

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA
COMUNIDAD DE “HUAYCOPUNGO”**

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO

GÓMEZ GAVILANES, JUAN PABLO

DIRECTOR: ING. MSC. LUIS JARAMILLO

Quito, Julio 2006

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que colaboraron de una u otra forma para cumplir este sueño; en especial a mi madre, quien la persona más importante de mi existencia y ella es el incentivo más grande para seguir adelante.

Un saludo especial para aquellas personas que pensaron que no lo lograría ya que sin ellas tampoco hubiese llegado donde estoy ahora.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1	5
INTRODUCCIÓN	5
1.1. ANTECEDENTES	5
1.2. OBJETIVOS	6
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.3. HIPÓTESIS DE TRABAJO	6
1.4. JUSTIFICATIVO	7
1.5. ALCANCE	7
CAPITULO 2	9
GENERALIDADES	9
2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	9
2.2. CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS	9
2.2.1. CLIMA	9
2.2.2. HIDROGRAFÍA	10
2.3. DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS SOCIO, CULTURAL Y ECONÓMICO	10
2.4. POBLACIÓN Y VIVIENDA	11
2.5. SERVICIOS PÚBLICOS Y EQUIPAMIENTO DE LA COMUNIDAD	11
2.5.1. ACCESIBILIDAD	12
2.5.2 RED VIAL Y TRÁFICO	12
2.5.3. EDUCACIÓN	12
2.5.4. SALUD	13
2.5.5. AGUA POTABLE	13
2.5.6. ASEO PÚBLICO Y RECOLECCIÓN DE BASURA	13
2.5.7. ENERGÍA ELÉCTRICA	13
2.6. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE	14
2.7. PERIODO DE DISEÑO	15
2.8. ANÁLISIS POBLACIONAL	17
2.8.1. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO	19
2.9. DEMANDA Y CONSUMO DE AGUA	21
2.9.1. DOTACIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE HUAYCOPUNGO	22
2.10. ANÁLISIS DE CAUDALES	22
2.10.1. CAUDAL MÁXIMO DE AGUAS SERVIDAS	22
2.10.1.1. CAUDAL MEDIO DE AGUAS SERVIDAS	23
2.10.1.2. COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD O MAYORACIÓN (M) ... 23	
2.10.2. CAUDAL DE AGUAS DE INFILTRACIÓN	23
2.10.3. CAUDAL DE AGUAS ILÍCITAS	25
2.10.4. CAUDAL DE DISEÑO	25

CAPITULO 3	26
HIDRÁULICA DE LOS CONDUCTOS	26
3.1. CAPACIDAD DE LAS ALCANTARILLAS	26
3.1.1. FLUJO EN TUBERÍAS A SECCIÓN LLENA	26
3.1.2. FLUJO EN TUBERÍAS A SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA.	28
3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTOS	34
3.3. VELOCIDADES PERMISIBLES EN LOS CONDUCTOS	35
3.3.1. VELOCIDADES MÍNIMAS	35
3.3.2. VELOCIDADES MÁXIMAS	35
3.4. PENDIENTE DE LOS CONDUCTOS	36
3.5. TRANSICIONES	36
3.6. ÁREAS DE SERVICIO	38
3.7. TRAZADO DE LA RED	39
3.7.1. POZOS DE REVISIÓN	39
3.8. PROFUNDIDADES DE LOS CONDUCTOS	40
3.9. DATOS PARA EL DISEÑO	40
3.10. EJEMPLO DE CÁLCULO	43
3.10.1. EXPLICACIÓN DE CELDAS NUMERADAS.	44
3.11. CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LA RED	50
CAPITULO 4	57
PRESUPUESTO	57
4.1. DETERMINACIÓN DEL VALOR UNITARIO POR RUBRO	57
4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	66
4.3. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO	76
CAPITULO 5	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1. CONCLUSIONES	77
5.2. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	80
PLANOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COMUNIDAD DE HUYACOPUNGO	80

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Uno de los requerimientos básicos de cualquier centro poblado es la rápida y segura recolección, transporte, tratamiento y disposición final de sus aguas residuales; pero a lo largo del tiempo debido al crecimiento poblacional en la comunidad de Huaycopungo , se observa que aumenta el volumen de desechos producidos y disminuye porcentualmente la cobertura de los servicios públicos existentes; además la convivencia de una parte de los habitantes junto a las aguas servidas, que actualmente es enviada a las calles y caminos públicos, al no disponer de otra alternativa, ha sido la causa de enfermedades hídricas de diversa índole, que afectan sobre todo a la población más vulnerable; es decir la población infantil.

Con lo dicho anteriormente tratando de dar una solución técnica a estos requerimientos indispensables de la población, se realiza el presente estudio de alcantarillado de la comunidad de Huaycopungo, a fin de cubrir los sectores que aun no poseen alcantarillado y establecer zonas que a pesar que lo poseen presentan deficiencias y ejecutar acciones correctivas sobre las mismas.

Dando en este documento un conjunto de observaciones específicas para asegurar la adecuada disposición de aguas negras del sector, que se complementarán con las acciones programadas por el Gobierno Municipal de Otavalo en cuanto se refiere a la realización de los estudios de captación y

tratamiento de las aguas servidas que desembocan actualmente al Lago San Pablo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad de Huaycopungo

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mejorar las condiciones de vida de la población
- Reducir el factor de riesgo de enfermedades de origen hídrico que tiene la población, expuesta a la amenaza de contaminación directa o indirecta, por estar en contacto con las aguas negras o a través del consumo de alimentos agrícolas o animales.
- Realizar una participación activa de los técnicos en la solución de la problemática y en los procesos de desarrollo de la región.

1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Tomando en cuenta ciertos lineamientos técnicos dados por el departamento de Obras Públicas del Gobierno Municipal del cantón Otavalo; además de parámetros ya establecidos por la municipalidad del cantón Quito utilizados para diseño de sistemas de alcantarillado en el sector rural del mismo, válidos también para el diseño del sistema tratado en esta tesis; y otros parámetros de entidades públicas, se ha adoptado las siguientes hipótesis de trabajo:

- Período de diseño 20 [años] consecuente con el cálculo de la población futura y dentro de los límites permisibles.
- Índice de crecimiento poblacional del 4%, podría tomarse este valor como elevado pero debido al fuerte crecimiento de la población de la comunidad en estos años, es aconsejable tomar este valor.
- Coeficiente de retorno de 0.7 dado por los parámetros de la EMAAP-Q.
- Dotación de agua potable para zona rural de 150 [l/hab/día] valor recomendado por el EX-IEOS.

1.4 JUSTIFICATIVO

Según informes de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el saneamiento ambiental puede reducir la incidencia de enfermedades infecciosas entre el 20 y el 80% a través de la inhibición de la generación de enfermedades y la interrupción de su transmisión; así mismo el Gobierno Municipal del cantón Otavalo ha dado prioridad a los programas de Saneamiento Ambiental, en comunión con el Plan de Vida del Cantón Otavalo, preparado por el Municipio en el año 2000.

Analizando estas circunstancias con el presente estudio de alcantarillado se pretende no solo solucionar problemas ambientales por contaminación, sino también se brinda una ayuda social para contribuir al mejoramiento del nivel de vida de los pobladores de la comunidad de Huaycopungo.

1.5 ALCANCE

Obtener una apropiada disposición de los desechos domésticos producidos por los habitantes de Huaycopungo hacia las tuberías proyectadas, mediante la construcción de un alcantarillado sanitario justificado bajo los requerimientos

de esta tesis, dando al final un servicio de verdadera utilidad hacia la comunidad durante el tiempo de vida de las estructuras planificadas.

En cuanto al tratamiento de las aguas residuales producidas se debe procurar dar una solución global que involucre a las comunidades asentadas en las riveras del lago San Pablo mediante la construcción de colectores que lleven todas las aguas servidas producidas hacia una planta de tratamiento.

CAPITULO 2

GENERALIDADES

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Huaycopungo forma parte de las comunidades que se asientan alrededor del lago San Pablo, pertenecientes al cantón Otavalo, provincia de Imbabura; y se encuentra asentada a 2684 metros sobre el nivel del mar; en las coordenadas geográficas: latitud 17811000E y longitud 10021000N según la proyección transversal de Mercator y de acuerdo a las cartas elaboradas por el Instituto Geográfico Militar.

2.2 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

2.2.1 CLIMA

Según el INAMHI con su estación Otavalo, tenemos los siguientes índices característicos:

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA CIUDAD DE OTAVALO	
- Intensidad precipitación anual	1119 [mm]
- Intensidad precipitación mensual	93 [mm]
- Meses mayor precipitación	Febrero, marzo, abril
- Meses menor precipitación	Junio, julio, agosto
- Temperatura promedio anual	13.5 [°C]
- Humedad relativa media	83%
- Evaporación promedio anual	1.182 [mm]
- Evaporación promedio mensual	98.44 [mm]

2.2.2 HIDROGRAFÍA

Hacia la parte norte de la comunidad encontramos al río Itambi, que a su vez constituye el límite de la comunidad por este sector; cuya desembocadura cercana es en el lago San Pablo, que actualmente es el receptor de aguas servidas de todas las poblaciones asentadas en sus orillas.

La zona forma parte de la cuenca sur del lago San Pablo, que presenta un declive uniforme descendente de sur a norte, con su parte mas baja hacia el norte, formando una llanura hasta terminar en las inmediaciones del lago.

2.3 DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS SOCIO, CULTURAL Y ECONÓMICO

A pesar que la comunidad de Huaycopungo es considerada desde tiempos ancestrales cuna de la Otavaleñidad, ha sido olvidada y relegada por las autoridades y no ha recibido la adecuada atención de sus necesidades, sin tomar en cuenta que es un centro poblado que ha presentado un constante desarrollo durante los últimos años.

La principal actividad económica de la población que vive en la comunidad es el tejido y venta de esteras, comercializado la mayoría de este producto en el exterior; siendo para ellos indispensable como materia prima la totora presente en gran cantidad en las rivera del lago San Pablo; economía complementada con la agricultura, teniendo como uno de sus principales productos la frutilla; abastecido en gran parte al mercado de esta fruta desde este sector; y no

podemos dejar atrás la valiosa e infaltable ayuda de los emigrantes que han colaborado de gran manera para mejorar el nivel de los pobladores del sector.

