

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño de alcantarillado para el proyecto de lotización Moái
en Malchingui, cantón Pedro Moncayo, Provincia de
Pichincha**

Karen Nikole Oña Guanoliquín

Ingeniería Civil

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Civil

Quito, 14 de mayo de 2025

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Diseño de alcantarillado para el proyecto de lotización Moái en
Malchingui, cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha**

Karen Nikole Oña Guanoliquin

Nombre del profesor, Título académico

Sixto Durán Ballén, PhD

Quito, 14 de mayo de 2025

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Oña Guanoliquín Karen Nikole

Código: 00322068

Cédula de identidad: 1721710190

Lugar y fecha: Quito, 5 de mayo de 2025

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de un sistema de alcantarillado combinado para el proyecto de lotización Moái, ubicado en la parroquia de Malchinguí, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha. La zona ha sido identificada como un área con alto potencial de expansión urbana, esto debido al incremento en los índices de migración de las ciudades como Quito a zonas rurales. A través de un análisis topográfico, urbano y demográfico, se estimó una población futura de 360 habitantes por hectárea, lo que corresponde a una densidad poblacional proyectada de 100 hab/Ha en un horizonte de 30 años. El sistema diseñado contempla tanto aguas residuales domésticas como aguas pluviales, bajo un enfoque técnico que cumple con la normativa establecida por EMAAP-Q. Se realizaron cálculos hidráulicos para cada tramo de la red, determinando caudales, velocidades, pendientes y diámetros óptimos para asegurar un funcionamiento eficiente y sostenible. Este proyecto contribuye a la planificación urbana ordenada y al desarrollo de infraestructura básica en áreas de crecimiento emergente.

Palabras clave: Alcantarillado combinado, densidad poblacional, diseño hidráulico, crecimiento urbano, Malchingui, EMAAP-Q.

ABSTRACT

This project aims to design a combined sewer system for the Moái subdivision project, located in the parish of Malchingui, Pedro Moncayo canton, Pichincha province. The area has been identified as having high potential for urban expansion due to the increasing migration rates from cities like Quito to rural areas. Through a topographic, urban, and demographic analysis, a future population of 360 inhabitants per hectare was estimated, corresponding to a projected population density of 100 inhabitants/ha over a 30-year horizon. The designed system includes both domestic wastewater and stormwater, following a technical approach that complies with the regulations established by EMAAP-Q. Hydraulic calculations were performed for each section of the network, determining optimal flow rates, velocities, slopes, and diameters to ensure efficient and sustainable operation. This project contributes to orderly urban planning and the development of basic infrastructure in emerging growth areas.

Keywords: Combined sewer system, population density, hydraulic design, urban growth, Malchingui, EMAAP-Q.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	14
1.1. Justificación de proyecto	14
1.2. Área del proyecto.....	15
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo general.	16
1.3.2. Objetivos específicos.	16
1.4. Marco teórico	16
1.4.1. Actividades generales para la concepción, diseño y construcción.	16
1.4.2. Sistema de alcantarillado combinado.	18
1.4.3. Parámetros de diseño hidrológico e hidráulico.....	18
1.4.4. Términos generales.....	20
2. Investigación del marco urbano del Proyecto	21
2.1. Ubicación geográfica.	21
2.2. Geomorfología y topografía.....	22
2.3. Clima.....	22
2.4 Superficie	23
2.4. Servicios básicos y factibilidad.....	24
3. Determinación de los parámetros de diseño.....	25
3.1. Periodo de diseño	25
3.2. Población de diseño	26
3.3. Caudales de diseño.....	28

3.3.1.	Caudal de aguas servidas	28
3.3.2.	Caudal pluvial.....	31
3.3.3.	Intensidad de lluvia.....	32
3.4.	Velocidad en los conductos	33
3.5.	Velocidad mínima y máxima.....	34
3.6.	Diámetros de las tuberías	35
3.7.	Pendientes	35
3.8.	Profundidades	35
3.9.	Pozos de revisión	35
3.10.	Sumideros.....	36
3.11.	Conexiones domiciliarias	36
3.12.	Áreas de lotes y linderos	37
3.13.	Condiciones de entrega de caudales.....	37
3.14.	Materiales de las tuberías	37
4.	Diseño del sistema de alcantarillado	38
4.1.	Cálculo áreas de aporte y población proyectada.....	40
4.2.	Cálculo caudal de diseño	46
4.2.1.	Cálculo caudal pluvial o escorrentía.	46
4.2.2.	Cálculo caudal sanitario.	48
4.3.	Dimensionamiento de la tubería por tramos	51
4.3.1.	Selección del diámetro de las tuberías.....	51
4.3.2.	Selección de pozos de inspección.....	55

4.3.3. Definición de pendientes	57
5. Tabla de cantidades del proyecto	59
5.1. Pozos de revisión	59
5.2. Conexiones domiciliarias.....	59
5.3. Sumideros	60
5.4. Movimiento de tierras	61
5.5. Tuberías	63
5.6. Trabajos varios.....	64
5.7. Señalización y mitigación ambiental	66
6. Presupuesto referencial del proyecto.....	66
7. Conclusiones	69
8. Recomendaciones.....	71
9. Referencias	72
10. Anexos	73
10.1. ANEXO 1 - Planos planta	73
10.2. ANEXO 2 - Planos de perfiles	73
10.3. ANEXO 3 - APUS OFERENTE.....	73
10.4. ANEXO 4 - Especificaciones técnicas generales.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Proyección de la Población de la Parroquia de Malchingui. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (Equipo Consultor GAMMACONSUL CIA. LTDA.)	26
Tabla 2: Tasa de crecimiento geométrico y análisis de sensibilidad para la población de lotización	27
Tabla 3: Rango de densidad poblacional para lotización	28
Tabla 4: Caudal sanitario por lote.....	29
Tabla 5: Dotación neta y coeficiente de retorno para caudal de aguas servidas.....	29
Tabla 6: Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas (EMAAP-Q, 2009)	30
Tabla 7: Infiltración por nivel de complejidad del sistema (EMAAP-Q, 2009)	31
Tabla 8: Coeficientes de escorrentía para un área urbana (EMAAP-Q, 2009)	32
Tabla 9: Área de cada lote del terreno en Moaí.....	37
Tabla 10: Parámetros de entrada	38
Tabla 11: Áreas de aporte tramo 1, parciales y acumulativas, y población acumulativa por tramo	41
Tabla 12: Áreas de aporte tramo 2, parciales y acumulativas, y población acumulativa por tramo	42
Tabla 13: Áreas de aporte tramo 4, parciales y acumulativas, y población acumulativa por tramo	44
Tabla 14: Áreas de aporte tramo 3, parciales y acumulativas, y población acumulativa por tramo	45
Tabla 15: Caudal pluvial resultante por tramo.	47
Tabla 16: Caudal de aguas servidas de origen doméstico para cada tramo.....	49
Tabla 17: Caudal de Diseño por tramo.....	50
Tabla 18: Diámetro calculado y diámetro optado por tramo.....	52

Tabla 19: Calculo del diseño a tubería llena.....	53
Tabla 20: Relación entre caudal de diseño y caudal de tubería llena.	54
Tabla 21: Diseño de pozos de inspección.....	56
Tabla 22: Selección de pendientes por tramo	58
Tabla 23: Tabla de cantidades correspondiente a conexiones domiciliarias	60
Tabla 24: Tabla de cantidades correspondiente a sumideros	61
Tabla 25: Tabla de cantidades correspondiente a movimiento de tierras.....	62
Tabla 26: Tabla de cantidades correspondiente a volumen de cama de arena	63
Tabla 27: Tabla de cantidades correspondiente a tuberías del sistema	63
Tabla 28: Tabla de cantidades correspondiente a trabajos varios	66
Tabla 29: Tabla de cantidades correspondiente a señalización y mitigación ambiental	66
Tabla 30: Presupuesto referencial proyecto Moaí	67

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1: Mapa ubicación cantón Pedro Moncayo.....	16
Esquema 2: Ubicación del sitio del Proyecto Moái.....	21
Esquema 3 Lotización proyecto Moái.....	24
Esquema 4: Recorrido del diseño de tramos del sistema de alcantarillado.	39
Esquema 5: Esquema tramo 1 sistema de alcantarillado.....	41
Esquema 6: Esquema tramo 2 sistema de alcantarillado.....	42
Esquema 7: Esquema tramo 4 sistema de alcantarillado.....	43
Esquema 8: Esquema tramo 3 sistema de alcantarillado.....	45

