(d/D)$  y  $(v/V)$ , ver cuadro 6-16.

La utilización de las tablas se realizó determinando primero la relación  $(q/Q)$ . Dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado interpolando los valores. Obteniendo  $(v/V)$ , este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen los demás valores de chequeo. En la tabla se muestran las relaciones hidráulicas para una alcantarilla de sección circular.

---

<sup>25</sup> Reglamento Técnico del Sector (RAS), Colombia 2011, Numeral D 6.2.7.2

Figura 6.6: Diagrama de las Propiedades Hidráulicas de las tuberías circulares



Fuente: Universidad de Oriente, El Salvador, Diseño Hidráulico de la Red de Alcantarillado Sanitario  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal. S

**Cuadro 6-15: Relaciones Hidráulicas de las tuberías circulares**

RELACIONES HIDRAULICAS		
q/Q	v/V	d/D
0.000	0.073	0.010
0.001	0.115	0.020
0.001	0.149	0.030
0.002	0.180	0.040
0.004	0.208	0.050
0.006	0.233	0.060
0.008	0.257	0.070
0.010	0.279	0.080
0.013	0.300	0.090
0.017	0.320	0.100
0.020	0.339	0.110
0.024	0.358	0.120
0.029	0.375	0.130
0.033	0.392	0.140
0.038	0.408	0.150
0.044	0.424	0.160
0.050	0.439	0.170
0.056	0.454	0.180
0.062	0.469	0.190
0.069	0.483	0.200
0.076	0.496	0.210
0.083	0.509	0.220
0.091	0.522	0.230
0.099	0.535	0.240
0.107	0.547	0.250
0.116	0.559	0.260
0.124	0.571	0.270
0.134	0.583	0.280
0.143	0.594	0.290
0.153	0.605	0.300
0.163	0.616	0.310
0.173	0.627	0.320
0.184	0.638	0.330
0.194	0.648	0.340
0.205	0.658	0.350
0.217	0.669	0.360
0.228	0.679	0.370
0.240	0.688	0.380
0.252	0.698	0.390
0.264	0.708	0.400
0.277	0.717	0.410
0.290	0.727	0.420

<b>RELACIONES HIDRAULICAS</b>		
<b>q/Q</b>	<b>v/V</b>	<b>d/D</b>
0.303	0.736	0.430
0.316	0.745	0.440
0.329	0.754	0.450
0.343	0.763	0.460
0.356	0.772	0.470
0.370	0.781	0.480
0.385	0.789	0.490
0.399	0.798	0.500
0.414	0.807	0.510
0.428	0.815	0.520
0.443	0.823	0.530
0.458	0.832	0.540
0.473	0.840	0.550
0.489	0.848	0.560
0.504	0.856	0.570
0.520	0.864	0.580
0.535	0.872	0.590
0.551	0.880	0.600
0.567	0.888	0.610
0.583	0.895	0.620
0.599	0.903	0.630
0.616	0.911	0.640
0.632	0.918	0.650
0.648	0.925	0.660
0.664	0.933	0.670
0.681	0.940	0.680
0.697	0.947	0.690
0.713	0.954	0.700
0.730	0.961	0.710
0.746	0.968	0.720
0.762	0.974	0.730
0.778	0.981	0.740
0.794	0.987	0.750
0.810	0.994	0.760
0.826	1.000	0.770
0.842	1.006	0.780
0.867	1.012	0.790
0.872	1.017	0.800
0.887	1.023	0.810
0.902	1.028	0.820
0.916	1.033	0.830
0.930	1.038	0.840

RELACIONES HIDRAULICAS		
q/Q	v/V	d/D
0.930	1.038	0.840
0.944	1.042	0.850
0.957	1.046	0.860
0.970	1.050	0.870
0.982	1.053	0.880
0.993	1.057	0.890
1.004	1.059	0.900
1.014	1.061	0.910
1.023	1.063	0.920
1.031	1.063	0.930
1.037	1.063	0.940
1.042	1.062	0.950
1.046	1.060	0.960
1.047	1.056	0.970
1.044	1.049	0.980
1.036	1.038	0.990

Elaborado: Ronmer L. Cumbal

### 6.5.4 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo que deberá usarse en sistemas de alcantarillado será 0,2 m para alcantarillado sanitario y 0,25 m para alcantarillado pluvial<sup>26</sup> y se diseñan de tal manera que el relleno sobre la clave del tubo sea siempre igual o mayor a 1,20 m, tal como recomiendan las Normas del Ex IEOS.

También podemos calcular el diámetro de la tubería, pero siempre considerando las condiciones de diámetro mínimo, si reemplazamos la ecuación (12) en la ecuación (15), tenemos lo siguiente:

$$Q = \frac{1}{N} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} * A$$

Ecuación 24: Caudal en función del área y el radio hidráulico

<sup>26</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (IEOS). p. 287

Siendo:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Ecuación 19: Area de la sección circular

$$R = \frac{A}{P}$$

Ecuación 25: Radio hidráulico

Donde:

R = Radio hidráulico (m).

P = Perímetro de la sección circular, sección transversal del tubo (m).

A = Área de la sección circular (m<sup>2</sup>)

D = Diámetro de la tubería (m).

Despejando D se tiene:

$$D = \left( \frac{4^{\frac{5}{3}} Q N}{\pi J^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Ecuación 26: Diámetro de la tubería

### 6.5.5 Pendientes

Es conveniente que las alcantarillas en lo posible tengan pendientes suaves para no hacer demasiada excavación, cuando las pendientes sean relativamente suaves, las pendientes y secciones de alcantarillas se proyectarán de modo que la velocidad aumente progresivamente, o por lo menos, se mantenga constante al pasar desde las entradas a la salida de la alcantarilla. Esto se hace así para que



los sólidos vertidos en ella y transportados por la corriente sean conducidos y no se depositen en algún punto por una disminución de velocidad.

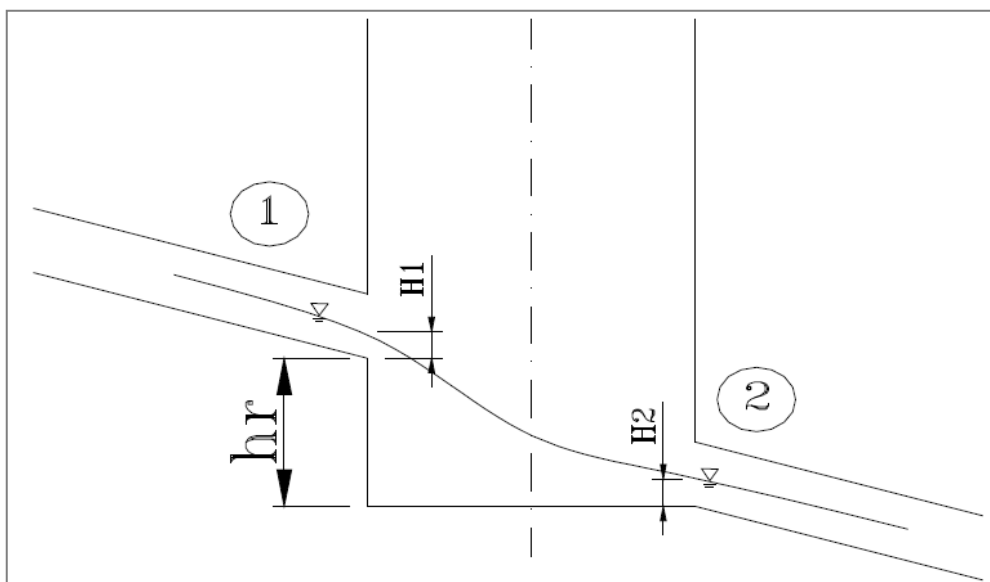
La mayor parte del proyecto se ha diseñado con pendientes similares a las del terreno, se recomienda que la pendiente mínima para diámetros mayores a 200 mm sea de 3 por cada mil, es decir 0,003 m/m y la pendiente máxima se recomienda que sea menor al 10% o 0,100 m/m, con el objeto de tener un proyecto económico se han obtenido velocidades entre 0.47 m/s y 3.31 m/s. Las pendientes mínimas sobrepasan el 3%.

### 6.5.6 Transiciones o saltos

En todo sistema de alcantarillado se produce cambios de pendientes, diámetros, velocidad y por tanto de caudales entre tramos continuos; por lo que se produce un cambio de régimen y pérdidas de energía, las mismas que debemos recuperar con pequeños saltos o transiciones verticales.

Entonces, tenemos lo siguiente:

Figura 6.7: Salto o Transición vertical



Elaborado: Ronmer L. Cumbal

$$hr = (H2 - H1) + \left(\frac{v2^2}{2g} + \frac{v1^2}{2g}\right) + k * \left(\frac{v2^2}{2g} - \frac{v1^2}{2g}\right)$$

Ecuación 27: Salto hidráulico

Donde:

hr = Salto o transición (m).

Cuando:  $hr > 0 \rightarrow hr = \text{salto}$

$hr < 0 \rightarrow hr = 0$

H2 = Calado en la parte inferior (m).

H1 = Calado en la parte superior (m).

k = coeficiente a dimensional depende del régimen:

Para régimen acelerado o supercrítico:  $k = 0.1$

Para régimen retardado o subcrítico:  $k = 0.2$

v2 = Velocidad del fluido a sección parcialmente llena en la parte inf. (m/s)

v1 = Velocidad del fluido a sección parcialmente llena en la parte sup. (m/s)

g = Valor de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Utilizando los valores de K, la ecuación (28) queda simplificada tanto para régimen acelerado como para el régimen retardado de la siguiente manera:

Para régimen acelerado ( $v2 > v1$ ):

$$hr = (H2 - H1) + 1.1 * \left(\frac{v2^2}{2g} - \frac{v1^2}{2g}\right)$$

Ecuación 28: Salto hidráulico régimen acelerado

Para régimen retardado ( $v2 < v1$ ):

$$h_r = (H_2 - H_1) + 1.2 * \left( \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Ecuación 29: Salto hidráulico régimen retardado

Existe una condición cuando se dan cambios de dirección de flujo adicionando tanto a (29) y a (30) el valor resultante de la ecuación:

$$h_c = k_c * \left( \frac{v_m^2}{2g} \right)$$

Ecuación 30: Salto hidráulico en cambios de dirección

Donde:

$h_c$  = Valor a ser adicionado. (m)

$k_c$  = Constante a dimensional que depende del ángulo de cambio de dirección,

$k_c=2$ , cuando el ángulo es de  $90^\circ$

$v_m$  = Velocidad mayor en la transición (m/s)

### 6.5.7 Pozos de revisión

Los pozos de revisión de acuerdo a las normas se construirán en los tramos de cabecera, en cambios de pendiente, dirección y sección de tuberías considerando una separación máxima entre ellos siempre menor a 100 metros<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (IEOS). p. 287

**Cuadro 6-16: Distancias entre pozos de revisión en función al diámetro de las tuberías o colectores**

<b>DIAMETRO (mm)</b>	<b>DISTANCIA (m)</b>
< 350	100
400-800	150
> 800	200

Fuente: Normas del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), p.291.  
Elaborado: Ronmer L. Cumbal S.

La forma y construcción de los pozos de revisión está en función de los diámetros de tuberías y pueden ser circulares o rectangulares, teniendo presente lo que se indica en las Especificaciones Técnicas.

**Cuadro 6-17: Diámetros recomendados de pozos de revisión**

<b>DIAMETRO DE TUBERÍA (mm)</b>	<b>DIAMETRO DEL POZO (m)</b>
< = 550	0,90
600-800	1,20
> 800	Diseño especial

Elaborado: Criterios Básicos para el diseño de sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Ing. Guillermo Burbano.

### **6.5.8 Conexiones domiciliarias**

Según el ex –IEOS las conexiones domiciliarias en alcantarillado tendrán un diámetro mínimo de 0,10 m para sistemas sanitarios y una pendiente mínima del 1%<sup>28</sup>.

Para la EPMAPS-Q las conexiones domiciliarias se empatarán directamente desde un cajón de profundidad máxima de 1,50 m, a la red matriz o a canelas auxiliares mediante tuberías de diámetro igual a 0,15 m y se instalará con una

<sup>28</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (IEOS). p. 287

pendiente mínima del 2% hacia la tubería de alcantarillado, los empalmes de las conexiones domiciliarias con las tuberías se harán mediante ramales a 45 grados, en todos los casos las conexiones domiciliarias pasarán por debajo de las tuberías de distribución de agua potable por lo menos a 0,15 m.

A profundidades mayores de 3.0 m. se diseñarán colectores superficiales paralelos para conectar las acometidas domiciliarias.

Las conexiones domiciliarias no se conectarán a pozos de visita ni a colectores cuya profundidad exceda de 3 m.