2.4 POBLACION Y VIVIENDA

Según el VI Censo de Población y V de Vivienda del 2001 en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo; se tiene los siguientes datos relacionados con estos indicadores:

CUADRO POBLACION Y VIVIENDA

	POBLACION	VIVIENDA
PROVINCIA	344.044 (VI población)	98.123 (V vivienda)
CANTON	90.188 (V población)	24.358 (IV vivienda)
URBANA OTAVALO	30.965 (V población)	4.929 (IV vivienda)
RURAL OTAVALO	59.223 (V población)	8.937 (IV vivienda)

En la comunidad de Huaycopungo viven 450 familias, con una población de aproximada de 2000 habitantes; datos obtenidos por un censo interno hecho en la comunidad y suministrado para este estudio por parte de las autoridades de la misma.

2.5 SERVICIOS PÚBLICOS Y EQUIPAMIENTO DE LA COMUNIDAD

Los siguientes datos son obtenidos de un diagnostico hecho por el Subcentro de salud “San Rafael” en el año 1999; varios de los cuales han sido actualizados para este estudio con ayuda de las autoridades de la comunidad.

La mayoría de los datos obtenidos del diagnóstico son igualmente válidos para esta época ya que la realidad que viven estas comunidades asentadas en las riveras del lago San Pablo no ha sufrido cambios importantes desde entonces.

2.5.1 ACCESIBILIDAD

La parte superior de la comunidad da hacia la carretera de primer orden Quito-Otavallo; mientras que la parte más alejada de la misma queda a 10 [min] en automóvil y 20 [min] a pie debido al declive de las calles.

La población puede acceder hacia la comunidad solamente en carro propio o a pie; debido a que no existen rutas de buses que sirvan a la población de este sector.

2.5.2 RED VIAL Y TRÁFICO

Salvo una calle que circunda a la comunidad, que presenta un empedrado muy deteriorado, el resto son de tierra afirmada.

Aparte de los usuarios del lugar, las calles de estas zonas son utilizadas por el tráfico vehicular, básicamente camionetas que sirven para sacar los productos agrícolas.

2.5.3 EDUCACIÓN

Existe un centro educativo Escuela Juan Francisco Cevallos absolutamente insuficiente para la cantidad niños existentes dentro de la comunidad

2.5.4 SALUD

El centro de salud mas cercano se halla en la parroquia de San Rafael, de donde proviene el diagnóstico del cual se apoyan los datos de estos parámetros; el cual se encuentra ubicado aproximadamente a 2 [km] .

2.5.5 AGUA POTABLE

Actualmente la comunidad se sirve de agua entubada, la cual sirve aproximadamente a un 32% del total de la población; siendo este sistema complementado con 3 tanques de almacenamiento.

2.5.6 ASEO PÚBLICO Y RECOLECCIÓN DE BASURA

El sistema de recolección de basura brinda el servicio de acuerdo a turnos dispuestos por el departamento de Higiene del Municipio de Otavalo; brindando el servicio aproximadamente a un 60% de la población; este punto a mejorado desde la fecha en que se hizo el diagnóstico base de estos parámetros.

2.5.7 ENERGÍA ELÉCTRICA

Este servicio lo posee prácticamente toda la población; pero siendo prácticamente inexistente el alumbrado público.

2.6 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

La comunidad posee un sistema de alcantarillado que cubre un aproximado del 34% de la población, y data de hace 10 años; pero que sin lugar a dudas presenta falencias técnicas y constructivas; las cuales fueron observadas después de realizar la revisión de alcantarillas y diferentes estructuras existentes, verificación de estado actual, funcionamiento, evaluación de las características hidráulicas; de cuyos resultados se desprenden varios problemas de entre los que destacan con mayor notoriedad los que se detallan a continuación:

- Se presentan tramos por los cuales ya no fluyen las aguas servidas hacia la descarga, ubicados en la parte inferior del sistema y que conducen hacia el foso anaerobio, tramos que se encuentran obstruidos (tanto por la falta de mantenimiento como por la falta de pendiente que presentan los mismos); por lo cual, se vierten las aguas servidas por la parte superior de los pozos hacia el terreno circundante presentándose un grave problema de salubridad.
- Al no observarse normas ambientales básicas, se pone en peligro la salud de los pobladores, que se sirven de productos animales y vegetales de estos lugares, que luego son llevados a mercados y lugares de expendio⁵.
- Estas aguas residuales y las del sector norte son conducidas por una tubería independiente de cemento de 200 [mm], que luego son descargadas hacia un foso anaerobio que actualmente no funciona; siendo finalmente conducidas por canales a cielo abierto hacia el Lago San Pablo. Esto fosos anaerobios fueron construidos por el FISE-

Municipio de Otavalo entre 1994-95, como solución para varios sectores como San Pablo, Gonzáles Suárez, Huaycopungo, Espejo y otros; solución que no a dado sus frutos debido a la completa falta de mantenimiento y remoción de lodos que han ido acumulándose en el foso hasta impedir su funcionamiento, actividades que no fueron hechas desde la construcción de los mismos.

- Con la finalidad de contar con un estudio lo más completo posible, se ha abocado las tareas de evaluación de ciertos tramos de tal manera de reflejar lo más fielmente posible el estado actual del sistema, tanto en longitudes, ubicaciones, tipo de tubería y estado, que es de mucha utilidad para el presente diagnóstico y para la Municipalidad, a fin de acometer planificadamente los trabajos relativos, sea que se lo haga en una o varias etapas⁵.
- Este estudio tiene por finalidad dar soluciones a los problemas anteriormente descritos, mismos que constan en la presente memoria, diseños, anexos a este documento. Dando prioridad al diseño del sistema de alcantarillado sanitario para conducir las aguas servidas hacia la parte baja donde se pretende dar tratamientos de tipo biológico u otros técnicamente aplicables a las condiciones socioeconómicas del lugar; además, que puedan ser sustentables y puedan presentar un beneficio para los pobladores de la comunidad⁵.

2.7 PERIODO DE DISEÑO

Definido como el lapso de tiempo en el cual una obra o estructura servirá eficientemente, sin necesidad de ampliación, en condiciones adecuadas de

confiabilidad y economía; siendo una parte importante la definición del mismo en la realización de cualquier proyecto.

Tomando como base los parámetros de diseño de la EMAAP-Q tenemos que: para redes de alcantarillado en general se recomienda periodos de diseño de 25 [años]. Sin embargo, el período escogido depende del tipo de material que se utilice en la recolección, el consultor deberá justificar la adopción de este parámetro¹.

En el sistema a ser diseñado utilizaremos tuberías de hormigón; el uso de éste tipo de tuberías se remonta a la construcción de alcantarillas en Roma, 800 años A.C.; y en nuestro continente las primeras instaladas fueron en EEUU, en el año 1842. Los tubos pueden ser de hormigón simple o de hormigón armado. Los tubos de hormigón, se fabrican en moldes metálicos, empleando hormigones ricos en dosificación de cemento.

Las principales ventajas de este tipo de tuberías son:

- Bajo coeficiente de rugosidad.
- Pueden ser fabricados para una amplia gama de resistencias, variando únicamente el espesor de las paredes.
- Tienen la posibilidad de ser fabricados en el mismo lugar de las obras.

En función de los componentes también se define el período de diseño, así tenemos:

Colectores secundarios y principales de 20 a 30 [años]

Colectores, interceptores y emisarios de 30 a 50 [años]

Pero debemos tomar en cuenta que existen ciertos aspectos que pueden modificar este periodo tales como: facilidad constructiva, posibilidad de ampliaciones o sustituciones, economía, tendencia de crecimiento poblacional y los lineamientos del Plan Maestro de desarrollo urbano y rural del cantón.

Al realizar un análisis de los diferentes aspectos mencionados anteriormente empezamos con el desarrollo económico del sector, el cuál ha venido dándose a ritmos acelerados no solo por el aporte de emigrantes sino por fundaciones extranjeras que han hecho convenios a largo plazo con la comunidad prestando ayuda económica que se ve reflejada en este proyecto y en otros; sirviendo de un aporte fundamental para el desarrollo de Huaycopungo; además siguiendo el Plan Maestro de desarrollo rural del cantón tenemos la construcción de una carretera que une las poblaciones de Araque y Huaycopungo que beneficiará de gran manera al sector, otorgando una alternativa vial y turística .

Finalizando el análisis anterior se propone un período de diseño de 20 [años]; período acorde a las características del sector, su crecimiento y su influencia sobre las otras poblaciones del sector.

2.8 ANÁLISIS POBLACIONAL

Tomamos nuevamente los parámetros de diseño de la EMAAP-Q; las cuales nos dicen que la población al inicio del proyecto se obtendrá de los datos entregados por el Plan Maestro, los que han sido obtenidos de la progresión de los censos de población de cada una de las zonas censales del INEC¹.

Finalmente nos dice que la población final se considerará para 20 [años] a partir de la fecha estimada de inicio de la operación del sistema, en todo caso el consultor justificará los índices de crecimiento en función de las condiciones de la zona. Los datos de población son importantes para escoger y dar dimensión a los interceptores y emisarios sanitarios, así como el tratamiento¹.