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Temperatura media mensual Pedro Moncayo (IEE-MAGAP, 2013)	23
Gráfica 2: Precipitación media mensual Pedro Moncayo (IEE-MAGAP, 2013).....	23

1. Introducción

En las últimas décadas, Ecuador ha vivido un crecimiento urbano acelerado, al ser Quito una ciudad principal del país no ha sido la excepción. Este fenómeno trae consigo retos significativos en términos de infraestructura, congestión y calidad de vida. Como respuesta, se puede observar una tendencia creciente de migración hacia áreas rurales cercanas, donde se obtengan entornos tranquilos y sostenibles. De esta manera, la parroquia de Machinguí, con ubicación en el cantón de Pedro Moncayo, destaca como un destino potencial para estos nuevos asentamientos por su proximidad a la capital y sus características geográficas favorables.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia de Malchinguí 2020-2023, se anticipa un aumento demográfico en la zona, motivado en cierta medida por el movimiento de la población desde zonas urbanas saturadas. Esta estimación indica la urgencia de potenciar y perfeccionar la infraestructura fundamental, siendo el sistema de drenaje sanitario una prioridad primordial para asegurar condiciones de vida apropiadas y evitar problemas medioambientales y de salud pública.

Este trabajo de tesis se enfoca en el diseño de un sistema de alcantarillado combinado para lotización del predio Moái en la parroquia de Malchinguí, teniendo en cuenta las estimaciones de aumento poblacional y las tendencias migratorias presentes. La meta es elaborar una solución de infraestructura que no solo satisfaga las necesidades actuales, sino que también pueda ajustarse a las exigencias futuras, fomentando el crecimiento ordenado y sostenible de la región.

1.1. Justificación de proyecto

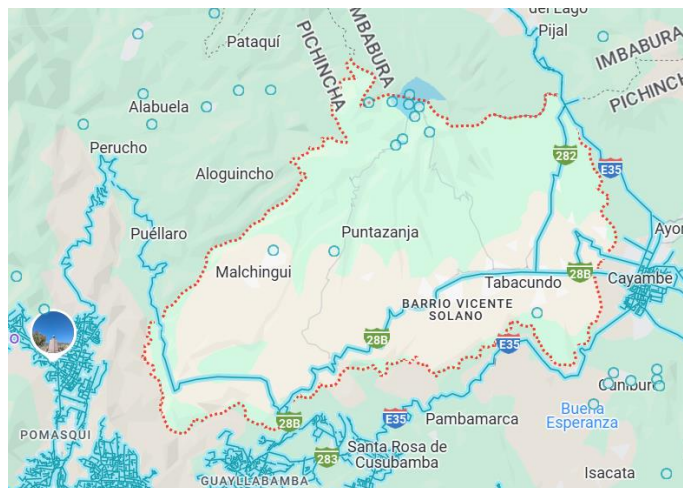
El proyecto de diseño de un sistema de alcantarillado combinado para el Proyecto de Lotización Moái en Malchinguí responde a la necesidad de dotar de infraestructura sanitaria adecuada a una zona en crecimiento dentro del cantón Pedro Moncayo. La falta

de sistemas de recolección y evacuación eficiente de aguas servidas y lluvias puede generar problemas ambientales y de salud pública, afectando la calidad de vida de los habitantes y limitando el desarrollo urbano ordenado de la región.

Como una región con un creciente interés en asentamientos residenciales debido a la migración desde Quito y otras urbes, Malchinguí necesita una planificación en su infraestructura fundamental para prevenir efectos perjudiciales en el ambiente y asegurar servicios apropiados para su población futura proyectada. En este escenario, la puesta en marcha de un sistema de alcantarillado eficaz ayudará a mejorar las condiciones de salud, disminuir los peligros de contaminación en el suelo y los cuerpos de agua, y evitar afectaciones provocadas por la ausencia de un drenaje apropiado de las aguas pluviales.

1.2. Área del proyecto

Malchingui es una parroquia ubicada en el cantón de Pedro Moncayo, en la provincia de Pichincha, al norte de Ecuador. Al encontrarse en la sierra ecuatoriana su clima se caracteriza por ser templado y seco, como paisajes andinos y terrenos agrícolas. Al explorar la zona se puede observar el uso que se les da a las áreas, se combina entre agrícola y pecuario con espacios naturales, uno de estos es el Parque Jerusalén, una importante reserva ecológica del bosque seco andino. Esta parroquia también guarda tradiciones culturales propias de las comunidades rurales de la región, lo que sostiene el estilo de vida tranquilo y vinculado a las actividades campestres.



Esquema 1: Mapa ubicación cantón Pedro Moncayo

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado combinado para recolección, transporte y evacuación de aguas lluvias y servidas generadas en el Proyecto de Lotización Moái en Malchingui, cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Investigación del marco urbano del Proyecto.
- Determinación de parámetros de diseño
- Diseño del sistema de alcantarillado
- Tabla de cantidades del Proyecto
- Presupuesto referencial del Proyecto
- Anexos

1.4. Marco teórico

1.4.1. Actividades generales para la concepción, diseño y construcción.

Para el diseño de sistemas de alcantarillado se debe realizar trabajos de campo y considerar información generada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal y/o entidades gubernamentales y/o Normas de diseño de municipios aledaños con un

mejor desarrollo técnico, es por eso que para el presente caso, de la Lotización Moái, el diseño se basa en los requisitos del proyecto para alcantarillado en Quito, según la norma de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q), se encuentran detallados principalmente en la Sección 3.3 de las Normas Técnicas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado.

Se incluyen los siguientes aspectos clave que se deben tomar en consideración:

- Definición del tamaño del sistema y tipo (combinado, separado, sanitario)
- Justificación del proyecto y definición del alcance
- Conocimiento del marco institucional
- Aspectos legales
- Aspectos ambientales particulares
- Ubicación en planes de ordenamiento territorial
- Estudios básicos
- Estudios socioeconómicos
- Diseño y requerimientos técnicos
- Construcción y fiscalización
- Puesta en marcha, operación y mantenimiento

Además, los documentos técnicos para iniciar con el proceso son los siguientes según la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito:

- a. Formulario de solicitud de factibilidad

Documento oficial para iniciar el trámite ante EMAAP-Q. Determina si el terreno tiene acceso técnico a redes de agua y alcantarillado.

- b. Estudio de factibilidad

Puede requerirse un estudio técnico-económico que evalúe viabilidad hidráulica, topográfica y ambiental del sistema propuesto.

c. Planos topográficos y urbanísticos

Deben contar con la aprobación por el Municipio o entidades de planificación. Se presentan en formato digital (DWG) y físico, siguiendo convenciones de EMAAP-Q.

d. Informe de diagnóstico sanitario

Requerido para zonas ya urbanizadas o con sistemas existentes. Evalúa el estado actual y necesidad de intervención o ampliación.

e. Estudios hidrológicos y pluviales

Si es un sistema combinado o incluye aguas lluvias, se requieren estudios específicos para caudales máximos y control de escorrentía.

f. Revisión y aprobación de EMAAP-Q

Todo proyecto debe ser aprobado por la EMAAP-Q previo a construirse. Incluye revisiones técnicas, cumplimiento normativo y planos definitivos.

1.4.2. Sistema de alcantarillado combinado.

Un alcantarillado combinado según la EMAAP-Q (2009) es un “sistema de obras para la recolección, conducción y disposición final tanto de las aguas residuales como de las aguas de lluvia en conjunto.” (p. 4) Las aguas residuales pueden ser de origen doméstico y/o industrial, para el caso se tomará solamente aguas residuales de origen doméstico.