Tomando en cuenta que la población es rural, el tipo y tamaño de desperdicio arrojados por la cañería pueden obstaculizar el flujo, se decide adoptar el valor de la EPMAPS-Q para tener un buen margen de seguridad contra taponamientos

### **6.5.9 Cajas de revisión**

Las cajas de revisión o caja de revisión son necesarias para realizar las conexiones domiciliarias. El objetivo de esta caja es posibilitar las acciones de limpieza de la conexión domiciliaria. Las dimensiones mínimas de la caja de revisión son de 0,60 m x 0,60 m y su profundidad será variable de acuerdo a las cotas de los pozos<sup>29</sup>.

### **6.5.10 Localización**

La Red de alcantarillado sanitario debe pasar por debajo de las tuberías de agua potable a una altura mínima libre proyectada de 30 cm cuando sean estas paralelas y 20 cm cuando se crucen, para evitar cualquier tipo de contaminación<sup>30</sup>.

---

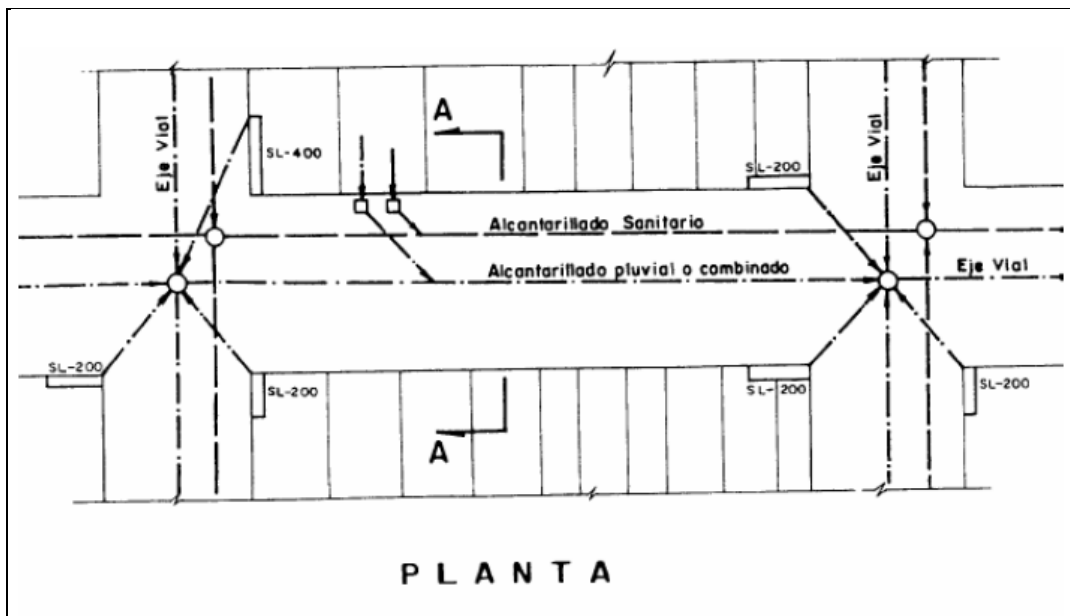
<sup>29</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (IEOS). p. 293

<sup>30</sup> Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAO-Q, 2009, p 48.

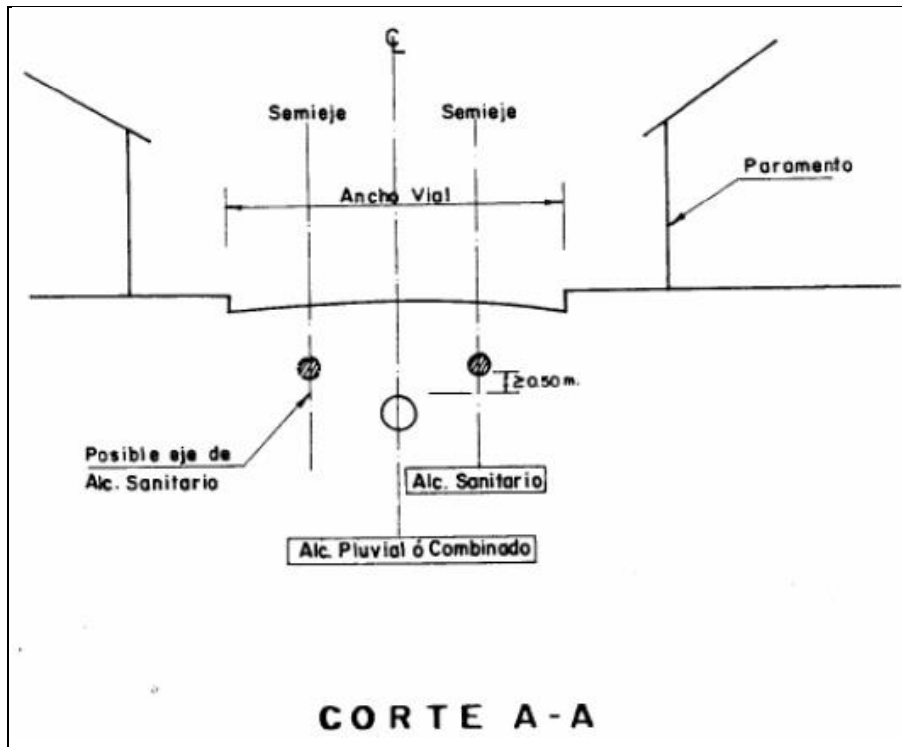
Siempre que sea posible la red sanitaria se colocará en el lado opuesto de la calzada en las que se haya instalado la tubería de agua potable. La localización de las tuberías principales y secundarias se encuentra en los costados norte y este de las calzadas a una profundidad de 1m sobre la clave de la tubería de agua potable.

Siempre que sea posible, las tuberías de la red sanitaria se colocarán en el lado opuesto de la calzada a aquél en el que se ha instalado la tubería de agua potable, o sea, generalmente al sur y al oeste del cruce de los ejes y las tuberías de la red pluvial irán al centro de la calzada<sup>31</sup>.

Figura 6.8: Localización Relativa de colectores



<sup>31</sup> Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (IEOS). p. 287



Fuente: Universidad de Oriente, El Salvador, Diseño Hidráulico de la Red de Alcantarillado Sanitario  
 Elaborado: Ronmer L. Cumbal. S

## 6.6 HOJA DE CÁLCULO

Para el cálculo hidráulico se utilizó una hoja electrónica en Microsoft Office Excel, elaborada por el diseñador.

A continuación se explica las celdas de la hoja electrónica de acuerdo a la numeración:

- A Dotación de agua potable = 170 lt/hab/día
- B Densidad Poblacional = 60 hab/ha
- C Coeficiente de rugosidad de Manning= 0.009
- D Coeficiente de retorno= 0.8

## PARTE I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DESCRIPCION DEL TRAMO		AGUAS SERVIDAS (L/s)			CAUDAL			CAUDAL		CAUDAL	
CALLE	POZO	LONGITUD	ÁREAS (Ha)		POBLA	CAUDAL	FACT	CAUDAL	CAUDAL	CAUDAL	CAUDAL
	N°	mts	PARC.	ACUM.	ACUMU	MEDIO	M	SANITARI	INFILTRA	ILÍCITAS	DISEÑO
		(m)	(Ha)	(Ha)	(hab)	(l/s)		(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
	P43										
JORGE HIDALGO		106,39	1,52	1,52	91	0,144	4,00	0,57		0,08	0,659
	P44										
JORGE HIDALGO		109,76	0,56	2,08	125	0,20	4,00	0,79		0,12	0,901
	P45										
PEDRO MONCAYO		80,95	0,41	2,49	149	0,24	4,00	0,94		0,14	1,079

➤ Columna 1

Calle Principal: Jorge Hidalgo.

➤ Columna 2

Pozos: pozos de revisión; arriba y abajo del tramo (P43-P44).

➤ Columna 3

Longitud: longitud de tramos (106.39 m).

➤ Columna 4

Área parcial: área de aportación sanitaria parcial del tramo (1.52 Ha).

➤ Columna 5

Área acumulada: suma del área aportante parcial del tramo en análisis más las áreas acumuladas de los tramos anteriores colaborantes si los hubiere; en este caso se trata de un tramo inicial (1.52 Ha).

➤ Columna 6

Población Acumulada: Es la población acumulada en el tramo, en nuestro caso se trata de un tramo inicial entonces;

$$\text{Columna 6} = B * \text{columna 5}$$

$$\text{Columna 6} = 60 \text{ hab/Ha} * 1.52 \text{ Ha} = 91 \text{ hab}$$



➤ Columna 7

Caudal medio acumulado de aguas servidas se calcula con:

$$Q_{as} = \frac{K * Do * Pf}{86400} \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$Columna 7 = A * D * columna 6 / 86400$$

$$Columna 7 = 170 \text{ lt/hb/día} * 0.8 * 91 \text{ hb} / 86400$$

$$Columna 7 = 0.144 \text{ l/s}$$

➤ Columna 8

Coefficiente de mayoración o simultaneidad;

Condición: Si columna 6 < 1000 hab, entonces columna 8 = 4

Caso contrario aplicar:

$$M = \frac{4}{Pac^{0,20}} \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$Columna 8 = \frac{4}{columna 6^{0,20}}$$

En este tramo

$$Columna 8 = 4$$

➤ Columna 9

Caudal máximo de aguas servidas

$$Columna 9 = columna 7 * columna 8$$

$$Columna 9 = 0.144 \text{ l/s} * 4$$

$$Columna 9 = 0.57 \text{ l/s}$$

➤ Columna 10

Caudal de Infiltración

$$Q_{inf} = 42.51 \left( \frac{m^3}{Ha * día} \right) * A^{-0.3} (Ha) * \left( \frac{1día}{86400seg} \right) * \left( \frac{1000ts}{1m^3} \right)$$

Ecuación (10)

$$Columna 10 = 0.00 \text{ l/s}$$

➤ Columna 11

Caudal de aguas ilícitas

$$Q_{inf} = 80 \left( \frac{lts}{habdía} \right) * PA(hab) * \left( \frac{1día}{86400seg} \right)$$

Ecuación (11)

$$Columna 11 = 80 * columna6 / 86400$$

$$Columna 11 = 80 * 88 / 86400$$

$$Columna 11 = 0.08 \text{ l/s}$$

➤ Columna 12

Caudal de diseño; es la suma de caudal sanitario, caudales de infiltración e ilícitas

$$Columna 12 = columna9 + columna10 + columna11$$

$$Columna 12 = 0.659 \text{ l/s}$$

## PARTE II

DISEÑO DE LA TUBERIA														
DIÁMETRO		J	A	P	Rh	TUBERIA LLENA		SECCIONES HIDRAULICAS DE LA TUBERIA (H CANALES)						
Calculado	Adoptado					V	Q	K	Y/D	Calado Y	Ángulo e	Area Mojada A	Perimetro mojado P	Radio hidráulico Rh
(m)	(mm)	(o/oo)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m/s)	(l/s)		≤75%	(m)	(rad)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)
0,03	200	64	0,031	0,628	0,050	3,80	119,42	0,0017	0,05	0,0106	0,9304	0,0006	0,093	0,0069
0,03	200	87	0,031	0,628	0,050	4,44	139,52	0,0020	0,06	0,0115	0,9672	0,0007	0,097	0,0074
0,04	200	34	0,031	0,628	0,050	2,79	87,79	0,0038	0,08	0,0155	1,1270	0,0011	0,113	0,0099

### ➤ Columna 13

Diámetro de tubería: valor calculado

$$D = \left( \frac{4^{\frac{5}{3}} Q N}{\pi J^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Ecuación (27)

$$\left( \frac{4^{\frac{5}{3}} * columna12 * C}{\pi * columna15^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$Columna 13 = 0.03 m$$

### ➤ Columna 14

Diámetro de tubería: valor impuesto

$$Columna 14 = 200 mm$$

### ➤ Columna 15

Pendiente: Pendiente de acuerdo a la topografía del proyecto

$$Columna 15 = \frac{columna 34 (cota superior) - columna 34(cota inferior)}{columna 2} * 100$$

$$Columna\ 13 = \frac{2852.15\ m - 2845.39m}{106.39\ m} * 1000$$

$$Columna\ 13 = 64\text{‰}$$

➤ Columna 16

Sección del tubo: Indica el valor del área de la sección transversal del conducto de alcantarillado el que se calcula con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Ecuación (19)

$$Columna\ 16 = \frac{\pi\ columna\ 14^2}{4000}$$

$$Columna\ 16 = \frac{\pi * \left(\frac{200}{1000}\right)^2}{4}$$

$$Columna\ 16 = 0.031\ m^2$$

➤ Columna 17

Perímetro del tubo: Indica el valor del perímetro de toda la sección transversal el que se calcula con la siguiente fórmula:

$$P = \pi D$$

Ecuación 31: Perímetro de la tubería

$$Columna\ 17 = \pi * columna14/1000$$

$$Columna\ 17 = \pi * 200mm/1000$$

$$Columna\ 17 = 0.628\ m$$

➤ Columna 18

Radio Hidráulico: Indica el valor del radio hidráulico de la sección llena, se calcula dividiendo el área total para el perímetro total de la sección del conducto:

$$R = \frac{A}{P}$$

Ecuación (26)

$$\text{Columna 18} = \frac{\text{columna16}}{\text{columna17}}$$

$$\text{Columna 18} = \frac{0.031 \text{ m}^2}{0.628 \text{ m}}$$

$$\text{Columna 18} = 0.050 \text{ m}$$

➤ Columna 19

Velocidad a tubo lleno: Indica el valor de la velocidad del caudal que circula por el tramo, cuando la tubería trabaja con la sección llena, calculada con la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación (15)

$$\text{columna19} = \frac{1}{C} * (\text{columna4}/4000)^{\frac{2}{3}} * (\text{columna5}/1000)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{columna19} = \frac{1}{0.009} * (200/4000)^{\frac{2}{3}} * (64/1000)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{columna 19} = 3.80 \text{ m/s}$$

➤ Columna 20

Caudal a tubo lleno: Indica el valor del caudal que circula por el tramo, cuando la tubería trabaja a sección llena, calculada con la fórmula:

$$Q = V * A$$

Ecuación (12)

$$\text{columna 20} = \text{columna 19} * \text{columna 16}$$

$$\text{columna 20} = 3.80 \text{ m/s} * 0.031 \text{ m}^2 * 1000$$

$$\text{columna20} = 119.42 \text{ l/s}$$

➤ Columna 22

Cálculo de K: Indica el valor de la constante que nos proporcionará el valor para buscar en las tablas la relación (Y/D) para conductos circulares.

$$K = \frac{Q * n}{D^{\frac{8}{3}} * J^{\frac{1}{2}}}$$

Ecuación 32: Cálculo de constante para las relaciones hidráulicas

Donde:

K = Constante

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

D = Diámetro de la tubería (m).