Para realizar el análisis de crecimiento poblacional de la comunidad, utilizaremos los censos de población correspondientes a la Parroquia de San Rafael, a la cuál pertenece la comunidad de Huaycopungo; censos hechos por el INEC en los años 1990 y 2001; además de un censo poblacional realizado en el año de 1999 por el Subcentro de salud de la Parroquia de San Rafael. Censos que dan los siguientes valores:

AÑO	1990	1999	2001
POBLACIÓN	846	3480	4762

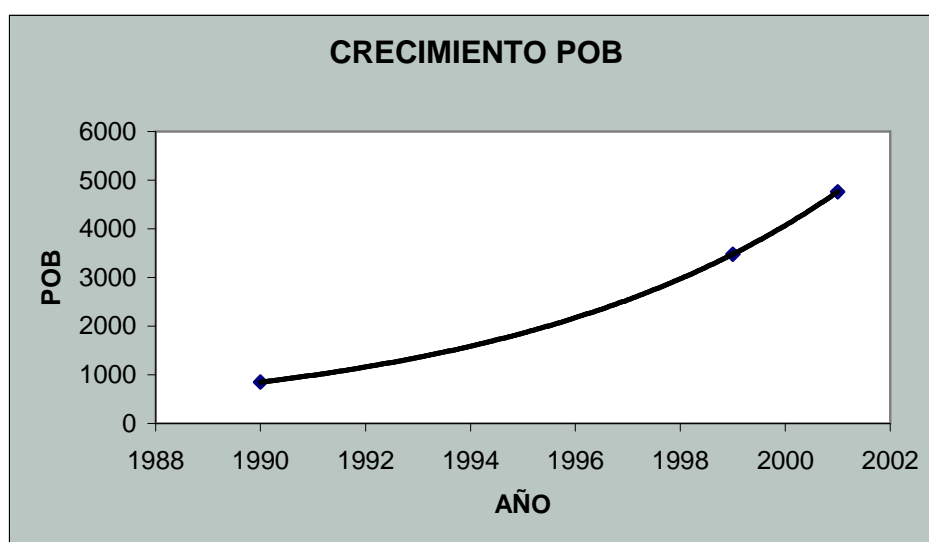


Gráfico 1

2.8.1 CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO.

Según datos censales del año 1999 existían en la comunidad de Huaycopungo una población de 1136 [hab]; de los cuales, estaban servidos aproximadamente la mitad de la población por el alcantarillado antiguo; tenemos que en ese entonces la población que no disponía de alcantarillado era de 568 [hab] y con el aumento de la población esta cantidad asciende a los 1432 [hab]; como dato para el cálculo en el diseño utilizaremos el valor de 1300 [hab], ya que los restantes 132 [hab] se podrán servir del alcantarillado anterior.

Utilizando el gráfico 1 sacamos en conclusión que el crecimiento poblacional en la parroquia de San Rafael y por ende en la comunidad de Huaycopungo tienen una tendencia exponencial; tendencia que asumiremos para el cálculo de la población final de diseño. Siendo este modelo aplicable para poblaciones en plena dinámica de crecimiento, con grandes posibilidades de desarrollo y horizontes libres donde el crecimiento se produce en forma continua; siendo su variación matemáticamente expresada por la fórmula:

$$Pf = Pa * e^{r*n} \quad (1)$$

Donde:

Pf = Población futura [hab]

Pa = Población actual [hab]

r = Índice de crecimiento anual [%]

n = Período de diseño [años]

Así mismo para el análisis del índice de crecimiento hemos tomado los mismos datos censales, cuyos resultados se encuentran expresados en la siguiente tabla:

AÑO	POBLACIÓN	Pf / Pa	n	MODELO		
				EXP r	GEO r	ARIT r
1990	846	-	-	-	-	-
1999	3480	4,113	9	0,157	0,170	0,346
2001	4762	1,368	2	0,157	0,170	0,184
			SUMA	0,314	0,340	0,530
			r_p (%) =	15,70	17,00	26,51

Tabla 1

Se han obtenido los valores del índice de crecimiento usando los métodos: exponencial, geométrico, aritmético y podemos concluir que para este tipo de comunidades que han sufrido un crecimiento acelerado en el intervalo de tiempo del análisis no es conveniente utilizar estos valores; ya que los mismos no se ajustan y sobrepasan el índice de crecimiento poblacional del cantón; que según datos censales proporcionados por el INEC del VI censo de población y V de vivienda 2001-agosto 2002; tenemos para el cantón Otavalo un valor de 4.3% anual; es así que en común acuerdo con los técnicos de la municipalidad se acordó darle un valor a este índice de 4% anual; valor que será utilizado para los cálculos en este estudio.

Reemplazando los valores en la Ecuación 1, tenemos:

$$Pf = 1300 * e^{4/100*20}$$

$$Pf = 2893 [hab]$$

Utilizando tanto el levantamiento topográfico como el diseño de la red, se ha calculado un área del proyecto igual a 14.10 [Ha]; a partir de lo cual podemos calcular la densidad poblacional, mediante la expresión:

$$DP = \frac{Pf}{AP} \quad (2)$$

Donde:

DP = Densidad Poblacional [hab/Ha]

Pf = Población futura [hab]

AP = Área del proyecto

Reemplazando los valores en la Ecuación 2, tenemos:

$$DP = \frac{2893}{14.10}$$

$$DP = 205 \text{ [hab/Ha]}$$

Siendo este un valor alto pero que coincide con el crecimiento de la población que tiene la tendencia a concentrarse dentro de espacios relativamente pequeños dentro de la comunidad.

2.9 DEMANDA Y CONSUMO DE AGUA

Los diferentes tipos de consumo que se le de al agua conforman la demanda de la misma; siendo estos para la comunidad en estudio: doméstico, industrial y agrícola; también tenemos que considerar las contribuciones por infiltración y las conexiones clandestinas.

Existen varios factores que determinan el consumo; siendo algunos en el caso específico de la comunidad: características socioeconómicas, servicio de alcantarillado, presión en la red de distribución de agua, tarifas, siendo estos los preponderantes.

2.9.1 DOTACIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE HUAYCOPUNGO

La acertada adopción de este valor es factor importante que conlleva a realizar un diseño acertado que refleja la realidad de la población que forma parte de la comunidad.

Tomando en cuenta el tipo de población, el clima existente y las costumbres de los habitantes, se adopta como dotación media: **150 [l/hab/día]** para zona rural; adoptando las recomendaciones del EX-IEOS.

2.10 ANÁLISIS DE CAUDALES

2.10.1 CAUDAL MÁXIMO DE AGUAS SERVIDAS

El caudal máximo de aguas servidas se calcula con la expresión:

$$Q_{\max} = PA \left(\frac{Q_{\text{med}} * M}{86400} \right) \quad (3)$$

Donde:

PA = Población aportante [hab]

Qmed = Caudal medio de aguas servidas [l/hab/día]

M = Coeficiente de mayoración

2.10.1.1 Caudal medio de aguas servidas

Según los parámetros de la EMAAP-Q nos dicen que: el caudal medio de aguas residuales será igual al 70% de la dotación de agua potable.

Reemplazando los valores tenemos:

$$Q_{med} = 0.7 * 150$$
$$Q_{med} = 105 \text{ [l/hab/día]}$$

2.10.1.2 Coeficiente de simultaneidad o mayoración (M)

Utilizando la expresión proporcionada por la EMAAP-Q tenemos que:

$$M = \frac{2.228}{Q_{med}^{0.073325}} \quad (4)$$

Donde:

M = Coeficiente de simultaneidad o mayoración

Condición: $M = 4$, cuando $Q_{med} < 4$ [l/s]

Rango de límites: $1.5 \leq M \leq 4$

Q_{med} = Caudal medio diario de aguas servidas [l/s]

2.10.2 CAUDAL DE AGUAS DE INFILTRACIÓN

Las aguas de infiltración siempre están presentes en los sistemas de alcantarillado y dependen de varios factores como: cuidado en la construcción

del sistema, tipo de suelo, altura del nivel freático, parte de los conductos pueden quedar sumergidos en el agua.

Según los parámetros de la EMAAP-Q el valor de las aguas de infiltración se toma como:

$$Q_{inf} = 0.1 * A$$

Donde:

Q_{inf} = Caudal de aguas de infiltración [l/s]

A = Área de proyecto [Ha]

Pero esta expresión para el caso de la comunidad de Huaycopungo podría ser muy conservadora; ya que, la característica de una parte importante del sector es presentar un nivel freático elevado; además, se tiene una importante infiltración en la zona.

Dados estos motivos utilizaremos para el cálculo del sistema la expresión dada por el EX-IEOS que nos dice que para áreas de proyecto menores a 40.5 [Ha] el valor del caudal de las aguas de infiltración es:

$$Q_{inf} = 14 [m^3/Ha/día] \quad (5)$$

Utilizando esta expresión tenemos valores de infiltración un poco más altos, con lo que se pretende hacer un mejor diseño del sistema.

2.10.3 CAUDAL DE AGUAS ILÍCITAS

Consideradas aquellas contribuciones de aguas lluvias en el alcantarillado sanitario de carácter ilegal a través de conexiones clandestinas.

A pesar de contar con una población no numerosa y a sabiendas que la contribución por conexiones clandestinas va a ser pequeña, seguiremos un parámetro dado por el EX-IEOS; el cuál nos dice:

$$Q_i = 80 * PA \quad (6)$$

Donde:

Q_i = Caudal de aguas ilícitas [l/día]

PA = Población aportante [hab]

2.10.4 CAUDAL DE DISEÑO

El caudal a utilizarse para el diseño de los colectores de aguas residuales será el que resulte de la suma de los caudales de aguas residuales, domésticas afectados por sus respectivos coeficientes de retorno y mayoración, más los caudales de infiltración y conexiones ilícitas⁶.

CAPITULO 3

HIDRÁULICA DE LOS CONDUCTOS

A pesar de que las aguas negras contienen hasta un 0.2% de materias sólidas, su comportamiento obedece a las leyes del escurrimiento del agua, empleándose los mismos principios y formulas⁶.

En el análisis de caudales obedecemos a las condiciones de picos máximos en el cálculo de los mismos; por lo cual, estamos dentro del movimiento permanente y uniforme; sin embargo sabemos que el movimiento dentro de los conductos presenta tanto: caudales, calados y velocidades variables pero hacemos una simplificación para el diseño del alcantarillado.

3.1 CAPACIDAD DE LAS ALCANTARILLAS

3.1.1 FLUJO EN TUBERÍAS A SECCIÓN LLENA

En el diseño de conductos circulares, se utilizan tablas, nomogramas y programas de computadora, los mismos están basados en la fórmula de Manning y relacionan la pendiente, diámetro, caudal (capacidad hidráulica) y velocidad, para condiciones de flujo a sección llena.

El caudal lo calculamos simplemente con la expresión:

$$Q = A * V \quad (7)$$

Donde:

Q = Caudal a tubo lleno [m^3/s]

A = Área transversal [m^2]

V = velocidad del flujo [m/s]

Para el cálculo de la velocidad utilizaremos la fórmula de Manning ya que es la más recomendable por su sencillez y por sus resultados satisfactorios; la cual nos dice:

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2} \quad (8)$$

Donde:

V = velocidad del flujo [m/s]

n = coeficiente de rugosidad [$s/m^{1/3}$]

Rh = Radio hidráulico [m]

S = Pendiente del gradiente hidráulico [m/m]

El coeficiente de rugosidad depende del tipo de material a utilizar en el tramo de alcantarillado; tomando nuestro caso, tanto para tuberías de hormigón simple con uniones de mortero-cemento, como para tuberías de plástico o PVC corrugada, el valor del coeficiente de rugosidad es de 0.013.