1.4.3. Parámetros de diseño hidrológico e hidráulico.

Los parámetros de diseño hidrológico e hidráulico de los sistemas combinados son los mismos que los correspondientes a los sistemas separados pluvial y sanitario, de tal modo

que el diseño debe tener en cuenta los requerimientos para dichos sistemas separados, cuya agregación lo conforman. (EMAAP-Q, 2019, p. 137)

Los parámetros hidrológicos que se listan a continuación son básicamente los mismos que se utilizan en los sistemas de alcantarillado pluvial y por lo tanto son de aplicación las normas citadas en los numerales incluidos en el Capítulo 5 redes de alcantarillado de aguas de lluvia: (EMAAP-Q, 2019, p. 138)

- Áreas de drenaje
- Curvas de intensidad-duración-frecuencia
- Precipitación de diseño.
- Intensidad de precipitación.
- Variabilidad areal
- Coeficiente de escorrentía. Áreas permeables - Áreas impermeables
- Tiempo de concentración

Los siguientes parámetros hidráulicos se corresponden con los establecidos en el Capítulo 4 redes de alcantarillado sanitario y en el Capítulo 5 redes de alcantarillado de aguas de lluvia: (EMAAP-Q, 2019, p. 138)

- Distancia mínima a quebradas
- Cálculo de caudales
- Diámetro interno mínimo
- Aporte de sedimentos
- Velocidad mínima
- Velocidad máxima
- Pendiente mínima
- Pendiente máxima

- Profundidad hidráulica máxima
- Profundidad mínima a la cota clave
- Profundidad máxima a la cota clave

1.4.4. Términos generales.

A continuación, se presenta la definición de los términos generales que se presentaran con frecuencia durante este escrito, tal como se establecen en según la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado de Quito (EMAAP-Q, 2009):

Periodo de diseño: Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo. (p. 11)

Población de diseño: Número de habitantes que se tendrá al final del período o etapa de diseño. (p. 12)

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, redes y estructuras de un proyecto determinado de Alcantarillado. (p. 6)

Intensidad de lluvia: Se define como el cociente entre la altura de lluvia, h , y la duración, d , del intervalo que demandó su acumulación. Es entonces, un promedio temporal en ese lapso. Es un valor local, estimado para un punto específico del espacio. Usualmente se expresa en mm/ hora. (p. 72)

Pozos de revisión: El acceso a las tuberías para su mantenimiento se deberá realizar mediante los pozos de registro. Los distintos tipos de pozos deben permitir las adecuadas ventilaciones que requiere el sistema. (p.47)

Sumideros: Son las estructuras destinadas a captar el agua que escurre por las cunetas de las calles y descargarla en la red de alcantarillado. (p. 101)

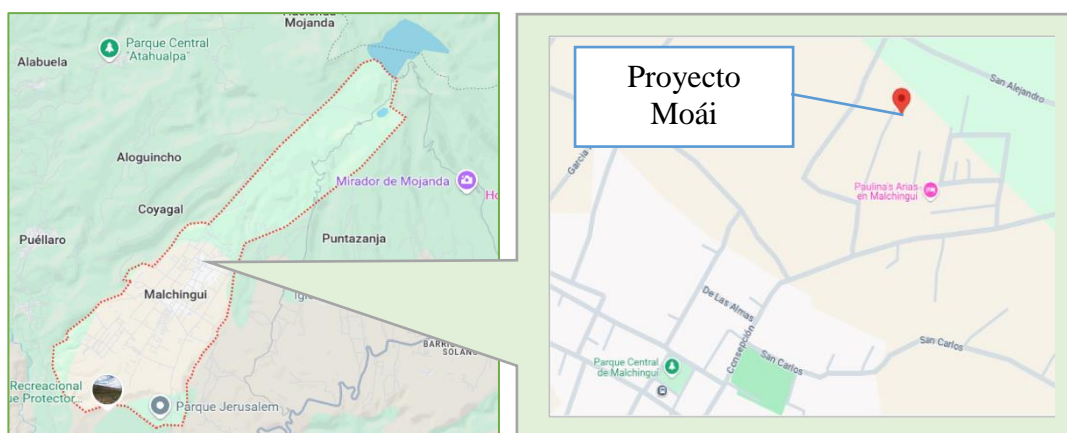
Conexiones domiciliarias: Descargas o derivaciones que conducen efluente sanitario y/o pluvial desde un domicilio hacia la red de Alcantarillado. (p. 7)

Área de aporte: Se define como el área geográfica encerrada por los límites de aporte superficial del escurrimiento proveniente de la precipitación pluvial. (p. 71)

2. Investigación del marco urbano del Proyecto

2.1. Ubicación geográfica.

El Proyecto de Lotización Moái se encuentra ubicado en la comunidad de Malchinguí, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha, a 800 m del parque central de Malchinguí en dirección Noreste, y a 50 km de la ciudad de Quito, en las coordenadas (0.062674,-78.334825).



Esquema 2: Ubicación del sitio del Proyecto Moái

Los límites de la zona del proyecto son:

Norte: propiedad privada.

Sur: calle Emiliano Nicolalde, calle Jorge Hidalgo.

Este: propiedad privada.

Oeste: propiedad privada.

El sitio presenta un desarrollo rural como alternativa de vida campestre y tranquila, distinguiéndose del rápido urbanismo en Guayllabamba y el comercio de Tabacundo.

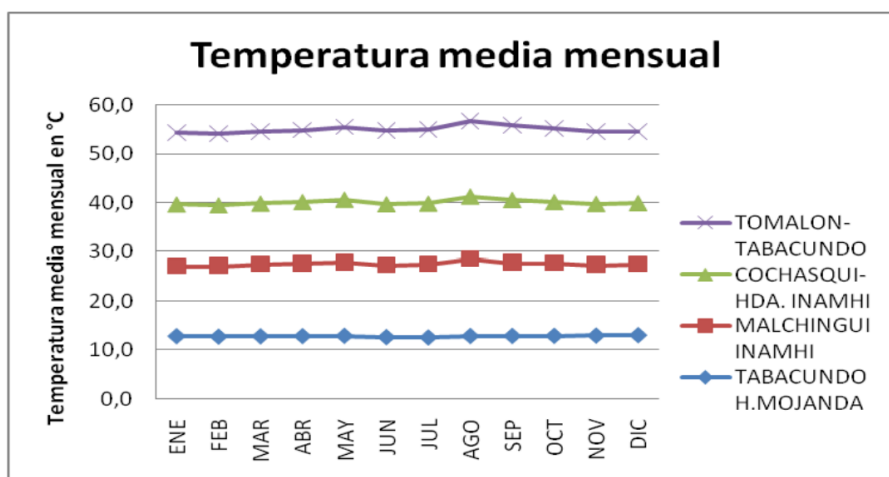
2.2. Geomorfología y topografía

El predio ubicado en Malchinguí, cantón de Pedro Moncayo, presenta un pendiente descendiente con diferencia de altura de 41.2m entre su cota más alta y su cota más baja, lo que sugiere una topografía con inclinación moderada. Su cota más alta se ubica a 2835.08 msnm y su cota más baja se ubica a 2793.88 msnm, la cota predominante es 2814, y por su visualización topográfica se determina que es una pendiente estable a lo largo del terreno, por lo que se considera una zona apta para urbanizar.

2.3. Clima

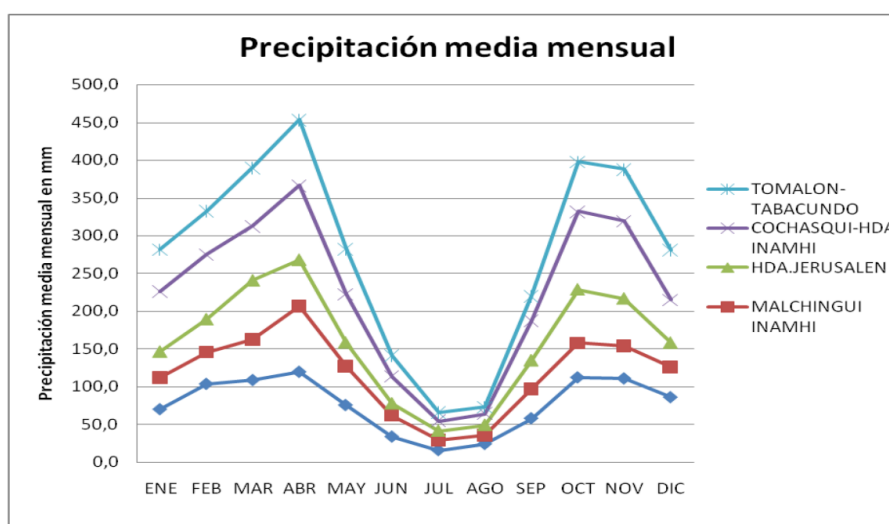
El clima del Malchinguí, en donde se encuentra el Proyecto, va desde el cálido seco en las playas del río Pisque (parque Jerusalén) a unos 1800 m s. n. m., hasta los fríos páramos andinos a 4600 m s. n. m., por lo que los científicos alemanes que realizaron estudios antropológicos en los años cuarenta del siglo pasado, ubicaron al pueblo dentro de una zona de micro verticalidad climática, que propicia el cultivo de frutas y granos de clima cálido como chirimoyas, sandías y pitajayas, hasta habas y mortiños en las partes frías, pasando por el maíz, papas, ocas, lentejas, fréjol, tunas, moras, uvillas, etc.