J = Pendiente del tramo (m/m).

$$Columna\ 22 = \frac{columna12 * C}{columna14^{\frac{8}{3}} * columna15^{\frac{1}{2}}}$$

$$Columna\ 22 = \frac{\frac{0.659l/s}{1000} * 0.009}{\left(\frac{200}{1000}\right)^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{64}{1000}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$Columna\ 22 = 0.0017$$

➤ Columna 23

Relación (Y/D): Indica el valor de la relación del calado frente al diámetro de la tubería D, se obtiene de los valores preestablecidos por la EPMAPS-Q, de acuerdo a la tabla del Ex-IEOS.

$$Columna\ 22 = 0.0015$$

Por lo tanto buscando en la Tabla:

$$Columna\ 23 = 0.05$$

**Cuadro 6-18: Relaciones (Y/D)**

RELACIONES HIDRAULICAS							
k	Y/D	k	Y/D	k	Y/D	k	Y/D
0.000	0.010	0.199	0.580	0.563	1.14	0.902	1.7
0.000	0.020	0.204	0.590	0.569	1.15	0.908	1.71
0.001	0.030	0.209	0.600	0.575	1.16	0.915	1.72
0.001	0.040	0.215	0.610	0.581	1.17	0.922	1.73
0.002	0.050	0.220	0.620	0.587	1.18	0.929	1.74
0.002	0.060	0.225	0.630	0.593	1.19	0.933	1.75
0.003	0.070	0.230	0.640	0.599	1.2	0.937	1.76
0.004	0.080	0.236	0.650	0.605	1.21	0.942	1.77
0.005	0.090	0.241	0.660	0.611	1.22	0.949	1.78
0.007	0.100	0.246	0.670	0.617	1.23	0.955	1.79
0.008	0.110	0.251	0.680	0.623	1.24	0.962	1.8
0.010	0.120	0.256	0.690	0.629	1.25	0.969	1.81
0.011	0.130	0.261	0.700	0.635	1.26	0.976	1.82
0.013	0.140	0.265	0.710	0.641	1.27	0.982	1.83
0.015	0.150	0.270	0.720	0.647	1.28	0.989	1.84
0.017	0.160	0.275	0.730	0.653	1.29	0.996	1.85
0.020	0.170	0.279	0.740	0.659	1.3	0.998	1.86
0.022	0.180	0.284	0.750	0.665	1.31	1	1.87
0.025	0.190	0.289	0.760	0.671	1.32	1.01	1.88
0.027	0.200	0.293	0.770	0.677	1.33	1.01	1.89
0.030	0.210	0.297	0.780	0.683	1.34	1.02	1.9
0.033	0.220	0.301	0.790	0.689	1.35	1.03	1.91
0.036	0.230	0.305	0.800	0.693	1.36	1.03	1.92
0.039	0.240	0.308	0.810	0.7	1.37	1.04	1.93
0.043	0.250	0.312	0.820	0.706	1.38	1.05	1.94
0.046	0.260	0.315	0.830	0.713	1.39	1.05	1.95
0.050	0.270	0.318	0.840	0.72	1.4	1.06	1.96
0.054	0.280	0.3212	0.85	0.726	1.41	1.07	1.97
0.057	0.290	0.324	0.86	0.733	1.42	1.08	1.98
0.061	0.300	0.3264	0.87	0.74	1.43	1.08	1.99
0.065	0.310	0.3286	0.88	0.745	1.44	1.08	2
0.069	0.320	0.3307	0.89	0.75	1.45	1.09	2.01
0.074	0.330	0.3324	0.9	0.754	1.46	1.1	2.02
0.078	0.340	0.3336	0.91	0.76	1.47	1.1	2.03
0.086	0.360	0.3345	0.92	0.767	1.48	1.11	2.04
0.091	0.370	0.335	0.93	0.774	1.49	1.12	2.05
0.096	0.380	0.3353	0.94	0.78	1.5	1.12	2.06
0.102	0.390	0.3349	0.95	0.787	1.51	1.13	2.07
0.105	0.400	0.334	0.96	0.794	1.52	1.14	2.08
0.110	0.410	0.3322	0.97	0.801	1.53	1.14	2.09
0.115	0.420	0.3291	0.98	0.805	1.54	1.14	2.1
0.120	0.430	0.3248	0.99	0.809	1.55	1.15	2.11
0.125	0.440	0.3117	1	0.814	1.56	1.16	2.12
0.130	0.450	0.486	1.01	0.821	1.57	1.16	2.13
0.135	0.460	0.492	1.02	0.828	1.58	1.17	2.14
0.140	0.470	0.498	1.03	0.834	1.59	1.18	2.15
0.145	0.480	0.504	1.04	0.841	1.6	1.18	2.16
0.151	0.490	0.51	1.05	0.848	1.61	1.19	2.17
0.156	0.500	0.516	1.06	0.854	1.62	1.19	2.18
0.161	0.510	0.522	1.07	0.861	1.63	1.2	2.19
0.166	0.520	0.527	1.08	0.866	1.64	1.21	2.2
0.172	0.530	0.533	1.09	0.87	1.65	1.22	2.21
0.177	0.540	0.54	1.1	0.875	1.66	1.22	2.22
0.183	0.550	0.546	1.11	0.881	1.67	1.22	2.23
0.188	0.560	0.552	1.12	0.888	1.68	1.23	2.24
0.193	0.570	0.558	1.13	0.895	1.69	1.24	2.25

Elaborado: Normas Técnicas del Instituto Ecuatoriano de obras Sanitarias (IEOS).



➤ Columna 24

Y: Indica el valor del calado en el conducto del tramo en análisis, se calcula de la siguiente forma:

$$Y = \left( \frac{Y}{D} \right) * D$$

Ecuación 33: Cálculo del calado

$$Columna\ 24 = columna23 * columna14/1000$$

$$Columna\ 24 = 0.05 * 200/1000$$

$$Columna\ 24 = 0.0106\ m$$

➤ Columna 25

Teta  $\theta$ : Indica el valor del ángulo que existe entre el calado y la sección libre en el conducto del tramo en análisis, para la tubería circular se calcula con la siguiente fórmula:

$$\theta = 2ar\ cos\left(1 - 2\frac{Y}{D}\right)$$

Ecuación (21)

$$Columna\ 25 = 2\ arcos(1 - 2 * columna24)$$

$$Columna\ 25 = 0.9304\ rad$$

➤ Columna 26

Área Mojada: Indica el valor del área de la sección que es ocupada por el agua, para la tubería circular se calcula de acuerdo al Cuadro 4-7: Elementos geométricos de las secciones transversales más frecuentes de canales tipo:

$$A = \frac{1}{8} \cdot (\theta - \text{sen } \theta) \cdot D^2$$

Ecuación 34: Área mojada

$$Columna\ 26 = \frac{1}{8} * (columna25 - \text{sen columna25}) * \left(\frac{columna14}{1000}\right)^2$$

$$Columna\ 26 = \frac{1}{8} * (0.9304\ rad - \text{sen } 0.9304\ rad) * \left(\frac{200}{1000}\right)^2$$

$$Columna\ 26 = 0.0006\ m^2$$

➤ Columna 27

Perímetro Mojado: Indica el valor del perímetro del conducto mojado (parcialmente lleno), para la tubería circular se calcula de acuerdo al Cuadro 4-7: Elementos geométricos de las secciones transversales más frecuentes de canales tipo:

$$P = \frac{\theta \cdot D}{2}$$

Ecuación 35: Perímetro mojado

$$Columna\ 27 = \frac{columna25 * columna14}{2}$$

$$Columna\ 27 = \frac{0.9304\ rad * \left(\frac{200}{1000}\right)}{28}$$

$$Columna\ 27 = 0.093\ m$$

➤ Columna 28

Radio Hidráulico: Indica el valor del radio hidráulico de la sección (parcialmente lleno), se obtiene de la división del área mojada (columna 26), para el perímetro mojado (columna 27)

$$Columna\ 28 = \frac{columna\ 26}{columna\ 27}$$

$$Columna\ 28 = \frac{0.0006\ m^2}{0.093\ m}$$

$$Columna\ 28 = 0.0069\ m$$

### PARTE III

29	30	31	32	33	34	35	36	37
DATOS HIDRAULICOS				COTAS		CORTE	DESNIW TRAMO m	TUB. CLASE
RELACIONES HIDRAULICAS		Vdiseño m/s	Salto m	TERRENO	PROYECTO			
Qd/Q	Vd/V							
≤ 0.80		≥ 0.30m/s						
				2853,65	2852,15	1,50		
0,006	0,267	1,02		2846,89	2845,39	1,50	6,76	TIPO B
0,006	0,281	1,25		2837,37	2835,87	1,50	9,52	TIPO B
0,012	0,340	0,95	0,159	2834,59	2833,09	1,50	2,78	TIPO B
			0,092					

#### ➤ Columna 29

Para flujo a sección parcialmente llena la relación fundamental Q<sub>dis</sub>/Q. Indica el valor de la relación entre el caudal de diseño (columna 12) y el caudal de sección llena (columna 20).

$$Columna\ 29 = \frac{columna\ 12}{columna\ 20}$$

$$Columna\ 29 = \frac{0.659\ l/s}{119.42\ l/s}$$

$$Columna\ 29 = 0.006$$

#### ➤ Columna 30

Para flujo a sección parcialmente llena la relación fundamental v/V; indica el valor de la relación entre la velocidad de diseño (columna 31) y la velocidad de sección llena (columna 19).

$$Columna\ 30 = \frac{columna\ 31}{columna\ 19}$$

$$Columna\ 30 = \frac{1.02\ m/s}{3.80\ m/s}$$

$$\text{Columna 30} = 0.267$$

➤ Columna 31

Velocidad de Diseño; Indica el valor de la velocidad de diseño, calculada según la ecuación de Manning (16), con el valor del Radio hidráulico (columna 28).