El radio hidráulico para flujo a sección llena es:

$$Rh = \frac{D}{4} \quad (9)$$

3.1.2 FLUJO EN TUBERÍAS A SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA.

El flujo a sección llena se presenta en condiciones especiales. Se debe destacar que la condición normal de flujo en conductos circulares de alcantarillado, es a sección parcialmente llena, con una superficie de agua libre y en contacto con el aire; por lo que, en el diseño es necesario determinar el caudal, velocidad, tirante y radio hidráulico. Para el cálculo es necesario utilizar las propiedades hidráulicas de la sección circular que relacionan las características de flujo a sección llena y parcialmente llena⁶.

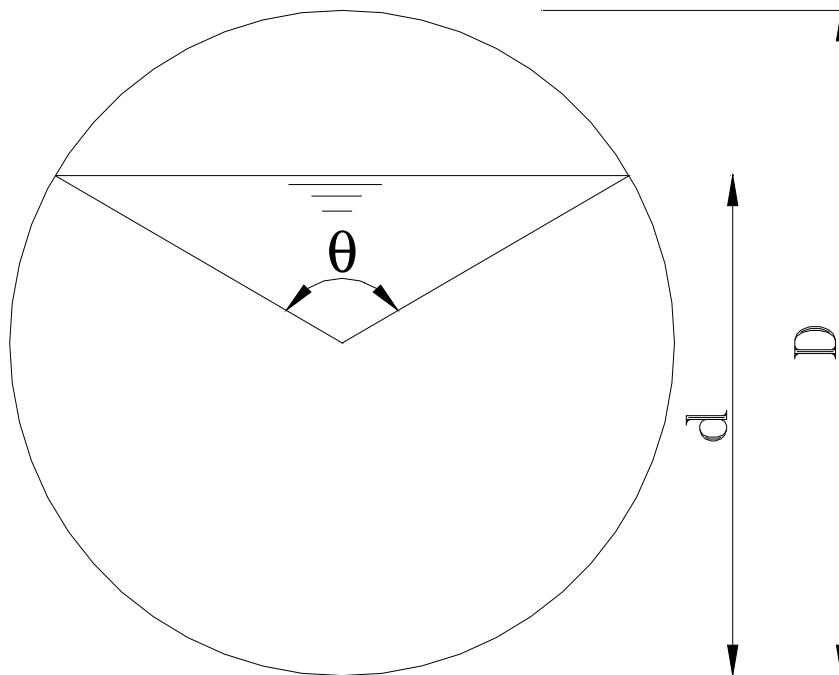


Gráfico 2

De los parámetros de la EMAAP-Q tenemos que para los cálculos hidráulicos las tuberías se diseñaran a tubo parcialmente lleno, con el 80% de capacidad máxima de la sección del tramo. Se mantendrá siempre las condiciones de flujo a gravedad en los colectores o tuberías¹.

Entonces tenemos que:

$$\frac{d}{D} = 0.80 \quad (10)$$

Adicionalmente utilizando el gráfico 2 podemos establecer las relaciones hidráulicas para secciones parcialmente llenas, utilizando las siguientes expresiones:

El ángulo central θ° (en grado sexagesimal):

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

Radio hidráulico:

$$rh = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 * \text{sen} \theta^\circ}{2 * \pi * \theta^\circ} \right) \quad (12)$$

La velocidad:

$$v = \frac{0.397 * D^{2/3}}{n} \left(1 - \frac{360 * \text{sen} \theta^\circ}{2 * \pi * \theta^\circ} \right)^{2/3} * S^{1/2} \quad (13)$$

El caudal:

$$q = \frac{D^{8/3}}{7257.15 * n(2 * \pi * \theta^\circ)^{2/3}} \left(2 * \pi * \theta^\circ - 360 * \text{sen} \theta^\circ\right)^{5/3} * S^{1/2} \quad (14)$$

Entonces las relaciones fundamentales quedan definidas como;

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

$$\frac{q}{Q} = \frac{a}{A} * \frac{v}{V}$$

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

Utilizando estas expresiones podemos calcular las relaciones fundamentales v/V ; q/Q para valores de coeficiente de rugosidad constantes; sin embargo, el coeficiente de rugosidad es una función directa del radio hidráulico; siendo esta variación pequeña, pero necesario obtener este valor para asegurarnos de estar haciendo un diseño óptimo.

De datos obtenidos del diagrama d/D Vs N/n sacamos los siguientes valores:

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

Tabla 2

De los datos presentes en la tabla 2 podemos trazar un gráfico de dispersión y agregarle al mismo una línea de tendencia polinómica, con lo que obtendremos la ecuación de variación de N/n en función de d/D y usando estos datos podremos obtener con mayor exactitud las relaciones fundamentales v/V y q/Q .

Entonces las relaciones fundamentales quedan definidas en las siguientes expresiones.

$$\frac{v}{V} = \frac{N}{n} * \left(\frac{rh}{Rh} \right)^{2/3} \quad (17)$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{N}{n} * \frac{a}{A} * \left(\frac{rh}{Rh} \right)^{2/3} \quad (18)$$

Siendo los valores de v/V y q/Q , tanto para n constante, como para n variable tabulados en la siguiente tabla:

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

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

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

Tabla 3

Nota: Los valores en mayúsculas de V, Q, A, D, Rh corresponden al flujo a sección llena; mientras los mismos valores en minúsculas corresponden al flujo en secciones parcialmente llenas.

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTOS

El dimensionamiento de la sección del conducto se hará en base de la ecuación de Manning (8), utilizando los valores de rugosidad (n) y pendientes (S) escogidas; con circulación del flujo a sección llena.

Utilizaremos como diámetro mínimo para el alcantarillado sanitario el valor de 200 [mm]; valor recomendado por los técnicos de la municipalidad; además, se escogió este valor como mínimo con el fin de evitar obstrucciones en la tubería ocasionadas por agentes externos adicionales al caudal normalmente transportado⁵.

3.3 VELOCIDADES PERMISIBLES EN LOS CONDUCTOS

3.3.1 VELOCIDADES MÍNIMAS

Según normas del EX-IEOS tenemos que para alcantarillado sanitario la velocidad mínima a tubo lleno es de **0.45 [m/s]** .

Consideraremos la velocidad de autolimpieza como aquella tal que pueda arrastrar la materia sólida característica de las aguas servidas para evitar la sedimentación de los mismos.

Sin embargo, la velocidad cerca del fondo del conducto es la más importante a efectos de la capacidad transportadora del agua; la cual debe ser suficiente para evitar un depósito importante de sólidos. Por tal motivo, se debe verificar que para condiciones de flujo parcialmente lleno, la velocidad no sea menor a **0.3 [m/s]**.

Al ser las estructuras diseñadas para el final del periodo de diseño es necesario realizar mantenimiento de los pozos de revisión al comienzo del período de diseño, principalmente los pozos de inicio; debido a la sedimentación de sólidos producida por las bajas velocidades.

3.3.2 VELOCIDADES MÁXIMAS

Según los parámetros de la EMAAP-Q tenemos: la velocidad máxima de diseño en tuberías de hormigón es de **6.00 [m/s]**; limitación dada para reducir el daño por abrasión en los conductos debido al arrastre de materiales como la

arena; si al realizar el diseño obtuviéramos velocidades mayores a la máxima se proyectará y diseñará estructuras hidráulicas de disipación de energía que permitan pasar de régimen supercrítico a régimen subcrítico a la salida de dichas estructuras.

3.4 PENDIENTE DE LOS CONDUCTOS

La pendiente del conducto se selecciona de tal manera que se ajuste, en lo posible a la topografía del terreno, y que cumpla con las velocidades permisibles para el caudal de diseño del tramo⁵.

3.5 TRANSICIONES

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

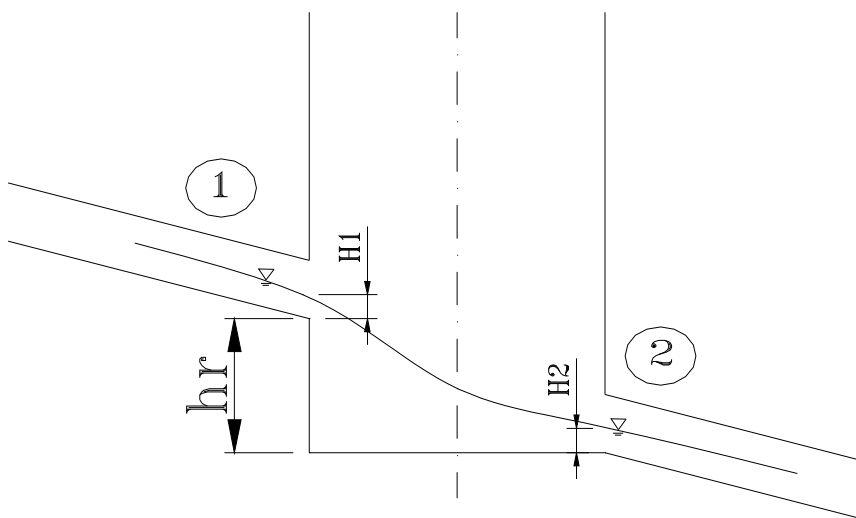


Gráfico 3

Entonces:

$$hr = (H2 - H1) + \left(\frac{v2^2}{2 * g} + \frac{v1^2}{2 * g} \right) + k * \left(\frac{v2^2}{2 * g} - \frac{v1^2}{2 * g} \right) \quad (19)$$

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 adimensional depende del régimen:

Para régimen acelerado: $k = 0.1$

Para régimen retardado: $k = 0.2$

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/s²])

Utilizando los valores de K, la expresión (19) queda simplificada tanto para régimen acelerado como para el retardado de la siguiente manera.