En la gráfica 1 se presentan los valores de temperaturas registradas en el cantón de Pedro Moncayo, las curvas describen la temperatura media del aire en el transcurso del año, de estas se observa que Malchingui mantiene una temperatura estable durante el año, aun así, el mes de agosto registrar el valor de temperatura más alta en el año (15.7 °C), mientras el mes con el valor más bajo de temperatura es el de enero (14.3 °C). los meses restantes registran temperaturas entre los valores mencionados anteriormente.



Gráfica 1: Temperatura media mensual Pedro Moncayo (IEE-MAGAP, 2013)

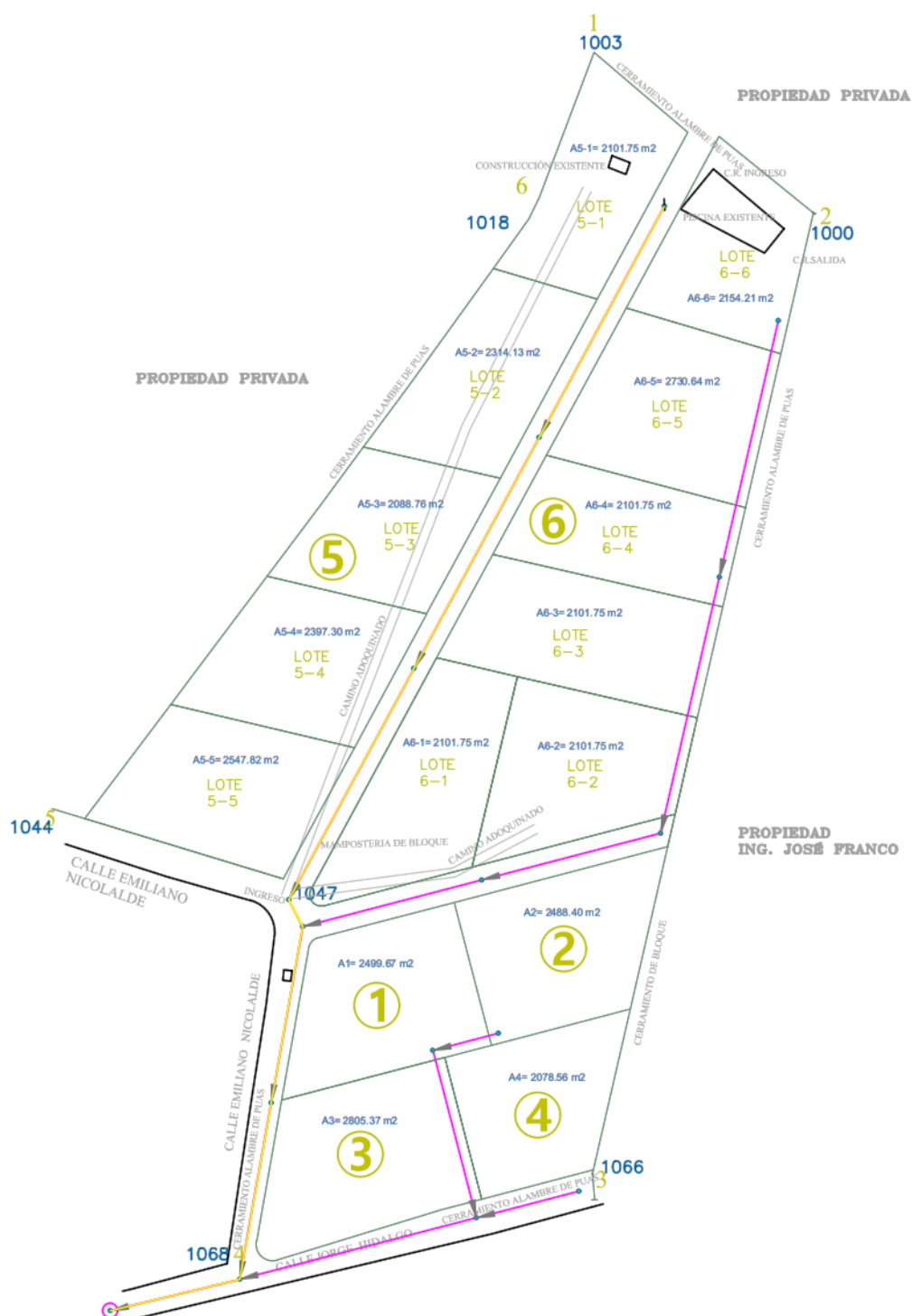
En la gráfica 2 se observa la distribución de la precipitación mes a mes dentro del año en el cantón de Pedro Moncayo, de esta manera se puede identificar los meses menos y más lluviosos. Para el caso de Malchingui se observa que en el mes de abril y el mes de octubre las lluvias son más abundantes, mientras que para los meses de julio y agosto son periodos con menos lluvia.



Gráfica 2: Precipitación media mensual Pedro Moncayo (IEE-MAGAP, 2013)

2.4 Superficie

El área total del Proyecto es de 3.6 Has, que considera ser dividido en lotes de menor extensión como parte de la lotización.



Esquema 3 Lotización proyecto Moaí

2.4. Servicios básicos y factibilidad

El sitio de proyectos cuenta con un camino de acceso de segundo orden, y a futuro con la factibilidad de servicio de agua Potable y alcantarillado.

3. Determinación de los parámetros de diseño

Las bases, normas y criterios utilizados para el diseño de la red de alcantarillado principal y secundarios propuestos se basaron en las bases proporcionadas en las NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q” “01-AL-EMAAP-Q-2009” de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito y se incluyeron criterios propios sobre las principales características que el proyecto debe cumplir. Los parámetros de diseño son:

3.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño está relacionado con el periodo de retorno, que equivale al número de años que en promedio se presenta un evento de igual intensidad, es un parámetro muy importante al momento de diseñar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas.

El periodo de diseño seleccionado es de 25 años. Según la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado de Quito (EMAAP-Q, 2009), la Sección 5.3 establece los requisitos para el periodo de diseño, el mismo que no debe superar la vida útil del sistema, la vida útil no deberá ser inferior a 30 años.

El periodo de diseño fija las condiciones básicas del proyecto como la capacidad del sistema de alcantarillado para atender la demanda futura, la densidad actual y de saturación, la durabilidad de los materiales y equipos empleados, la calidad de la construcción y su operación y mantenimiento, este periodo también depende de la demanda del servicio, programación de inversiones, factibilidad de ampliaciones y tasa de crecimiento poblacional.

Se utilizarán tuberías plásticas de alta densidad, este material garantiza la resistencia para el tiempo seleccionado, el cual puede superar los 30 años.

3.2. Población de diseño

Se entiende por población al conjunto de individuos de una misma especie biológica que habita en un medio geográfico y ecológico.

La población de diseño es la cantidad de habitantes que se espera tener en una localidad al final de un periodo de diseño del sistema de alcantarillado.

Al ser lotes para uso residencial se estima el número de personas por lote al observar las propiedades aledañas, de esta manera el número de personas promedio por lote serían de 5 personas, al ser quince lotes, la población de diseño sería de 75 personas que equivale a una densidad poblacional de (75 hab/3.6 Ha) que equivale a 20.83 hab/Ha, para estimar la población futura se empleó el crecimiento poblacional por método geométrico de la siguiente manera:

$$Pob_{futura} = P_{UC} * (1 + kr)^{(T_{fut}-T_{UC})} \quad (1)$$

Donde:

P_{UC} : Población del último censo

kr : Tasa de crecimiento geométrico

T : Año

Para obtener la tasa de crecimiento poblacional se utilizó los datos de registros de censos y proyecciones de población de la tabla 1.

Tabla 1: Proyección de la Población de la Parroquia de Malchingui. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (Equipo Consultor GAMMACONSUL CIA. LTDA.)