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación (15)

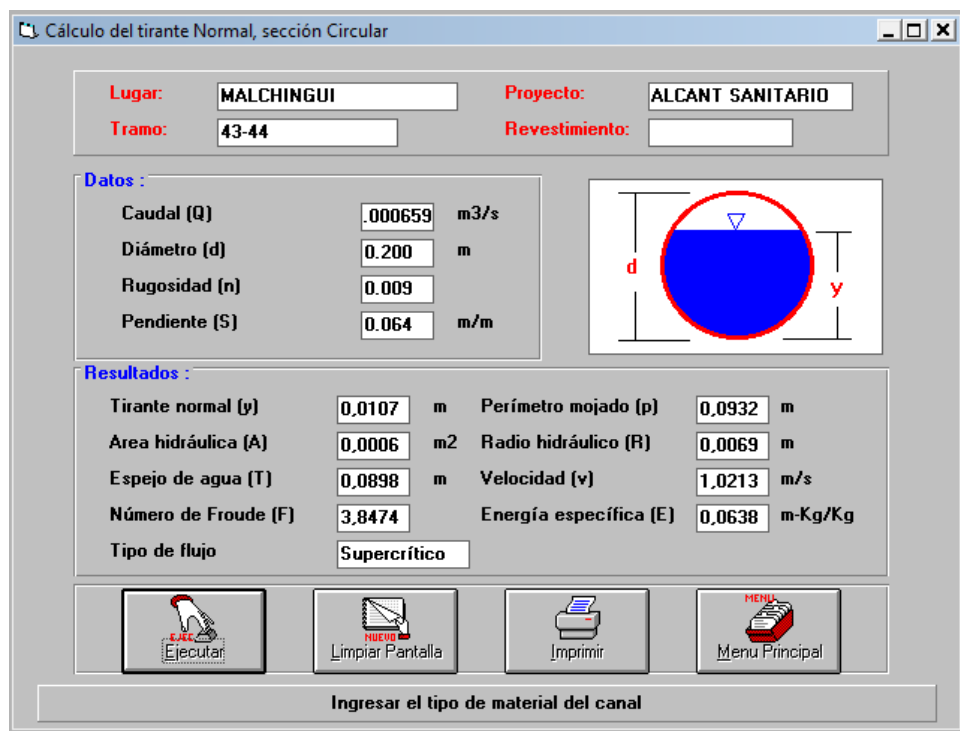
$$\text{columna 31} = \frac{1}{C} * (\text{columna 28})^{\frac{2}{3}} * (\text{columna 5} / 1000)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{columna 31} = \frac{1}{0.009} * (0.0069)^{\frac{2}{3}} * (64/1000)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{columna 31} = 1.02 \text{ m/s}$$

### COMPROBACIÓN DE RESULTADOS CON H-CANALES

Los resultados desde la columna 24 a la columna 31 están comprobados por el Software H-CANALES,



➤ Columna 32

Salto o transición; es la altura al final del tramo para compensar pérdidas de energía

Para régimen acelerado ( $v_2 > v_1$ ):

$$hr = (H_2 - H_1) + 1.1 * \left( \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación (29)}$$

Para régimen retardado ( $v_2 < v_1$ ):

$$hr = (H_2 - H_1) + 1.2 * \left( \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación (30)}$$

Existe una condición cuando se dan cambios de dirección de flujo

$$hc = kc * \left( \frac{vm^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación (31)}$$

$$columna32 (tramo 43 - 44) = 0.030 \text{ m}$$

➤ Columna 33

Cotas terreno aguas arriba; Indica el valor de la cota del terreno al inicio del tramo, se obtiene de los datos de topografía

$$Cota \text{ terreno aguas arriba} = 2853.65 \text{ m}$$

Cotas terreno aguas abajo; Indica el valor de la cota del terreno al final del tramo, se obtiene de los datos de topografía

$$Cota\ terreno\ aguas\ abajo = 2846.89\ m$$

➤ Columna 34

Cotas proyecto aguas arriba; Indica el valor de la cota del terreno al inicio del tramo, se obtiene de restar la cota del terreno aguas arriba con la profundidad

$$Cota\ proyecto\ aguas\ arriba = columna\ 33 - columna35$$

$$Cota\ proyecto\ aguas\ arriba = 2853.65\ m - 1.50\ m$$

$$Cota\ proyecto\ aguas\ arriba = 2852.15\ m$$

Cotas proyecto aguas abajo; Indica el valor de la cota del terreno al final del tramo, se obtiene de restar la cota del terreno aguas abajo con la profundidad

$$Cota\ proyecto\ aguas\ abajo = columna\ 33 - columna35$$

$$Cota\ proyecto\ aguas\ abajo = 2846.89\ m - 1.50\ m$$

$$Cota\ proyecto\ aguas\ abajo = 2845.39\ m$$

➤ Columna 35

Profundidad; Indica el valor de la profundidad en el tramo, medida desde el terreno al fondo de la zanja del alcantarillado, mínimo 1,20 más el diámetro del conducto

$$Profundidad = 1.50\ m$$

➤ Columna 36

Desnivel; Indica el valor del desnivel desde el inicio hasta el final del tramo, se calcula al multiplicar la longitud del tramo por la pendiente

$$\text{Desnivel} = \text{columna 3} * \text{columna 15}/1000$$

$$\text{Desnivel} = 106.39 \text{ m} * 64/1000$$

$$\text{Desnivel} = 6.76 \text{ m}$$

➤ Columna 37

Material/Clase; Indica el material del que están constituidos los conductos y su calidad, puede ser plástico (PL), hormigón simple (HS), hormigón armado (HA) y de clase dos (CI2), clase tres (CI3), etc.

$$\frac{\text{Material}}{\text{clase}} = \text{TIPO B}$$

## **CAPÍTULO VII**

### **7 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO**

Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla, a cuyo fin se tomo como base la experiencia adquirida en otras construcciones de índole semejante.

#### **7.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

En el análisis de precios unitarios para establecer el costo final se tiene costos directos e indirectos, los mismos que se definen a continuación:

##### **7.1.1 Costos Directos**

Es la suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

$$\text{Costo directo} = \text{Mano de Obra} + \text{Materiales} + \text{Equipo y Herramienta}$$

##### **7.1.2 Costos Indirectos**

Es la suma de gastos técnico – administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo, por ejemplo: renta, impuestos, seguros, depreciación, luz, calefacción, etc.

Los costos indirectos son aquellos en los que se considera un margen de utilidad para el constructor, el mismo que no tiene un valor determinado, pero la mayoría optado por utilizar un valor comprendido entre el 10% al 30% del costo directo.



Costo indirecto de operación, es la suma de gastos que son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado por ejemplo: ejercicio fiscal o año fiscal, año calendario, etc.

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizo el 30%.

$$\text{Costo indirecto} = \text{Costo indirecto operaciones} + \text{Costo indirecto de obra}$$

En el ANEXO Nro. 2 se presentarán los análisis de precios unitarios para cada rubro necesario para la construcción de la red de alcantarillado sanitario.

## **7.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **7.2.1 Replanteo y nivelación**

Replanteo es la ubicación de un proyecto en el terreno, en base a las indicaciones de los planos respectivos, como paso previo a la construcción.

Para iniciar los trabajos de instalación de las redes de agua potable y alcantarillado se deberá primero ejecutar el replanteo de las calles del barrio incluyendo los 732 lotes que lo componen; luego, con equipo pesado, se realizará la apertura de la vía con la línea de fábrica correspondiente y el movimiento de tierras para dejar a las calles en la rasante que permita ejecutar los trabajos de infraestructura correspondientes.

Luego de que se haya ejecutado la apertura de vías con el correspondiente movimiento de tierras, el contratista de la construcción de las obras de alcantarillado y agua potable podrá iniciar los trabajos realizando el replanteo y nivelación para éstas obras.

Todos los trabajos de replanteo deben ser realizados con aparatos de precisión, tales como teodolitos y niveles. Se deberán colocar BMs. de hormigón perfectamente identificados con la cota y abscisa correspondiente y su número estará de acuerdo a la magnitud de la obra y necesidad de trabajo, no debiendo ser menor de dos.

#### 7.2.1.1 Medición y pago

El replanteo tendrá un valor de acuerdo al desglose del precio unitario y será pagado en metros cuadrados o kilómetros.

### **7.2.2 Desbroce y limpieza**

Este trabajo consiste en efectuar operaciones que permitan cortar, desenraizar y retirar de los sitios de construcción hierbas o cualquier vegetación o material extraño existentes en las áreas de construcción.

Estas operaciones deben ser efectuadas únicamente a mano con herramienta menor, sin utilizar equipos mecánicos.

Toda la materia vegetal proveniente del desbroce deberá colocarse fuera de las zonas destinadas a la construcción para su disposición final en los sitios donde señale el ingeniero Fiscalizador.

Los daños y perjuicios a propiedad ajena producidos por trabajos de desbroce efectuados indebidamente dentro de las zonas de construcción, serán de la responsabilidad del Constructor.

Las operaciones de desbroce deberán efectuarse invariablemente en forma previa a los trabajos de construcción, con la participación necesaria para no entorpecer el desarrollo de éstas.

#### 7.2.2.1 Medición y pago

El desbroce se medirá y pagará tomando como unidad el metro cuadrado con aproximación de dos decimales.

No se estimará para fines de pago el desbroce que efectúe el Constructor fuera de las áreas de desbroce que se indique en el proyecto, salvo las que por escrito ordene el ingeniero Fiscalizador.

### **7.2.3 Excavación de zanjas**

Se entiende por excavaciones en general, el remover y quitar la tierra u otros materiales con el fin de conformar espacios para alojar mamposterías, hormigones, tuberías y otras obras o elementos.

#### **7.2.3.1 Excavación en terreno normal**

La excavación de zanjas para tuberías y otros, será efectuada de acuerdo con los trazados indicados en los planos excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos en cuyo caso aquellos pueden ser modificados de conformidad con el criterio técnico del Ingeniero Fiscalizador.

Para instalación de las tuberías de alcantarillado, el ancho de la zanja considerado para el pago será el que corresponda al diámetro exterior de la tubería más 50 centímetros.

La profundidad de la zanja será medida hacia abajo a contar del nivel del terreno, hasta el fondo de la excavación.

Para profundidades mayores de 2.00 m. y según la calidad del terreno se debe establecer un talud que asegure la estabilidad temporal de la excavación.

En ningún caso se excavará con maquinaria, tan profundo que la tierra del plano de asiento de los tubos sea aflojada o removida. El último material que se va excavar será removido con pico y pala, en una profundidad de 0.15 m. y se le dará al fondo de la zanja la forma definitiva para alojar la tubería.

Se deberá vigilar y exigir que desde el momento en que se inicie la excavación hasta aquel en que se termine el relleno de la misma no transcurra un lapso mayor de 3 días.

Cuando a juicio del Ingeniero Fiscalizador de la obra el terreno que constituya el fondo de las zanjas sea poco resistente o inestable, podrá ordenar que se profundice la excavación hasta encontrar terreno conveniente. Dicho material se removerá y se reemplazará con material de préstamo y compactado adecuadamente y se pagará como relleno con material clasificado.

#### 7.2.3.2 Excavación en conglomerado

Se entiende por excavación en suelo conglomerado cuando se encuentre materiales duros que deban ser aflojados por métodos ordinarios como palas, picos, maquinaria excavadora, con la presencia de bloques rocosos, cuya máxima dimensión se encuentre entre 5 y 10 cm., y supere el 40% del volumen total del material.

#### 7.2.3.3 Excavación en presencia de agua

Se entenderá por excavación de zanjas en presencia de agua la que se realice en un suelo en donde el nivel freático es alto o se encuentren vertientes cuyas aguas fluyan hacia la excavación.

Los métodos y formas de eliminar el agua de las excavaciones pueden ser por bombeo, drenaje o cunetas, debiendo el fiscalizador aprobar el método más conveniente.

Bajo ningún concepto se colocarán las tuberías bajo agua. Las zanjas se mantendrán secas durante el proceso de instalación, prueba y relleno

En cada tramo de trabajo se abrirán no más de 200 m. de zanja con anterioridad a la colocación de la tubería y no se dejará la zanja sin relleno parcial luego de haber colocado los tubos, siempre y cuando las condiciones de terreno y climáticas sean adecuadas.

En otras circunstancias, será el Ingeniero Fiscalizador quien indique las mejores disposiciones para el trabajo.

En zonas pobladas deberán colocarse puentes peatonales temporales sobre excavaciones aún no rellenadas para permitir el paso de los habitantes hacia sus

domicilios o el ingreso de los vehículos hacia sus garajes.; todos esos puentes serán mantenidos en servicio hasta que los requerimientos del relleno, hayan sido cumplidos y estarán sujetos a la aprobación del Ingeniero Fiscalizador.

#### 7.2.3.4 Medición y pago

La excavación de zanjas se medirá en m<sup>3</sup> con aproximación de 2 decimales. Al efecto se determinará los volúmenes de las excavaciones realizadas por el Constructor según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador de la obra.

La excavación de zanjas le será pagada al Constructor a los precios estipulados en el Contrato para los conceptos de trabajo que se señalan en la especificación siguiente.