Para régimen acelerado ($v2 > v1$) :

$$hr = (H2 - H1) + 1.1 * \left(\frac{v2^2}{2 * g} - \frac{v1^2}{2 * g} \right) \quad (20)$$

Para régimen retardado ($v_2 < v_1$):

$$h_r = (H_2 - H_1) + 1.2 * \left(\frac{v_2^2}{2 * g} - \frac{v_1^2}{2 * g} \right) \quad (21)$$

Existe una condición cuando se dan cambios de dirección del flujo adicionando tanto a (20) y a (21) el valor resultante de la ecuación:

$$h_c = k_c * \left(\frac{v_m^2}{2 * g} \right) \quad (22)$$

Donde:

h_c = valor a ser adicionado [m]

k_c = constante adimensional que depende del ángulo de cambio de dirección

$k_c = 2$, cuando ángulo es de 90° (este es el valor a ser empleado)

v_m = velocidad mayor en la transición [m/s]

3.6 ÁREAS DE SERVICIO

Los caudales para el diseño de cada tramo serán obtenidos en función de su área tributaria. Para la delimitación de áreas se tomará en cuenta el trazado de colectores; así como, su influencia presente y futura; para lo cual se asignarán áreas proporcionales de acuerdo a las figuras geométricas que el trazado configura (Gráfico 4). La unidad de medida será la hectárea (Ha)⁶.

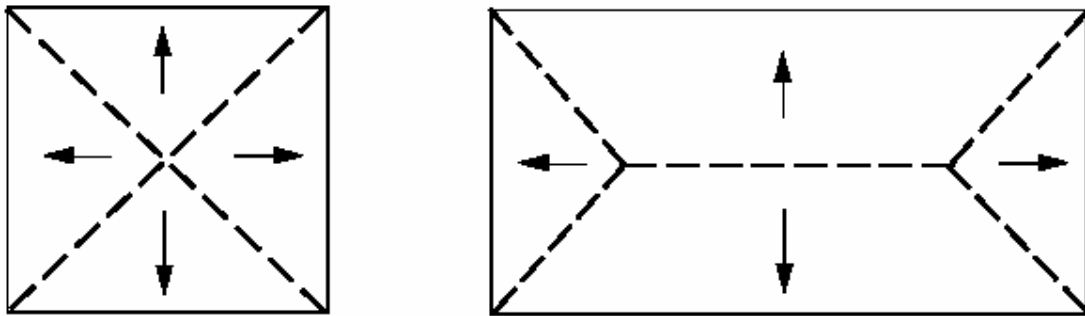


Gráfico 4

No siempre es factible dar sobre el trazado de la red esas figuras; depende de las características de las calles y de la topografía misma del terreno.

3.7 TRAZADO DE LA RED

Siguiendo las especificaciones de los técnicos de la municipalidad se hará que la longitud de cada tramo entre pozo y pozo no exceda de los 100 [m].

Se debe buscar que el trazado de la red sea lo más regular posible para evitar excavaciones profundas innecesarias.

3.7.1 POZOS DE REVISIÓN

Se colocarán al inicio de tramos de cabecera; en todo cambio de: pendiente, dirección, sección y para la unión de colectores. Si se define en el proyecto la necesidad de apertura de calles de manera de solucionar el drenaje o por necesidad de desarrollo urbano se considerará pozos a la salida de las nuevas calles¹.

Los pozos de alcantarillado sanitario deberán ubicarse de tal manera que se evite el flujo de escorrentía pluvial hacia ellos. Si esto es inevitable, se diseñarán tapas herméticas especiales que impidan la entrada de la escorrentía superficial².

3.8 PROFUNDIDADES DE LOS CONDUCTOS

Se colocarán las tuberías a una profundidad mínima de 1.20 [m] sobre la clave del conducto; además, en condiciones normales, el diseño se realizará entre 2[m] y 3[m] de profundidad, caso contrario el consultor deberá justificar la sobre-excavación.

3.9 DATOS PARA EL DISEÑO

a) Población futura:

$$Pf = 2893 [hab]$$

b) Densidad poblacional:

$$DP = 205 [hab/Ha]$$

c) Área aportante:

Varía por cada tramo de tubería a diseñar, siendo acumulativas.

d) Dotación de agua potable:

$$150 [l/hab/día]$$

e) Coeficiente de simultaneidad o mayoración (M):

Varía con el caudal medio de aguas servidas.

f) Caudal de aguas servidas:

Varía con: Pf, M, Qmed

g) Caudal medio de aguas servidas:

Igual al 70% de la dotación de agua potable, varia en función de la población aportante.

$$105 [l/hab/día]$$

h) Caudal de aguas de infiltración:

Varía de acuerdo al área aportante

i) Caudal de aguas ilícitas:

Varía de acuerdo a la población aportante

j) Caudal de diseño:

$$q_{DISEÑO} = Q_{máx} + Q_{inf} + Q_i$$

k) Velocidad:

Obtenida utilizando Manning para flujo a sección llena, varía con: n, D, S

D y S son valores dados.

l) Caudal

Varía con la velocidad obtenida anteriormente y con D.

m) Relaciones fundamentales

La relación q/Q la obtenemos reemplazando valores: $[i/k]$.

Las otras dos relaciones fundamentales: v/V y d/D las obtenemos de la tabla 3

n) Transiciones

Reemplazamos los datos ya obtenidos en las ecuaciones (20) y (21), utilizando para cambios de dirección del flujo la ecuación (22)

Con todos los datos calculados procedemos al diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad de Huaycopungo

3.10.1 EXPLICACIÓN DE CELDAS NUMERADAS.

A *Caudal medio = 105 [l/hab/día]*

B *Densidad poblacional = 205 [hab/Ha]*

C *Coeficiente de rugosidad de Manning = 0.013*

D *Caudal de aguas de infiltración = 14 [m³/hab/Ha]*

E *Caudal de aguas ilícitas = 80 [l/hab/día]*

➤ Columna 1

Calle Principal: (C 5)

➤ Columna 2

Tramo: numero del tramo en cuestión parte del sistema (1)

➤ Columna 3

Pozo: pozos de revisión, salto; arriba y abajo del tramo (1 al 2)

➤ Columna 4

L : longitud del tramos (82.59 m)

➤ Columna 5

Área parcial: área aportante sanitaria parcial del tramo (0.36 Ha)

➤ Columna 6

Área acumulada: suma del área aportante parcial del tramo en cuestión más las áreas acumuladas de tramos anteriores colaborantes si los hubiere; en nuestro caso se trata de un tramo inicial; entonces:

$$\text{Área acumulada} = \text{Columna 5} = 0.36 [\text{Ha}]$$

➤ Columna 7

Población parcial: población parcial aportante al tramo de diseño

$$B * \text{Columna 5} = 73.8 [\text{hab}]$$

➤ Columna 8

Población acumulada: suma de la población aportante parcial al tramo en cuestión más la población aportante acumulada de tramos anteriores colaborantes si los hubiere; en nuestro caso se trata de un tramo inicial; entonces:

$$\text{Población acumulada} = \text{Columna 7} = 73,8 [\text{Ha}]$$

➤ Columna 9

Caudal medio parcial aguas servidas

$$A * \text{Columna 8} / 86400 = 105 [\text{l/hab/día}] * 73.8 [\text{hab}] / 86400 [\text{s/día}]$$

$$\text{Columna 9} = 0.09 [\text{l/s}]$$

➤ Columna 10

Caudal medio acumulado de aguas servidas: al ser tramo de inicio tomamos solo caudal medio parcial de este tramo:

$$\text{Columna 10} = 0.09 [\text{l/s}]$$

➤ Columna 11

Coefficiente de mayoración o simultaneidad

$$M = 2.228 / (\text{Columna 9})^{0.073325}$$

$$M = 2.228 / 0.009^{0.073325} = 4$$

$$Q_{med} = 0.09 \text{ [l/s]} < 4$$

$$\rightarrow M=4$$

➤ Columna 12

Caudal máximo de aguas servidas

$$\text{Columna 10} * \text{Columna 11} = 0.09 * 4 = 0.36 \text{ [l/s]}$$

➤ Columna 13

Caudal parcial de infiltración

$$D * \text{Columna 6} * 1000/86400 = 14 \text{ [m}^3\text{/hab/Ha]} * 0.36 \text{ [Ha]} * 1000/86400$$

$$\text{Columna 13} = 0.06 \text{ [l/s]}$$

➤ Columna 14

Caudal acumulado de infiltración: al ser tramo de inicio solo tomamos en cuenta el caudal de infiltración parcial anterior

$$\text{Columna 14} = 0.06 \text{ [l/s]}$$

➤ Columna 15

Caudal parcial de aguas ilícitas

$$E * \text{Columna 8} / 86400 = 80 \text{ [l/hab/día]} * 0.36 \text{ [Ha]} / 86400 \text{ [s/día]} = 0.07 \text{ [l/s]}$$

➤ Columna 16

Caudal acumulado de aguas ilícitas: al ser tramo de inicio solo tomamos en cuenta el caudal de aguas ilícitas parcial anterior

$$\text{Columna 16} = 0.07 \text{ [l/s]}$$

➤ Columna 17

Caudal de diseño

$$\text{Columna 12} + \text{Columna 14} + \text{Columna 16} = 0.36 + 0.06 + 0.07 = 0.49 \text{ [l/s]}$$

➤ Columna 18

Diámetro tubería: valor impuesto (200 mm)

➤ Columna 19

Pendiente del tramo: valor impuesto (52 ‰)

➤ Columna 20

Velocidad a tubo lleno: calculada con la formula de Manning

$$\frac{1}{C} * (\text{Columna 18} / 4)^{2/3} * \text{Columna 19}^{1/2}$$

$$\text{Columna 20} = 1 / 0.013 * (0.2 / 4)^{2/3} \text{ [m]} * 0.052^{1/2} \text{ [1/s]}$$

$$\text{Columna 20} = 2.38 \text{ [m/s]}$$

➤ Columna 21

Caudal a tubo lleno

$$\text{Columna 20} * n * \text{Columna 18}^2 / 4 * 1000$$

$$\text{Columna 21} = 2.38 \text{ [m/s]} * n * 0.2^2 \text{ [m}^2\text{]} / 4 * 1000 \text{ [l/m}^3\text{]} = 74.79 \text{ [l/s]}$$