Parroquia	Población Total			Proyección de Población	
	1990	2001	2010	2015	2020
Malchinguí	3.004	3.912	4.624	5.395	6.033

Mediante un análisis de sensibilidad se llega a encontrar la tasa de crecimiento kr , empleando las siguientes fórmulas:

$$kr_n = \left(\frac{P_{UC}}{P_{CI}} \right)^{\left(\frac{1}{T_{UC} - T_{CI}} \right)} - 1 \quad (2)$$

Donde:

P_{UC} : Población del último censo

P_{CI} : Población del censo inicial

T : Año

Para obtener kr :

$$\overline{kr} = \frac{kr_1 + kr_2 + \dots + kr_n}{n} \quad (3)$$

Donde:

n : Número de años

De esta forma se obtiene los valores de la tabla 2, con esta tasa de crecimiento es posible encontrar la población futura, partiendo de la población inicial de 75 habitantes en 3.6 hectáreas de lotización.

Tabla 2: Tasa de crecimiento geométrico y análisis de sensibilidad para la población de lotización

kr1	0.023
kr2	0.027
kr3	0.023
kr4	0.024
kr	0.024

Se emplea la ecuación 1 para de esta forma encontrar la población en 25 años:

$$Pob_{futura} = 75 * (1 + 0.024)^{(25)}$$

$$Pob_{futura} = 136 \text{ hab}$$

A partir de esto se encuentra la densidad poblacional en 3.6 hectáreas, dando como resultado 37.72 hab/Ha. Se toma este valor como el límite mínimo de densidad poblacional para el diseño.

Para encontrar el límite máximo de densidad poblacional se analizará el escenario más crítico, en el cual según la Ordenanza Metropolitana No. 210 del Distrito Metropolitano de Quito, el COS PB para una Forma de ocupación continua es del 60%, por lo que el área construible se reduce a 2.16 hectáreas, de esto se asume construcciones de 200m², dando un total de 108 viviendas, asumiendo un total de 4 habitantes por vivienda la población total sería de 432 habitantes, dando como resultado una densidad poblacional de 120 hab/Ha.

Tabla 3: Rango de densidad poblacional para lotización

	Densidad poblacional (hab/Ha)
Límite inferior	37.72
Límite superior	120

De esta forma, con una población inicial de 75 personas, para alcanzar la densidad poblacional horizonte de diseño de 100hab/Ha, se necesita una tasa de crecimiento geométrica del 5.36% anual. Este crecimiento se justifica por el desarrollo progresivo de la lotización, el atractivo económico del suelo rural y la implementación de servicios básicos como el sistema de alcantarillado propuesto.

3.3. Caudales de diseño

3.3.1. Caudal de aguas servidas

Se obtiene el caudal sanitario de cada lote, con el fin de que en el futuro se pueda dividir el desarrollo del proyecto en etapas, si ese fuese el caso. Los caudales por lote se encuentran recopilados en la siguiente tabla:

Tabla 4: Caudal sanitario por lote

CUADRO DE AREAS POR LOTE						
LOTE N°	AREA m2	A Ha	Pob	Qsan (l/s)	k	Qsan 1 (l/s)
LOTE 1	2470.16	0.247	25	0.034	2.66	0.090
LOTE 2	2488.78	0.249	25	0.034	2.66	0.091
LOTE 3	2800.41	0.280	28	0.039	2.66	0.103
LOTE 4	2078.79	0.208	21	0.029	2.66	0.076
LOTE 5-1	2101.75	0.210	21	0.029	2.66	0.077
LOTE 5-2	2314.13	0.231	23	0.032	2.66	0.085
LOTE 5-3	2088.76	0.209	21	0.029	2.66	0.077
LOTE 5-4	2397.3	0.240	24	0.033	2.66	0.088
LOTE 5-5	2547.82	0.255	25	0.035	2.66	0.093
LOTE 6-1	2491.46	0.249	25	0.034	2.66	0.091
LOTE 6-2	2525.27	0.253	25	0.035	2.66	0.093
LOTE 6-3	2650.21	0.265	27	0.037	2.66	0.097
LOTE 6-4	2160.24	0.216	22	0.030	2.66	0.079
LOTE 6-5	2730.64	0.273	27	0.038	2.66	0.100
LOTE 6-6	2154.21	0.215	22	0.030	2.66	0.079

El caudal medio de las aguas residuales se considera igual al 70 % de la aportación de agua potable, lo que está establecido en la tabla de coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas, se establece en 170 l/hab/día (Cumbal Sánchez, 2013), que sería el caudal de dotación al final del período de diseño, lo que significa un aporte de 119 l/hab/día.

Tabla 5: Dotación neta y coeficiente de retorno para caudal de aguas servidas

Dotación neta	170 L/hab/día
K_R	0.70

La fórmula para determinar los caudales se utiliza:

$$Qd = K_R * d_{neta} * P / 86400 \quad (4)$$

Donde:

d_{neta} : Dotación neta por habitante (l/ha-día), determinada conforme al Título 2.2 de las Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable de EMAAP-Q

K_R : Coeficiente de retorno (adimensional)

P : Población de diseño (hab)

Los valores establecidos en la tabla 6 indican los siguientes coeficientes de retorno, el nivel de complejidad se establece de bajo a medio: (EMAAP-Q, 2009, p. 30)

Tabla 6: Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas (EMAAP-Q, 2009)

Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas K_R	
Nivel de complejidad del sistema	Coeficientes de retorno
Bajo y medio	0.7 – 0.8
Medio alto y alto	0.8 – 0.85

Se puede optar por un factor de mayoración como se establece en la norma, para determinar el caudal máximo instantáneo de aguas servidas, de acuerdo a las normas de diseño para sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009, p. 30), la cual establece que cuando no existan registros confiables ininterrumpidos, de no menos de los últimos 12 meses, de consumos de agua potable o de descargas de alcantarillado sanitario que permitan determinar estos coeficientes, se adoptaran valores que conozcan para ciudades de similares características que Quito o se adoptaran para los mismos los valores especificados a continuación en la tabla N° 4.2.5.1(tabla 7)…, para este caso el factor será de 2.66. Esta decisión permite garantizar que el sistema responda adecuadamente a posibles variaciones extremas en el caudal de aguas servidas.

Tabla 7: Coeficientes de mayoración (EMAAP-Q, 2009)

TABLA N° 4.2.5.1 COEFICIENTES DE MAYORACIÓN	
1,1 < K1 < 1,4	1,43 < K < 2,66
1,3 < K2 < 1,9	
COEFICIENTES DE MINORACIÓN	
0,6 < β1 < 0,8	0,30 < β < 0,56
0,5 < β2 < 0,7	
Nota: Estos coeficientes no incluyen infiltraciones ni aportes de grandes usuarios	

Además, se debe tomar en cuenta la inevitable infiltración de aguas superficiales a las redes de sistemas de alcantarillado, esto se debe a que no son completamente impermeables, por lo que para este caso por el nivel de complejidad del sistema se opta por tomar infiltración media, adoptando un valor de 0.1 l/s-ha, este valor se obtiene de la Tabla 8 con valores establecidos a continuación: (EMAAP-Q, 2009, p. 33)

Tabla 8: Infiltración por nivel de complejidad del sistema (EMAAP-Q, 2009)

TABLA N° 4.2.3.7			
Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s.ha)	Infiltración media (l/s.ha)	Infiltración baja (l/s.ha)
Bajo y medio	0.1 – 0.3	0.1 – 0.3	0.05 – 0.2
Medio alto y alto	0.15 – 0.4	0.1 – 0.3	0.05 – 0.2

3.3.2. Caudal pluvial

El aporte de aguas lluvias se evalúa por el método racional, la formula a aplicar es:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{0.36} \quad (5)$$

En donde:

- Q : Caudal pluvial (l/s)
 C : Coeficiente de escorrentía (0.6)
 A : Área de drenaje (ha)
 I : Intensidad de lluvia (mm/hr)

El valor del coeficiente de escorrentía se obtiene considerando que la zona es del área urbana con descripción del área correspondiente a barrios, tabla 9 con valores establecidos a continuación: (EMAAP-Q, 2009, p. 80)

Tabla 9: Coeficientes de escorrentía para un área urbana (EMAAP-Q, 2009)

Coeficientes de escorrentía para un área urbana	
Descripción del área	Coeficiente de escorrentía
Negocios	
Centro	0.70 a 0.95
Barrios	0.50 a 0.75