#### 7.2.3.5 Conceptos de trabajo

Excavación de zanjas a mano en terreno normal, de 0,00 a 1,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a mano en terreno normal, de 1,01 a 2,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a mano en terreno normal, de 2,01 a 3,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a mano en terreno normal, de 3,01 a 4,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a mano en terreno normal, de 3,01 a 4,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a máquina de 0,00 a 1,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a máquina de 1,01 a 2,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a máquina de 2,01 a 3,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a máquina de 3,01 a 4,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a máquina de 4,01 a 5,00 m.	m <sup>3</sup>
Excavación de zanjas a máquina de 3,01 a 4,00 m.	m <sup>3</sup>

Excavación de zanjas a máquina con nivel freático de 0,00 a 1,00 m.	m3
Excavación de zanjas a máquina con nivel freático de 1,01 a 2,00 m.	m3
Excavación de zanjas a máquina con nivel freático de 2,01 a 3,00 m.	m3
Excavación de zanjas a máquina con nivel freático de 3,01 a 4,00 m.	m3
Excavación de zanjas a máquina con nivel freático de 3,01 a 4,00 m.	m3
Excavación de zanjas a máquina con nivel freático de 4,01 a 5,00 m.	m3

#### **7.2.4 Desalojo de materiales**

Se entenderá por desalojo de material producto de excavaciones, la operación de cargar y transportar dicho material hasta los bancos de desperdicio o almacenamiento que se encuentren en la zona de libre colocación, que señale el proyecto y/o el Ingeniero Fiscalizador, se deberá realizar por medio de equipo mecánico adecuado en buenas condiciones, sin ocasionar la interrupción de tráfico de vehículos, ni causar molestias a los habitantes, incluyen las actividades de carga, transporte y volteo.

##### **7.2.4.1 Medición y pago**

Los trabajos de desalojo de materiales producto de la excavación fuera de la zona de libre colocación se medirán para fines de pago en la forma siguiente en m3/Km.

Por zona de libre colocación se entenderá la zona comprendida entre el área de construcción de la obra y 1 (uno) kilómetro alrededor de la misma.

#### **7.2.5 Entibados**

Entibados son los trabajos que tienen por objeto mantener la estabilidad de las excavaciones.

El constructor deberá realizar obras de entibado y soportes de las paredes de la zanja en aquellos sitios donde se encuentren material sin cohesión o deleznable; donde existan viviendas cercanas, se deberán considerar las separaciones y las medidas de soporte provisionales que aseguren la estabilidad de las estructuras.

Las tablas se colocan verticalmente contra las paredes de la excavación y se sostienen en esta posición mediante puntales transversales, que son ajustados en el propio lugar, el espaciamiento entre los puntales dependerá de las condiciones de la excavación y del criterio de la fiscalización.

#### 7.2.5.1 Medición y pago

La colocación de entibados será medida en m<sup>2</sup> del área colocada directamente a la superficie de la tierra, el pago se hará al Constructor con los precios unitarios estipulados en el contrato

### **7.2.6 Rasanteo**

El rasanteo es una operación que consiste en dar un acabado plano al fondo de la zanja para permitir que la tubería apoye uniformemente en toda su longitud.

El fondo de la zanja debe ser alisado manualmente tratando que ésta quede lo más horizontal posible, eliminando cualquier ondulación o salientes provocados por la excavación.

Si en el fondo de la zanja se encuentran piedras, conglomerado o materiales duros, éstos serán retirados y reemplazados con suelo natural de la excavación.

#### 7.2.6.1 Medición y pago

El rasanteo en zanjas se medirá y pagará por metro lineal.

## **7.2.7 Rellenos compactados de zanjas**

Este rubro comprende la ejecución del conjunto de operaciones necesarias para llenar las secciones de las excavaciones ejecutadas para la instalación de las tuberías de alcantarillado.

Se entenderá por "relleno compactado" aquel que se forme colocando capas de espesor de 20 cm., con la humedad natural del material. Dadas las condiciones del terreno, cada capa será compactada uniformemente en toda su superficie mediante el empleo de pisones de mano o mecánicos hasta obtener una compactación adecuada a simple vista y similar a la del terreno natural

Los rellenos serán ejecutados según el proyecto, con el producto de las excavaciones efectuadas para alojar la tubería, o bien con material de bancos de préstamo.

Las zanjas y el material de relleno deberán estar libres de cualquier materia orgánica, vegetación, ramas, escombros y de todo otro material inadecuado.

### **7.2.7.1 Medición y pago**

Los rellenos se medirán y pagarán por metro cúbico con aproximación de dos decimales. Al efecto se determinará directamente en la estructura el volumen de los diversos materiales colocados de acuerdo con las especificaciones respectivas y las secciones del proyecto.

No se estimará para fines de pago los rellenos hechos por el Constructor fuera de las líneas del proyecto, ni los rellenos hechos para ocupar sobre excavaciones imputables al Constructor.

El trabajo de formación de rellenos con material de bancos de préstamo le será estimado y pagado al Constructor de acuerdo con los conceptos de trabajo que incluyen las compensaciones correspondientes a la extracción del material del banco de préstamo, su carga a bordo del equipo de transporte, el acarreo mayor



al libre señalado, la descarga del material en el sitio de su utilización. Se pagara de acuerdo a los costos unitarios del contrato.

#### 7.2.7.2 Concepto de Trabajo

Relleno con material de excavación

Relleno con material de préstamo

### **7.2.8 Replanteos**

Se denomina replanteo a la capa de hormigón simple que se fundirá sobre el fondo de la excavación en donde se colocará la armadura correspondiente para cualquier estructura a fundir. Esta capa tiene la función de aislar el acero estructural del suelo evitando el contacto directo con el mismo. El replanteo se fundirá con un hormigón de 140 kg. /cm<sup>2</sup> y un espesor de 5 cm.

#### 7.2.8.1 Medición y pago

La construcción de replanteos será medida para fines de pago en m<sup>2</sup>, con aproximación de dos decimales, con excepción de replanteos de hormigón simple o armado, los que se medirán en m<sup>3</sup>, con aproximación de un decimal.

### **7.2.9 Hormigones**

Se entiende por hormigón al producto endurecido resultante de la mezcla de cemento Portland, agua y agregados pétreos en proporciones adecuadas, que puede tener aditivos químicos para darle cualidades especiales.

#### 7.2.9.1 Hormigón ciclópeo

Es el hormigón simple en cuya masa se incorporan piedras o cantos rodados con un diámetro no mayor de 20cm y con una proporción del 50%

#### 7.2.9.2 Hormigón simple

Es el hormigón sin refuerzo del acero estructural en el que se utiliza ripio de hasta 2" de diámetro y desde luego tiene todos los componentes del hormigón.

#### 7.2.9.3 Hormigón armado

Es el hormigón simple al que se añade acero de refuerzo de acuerdo a requerimientos propios de cada estructura. Como resultado de un diseño de laboratorio se obtienen hormigones de variadas resistencias a la compresión cuyos usos y aplicaciones dependen de la importancia de la estructura.

En la construcción de las obras para la Parroquia las estructuras de hormigón a construirse serán pozos de revisión y anclajes cuya resistencia será de 180 kg/cm<sup>2</sup>; en casos especiales se utilizarán hormigones de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### **7.2.10 Normas**

Forman parte de éstas especificaciones las regulaciones establecidas en el Código Ecuatoriano de la Construcción.

#### 7.2.10.1 Cemento

Todos los cementos nacionales cumplen con las normas INEN, por lo tanto cualquiera de sus marcas pueden ser utilizados, tomando en cuenta que no deberán utilizarse cementos de diferentes marcas en una misma fundición.

El cemento será almacenado bajo cubierta en un lugar seco y ventilado y sobre apoyo de madera, debiendo considerarse que no debe ser almacenado por períodos mayores a 1 mes.

#### 7.2.10.2 Agregados pétreos

Para los hormigones de los pozos de revisión en donde se requiere una resistencia de 180 kg/cm. se realizará el diseño con los materiales de la zona y en un laboratorio calificado, y con la dosificación indicada se realizarán las fundiciones cuya resistencia será comprobada por ensayos de cilindros tomados en obra.

### 7.2.10.3 Agua

El agua para el amasado del hormigón será potable, limpia y libre de cualquier otro contaminante, prohibiéndose la utilización del agua de río por la gran cantidad de materia orgánica que contiene.

### 7.2.10.4 Aditivos

En caso que se requiera el uso de aditivos para hormigón, tales como acelerantes de fraguado e impermeabilizantes, se utilizarán aquellos que cumplan con los requisitos establecidos en las normas INEN PRO 1969, 1844, INEN 191, 152.

### 7.2.10.5 Amasado o preparación del hormigón

Para obtener un hormigón uniforme y que tenga la resistencia especificada se debe controlar que se cumplan las disposiciones del diseño:

- Calidad de los materiales
- Dosificación de los componentes

Al hablar de dosificación hay que poner cuidado en la relación agua -cemento, que debe ser determinada experimentalmente y para lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Grado de humedad de los agregados
- Clima del lugar de la obra
- Utilización de aditivos

En general la relación agua-cemento debe ser ajustada a la indicada en el diseño, tratando siempre que el hormigón tenga las condiciones de impermeabilidad, manejo y trabajabilidad propios para cada caso.

#### 7.2.10.6 Mezclado

Para todas las estructuras principales el hormigón será mezclado a máquina. La dosificación se realizará al volumen según lo indique el diseño.

El hormigón preparado en mezcladora deberá ser revuelto durante un tiempo prudencial entre 2 a 3 minutos, observando que su contextura sea uniforme y no se observen acumulaciones separadas de los agregados.

El hormigón será descargado completamente antes de que la mezcladora sea nuevamente cargada, limpiándola mezcladora a intervalos regulares mientras se use.

#### 7.2.10.7 Consistencia

Bajo las condiciones normales de operación, los cambios en la consistencia como indica la prueba de asentamientos serán indicadores de cambio en las características del material, de las proporciones utilizadas o del contenido de agua.

Para evitar mezclas demasiado densas o demasiado fluidas, las pruebas de asentamiento deben estar dentro de los límites de 8 cm. como mínimo y de 12 cm. como máximo y se realizarán antes de colocar aditivos en el hormigón.

#### 7.2.10.8 Ensayos de Resistencia

Las pruebas de consistencia o asentamiento del hormigón se realizarán en las primeras paradas hasta lograr que se estabilicen las condiciones de salida de la mezcla y se comprobarán periódicamente durante el proceso de fundición y permanentemente en el caso de haber cambios en las condiciones de humedad de los agregados.

Los ensayos de la resistencia a la compresión se realizarán en laboratorios especializados en el tema y aprobados por fiscalización.

En la fundición de la planta de tratamiento de las aguas servidas se tomarán por lo menos tres cilindros para la losa de fondo, ocho cilindros para las paredes y tres para la losa de cubierta, debiendo probarse 1 de cada uno a los 7 días y los

restantes a los 28 días; en todo caso, para cualquier estructura importante se tomarán como mínimo 3 cilindros.

#### 7.2.10.9 Aditivos

En todas las estructuras se podrán utilizar aditivos en el hormigón para acelerar el fraguado; éstos aditivos no deberán tener cloruros y su uso será aprobado por el Fiscalizador.

#### 7.2.10.10 Transporte y manipuleo

El hormigón será transportado desde la mezcladora hasta el lugar de colocación por métodos que eviten o reduzcan al mínimo la separación y pérdida de materiales. El equipo será de tamaño y diseño apropiados para asegurar un flujo uniforme en el punto de entrega.

Los canalones de descarga deberán evitar la segregación de los componentes, deberán ser lisos preferiblemente metálicos, evitando fugas y derrames.

Se debe evitar que su colocación se realice de alturas mayores de 1 m., sobre encofrado o fondos de cimentación, se usarán dispositivos como canales o ductos circulares cuando sea necesario verter hormigón a mayor altura que la indicada.

#### 7.2.10.11 Preparación del lugar de colocación

Antes de iniciar el trabajo se limpiará el lugar a ser ocupado por el hormigón, humedeciéndolo para evitar que se altere la relación agua-cemento previamente establecida.

#### 7.2.10.12 Colocación

El hormigón será colocado en obra inmediatamente de preparado. No se podrá suspender una fundición luego que haya sido iniciada.

El hormigón que no fue utilizado y que ha sido endurecido será rechazado, no se lo podrá volver a utilizar, no se permitirá “habilitarlo con agua “.

El hormigonado será llevado a cabo en una operación continua hasta que el vaciado del tramo se haya completado, asegurando de esta manera la adhesión

de las capas sucesivas, cuyo espesor no debe ser mayor de 15 cm. Cuidado especial debe tenerse en no producir segregación de materiales.

#### 7.2.10.13 Consolidación

El hormigón armado o simple será consolidado por vibración mecánica. Se utilizarán vibradores internos para consolidar hormigón en todas las estructuras, aplicándolo a intervalos no mayores de 50 cm y por períodos cortos de 5 a 15 segundos.

Es conveniente tener en obra un vibrador de reserva, en caso de falla del que está en servicio.

#### 7.2.10.14 Curado

El objeto del curado es conservar la humedad necesaria del hormigón durante el período de fraguado y endurecimiento y se lo realizará mojándolo. Para el caso de los pozos de revisión serán suficientes dos riegos al día manteniendo el pozo cubierto. El tiempo de curado será de un período de 8 días.

El rubro "hormigón simple" comprende la totalidad de todos sus componentes, tales como arena, ripio, agua y aditivos.

#### 7.2.10.15 Medición y pago

El hormigón será medido en m<sup>3</sup> con 2 decimales de aproximación, determinándose directamente en obra las cantidades correspondientes.