➤ Columna 22

Para flujo a sección parcialmente llena la relación fundamental q / Q

$$\text{Columna 17} / \text{Columna 21} = 0.48 / 74.79 = 0.01$$

➤ Columna 23

Para flujo a sección parcialmente llena la relación fundamental d / D; obtenida a partir de la Tabla 3 y de la Columna 22

$$\text{Columna 23} = 0.08$$

➤ Columna 24

Para flujo a sección parcialmente llena la relación fundamental v / V ; obtenida a partir de la Tabla 3 y de la Columna 22

$$\text{Columna 24} = 0.289$$

➤ Columna 25

Velocidad a tubo parcialmente lleno

$$\text{Columna 24} * \text{Columna 20} = 0.69 \text{ [l/s]}$$

➤ Columna 26

Calado del flujo que circula por la tubería

$$\text{Columna 23} * \text{Columna 18} / 10 = 0.08 * 200 / 10 = 1.6 \text{ [cm]}$$

➤ Columna 27

Desnivel del tramo

$$\text{Columna 19} / 1000 * \text{Columna 4} = 52/1000 * 82.59 \text{ [m]} = 4.29 \text{ [m]}$$

➤ Columna 28

Salto o Transición: altura al final del tramo para compensar pérdidas de energía

(0.05 m) Salto entre tramo 1 y 3 , utilizamos Ecuación 20 para régimen acelerado

(0.20 m) Salto entre tramo 2 y 3 , utilizamos Ecuación 20 y 22 para régimen acelerado y cambio de dirección del flujo con ángulo de 90°

➤ Columna 29

Cota del terreno en los pozos de revisión

Cota arriba del tramo: (2829.28 m)

Cota abajo del tramo: (2825.94 m)

➤ Columna 30

Cota del proyecto

Cota arriba del tramo: $2828.42 [m] = 2829.28 [m] - 1.2 - \text{Columna } 18/1000 [m]$

$$2828.42 = 2829.28 - 1.2 - 0.2$$

Cota abajo del tramo: $2824.13 = 2828.42 [m] - \text{Columna } 27 [m]$

$$2824.13 = 2828.42 - 4.29$$

➤ Columna 31

Corte de terreno

Corte arriba del tramo: $\text{Columna } 29 - \text{Columna } 30 = 29.82 - 28.42 = 1.40$

Corte abajo del tramo: $\text{Columna } 29 - \text{Columna } 30 = 25.94 - 24.13 = 1.81$

CAPITULO 4

PRESUPUESTO

4.1 DETERMINACIÓN DEL VALOR UNITARIO POR RUBRO

Una parte importante de cualquier proyecto es la estimación del presupuesto; el cual a su vez depende del valor unitario que se le da a cada rubro considerado; valor que varía de acuerdo a ciertos factores que inciden en la estimación de los mismos.

A continuación se presentan los valores unitarios por rubro considerados en este proyecto:

PROYECTO: ALCANTARILLADO COMUNIDAD DE HUAYCOPUNGO

ITEM : 1
RUBRO : Replanteo y nivelación
UNIDAD : m

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Estacas	U	0.06	0.15	0.01

				0.01
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Equipo Topográfico		0.03	4	0.12
Herramienta menor		0.03	1.2	0.04

				0.16
C.- MANO DE OBRA		CATEG HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Topógrafo	T3	0.03	1.50	0.05
Cadenero	II	0.06	1.37	0.08
Peón	I	0.03	1.36	0.04

				0.17
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				0.33
COSTOS INDIRECTOS 20 %				0.07
PRECIO UNITARIO				0.40

ITEM : 2
RUBRO : Excavación
UNIDAD : m3

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL

				0.00
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				SUBTOTAL
Retroexcavadora		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	
		0.09	28	2.52

				2.52
C.- MANO DE OBRA				SUBTOTAL
Peón		CATEG HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	
		I	.045 1.36	0.06
Operador de equipo pesado		OEPI	0.09 1.75	0.16

				0.22
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				2.74
COSTOS INDIRECTOS 20 %				0.55
PRECIO UNITARIO				3.29

ITEM : 3
RUBRO : Relleno compactado
UNIDAD : m3

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL

				0.00
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				SUBTOTAL
Herramienta menor		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	
		.2	1.2	0.24

				0.24
C.- MANO DE OBRA				SUBTOTAL
Peón		CATEG HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	
		I	1.2 1.36	1.63
Albañil		III	.623 1.40	0.87
Maestro Mayor		IV	.2 1.50	0.30

				2.80
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				3.04
COSTOS INDIRECTOS 20 %				0.61
PRECIO UNITARIO				3.65

ITEM : 4
RUBRO : S/I Tubería 200mm H.S
UNIDAD : m

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Tubo H.S. Vibr. 200mm	m	1	3.39	3.39
Cemento	kg	3	0.12	0.36
Arena	m3	0.03	7	0.21

				3.96
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				SUBTOTAL
Herramienta menor		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	0.12
		.1	1.2	-----
				0.12
C.- MANO DE OBRA				SUBTOTAL
Peón	I	0.25	1.36	0.34
Albañil	III	1	1.40	1.40
Maestro Mayor	IV	.4	1.50	0.60

				2.34
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				6.42
COSTOS INDIRECTOS 20 %				1.28
PRECIO UNITARIO				7.70

ITEM : 5
RUBRO : S/I Tubería 250mm H.S.
UNIDAD : m

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Tubo H.S. Vibr. 250mm	m	1	4.75	4.75
Cemento	kg	4	0.12	0.48
Arena	m3	0.035	7	0.25

				5.48
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				SUBTOTAL
Herramienta menor		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	0.96
		0.8	1.2	-----
				0.96
C.- MANO DE OBRA				SUBTOTAL
Peón	I	0.4	1.36	0.54
Albañil	III	1	1.40	1.40
Maestro Mayor	IV	0.25	1.50	0.38

				2.32
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				8.75
COSTOS INDIRECTOS 20 %				1.75
PRECIO UNITARIO				10.50

ITEM : 6
RUBRO : S/I Tubería 300mm H.S.
UNIDAD : m

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Tubo H.S. Vibr. 300mm	m	1	5.42	5.42
Cemento	kg	5	0.12	0.60
Arena	m3	0.04	7	0.28

				6.30
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				SUBTOTAL
Herramienta menor		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	0.60
		.5	1.2	-----
				0.60
C.- MANO DE OBRA				SUBTOTAL
Maestro Mayor	IV	HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	0.45
Albañil	III	0.30	1.50	1.40
Ayudante	II	1.0	1.40	1.37
		1.0	1.37	-----
				3.22
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				10.12
COSTOS INDIRECTOS 20 %				2.02
PRECIO UNITARIO				12.14

ITEM : 7
RUBRO : S/I Tubería 350mm H.S.
UNIDAD : m

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Tubo H.S. Vibr. 350mm	m	1	6.80	6.80
Cemento	kg	5	0.12	0.60
Arena	m3	0.045	7	0.32

				7.72
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				SUBTOTAL
Herramienta menor		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	0.60
		0.5	1.2	-----
				0.60
C.- MANO DE OBRA				SUBTOTAL
Maestro Mayor	IV	HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	0.45
Albañil	III	0.30	1.50	1.40
Ayudante	II	1.0	1.40	1.37
		1.0	1.37	-----
				3.22
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				11.54
COSTOS INDIRECTOS 20 %				2.31
PRECIO UNITARIO				13.85

ITEM : 8
RUBRO : S/I Tubería 400mm H.S.
UNIDAD : m

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Tubo H.S. Vibr. 400mm	m	1	8.97	8.97
Cemento	kg	6	0.12	0.72
Arena	m3	0.05	7	0.35

				10.04

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Herramienta menor	1.2	1.2	1.44

			1.44

C.- MANO DE OBRA	CATEG	HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Peón	I	2	1.36	2.72
Albañil	III	1.5	1.40	2.10
Maestro Mayor	IV	0.4	1.50	0.60

				5.42

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	16.90
COSTOS INDIRECTOS 20 %	3.38
PRECIO UNITARIO	20.28

ITEM : 9
RUBRO : Construcción de pozos de revisión de 0-2m
UNIDAD : u

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Bloque sector para pozo	u	302	0.25	75.50
Cemento	kg	250	0.12	30.00
Arena	m3	1	7	7.00
Ripio	m3	.25	12.50	3.13
Peldaño de hierro	u	5	2.8	14.00
Cerco y Tapa de H.F	u	1	70	70.00

				199.63

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Herramienta menor	1.8	1.2	2.16

			2.16

C.- MANO DE OBRA	CATEG	HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Peón	I	24	1.36	32.64
Albañil	III	24	1.40	33.60
Maestro Mayor	IV	8	1.50	12.00

				78.24

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	280.03
COSTOS INDIRECTOS 20 %	56.01
PRECIO UNITARIO	336.03

ITEM : 10
RUBRO : Construcción de pozos de revisión de 2-4m
UNIDAD : u

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Bloque sector para pozo	u	588	0.25	147.00
Cemento	kg	380	0.12	45.60
Arena	m3	1	7	7.00
Ripio	m3	.25	12.50	3.13
Peldaño de hierro	u	9	2.8	25.20
Cerco y Tapa de H.F	u	1	70	70.00

				297.93
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				SUBTOTAL
Herramienta menor		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	3.00
		2.5	1.2	-----
				3.00
C.- MANO DE OBRA				SUBTOTAL
Peón	I	HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	54.40
Albañil	III	40	1.40	56.00
Maestro Mayor	IV	13	1.50	19.50

				129.90
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				430.82
COSTOS INDIRECTOS 20 %				86.16
PRECIO UNITARIO				516.99

ITEM : 11
RUBRO : Conexiones domiciliarias
UNIDAD : u

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Tubo H.S. Vibr. 150mm	m	8	2.50	20.00
Cemento	kg	20	0.12	2.40
Arena	m3	0.03	7	0.21

				22.61
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				SUBTOTAL
Herramienta menor		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	0.60
		0.5	1.2	-----
				0.60
C.- MANO DE OBRA				SUBTOTAL
Peón	I	HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	13.60
Albañil	III	10	1.40	14.00
Maestro Mayor	IV	3	1.50	4.50

				32.10
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				55.31
COSTOS INDIRECTOS 20 %				11.06
PRECIO UNITARIO				66.37