3.3.3. Intensidad de lluvia

Para el cálculo de “I” se emplea un período de retorno de 25 años, para redes principales, cuya expresión es adoptada de la Estación Hidrometeorológica más cercana al sitio del estudio, estación con código M0022 TABACUNDO publicado por el INAMHI en su estudio denominado DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN versión (2) año 2019, que tiene la siguiente expresión:

$$I = 176.4324 * T^{0.1261} * t^{-0.4505} \quad (6)$$

En donde:

- I : Intensidad de lluvia (mm/hr)

T : Periodo de retorno (25 años)

t : tiempo de concentración, (12 min tiempo de concentración inicial)

Para efectos del diseño, se ha asumido un tiempo de concentración de 12 minutos, valor típico en zonas rurales con áreas menores a 5 ha, pendiente moderada y escurrimiento superficial directo, tal como se permite en la normativa EMAAP-Q (Anexo 2, Sección 4.3.3.1) y se respalda por referencias técnicas como ASCE (1996) y NRCS (TR-55).

y, para tiempo de recorrido:

$$tf = \frac{1}{60} * \sum \left(\frac{Li}{Vi} \right) \quad (7)$$

En donde:

tf : Tiempo de recorrido final (min)

Li : Longitud del tramo i

Vi : Velocidad en el tramo i

3.4. Velocidad en los conductos

La red del alcantarillado se diseñará en función de flujo a gravedad, a tubo parcialmente lleno, con el 80% como su capacidad máxima de utilización.

Para el cálculo de la velocidad se emplea la fórmula de Manning, es la siguiente:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \quad (8)$$

Donde

v : Velocidad (m/s)

R : Radio hidráulico (m)

S_o : Pendiente del canal

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

Los coeficientes de Manning utilizados:

Tubería de polietileno lisa o PVC : $n = 0.011$

3.5. Velocidad mínima y máxima

Las velocidades mínimas y máximas se establecerán en concordancia a la antes referida Norma, para las cuales se enuncian lo siguiente.

$$v_{max} = 6 \cdot (g \cdot R)^{1/2} \quad (9)$$

Donde

v_{max} : Velocidad máxima (m/s)

R : Radio hidráulico (m)

g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

$$v_{min} \geq 0.6 \text{ (m/seg)} \quad (10)$$

Las velocidades consideradas para el diseño de la red son:

- | | | |
|----|---|-----------|
| a) | V. Mínima a tubo lleno | 0,60 m/s. |
| b) | V. mínima de autolimpieza | 0,40 m/s. |
| c) | V. máxima en tuberías de hormigón Clase 2 | 3,50 m/s. |
| f) | V. máxima en tuberías plásticas | 7,50 m/s. |

Las clases de tubería que debe especificarse en los diseños deben estar en función de las velocidades de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Tubería plástica	$V < 7,5 \text{ m/s.}$
--------------------	------------------------

3.6. Diámetros de las tuberías

El diámetro mínimo que los diseños deben considerar en las tuberías de la red de alcantarillado combinado es de 250 mm, para la descarga de sumideros debe ser de 200 mm. y para las conexiones domiciliarias de 150 mm.

3.7. Pendientes

Las pendientes del proyecto se han determinado bajo las condiciones topográficas obtenidas del terreno y para su determinación en el diseño se considerará los parámetros de velocidad mínima y máxima.

3.8. Profundidades

En las tuberías se optaron por profundidades superiores a 0.6m sobre la clave del tubo, esto permitiría desalojar por gravedad las aguas de las viviendas y asegurar que el relleno garantice la protección de la tubería de cargas muertas del propio relleno y cargas vivas que podrían llegar a presentarse.

3.9. Pozos de revisión

Se han establecido el diseño de 15 pozos de revisión, las proyecciones de dichos pozos se proyectan en los siguientes casos:

- Inicio de tramo de cabecera
- Cambios de dirección.
- Cambios de sección de la tubería.
- Cambios de pendiente.
- Confluencia de tuberías.

La máxima distancia entre pozos será de 80 m de eje a eje, no obstante, si sobrepasan esta longitud, serán justificados por las condiciones topográficas de la vía, ya que al colocar pozos intermedios significaría elevar el costo del proyecto, además todos estos tramos tienen el soporte del cálculo hidráulico.

Los pozos diseñados son estándares para tuberías de hasta 800 mm.

En ningún caso la estructura del pozo servirá como dissipador de energía salvo el caso que se dé la demostración correspondiente.

3.10. Sumideros

Los sumideros se conectarán directamente a pozos de revisión, se debe considerar la instalación de sifones para evitar el retroceso de gases nocivos de la red municipal.

En el presente diseño a fin de tener el sumidero más económico y eficiente se utilizará el sumidero estándar de 30x46 cm

3.11. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias externas serán de diámetro 150 mm y se instalarán con una pendiente mínima del 2% hacia la tubería del alcantarillado. En caso de efectuar conexiones con diámetro mayor se deberá justificar. Los empalmes de las conexiones domiciliarias con las tuberías se harán con ramales de 45° que desemboquen en la parte superior de la colectora en el mismo sentido del flujo.

3.12. Áreas de lotes y linderos

Tabla 10: Área de cada lote del terreno en Moaí

CUADRO DE AREAS	
LOTE N°	AREA UTIL Y AREA BRUTA m2
LOTE 1	2470.16
LOTE 2	2488.78
LOTE 3	2800.41
LOTE 4	2078.79
LOTE 5-1	2101.75
LOTE 5-2	2314.13
LOTE 5-3	2088.76
LOTE 5-4	2397.3
LOTE 5-5	2547.82
LOTE 6-1	2491.46
LOTE 6-2	2525.27
LOTE 6-3	2650.21
LOTE 6-4	2160.24
LOTE 6-5	2730.64
LOTE 6-6	2154.21
A TOTAL	35999.93

3.13. Condiciones de entrega de caudales

Se prevé para la entrega de caudales a otro conducto o a cauces naturales que el flujo de entrega se realice en condiciones libres, esto es que el calado normal del cuerpo receptor no sea mayor que el calado normal del flujo de entrega.

3.14. Materiales de las tuberías

Los materiales previstos para las tuberías de la red de alcantarillado combinado, se han seleccionado de acuerdo a las condiciones de velocidad que se consideraron para el diseño de acuerdo a lo siguiente:

Tuberías de plástico

V. máxima de 7,50 m/s.

(EMAAP-Q, 2009)