Las obras de hormigón se liquidarán de conformidad a los siguientes conceptos de trabajo:

Hormigón ciclópeo

Hormigón simple, 140 kg. /cm

Hormigón simple, 180 kg. /cm<sup>2</sup>.

Hormigón simple, 210 kg. /cm<sup>2</sup> fundidos hasta 3 metros de altura

## **7.2.11 Juntas de construcción**

Se entenderá por Juntas de Construcción aquel plano de unión que forman dos hormigones que perteneciendo a la misma estructura han sido fundidos en diferentes tiempos y tienen que formar un todo monolítico.

De manera preferente se evitará la formación de Juntas de construcción para lo cual se deberá planificar la fundición para que se realice en toda la estructura completa; las juntas diseñadas o las que se formen por fuerza mayor, serán hechas en los sitios y forma que se indique los planos del proyecto y/o el ingeniero Fiscalizador, siendo perpendiculares a la principal línea de esfuerzos y en general estarán colocados en los puntos de mínimo esfuerzo cortante.

En todas las juntas se pondrá cintas de PVC de 20 centímetros para garantizar la estanqueidad de la estructura., las mismas que deben ser aceptadas por el ingeniero Fiscalizador.

Antes de verter el hormigón nuevo, las superficies de construcción deben ser lavadas y cepilladas y humedecidas, hasta que estén saturadas y mantenidas así hasta que el hormigón sea vaciado. Si el ingeniero Fiscalizador así lo indica se pondrán chicotes de barras extras para garantizar de esta forma unión monolítica entre las partes.

Antes de depositar hormigón fresco sobre o contra hormigón que ha endurecido y una vez que se han terminado las labores de limpieza, cepillado y lavado, se hará un reajuste de los encofrados, para luego proceder a cubrir con una ligera película de mortero de cemento.

Cuando por necesidad de índole constructiva o por disposición del ingeniero Fiscalizador se deban usar resinas epóxicas, el contratista deberá presentar las especificaciones del producto para conocimiento y aprobación del fiscalizador.

### **7.2.11.1 Concepto de trabajo**

Se considerará como el suministro y colocación de la cinta PVC, liquidándose por metro lineal y al precio establecido en el contrato.

## **7.2.12 Encofrados**

Se entenderá por encofrados las formas volumétricas que se confeccionan con piezas de madera, metálicas o de otro material resistente para que soporten el vaciado del hormigón con el fin de amoldarlo a la forma prevista.

Los encofrados deberán ser lo suficientemente fuertes para resistir la presión, resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos rígidamente en su posición correcta y lo suficientemente impermeable para evitar la pérdida de la lechada.

Los tableros se mantendrán en su posición mediante apuntalamientos con caña guadua o madera de la zona y no se retirarán hasta que el ingeniero Fiscalizador autorice su remoción, actividad que debe ejecutarse con cuidado.

Los encofrados de doble uso deberán estar libres de incrustaciones de mortero, lechada u otros materiales extraños.

### **7.2.12.1 Medición y pago**

Los encofrados se medirán en m<sup>2</sup>, con aproximación de 2 decimales para lo que se medirán directamente en su estructura; el rubro implica también las acciones de desencofrado y se pagará de acuerdo a los costos unitarios del contrato.

### **7.2.12.2 Conceptos de Trabajo**

Los trabajos de encofrado se pagarán de acuerdo a los siguientes conceptos:

Encofrados	m <sup>2</sup> .
------------	------------------

## **7.2.13 Acero de refuerzo**

Este rubro se refiere al acero de refuerzo que se debe proveer y al conjunto de operaciones necesarias para cortar, doblar y formar la armadura requerida por la estructura.



El Constructor suministrará dentro de los precios unitarios consignados en su propuesta, todo el acero en varillas necesario y de calidad estipulada en los planos, estos. El acero usado o instalado por el Constructor sin la respectiva aprobación será rechazado.

Las distancias a que deben colocarse las varillas de acero de refuerzo serán consideradas de centro a centro, salvo que se indique otra cosa.

Antes de proceder a su colocación, las superficies de las varillas deberán limpiarse de óxido, polvo, grasa u otras sustancias y deberán mantenerse en estas condiciones hasta que queden sumergidas en el hormigón y serán colocadas y aseguradas exactamente en su lugar, por medio de soportes o separadores metálicos.

#### 7.2.13.1 Medición y pago

La colocación de acero de refuerzo se medirá en kilogramos con aproximación de dos decimales.

Para determinar el número de kilogramos de acero de refuerzo colocados por el Constructor, se verificará, el acero colocado en obra con la respectiva planilla de corte del plano estructural.

La colocación de acero de refuerzo se pagará al Constructor a los precios unitarios estipulados en el contrato de acuerdo al siguiente concepto de trabajo:

#### 7.2.13.2 Conceptos de Trabajo

Suministro, corte, doblado y colocación de acero de refuerzo para estructuras.

### **7.2.14 Morteros**

Mortero es la mezcla homogénea de cemento, arena y agua en proporciones adecuadas y que se utilizan generalmente para enlucidos y colocación de mamposterías.

Los componentes de los morteros se medirán por volumen mediante recipientes de capacidad conocida.

Se mezclarán convenientemente hasta que el conjunto resulte homogéneo en color y plasticidad que tenga consistencia normal, pudiendo prepararse a mano o con hormigonera de acuerdo con el volumen que se necesite.

En el primer caso la arena y el cemento en las proporciones indicadas, se mezclará en seco hasta que la mezcla adquiera un color uniforme, agregándose después la cantidad de agua necesaria para formar una pasta trabajable. Si el mortero se prepara en la hormigonera tendrá una duración mínima de mezclado de 1 a 2 minutos.

El mortero de cemento debe ser usado inmediatamente después de preparado, por ningún motivo debe usarse después de 40 minutos de preparado, ni tampoco rehumedecido.

La dosificación de los morteros varía de acuerdo a las necesidades siguientes:

- Mortero de dosificación 1:3 Para ser utilizado con impermeabilizante en enlucidos de superficie en contacto con el agua, exterior de paredes de tanques de distribución.
- Mortero de dosificación 1:4 Utilizado mampostería de paredes.
- Mortero de dosificación 1:5 Utilizado para enlucidos de mampostería de paredes y cualquier obra exterior.

#### 7.2.14.1 Medición de pago

Los morteros no se medirán aisladamente sino que forman parte del enlucido y la fabricación de mamposterías y se pagarán con esos rubros.

### **7.2.15 Enlucidos**

Se entiende por enlucidos, al conjunto de acciones que deben realizarse para poner una capa de mortero de arena cemento en paredes interiores de los pozos de revisión.

Se utilizará mortero 1:4 con arena fina y zarandeada

Antes de enlucir las superficies deberán hacerse todos los trabajos necesarios para colocación de instalaciones y otros, por ningún motivo se realizarán éstos después del enlucido.

Se debe limpiar y humedecer la superficie antes de aplicar el enlucido, además deben ser ásperas y con un tratamiento que produzca la adherencia debida.

El proyecto o el ingeniero Fiscalizador, indicará el uso de aditivos en el enlucido, regularmente con fines de impermeabilización, en lugares donde es necesario.

#### **7.2.15.1 Medición y pago**

Los enlucidos de superficies serán medidos en metros cuadrados, con dos decimales de aproximación. Se determinaran las cantidades directamente en obras y a base a lo indicado en el proyecto y las órdenes del ingeniero Fiscalizador.

#### **7.2.15.2 Conceptos de trabajo.**

Enlucidos sin impermeabilizante

Enlucidos con impermeabilizante

### **7.2.16 Suministro e instalación tubería pvc de alcantarillado**

Comprende el suministro, instalación y prueba de la tubería plástica para alcantarillado de pared estructurada e interior liso, la misma que deberá cumplir con norma INEN 2059, cuarta revisión., tipo B, serie 5.

#### 7.2.16.1 Instalación de la tubería

Corresponde a todas las operaciones que debe realizar el constructor, para instalar la tubería y luego probarla en concordancia con las normas y especificaciones establecidas.

La tubería debe almacenarse bajo cubierta, o protegida de la acción directa del sol o recalentamiento, sin colocar ningún objeto pesado sobre las mismas.

La instalación de la tubería de plástico dado su poco peso y fácil manejabilidad, es un proceso relativamente sencillo; cada tubo deberá tener un apoyo seguro y firme en toda su longitud; en el fondo de la zanja se colocará una cama de arena de 10 cm de espesor, no se permitirá colocar los tubos sobre piedras, pedazos de madera o soportes de cualquier otra índole.

La instalación de la tubería se comenzará por la parte inferior de los tramos y se trabajará hacia aguas arriba, de tal manera que la campana quede situada hacia la parte más alta del tubo.

Los tubos serán cuidadosamente revisados antes de colocarlos en la zanja, rechazándose los torcidos o deteriorados por cualquier causa, la tubería deberá quedar en alineamiento recto tanto vertical como horizontal.

El rasanteo del fondo de la zanja se hará a mano, de tal manera que el tubo quede apoyado en forma adecuada, para resistir los esfuerzos exteriores, considerando la clase de suelo de la zanja, de acuerdo a lo que se especifique en el proyecto.

Cuando por cualquier motivo sea necesaria una suspensión de trabajos, o cuando se concluya la jornada de trabajo, los extremos de las tuberías deberán quedar tapados para evitar el ingreso de cuerpos extraños a la misma.

A medida que los tubos sean colocados y conservando la alineación vertical y horizontal correctas, será puesto a mano suficiente relleno de material fino compactado a cada lado de los tubos para mantenerlos en el sitio y luego se realizará la prueba correspondiente.

La impermeabilidad de los tubos plásticos y sus juntas, serán probados por el Constructor en presencia del Ingeniero Fiscalizador y según lo determine este último, realizando las pruebas correspondientes que pueden ser de una de las dos formas siguientes:

#### 7.2.16.2 Prueba hidrostática accidental.

Esta prueba consistirá en llenar completamente la tubería taponando su extremo inferior; se rellenará la parte central de los tubos dejando completamente libre las juntas de los mismos. Si las juntas están defectuosas y acusaran fugas, el Constructor procederá a desaguar las tuberías y rehacer las juntas defectuosas. Se repetirán estas pruebas hasta que no existan fugas.

Esta prueba hidrostática accidental se realizará solamente cuando el Ingeniero Fiscalizador tenga sospechas fundadas de que las juntas están defectuosas, o cuando por cualquier circunstancia el Fiscalizador no verificó la instalación del tramo.

#### 7.2.16.3 Prueba hidrostática sistemática.

Esta prueba se hará en todos los casos en que no se realice la prueba accidental.

Consiste en vaciar unos 3 m<sup>3</sup> de agua en el pozo de visita aguas arriba del tramo a probar dejándola correr libremente a través del tramo a probar.

Si se encuentran fallas o fugas en las juntas al efectuar la prueba, se procederá a reparar las juntas defectuosas, y se repetirán las pruebas hasta que no se presenten fallas y entonces el tramo será aprobado.

Antes de realizar la limpieza de las tuberías y/o las pruebas sea accidental o sistemática se deberá asegurar que la descarga de éstas aguas no vayan al sedimentador sino que vayan directamente a la descarga, por lo que se taponará la tubería de entrada a la planta de tratamiento mientras se realicen éstas pruebas.

#### 7.2.16.4 Medición y pago.

El suministro, instalación y prueba de las tuberías de PVC para alcantarillado que fueron aprobadas por Fiscalización se medirá en metros lineales, con dos decimales de aproximación. Su pago se realizará a los precios estipulados en el contrato e incluye el sello elastomérico para cada tubo.

#### 7.2.16.5 Conceptos de trabajo con Diámetro Interno de Tubería

Provisión, instalación y prueba de tuberías PVC 160 mm norma INEN 2059 m.

Provisión, instalación y prueba de tuberías PVC 200mm norma INEN 2059 m.

Provisión, instalación y prueba de tuberías PVC 250 mm norma INEN 2059 m.

Provisión, instalación y prueba de tuberías PVC 315 mm norma INEN 2059 m.

Provisión, instalación y prueba de tuberías PVC 350 mm norma INEN 2059 m.

Provisión, instalación y prueba de tuberías PVC 400 mm norma INEN 2059 m.

### **7.2.17 Construcción de pozos de revisión**

Los pozos de revisión serán construidos en una fundación adecuada de acuerdo a la calidad del terreno soportante; cuando la subrasante está formada por material poco resistente, será necesario reemplazarla realizando el correspondiente cambio de suelo con material granular o lastre debidamente compactado.

Serán construidos de hormigón simple  $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$  de acuerdo a los diseños con un acabado interior liso, no enlucido y los canales de media caña correspondientes.