ITEM : 12
RUBRO : Hormigón simple f'c=210 kg/cm2
UNIDAD : m3
ESPEC: Sin encofrado

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Cemento	kg	350.00	0.12	42.00
Arena	m3	0.60	7	4.20
Ripio	m3	0.90	12.50	11.25
Agua	m3	0.20	5	1.00
Acelerante	kg	0.100	1.2	0.12

				58.57
B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS		HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Hormigonera de 1 saco		0.83	8	6.64
Vibrador		0.83		0.00
Herramienta menor		1.00	1.2	1.20

				7.84
C.- MANO DE OBRA		CATEG HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Maestro Mayor	IV	1.000	1.50	1.50
Albanil	III	6.000	1.40	8.40
Peon	I	12.000	1.36	16.32

				26.22
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				92.63
COSTOS INDIRECTOS 20 %				18.53
PRECIO UNITARIO				111.16

ITEM : 13
RUBRO : Acero de refuerzo
UNIDAD : kg

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Acero de refuerzo	kg	1.100	.92	1.01
Alambre galvanizado # 18	kg	0.100	1.15	0.12

				1.13

B.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	HORAS-EQUIPO	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Herramienta menor	0.040	1.2	0.05

			0.05

C.- MANO DE OBRA	CATEG	HORAS-HOMBRE	COSTO x HORA	SUBTOTAL
Maestro Mayor	IV	0.010	1.50	0.02
Albanil	III	0.040	1.40	0.06
Peon	I	0.080	1.36	0.11

				0.18

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	1.35
COSTOS INDIRECTOS 20 %	0.27
PRECIO UNITARIO	1.63

ITEM : 14
RUBRO : Letrero de información
UNIDAD : u
ESPEC: h = 2 - 4m

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Letrero de información instal	u	1	96	96.00

				96.00

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	96.00
COSTOS INDIRECTOS 20 %	19.20
PRECIO UNITARIO	115.20

ITEM : 15
RUBRO : Vallas de protección
UNIDAD : u

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Valla de protección	u	1	36	36.00

				36.00

COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)	36.00
COSTOS INDIRECTOS 20 %	7.20
PRECIO UNITARIO	43.20

ITEM : 16
RUBRO : Letreros de advertencia
UNIDAD : u

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Letrero de advertencia	u	1	36.8	36.80

				36.80
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				36.80
COSTOS INDIRECTOS 20 %				7.36
PRECIO UNITARIO				44.16

ITEM : 17
RUBRO : Mitigación de polvo
UNIDAD : día

A.- MATERIALES	UNID.	CANTIDAD	PRECIO.UNIT	SUBTOTAL
Mitigación de polvo	día	1	20.8	20.80

				20.80
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)				20.80
COSTOS INDIRECTOS 20 %				4.16
PRECIO UNITARIO				24.96

4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

REPLANTEO Y NIVELACIÓN

Para la iniciación de cualquier trabajo se debe realizar un replanteo, este es un ítem que comprende el suministro de todos los materiales, herramientas, equipos, mano de obra, trabajos y servicios para la localización y trazado en el terreno en detalle de los colectores y los pozos de revisión a los que se deban conectar los colectores; además de las obras auxiliares; debiendo también relevar las cotas de terreno y solera de las conducciones existentes si las hubiere.

El área de trabajo deberá ser despejada de troncos, malezas, cercas y demás materiales u obstáculos.

Luego se deberá efectuar una nivelación de primer orden, levantando las cotas del perfil longitudinal por donde deba pasar la tubería; se debe estacarse cada 10 [m]. En este perfil deberá constar lo diferentes accidentes del terreno perfectamente ubicados y acotados.

EXCAVACIÓN

Los tramos y zanjas entre dos pozos consecutivos; seguirán una línea recta y tendrán una sola gradiente.

- La profundidad se ceñirá a lo indicado en los perfiles longitudinales.
- El ancho de la zanja será lo suficientemente amplio en tal forma que permita el libre trabajo de los obreros colocadores de la tubería.

- El ancho de las zanjas para la colocación de las tuberías, se hará de acuerdo siguiente cuadro:

DIÁMETRO DE TUBERÍAS [mm]	ANCHO DE ZANJAS [m]
200	0.70
250	0.70
300	0.80
350	0.90
400	1.00

El lecho de la zanja será uniforme y su pendiente comprobada mediante nivelación. Cuando el lecho pase por terreno rocoso, la roca se excavará 10 cm. , más adelante de la rasante final del canal y este espacio deberá rellenarse con material seleccionado, aprobado por fiscalización, de tal forma que se haga un cojín en el cual apoyar al tubo.

La excavación con maquinaria, no debe llegar a la rasante proyectado, dejando una capa de una altura aproximada de 20 [cm], la misma que será removida con pico y pala antes de colocar la tubería o proceder a la construcción de los colectores.

Si el material existente en o debajo de la rasante del canal es impropio para la colocación, será removido con pico y pala hasta la profundidad y ancho que el Ingeniero Fiscalizador indique y será reemplazado por material calificado.

Si el fondo de alguna excavación de zanja fuere removido más de lo indicado en los planos, será rellenado a expensas del contratista, con material

seleccionado y de calidad aprobada por el Ingeniero Fiscalizador, el cual será colocado en espesores sucesivos de 20 [cm], debidamente compactados.

Al hacer la excavación de los cimientos para pozos, si el material del suelo es inconveniente o no reúne las condiciones de seguridad, se excavará más de lo proyectado hasta encontrar terreno apropiado y luego se rellenará con material de sub.-base hasta la cota prevista en el diseño. El diámetro de excavación será igual al diámetro exterior del pozo más 60 [cm].

Si las paredes de la zanja no reúnen las condiciones de estabilidad, se hará trabajos de apuntalamiento o entibados, para evitar desplomes y accidentes, los mismos que estarán a cargo del contratista.

Para cortes superiores a 2.00 [m]; y de ser necesario, el Fiscalizador puede disponer la conformación de taludes de pendiente adecuada para garantizar la estabilidad de los mismos.

El material resultante de la excavación será colocado en tal forma que no interfiera el trabajo y el libre movimiento de los peatones.

Si en la comunidad se hubiera realizado total o parcialmente obras de agua potable, teléfono, energía eléctrica, bordillos, etc., que estén en las zanjas o cerca de ellas, deberán ser protegidas contra posibles daños, para evitar las molestias de restauración, lo cual lo realizará el contratista con la supervisión del Fiscalizador.

En la eventualidad de que se produzcan derrumbes en las zanjas excavadas, se computarán por metro cúbico. Las cantidades consignadas en el listado de rubros son estimativas; será Fiscalización quien determine en obra los volúmenes reales definitivos.

RELLENO COMPACTADO

Los tubos deberán ser rellenos con una primera capa de tierra escogida o arena, de 10 [cm] por encima de la clave; el espacio entre el tubo y el talud de la zanja deberá rellenarse con pala, apisonarla con sumo cuidado hasta alcanzar los 10 [cm] indicados anteriormente; luego irán sucesivamente capas de 10 [cm] de espesor aproximadamente, debidamente apisonadas, hasta llegar a la parte superior de la zanja. El material para el relleno a partir de los 10 [cm] por encima de la clave será de tierra fina seleccionada exenta de piedra y otros materiales duros.

Los rellenos en los pozos de revisión deberán ser ejecutados totalmente con tierra fina seleccionada, en capas de 20 [cm] aproximadamente, apisonado hasta llegar el nivel del terreno.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA

COLOCACIÓN DE LA TUBERIA.

Después de que el eje y pendiente de la zanja se hayan fijado de acuerdo con los planos y perfiles, el fondo de esta se acondicionará de modo que cada una de la tuberías tenga un apoyo firme y uniforme en toda su longitud. El fondo de la zanja deberá ser cuidadosamente aplanado de manera de asentar la parte exterior e inferior del tubo, en una superficie que sea por lo menos el 60% de la anchura de la tubería. Cada tubo deberá quedar completamente introducido en la campana del tubo precedente a su revés fijado de acuerdo con el alineamiento a la pendiente.

Las tuberías deberán ser colocadas ascendentemente (de abajo hacia arriba) con la campana arriba. A medida que los tubos sean colocados, será puesta a mano suficiente tierra a ambos lados del centro de cada tubo para mantenerlo en sitio. El relleno del tubo no deberá efectuarse sino después de tener por lo menos tres tubos empalmados y revocados ya en la zanja.

Al empalmar cada tubo, se colocará previamente mojada la campana, un mortero de cemento y arena en la proporción 1:2; en el interior de la campana y después de encajar convenientemente la espiga del último tubo, se analizará internamente la junta con liana, en tubos de diámetro mayor a 400 [mm] y en los de diámetro menor se evitarán rebordes internos del mortero, limpiando con una vara el interior de la tubería.

Las juntas se llenarán completamente con mortero de cemento Pórtland mezclados en la proporción de una parte de cemento por dos de arena azul cernida y rematados parejamente en el extremo de la campana, de tal forma que se constituya un anillo a bisel en todo su perímetro.

El interior de la tubería deberá estar libre de todo material extraño y su extremo deberá corcharse con un tapón apropiado cuando se suspende el trabajo de colocación.

Cuando se encuentre agua en la zanja, aquella deberá mantenerse por debajo del fondo de los tubos y las juntas, o desalojada, hasta que el montero de las juntas haya fraguado, después de lo cual, el tubo deberá ser recubierto con el relleno.

PRUEBAS

La impermeabilidad de los tubos de hormigón y sus juntas será probada por el constructor en presencia del Ingeniero Fiscalizador según lo determinado por éste último, en una de las dos formas siguientes:

PRUEBA HIDROSTÁTICA ACCIDENTAL

Esta prueba consistirá en dar a la parte más baja de la tubería, una carga de agua que no excederá de un tirante de 2 [m]. Se hará anclando, con relleno de producto de la excavación la parte central de los tubos y dejando totalmente libres las uniones de las mismas. Si la unión está defectuosa y las juntas acusaren fugas, el constructor procederá a descargar las tuberías y a rehacer las juntas defectuosas. Se repetirá esta prueba hidrostática hasta que no haya fugas a satisfacción del Ingeniero Fiscalizador. Esta prueba hidrostática accidental se hará únicamente en los siguientes casos: cuando el Ingeniero Fiscalizador tenga sospechas fundadas de que existen defectos en la unión de los tubos de alcantarillado y cuando las condiciones del trabajo requieran que el constructor rellene zanjas en las que, por cualesquiera circunstancia, se pueda ocasionar movimientos en las juntas, en este último caso, el relleno de las zanjas servirá de anclaje a la tubería.