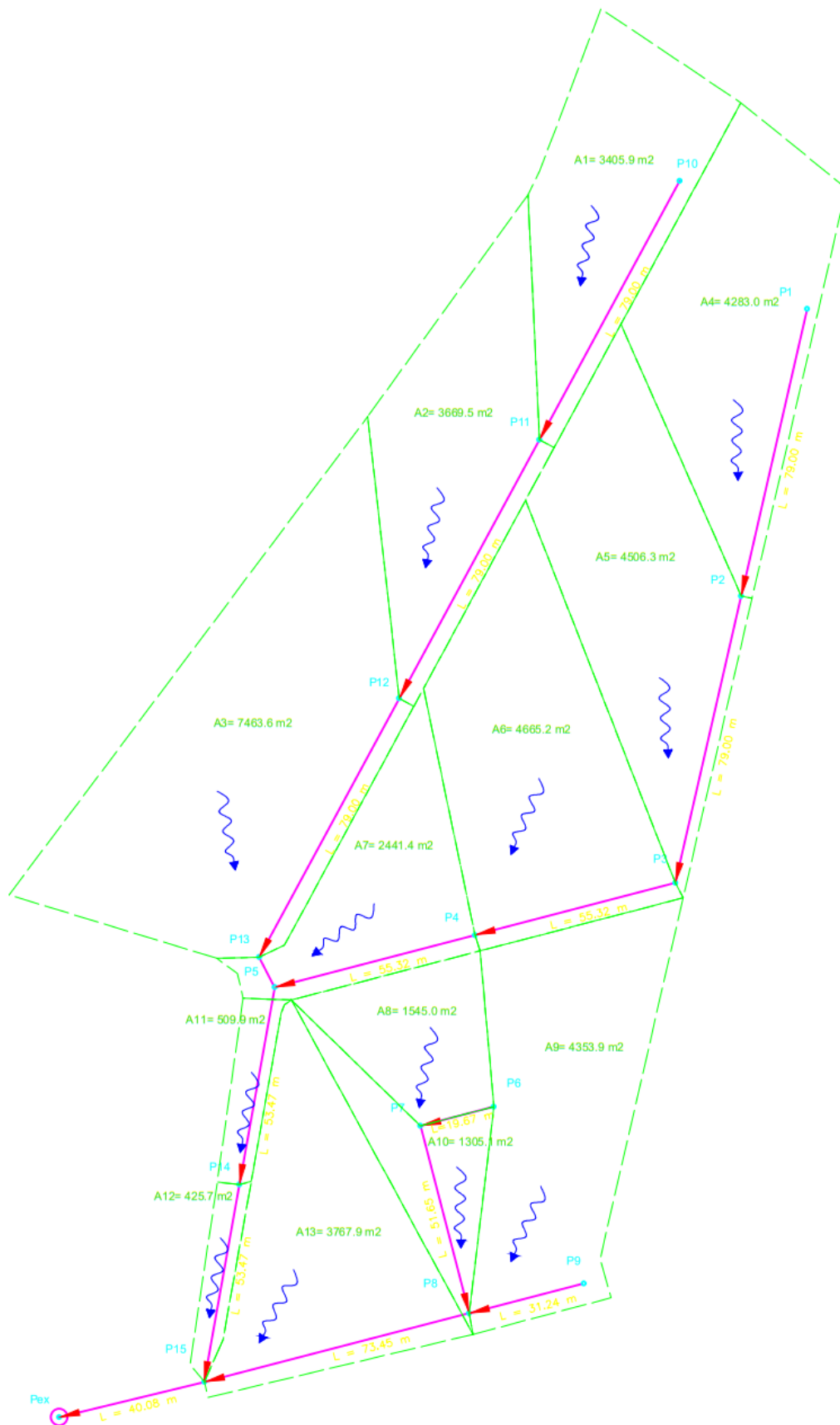
4. Diseño del sistema de alcantarillado

Para el diseño hidráulico se utilizaron hojas electrónicas de cálculo, las mismas que dan la posibilidad de ajustar los parámetros y factores de las operaciones matemáticas. (Anexo 1 – CALCULO ALCANTARILLADO v2)

El cálculo hidráulico considera los parámetros de diseño utilizados en la práctica de la Ingeniería Hidráulica y básicamente los contenidos en las Normas de la EPMAPS. Además, se utilizó como ejemplo el cálculo el Tramo 1A, con su esquema respectivo posterior a este apartado.

Tabla 11: Parámetros de entrada

Densidad bruta Pob	100	hab/Ha
Dotación de agua	170	l/hab/día
Coefficiente de Escorrentía (C)	0.6	
Período de retorno (T)	25	años
Coefficientes de rugosidad (n)	0.011	Tubería plástica



Esquema 4: Recorrido del diseño de tramos del sistema de alcantarillado.

4.1. Cálculo áreas de aporte y población proyectada

En esta hoja de cálculo se determina la población y áreas aportantes, el proyecto se ha dividido en cuatro tramos, de cada tramo se subdivide en tramos individuales correspondientes a una tubería individual que conecta los pozos. Para cada tramo se especifica el área de aporte individual y si fuese el caso el área acumulativa para dicho tramo. La población de cada tramo se encuentra bajo el análisis previo realizado de Población de diseño, además para cada cálculo se utilizará el área acumulativa, de igual forma para la población por tramo.

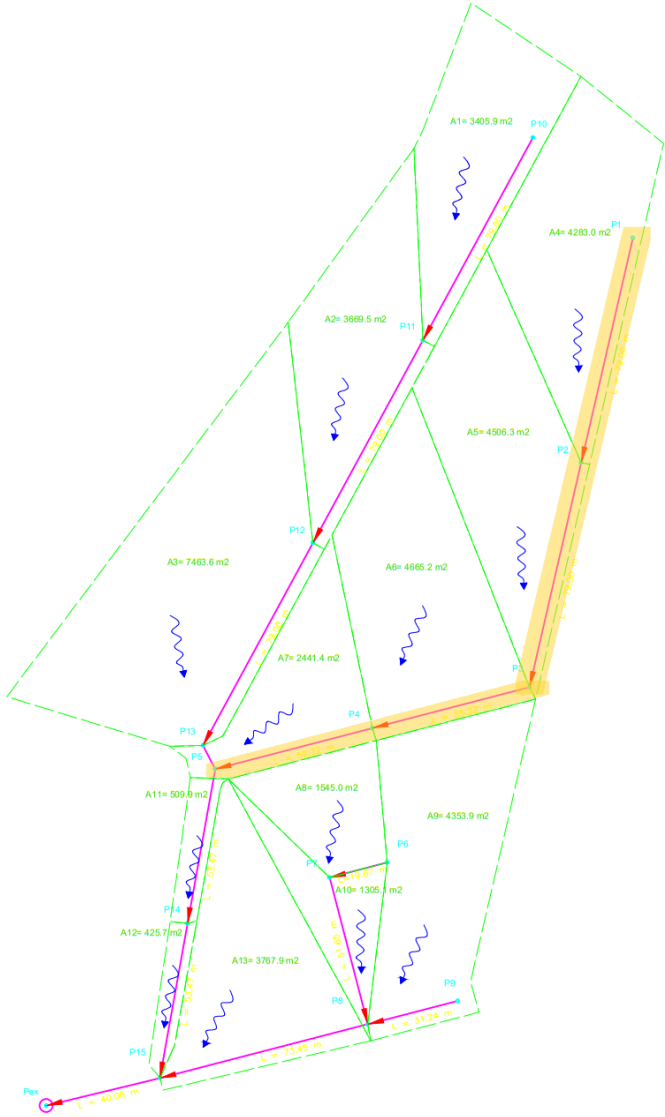
Para obtener la población se debe multiplicar el área acumulativa por la densidad bruta que se estableció previamente (100hab/Ha), para el caso de Tramo 1A, es de la siguiente forma:

$$Población = Acum * Densidad\ bruta$$

$$Población = 0.43\ Ha * 100\ hab/Ha$$

$$Población = 43\ hab$$

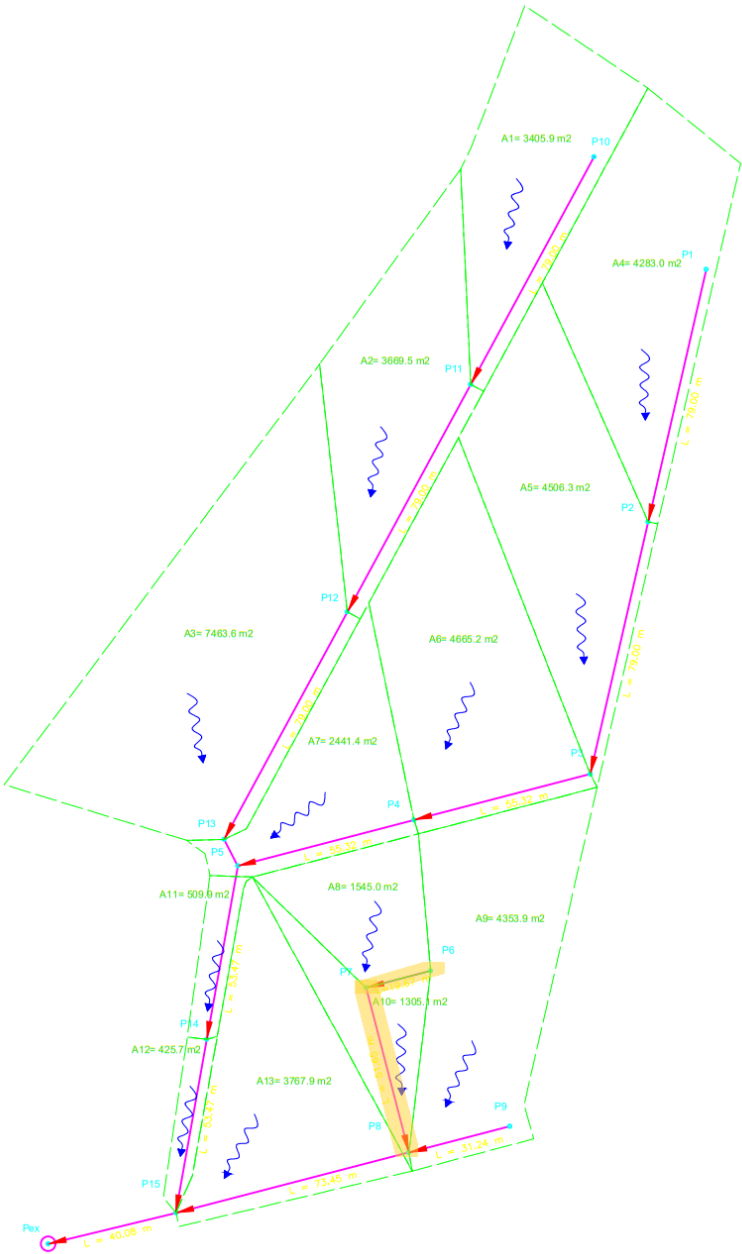
Posterior al cálculo de la población para este tramo, el cálculo de la siguiente población para el tramo consecutivo, será el valor acumulativo, es decir, la población del tramo 2A junto a la población del tramo 1A.