Para el acceso al interior del pozo se dispondrán los estribos o peldaños formados con varillas de hierro de 16 mm de diámetro, con recorte de aleta en las extremidades para empotrarse y de acuerdo a las dimensiones, espaciamientos y salientes indicados en los planos.

#### 7.2.17.1 Medición y pago

La construcción de los pozos de revisión se medirá en unidades, determinándose en obra el número construido de acuerdo al proyecto, de conformidad a los diversos tipos y profundidades.

La construcción del pozo incluye: losa de fondo, paredes, estribos, cerco y tapa de H.F.

El pago se hará con los precios unitarios estipulados en el contrato.

#### 7.2.17.2 Concepto de Trabajo

Pozo de revisión de H.S. 180 Kg. /cm <sup>2</sup> de 0,00 a 1,25 m	u.
Pozo de revisión de H.S. 180 Kg. /cm <sup>2</sup> de 1,26 a 1,75 m	u.
Pozo de revisión de H.S. 180 Kg. /cm <sup>2</sup> de 1,76 a 2,25 m	u.
Pozo de revisión de H.S. 180 Kg. /cm <sup>2</sup> de 2,26 a 2,75 m	u.
Pozo de revisión de H.S. 180 Kg. /cm <sup>2</sup> de 2,76 a 3,25 m	u.
Pozo de revisión de H.S. 180 Kg. /cm <sup>2</sup> de 3,26 a 3,75 m	u.
Pozo de revisión de H.S. 180 Kg. /cm <sup>2</sup> de 3,76 a 4,25 m	u.

### **7.2.18 Conexiones domiciliarias de alcantarillado**

Se entiende por construcción de conexiones domiciliarias de alcantarillado, al conjunto de acciones que debe ejecutar el Constructor para proveer, colocar en obra e instalar la tubería que une la red principal con la caja de revisión o acometida para conectar las salidas de las descargas domiciliarias.

La conexión entre la tubería principal de la calle y el ramal domiciliario se ejecutará formando un ángulo de 45 grados y su diámetro será de 160 mm. Para

lo cual se utilizará el accesorio apropiado para éste caso, el mismo que se lo conoce como silla , yee o tee.

La caja domiciliaria se ubicará en el interior del lote, dentro de la línea de fábrica, generalmente a 1,50 metros del cerramiento lateral y a 1,00 metro del cerramiento frontal; Se construirán en hormigón simple y de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos

#### 7.2.18.1 Medición y pago

La instalación de tubería de PVC para la acometida domiciliaria se pagará por metro lineal instalado y de acuerdo a los precios unitarios establecidos.

La construcción de las cajas de revisión domiciliarias de alcantarillado se medirán en unidades, para lo cual se determinará en la obra el número de conexiones construidas según su altura y se pagarán de acuerdo al análisis de costos unitarios establecidos en el contrato.

#### 7.2.18.2 Concepto de Trabajo

Caja de revisión de hormigón simple para conexión domiciliaria h = 0,60 m.  
u.

Caja de revisión de hormigón simple para conexión domiciliaria h = 0,60 a 1,00 m.  
u.

Caja de revisión de hormigón simple para conexión domiciliaria h = 1,00 a 1,50 m.  
u.

### **7.2.19 Tapas y cercos de hierro fundido para pozos de revisión**

Los cercos y tapas para los pozos de revisión serán de hierro fundido son los que se producen en las fundiciones nacionales, deberán cumplir con la Norma ASTM-A48 y será aprobada por la Fiscalización.



#### 7.2.19.1 Medición y pago

Los cercos y tapas de pozos de revisión serán medidos en unidades como partes del pozo de revisión, su costo está incluido en los precios unitarios establecidos dentro del rubro Pozos de revisión para alcantarillado.

### **7.2.20 Estribos o peldaños**

El Constructor suministrará dentro de los precios unitarios consignados en su propuesta, todo el acero en varillas necesario y de la calidad estipulada en los planos, estos materiales deberán ser nuevos y aprobados por el Ingeniero Fiscalizador de la obra. El acero usado o instalado por el Constructor sin la respectiva aprobación será rechazado.

El acero para los estribos deberá ser doblado en forma adecuada y sus dimensiones, separación y colocación será la que se indique los planos.

Antes de precederse a su colocación, los estribos de hierro deberán limpiarse del óxido, polvo grasa u otras substancias que contengan y serán pintados con pintura anticorrosiva.

El empotramiento de los estribos en el hormigón deberá ser simultáneo con la fundición de las paredes de manera que quede una unión monolítica.

#### 7.2.20.1 Medición y pago

La medición de la colocación de estribos de acero, se medirá en unidades, el pago se hará de acuerdo con los precios unitarios estipulados en el Contrato.

### **7.3 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Iniciaremos haciendo conocer un aspecto que es sumamente importante y que se refiere a la presencia de gases tóxicos y explosivos en el interior de todos los sistemas de alcantarillado y sus Unidades de Tratamiento.

Cuando se deba ingresar al interior de cualquiera de las unidades del sistema, en forma obligatoria se dejará ventilar la unidad por espacio de unos 15 minutos y luego ingresar colocándose la máscara antigases. Nunca debe prenderse fuego en su interior.

En cuanto a la Operación y Mantenimiento de los sistemas tanto de agua potable como de alcantarillado es la EMASA - PM la entidad encargada de estas actividades.

El mantenimiento preventivo que se realizará consiste en la inspección periódica de las cajas y pozos de revisión y la limpieza de los sumideros de todos los componentes de los sistemas de agua potable y alcantarillado, para detectar cualquier situación anómala y tomar los correctivos del caso.

Para el efecto sugerimos se observen las recomendaciones que se indican en el cuadro de Actividades y Frecuencias.

Las aguas servidas contienen toda clase de desechos orgánicos e inorgánicos en forma líquida, sólida y gaseosa y contienen jabones celulosa, proteínas, bacterias, hongos etc. y una serie de minerales presentes en el suelo o en los elaborados industriales que se utilizan en el hogar, observándose también elementos como palos, piedras, plásticos, trapos, hojas y más objetos que pueden obstruir los conductos y deben ser eliminados.

Iniciaremos por elaborar un resumen del proceso que se lleva a cabo dentro de las unidades diseñadas para el tratamiento de las aguas servidas.

El sistema está compuesto por las siguientes unidades:

- Rejilla de Retención de sólidos gruesos

- Estructura de separación de caudales
- Cajón Repartidor de caudales
- Laguna de oxidación.
- Cajón para medir caudales y tomar muestras.
- Descarga del agua tratada.

### **7.3.1 Rejilla de gruesos**

La rejilla de retención de gruesos está diseñada para retener los elementos grandes que son arrastrados por las aguas hacia su tratamiento, por lo que se ubica inmediatamente antes de la entrada al separador de Caudales.

### **7.3.2 Toma de muestras para Laboratorio**

La muestra que se toma del agua tratada sirve para verificar el resultado del tratamiento que han recibido y por ende, la eficiencia del sistema, para lo cual se debe establecer una diferencia entre las condiciones en que entra el agua cruda y las condiciones en que sale el agua tratada de la planta.

La muestra del agua cruda se la obtiene en el cajón repartidor de caudales si se construyen dos módulos, o en el cajón de ingreso a la planta, es decir antes de la entrada a la planta; la muestra del agua tratada se la obtiene en el cajón de medidor de caudales.

Para la toma de cada una de las muestras se requiere un envase pequeño esterilizado (de los que se utilizan para la toma de muestras de orinas) y dos frascos de vidrio de 1 litro de capacidad cada uno.

El tiempo máximo permitido entre el momento en que se toma la muestra y el momento en que se entrega al laboratorio no debe ser mayor a 3 horas, debiendo estar las muestras en refrigeración durante éste período.

Para la refrigeración de las muestras antes de su entrega al laboratorio NO deben colocarse en los refrigeradores caseros, deben colocarse aisladas en un recipiente con suficiente hielo, el mismo que será desechado luego.

Los parámetros a analizarse en el laboratorio son los siguientes:

- PH
- DBO5
- Oxígeno Disuelto
- Sólidos Totales
- Sólidos disueltos
- Nitratos
- Aerobios mesófilos
- Coliformes totales
- Coliformes fecales
- Escherichia Coli

En la comparación se debe establecer que los parámetros de salida deben estar entre un 90 al 95% más bajos que los parámetros de entrada; si no es así se deberán implementar los correctivos necesarios para algún ajuste del sistema.

Los materiales gruesos, siendo éstos de todo tipo como maderos, plásticos, trapos, etc., deben ser retirados, clasificados y enviados al botadero municipal o enterrado en algún lugar del tratamiento.

### **7.3.3 Estructura de Descarga**

La estructura de descarga que actualmente existe es el elemento a través del cual se depositan en el lecho de la quebrada las aguas servidas que han sido tratadas en las Lagunas de Oxidación.

Esta estructura necesita una inspección semanal durante el período invernal y una inspección semestral durante el verano, inspecciones que servirán para verificar si no se han producido socavaciones en el terreno o si no está siendo invadida por la vegetación. En cualquiera de los dos casos se tomarán en forma inmediata medidas de reparación.

En los Anexos correspondientes se encontrarán indicados las actividades de mantenimiento a realizar y su frecuencia de aplicación así como un cuadro general en el que se registrarán los datos obtenidos durante la operación de las Lagunas de Oxidación.

## **CAPÍTULO VIII**

### **8 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

#### **8.1 OBJETIVO**

Identificar los impactos ambientales positivos y negativos que generará el desarrollo del proyecto y evaluar la magnitud e importancia de los mismos.

#### **8.2 ALCANCE**

Los impactos ambientales se identificaron en toda el área de estudio, tanto en la influencia directa como en la influencia indirecta, en las diversas fases del proyecto, como son la de construcción, operación y mantenimiento.

Adicionalmente, se priorizara los impactos de mayor magnitud y relevancia, los mismos que cuentan con medidas correctivas.

#### **8.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**

En el momento en que la obra comience a realizarse, podrán generarse impactos de diversos tipos y originados en diversas circunstancias.

Como consecuencia de lo anterior, a continuación se detallan actividades que podrían generar impactos, los cuales han sido clasificados y expuestos según la

etapa operativa en la cual se podrían presentar.

Etapa de construcción:

- Instalación de campamento
- Limpieza y desbroce
- Excavación de zanjas
- Relleno y compactación de zanjas
- Transporte de materiales
- Instalación de tuberías
- Movilización de maquinaria
- Generación de desechos
- Interrupción del tráfico
- Señalización

#### **8.4 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

Para efectuar una evaluación válida de los impactos ambientales que la concepción del sistema de alcantarillado podría ocasionar, se ha aplicado el método conocido y denominado como Matriz de Identificación de Impactos Ambientales.

El primer paso para la correcta utilización de la matriz es el de reducir la matriz original para lo cual, de la lista de “acciones” (columnas) se escogen todas aquellas que se consideran que pueden tener lugar en el área de influencia directa como indirecta del proyecto, a continuación se escogen de la lista de

“factores ambientales” (filas) aquellos que se consideran serán afectados por el proyecto.

Para determinar la relación de causalidad entre las acciones y los factores ambientales que han sido seleccionados, a cada fila de la matriz (factor ambiental), se confronta con cada una de las columnas (acciones), y se establece si existe una relación de causalidad entre los dos.

En la **Matriz 1** se muestra la interrelación de las acciones del proyecto y los factores ambientales considerados, en la que se proporciona el carácter o tipo de afectación de la interacción analizada, es decir, designarla como de orden positivo o negativo. Una vez realizado la interacción se procede a la suma tanto de acciones negativas como positivas.

Luego se presenta una **Matriz 2** peso - escala conocida como Matriz de Atkinson, tomando de -1 a -5 cuando el tipo de impacto es negativo o detrimento y +1 a +5 cuando del tipo de impacto es positivo o benéfico, pudiendo, de esta manera, indicar, de manera general, las mitigaciones a efectuarse. Esta matriz contiene los mismos elementos que la de Identificación de Impactos Ambientales, la diferencia es que en esta se califica al impacto, para determinar el grado de afectación de este, y poder priorizar los mismos.

Valores para la calificación de la matriz de Atkinson:

- |   |   |            |
|---|---|------------|
| 1 | → | bajo       |
| 2 | → | medio bajo |
| 3 | → | medio      |
| 4 | → | medio alto |
| 5 | → | altos      |

Nota: Ninguna acción puede ser positiva y negativa.



## **8.5 RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

Efectuando el análisis de la Matriz de Evaluación de Impactos correspondiente al proyecto de Alcantarillado Sanitario se puede indicar, como conclusión, que su funcionamiento podrá dar origen a un total de 202 impactos. De ese total, 142 impactos serían negativos, equivalente al 70,29 %, y 60 serían positivos, o 29,71 %. La calificación de impactos negativo es igual a 322 y la calificación de impactos positivos es igual a 239.