PRUEBA HIDROSTÁTICA SISTEMÁTICA

Esta prueba se hará en todos los casos en que no se haga la prueba accidental. Consiste en vaciar en el pozo de visita aguas arriba del tramo por probar, el contenido de una pipa de 5 [m³] de capacidad, que desagüe al citado pozo de visita por una manguera de 150 [mm] de diámetro, dejando correr libremente a través del tramo de alcantarillado por probar. En el pozo aguas abajo, el constructor instalará una bomba a fin de evitar que se forme un tirante de agua que pueda desclavar las últimas juntas de montero de cemento que aún estén

frescas. Esta prueba hidrostática tiene por objeto determinar si es que la parte inferior de las juntas se retocó debidamente con mortero de cemento, en caso contrario, las juntas presentarán fugas por la parte inferior de las juntas de los tubos de hormigón. Esta prueba puede hacerse antes de rellenar las zanjas. Si el la junta acusara defectos en esta prueba, el constructor procederá a la reparación inmediata de las juntas defectuosas y se repetirá esta prueba hidrostática hasta que la misma acuse una correcta unión.

El Ingeniero Fiscalizador solamente recibirá del constructor, tramos de tubería totalmente terminados entre pozo y pozo o entre dos estructuras sucesivas que formen parte del alcantarillado, habiéndose verificado previamente la prueba de impermeabilidad y comprobado que toda la tubería se encuentra limpia sin escombros ni obstrucciones en toda su longitud.

CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE REVISIÓN

Para tuberías de hasta 550 [mm] de diámetro, se utilizará el pozo tipo A; cuyas características principales son:

- Una base de asiento circular de 150 [cm] de diámetro y 30 [cm] de espesor, realizado con bloque sector.
- A continuación se construirá el ducto del pozo con un primer anillo realizado con hormigón ciclópeo y las siguientes dimensiones: diámetro interior de 90 [cm]; para ubicar cota inferior del pozo usamos la altura del tubo de diámetro mayor, menos 20 [cm] y un espesor 30 [cm]
- Sobre este ducto se levantará la pared del pozo, la misma que es de altura variable, utilizando bloque sector o por lo menos ladrillo

jaboncillo prensado, unidos con mortero de cemento, arena en proporción 1:4.

- El tronco de cono inclinado, continuación de la pared se construirá con el mismo material señalado anteriormente. Es de perímetro variable en toda su longitud, dejando una línea vertical en la pared del pozo en que se colocarán los peldaños de acceso al interior; las medidas son: diámetro inferior de 90 [cm]; diámetro superior de 60 [cm]; altura de 100 [cm] y espesor de 30 [cm].
- El cuello es la parte final del pozo, de 60 [cm] de diámetro interior, de 30 [cm] de espesor y con 3 a 4 filas del mismo bloque sector con mortero y rematado.
- Con un anillo de hormigón simple de 11 [cm] de alto; 30 [cm] de espesor y cuya resistencia será de $f'c = 180$ [kg/cm²].
- El cerco y la tapa tendrán un diámetro de 60 [cm], serán de hierro fundido con un peso total de 109 [kg].
- El cerco se asentará directamente sobre el anillo de hormigón simple anotado y que remata al pozo.
- Para acceso al interior del pozo se colocan estribos o peldaños de varillas de hierro de diámetro de 14 [mm] con recorte en aleta en las extremidades, para empotrarles en la pared del pozo en una longitud de 20 [cm] y colocados cada 40 [cm] formando un saliente de 15 [cm] y 20 [cm] de ancho.

- En la planta del pozo se formará un canal y canales para la circulación de las aguas, siguiendo la dirección de la salida, perdiendo el desnivel previsto entre tubos de entrada y salida en forma paulatina.
- La profundidad del canal será igual al radio del tubo o máximo 20 [cm] para tuberías mayores de 350 [mm]
- El piso y el canal serán enlucidos con mortero de cemento-arena en proporción 1:2 con un espesor de 2 [cm].
- Las paredes laterales interiores del pozo serán enlucidas con mortero de cemento-arena, en proporción 1:2 y un espesor de 2 [cm].

CONEXIONES DOMICILIARIAS

Las conexiones domiciliarias son gestionadas y realizadas, a través de la municipalidad, debiendo prohibirse cualquier obra por intervención de particulares en la red pública.

Como regla de seguridad de utilización adecuada de la red interna domiciliaria (privada), la sección adoptada de conexión debe tener un diámetro inferior a la del colector público, buscando que en caso de producirse una obstrucción por uso indebido, el efecto se produzca en el tramo de conexión o en el interior de la edificación.

HORMIGON SIMPLE F'C=210 kg/cm²

La resistencia especificada a los 28 días será de 210 Kg/m²], para cuyo efecto se realizan la mezcla de cemento-arena-ripio en las proporciones adecuadas.

Para efectuar los pagos se realizará la medición en [m³] con 1 decimal de aproximación.

ACERO DE REFUERZO

Alambre de amarre necesario en cualquier operación sea para apuntalamiento; encofrado o varias otras actividades dentro del proceso constructivo

4.3 PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

INSTITUCIÓN: GOBIERNO MUNICIPAL DE OTAVALO
 PROYECTO : ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COMUNIDAD DE
 HUAYCOPUNGO
 UBICACIÓN : OTAVALO

PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCION	U	CANT	P.UNIT	P.TOTAL
PRESUPUESTO DE ALCANTARILLADO					
1	Replanteo y nivelación	m	2969.68	0.4	1187.87
2	Excavación	m3	4751	3.29	15630.79
3	Relleno compactado	m3	4605	3.65	16808.25
4	S/I Tubería 200mm H.S	m	2645.23	7.7	20368.27
5	S/I Tubería 250mm H.S	m	26.8	10.50	281.40
6	S/I Tubería 300mm H.S.	m	297.65	12.14	4804.07
7	S/I Tubería 350mm H.S.	m	297.65	13.85	4122.45
8	S/I Tubería 400mm H.S.	m	57.95	20.28	1175.23
9	Construcción de pozos de revisión de 0-2m	u	23	336.03	7728.69
10	Construcción de pozos de revisión de 2-4m	u	18	516.99	9305.82
11	Conexiones domiciliarias	u	190	66.37	12610.30
12	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m3	3	111.16	333.48
13	Acero de refuerzo	kg	98	1.63	159.74
14	Letrero de información	u	1	115.2	115.20
15	Vallas de protección	u	25	43.2	1080.00
16	Letreros de advertencia	u	25	44.16	1104.00
17	Mitigación de polvo	día	45	24.96	1123.20
				TOTAL=	97938,76

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Todos los requerimientos y parámetros establecidos para este proyecto se cumplieron a cabalidad dando prioridad a los establecidos por velocidad mínima a tubo lleno y a parcialmente lleno; así como al trabajo del conducto con altura libre; sin embargo se tomo otro punto de vista tomando como criterio la tensión tractiva dando pendientes que aseguren la sedimentación de sólidos en el conducto.
- Pero a pesar de cumplir con los criterios de diseño se debe analizar que con la suficiente experiencia y entendimiento del tema se pueden flexibilizar estos parámetros; con lo cuál se podrían abaratar los costos de inversión, operación y mantenimiento.
- Se prefirió en algunos casos profundizar los conductos a fin de dar una pendiente que sea lo suficiente para evitar posteriores gastos de mantenimiento y limpieza de los conductos; gastos que aumentan significativamente el costo del proyecto.

5.2 RECOMENDACIONES

- Evitar la acumulación de basura y escombros en los pozos de revisión, para permitir que el sistema funcione correctamente; ya que caso contrario se pueden presentar circunstancias ya observadas donde las aguas residuales ya no circulan por los conductos sino que brotan por los pozos de revisión.

- En la parte donde el nivel freático es alto se recomienda la colocación de drenes bajo las tuberías; para evitar infiltraciones. Circunstancia tal que debe ser verificada en obra, modificándose inevitablemente el presupuesto del proyecto.
- Al ser un alcantarillado sanitario no podemos permitir la entrada de aguas lluvias ya que si ocurriera esto los conductos y el sistema en sí; podrían colapsar.
- Es necesario para el desarrollo de la comunidad dar una solución pronta en el tratamiento de aguas residuales en esta y en las demás comunidades asentadas en las riveras del lago San Pablo; para lo cual se espera un pronto entendimiento entre la municipalidad y la empresa privada, para que presenten una solución viable tanto técnica, económica y socialmente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Empresa municipal de agua potable y alcantarillado de Quito, “Parámetros de diseño para sistemas de alcantarillado”, Quito-Ecuador
2. EX-IEOS, “Normas técnicas de diseño para los sistemas de alcantarillado”, R.O.Nº 6, 1992, Quito-Ecuador
3. Tesis Previa a la obtención del título de Ingeniero, “Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario del barrio San José de Puembo” ,Febrero 2004, Quito-Ecuador.
4. Tesis Previa a la obtención del título de Ingeniero, “Estudio y Diseño del Sistema de Alcantarillado de Sangolquí y Urbanización Capelo” , Marzo 1983, Quito-Ecuador.
5. Gobierno Municipal cantón Otavalo, “Especificaciones técnicas del sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad de Huaycopungo perteneciente al cantón Otavalo”, Agosto-2005.
6. Franco, Alcides, “Técnicas de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial”, NB-688
7. McGhee, Terence J., “Abastecimiento de agua y alcantarillado” , 6ta Edición
8. Rocha, Simón, “Sistemas de recolección de aguas corridas y lluvias”
9. Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional, “Manual de Alcantarillado”, #310, Quito-Ecuador
10. Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional, “Folleto de de diseño de pavimentos”, Quito-Ecuador
11. INEC, “V censo de vivienda”, 2001.
12. INEC, “VI censo población” , 2001.
13. Subcentro de salud de San Rafael, “Diagnóstico S.C.S San Rafael”, 1999, Otavalo

ANEXOS

PLANOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COMUNIDAD DE HUYACOPUNGO