Los impactos negativos de mayor significación tendrían su origen en la etapa de construcción, con mayor perjuicio en los componentes ambientales como suelo, aire, ruido, bienestar, turismo y las acciones de mayor incidencia negativa son: la excavación de zanjas, y la contaminación de los cuerpos receptores en la etapa de operación y mantenimiento.

Entre los impactos positivos esta la generación de fuentes de trabajo para la comunidad en varios frentes especialmente en la ocupación mano de obra no calificada local.

A continuación presentamos un listado de impactos posibles a generarse durante las etapas de construcción y operación y mantenimiento, de las diferentes obras:

### **8.5.1 Construcción**

En la construcción de la obra se producirán los impactos que han de incidir en el desenvolvimiento de las actividades de la población, entre los cuáles se mencionan:

#### *Impactos Negativos:*

- Generación de polvo y ruido
- Molestias por cortes temporales de los servicios básicos

- Afectación del tráfico, vehicular y peatonal, por el cierre total o parcial de las vías.
- Deterioro de las vías

*Impactos Positivos:*

- Generación temporal de empleo
- Aumento de la plusvalía de los terrenos
- Mejoramiento en la salud de los moradores
- Mejora en la calidad de vida
- Incentivo a los moradores para mejorar sus viviendas

### **8.5.2 Operación y Mantenimiento**

*Impactos Negativos:*

- NINGUNO

*Impactos Positivos:*

- Participación de la comunidad en el cuidado de las obras
- Creación de convenios entre la Municipalidad y la Parroquia para la operación y mantenimiento de las obras

### **8.5.3 Medidas de Mitigación**

Una vez que se han determinado los posibles impactos que la construcción del sistema de alcantarillado sanitario podría ocasionar sobre el medio ambiente circundante, mediante la evaluación de impactos, se proponen medidas de mitigación para los diferentes impactos que se produzcan en la etapa de construcción.

**Cuadro 8-1: Medidas de Mitigación**

IMPACTO	PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN
<p>Alteración de las actividades cotidianas de quienes viven en el área de influencia del proyecto.</p>	<p>Sociabilización del Proyecto con la debida anticipación</p>
<p>Erosión, asentamiento del suelo y desbroce de vegetación por trabajos de excavación.</p>	<p>Vigilar que la compactación del relleno sea la adecuada para estos</p>
<p>Molestias causadas por la generación, acumulación y desalojo de materiales.</p>	<p>Exigir al contratista el desalojo oportuno y periódico de cualquier elemento de desecho.</p>
<p>Deterioro de la calzada De las vías.</p>	<p>Establecer la obligación de restaurar la calzada y vías afectadas por el proyecto</p>
<p>Interrupción accidental de otros servicios básicos (electricidad, agua, etc.)</p>	<p>En la sociabilización se comprometerá al contratista para que realice el arreglo obligatorio e inmediato.</p>
<p>Afectación del tráfico, vehicular y peatonal, por el cierre total o parcial de las vías.</p>	<p>Utilización de señalización y unidades de protección, vehicular y peatonal</p>

Elaborado: Ronmer L. Cumbal

#### **8.5.4 Plan de Manejo Ambiental**

Una vez formuladas las distintas medidas de mitigación es necesario ejecutar un Plan de Manejo Ambiental para la etapa de construcción en base a la Propuesta Precedente lo cual se coordinará entre el Contratista y la Fiscalización de la construcción del proyecto.

### **9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **9.1 CONCLUSIONES**

- Con el objeto de tener un proyecto económico, el diseño del sistema de alcantarillado sanitario ha sido proyectado de manera que la tubería siga la inclinación natural del terreno obteniendo excavaciones de mínimo relleno. Del análisis realizado se determinó que la mayor parte de las pendientes de la red de alcantarillado son del 5%, siendo los tramos de las calle Pedro Moncayo y La Concepción los de pendientes más altas con un 12%.
- Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se utilizó tubería de PVC, por la facilidad en su transporte, manejabilidad, mayor rendimiento, fácil adquisición y sobre todo porque este tipo de material soporta velocidades altas con las que circularan las aguas servidas por la red de alcantarillado. Las velocidades obtenidas de acuerdo a los resultados de los cálculos hidráulicos de esta investigación se encuentran entre 0,47 m/s y 3,31 m/s debido a las fuertes pendientes existentes en el sector, cumpliendo de esta manera con las velocidades permisibles para este tipo de tubería.
- La red de alcantarillado sanitaria de la Parroquia de Malchinguí que se propone ,cuenta con una longitud de 9.345,20 metros, formada por tuberías de 200 mm de diámetro interno, 106 pozos de revisión, además de accesorios necesarios para su funcionamiento. La red sanitaria se

encuentra implantada en las calles Quito y Jerusalén, beneficiando a los barrios de: La Concepción, 24 de Mayo, García Moreno, Quito Norte, Quito Sur, El Rosario, Santa Marianita, Pichincha, La Merced, La Buena Esperanza, San Vicente, Malchinguí, El Hospital y Venecia, que cubre a una población futura de 7.687 habitantes.

- En la etapa de construcción del sistema de alcantarillado sanitario se prevé ciertas afectaciones al bienestar de la población, por la generación de polvo, ruido y molestias por cortes temporales de los servicios básicos y la afectación del tráfico vehicular y peatonal; sin embargo, estas molestias no son de gran magnitud para la ejecución y desarrollo del proyecto. La implementación de la red de alcantarillado sanitaria, significará un cambio importante en el nivel de vida de los pobladores, ya que una vez ejecutado el proyecto inmediatamente se eliminarán focos de contaminación debido a la falta de infraestructura sanitaria.
- El costo aproximado de la construcción del proyecto de alcantarillado sanitario para la Parroquia de Malchinguí es de USD \$ 763.672,68 dólares americanos, lo que equivale a 106,00 dólares/ habitante y 6.178,69 dólares/hectárea.

## **9.2 RECOMENDACIONES**

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos de las redes de alcantarillado conforme se indica en el manual de operación y mantenimiento, para evitar que por acumulación de sedimentos se obstruyan total o parcialmente las tuberías. Las inspecciones se deben realizar preferentemente en tiempo de estiaje que son en los meses de junio, julio, agosto y parte de septiembre.
- El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se lo realizó tomando como base la topografía proporcionada por la EMASA-PM, sin embargo, previo a la construcción del proyecto se debe realizar el replanteo de los ejes que

permitan verificar afectaciones en la topografía por alguna variación en el uso del suelo como por ejemplo: construcciones nuevas, excavaciones a gran escala, explotación agrícola, modificación de vías, etc.

- Se recomienda gestionar de manera paralela a la ejecución de este proyecto los diseños de alcantarillado sanitario de los sectores que no se incluyen en este estudio, en vista de que estas zonas actualmente cuentan con unidades de servicio básico (USB o pozos sépticos), estos sistemas si no son correctamente tratados pueden generar la contaminación del suelo y del agua subterránea, afectando directamente la salud de la población y la producción agrícola; actividad que representa la principal fuente de ingreso económico de la población de la Parroquia de Malchinguí.
- Los diámetros internos calculados de las redes del sistema de alcantarillado sanitario son de 200 mm, si por alguna razón se requiere cambiar el tipo de tubería, se recomienda considerar los diámetros interiores propuestos en este estudio. En el caso de disponerse de diámetros mayores se debe revisar el diseño del sistema de alcantarillado teniendo en cuenta los cambios de pendientes, pérdidas de energía y formación de resaltos hidráulicos, especialmente en los casos más críticos que son los tramos P6-P50 y P20-P20', donde las velocidades de transporte de las aguas servidas son de 0,46 m/s, además se deberá controlar que las redes de drenaje se encuentren a una profundidad de 1,20 m entre la cota del terreno y la cota clave de la tubería, de tal forma que se garantice la protección de las tuberías del tráfico vehicular y que las descargas domiciliarias puedan ser drenadas por gravedad.
- Un sistema de alcantarillado sanitario se diseña para el desalojo de las aguas residuales. Considerando que actualmente la Parroquia de Malchinguí cuenta con un sistema de alcantarillado combinado (aguas servidas mas aguas lluvia), no se descarta la posibilidad de que existan conexiones erradas de tal manera que la gente por costumbre conduzca las aguas lluvias de sus viviendas a la red del alcantarillado sanitario, incrementando la carga hidráulica de la red de drenaje lo que podría ocasionar sobrecarga del sistema. Previo a la construcción del sistema de

alcantarillado sanitario, tanto el Municipio del Cantón Pedro Moncayo como el Gobierno de la Parroquia de Malchinguí, deberán realizar campañas informativas a la comunidad en materia de saneamiento ambiental y uso correcto de la red de alcantarillado sanitario, de manera de que la comunidad colabore y participe activamente en la prevención y mitigación de dicho problema, esto le permitirá a la población conocer los múltiples beneficios que alcanzarían con la construcción de la propuesta que se plantea en este trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

### **Autores**

BABBITT Harold, BAUMANN, Robert, *Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras*. Continental, México, 1962.

DAFT Richard, *Teoría y diseño organizacional*. International Thomson Editores. Octava Edición. México. 2005.

GALÁRRRA Efrén, *Apuntes del curso: Agua Potable*. Escuela Politécnica Nacional. APC - EPN, Quito, 2004.

MONTAQUIZA Jaime, *de alcantarillado pluvial destinado a la urbanización Pueblo Blanco en sus dos etapas*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2003.

ROCHA Arturo, Hidráulica de tuberías y canales.

RODRIGUEZ Pedro, Hidráulica 2, México, Agosto de 2008

USHIÑA, Victor. Estudio ambiental para el túnel de alivio colector Caicedo, Parroquias Rumipamba y Jipijapa. Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. Quito. 2011.

### **Revistas y Manuales**

MEXICHEM, Tubería Plastigama

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. *Especificaciones Técnicas. Departamento de Presupuesto Técnico*, Quito, 2009.

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EPMAPS-Q*. Primera edición. V&M Gráficas, Quito. 2009



EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. Desarrollo Institucional, Direccionamiento y Planificación Estratégica de la EPMAPS. Quito. 2010.

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. Instructivo para la ejecución de obras públicas por administración directa. Gerencia Técnica de Infraestructura. 2010.

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. *Estudio y diseño de la red de alcantarillado combinado para la cooperativa de vivienda "Luz y Vida"*, Quito, 2002.

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. Sistema de información geográfico informativo (SIGINFO). Gerencia de Desarrollo Institucional. Departamento de Recursos Informáticos. Quito. 2011.

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y SERVICIO BÁSICO, EMASA-PM

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Información y documentación – referencias bibliográficas – parte 2: documentos electrónicos o parte de ellos. ISO 690-2:1997. Primera edición. Ecuador: Quito. 2008. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 690-2:2008. Código: FD 05.13-401.

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA. *Especificaciones ex IEOS. Instituto Ecuatoriano de Obras Públicas*, Quito. 1992.

## **Acuerdos**

ACUERDO MINISTERIAL No. 2144. Reglamento para prevención y control de contaminación del agua. RO/ 204 de 5 de Junio de 1989.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN. ISO 690 Documentación - Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura.

Traducido al español por: Mauricio Silva Carreño. Bibliotecólogo. Sistema de Biblioteca - Universidad Católica de Valparaíso. 12ª ed. 1987.

ORDENANZA de la Urbanización de Interés Social y Desarrollo Progresivo a Favor de los Copropietarios del Comité Pro-mejoras del Barrio Nuevos Horizontes de Huarca. Quito. 2010.

### **Netgrafía**

AA.VV. Administración de Quito, disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Quito>, fecha de acceso: 11 de septiembre de 2011.

AA.VV. Administración Zonal Quitumbe. Disponible en: <http://www.quito.gov.ec/el-municipio/admgeneral/despacho.html>

AA.VV. Administración General del Distrito metropolitano de Quito.

<http://www.quito.gov.ec/el-municipio/administraciones/administracion-quitumbe.html>

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. Información institucional de la Empresa Pública Metropolitana de Agua potable y Saneamiento, disponible en: <http://EPMAPSq.gob.ec/>.

INSTITUTO ECUATORIANO DE ESTADÍSTICA Y CENSOS INEC. Disponible en: <http://www.inec.gov.ec/estadisticas/>

<http://www.ambiente.gob.ec/?q=node/38>

[http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC\\_Ley\\_de\\_Gestion\\_Ambiental.pdf](http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC_Ley_de_Gestion_Ambiental.pdf)

<http://www.migranteecuadoriano.gov.ec/content/view/2437/151/>

<http://es.scribd.com/doc/49113512/07-Biopelículas-en-alcantarillados-Efecto-de-medios-de-soporte-sobre-la-capacidad-hidráulica>

## **ANEXOS**

**ANEXOS 1**  
**HOJA DE CÁLCULO**

**ANEXO 2**  
**EVALUACIÓN ECONÓMICA**

**ANEXO 3**  
**EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

**ANEXO 4**  
**INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA**



**ANEXO 5**  
**PLANOS**