Esquema 5: Esquema tramo 1 sistema de alcantarillado

Tabla 12: Áreas de aporte tramo 1, parciales y acumulativas, y población acumulativa por tramo

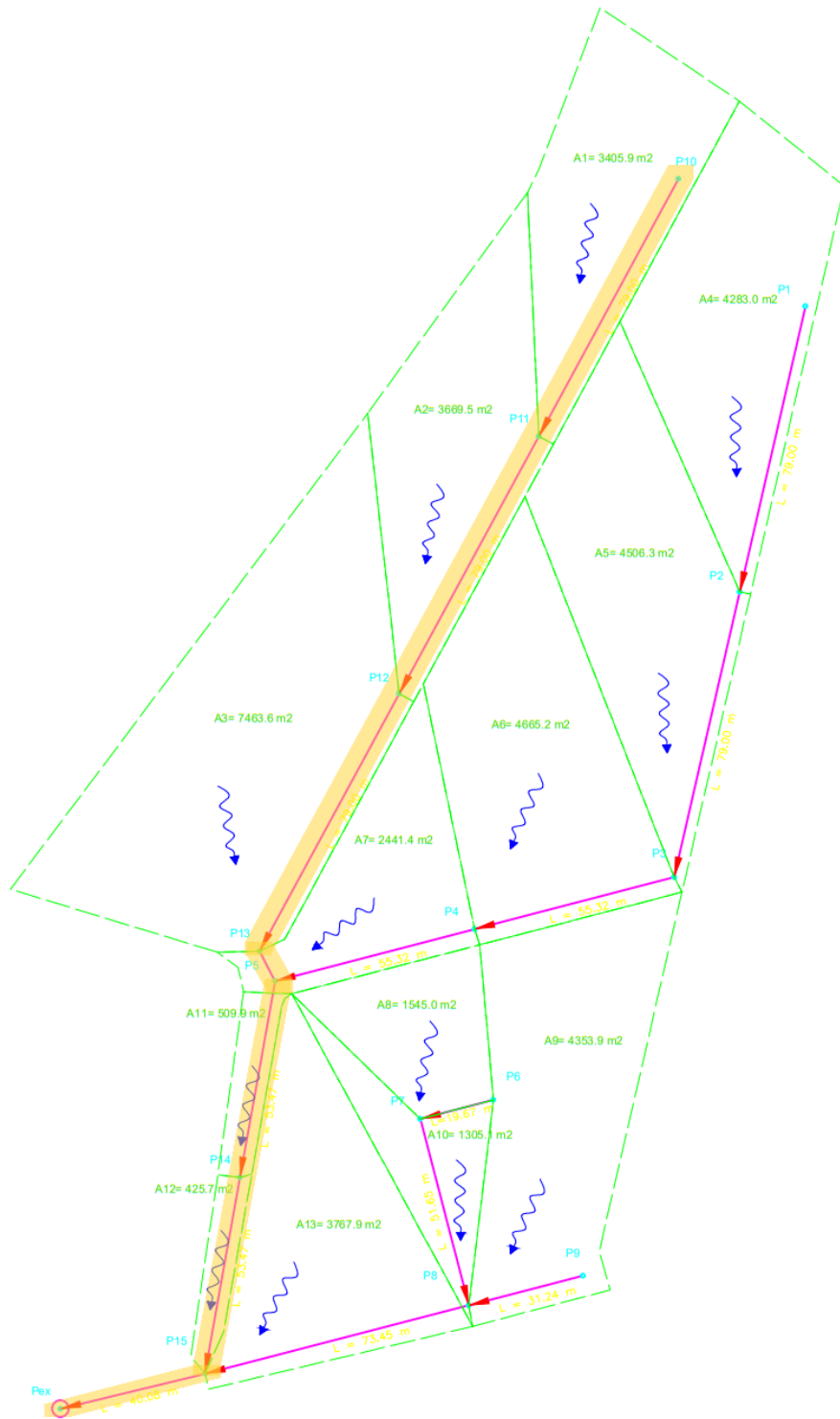
DESCRIPCION DEL TRAMO				AREA		
TRAMO	POZO					
	DE	A	L	Parcial	Acum.	Población
			m	Ha	Ha	hab.
TRAMO 1						
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	0.43	0.43	43
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	0.45	0.88	88
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	0.47	1.35	135
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	0.24	1.59	159



Esquema 6: Esquema tramo 2 sistema de alcantarillado

Tabla 13: Áreas de aporte tramo 2, parciales y acumulativas, y población acumulativa por tramo

DESCRIPCION DEL TRAMO				AREA		
	POZO					
TRAMO	DE	A	L	Parcial	Acum.	Población
			m	Ha	Ha	hab.
TRAMO 2						
TRAMO 2A	P6	P7	19.67	0.15	0.15	15
TRAMO 2B	P7	P8	51.65	0.13	0.29	29



Esquema 7: Esquema tramo 4 sistema de alcantarillado

Tabla 14: Áreas de aporte tramo 4, parciales y acumulativas, y población acumulativa por tramo

DESCRIPCION DEL TRAMO				AREA		
	POZO					
TRAMO	DE	A	L	Parcial	Acum.	Población
			m	Ha	Ha	hab.
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)						
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	0.34	0.34	34
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	0.37	0.37	37
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	0.75	1.09	109
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	0.00	1.09	109
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	0.05	1.14	114
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	0.04	1.18	118
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	0.00	2.28	228

Tabla 15: Áreas de aporte tramo 3, parciales y acumulativas, y población acumulativa por tramo

DESCRIPCION DEL TRAMO				AREA		
	POZO					
TRAMO	DE	A	L	Parcial	Acum.	Población
			m	Ha	Ha	hab.
TRAMO 3						
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	0.44	0.44	44
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	1.10	1.10	110

4.2. Cálculo caudal de diseño

Para el caudal de diseño se considera la suma entre el caudal pluvial (q_1) y el caudal de aguas servidas (q_2), bajo los parámetros establecidos en la sección 3.3.

$$Q_{diseño} = q_1 + q_2 \quad (11)$$

4.2.1. Cálculo caudal pluvial o escorrentía.

Se parte del cálculo del caudal pluvial tal como se establece en la sección 3.3.2, este aporte se evalúa por el método racional, con el uso de la Ecuación (5), y el cálculo de la intensidad de precipitación con el uso de la Ecuación (6). Reemplazando los valores previamente establecidos para periodo de retorno (25 años) y tiempo de concentración (12 min), podemos obtener el caudal pluvial para el Tramo 1A:

$$I = 176.4324 * T^{0.1261} * t^{-0.4505}$$

$$I = 176.4324 * (25)^{0.1261} * 12^{-0.4505}$$

$$I = 86 \text{ mm/hr}$$

De esta forma el caudal pluvial se obtiene de la siguiente forma:

$$Q_p = \frac{C \cdot I \cdot A}{0.36}$$

$$Q_p = \frac{(0.6) \cdot 86 \cdot 0.43}{0.36}$$

$$Q_p(q_1) = 62 \text{ lts/s}$$

Tabla 16: Caudal pluvial resultante por tramo.

DESCRIPCION DEL TRAMO					AGUAS LLUVIAS (L/S)		
TRAMO	POZO		L m	A*C	Tc min	I mm/hr	Qp (q1) Lts/s
	DE	A					
TRAMO 1							
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	0.26	12.00	86	62
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	0.53	12.25	86	125
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	0.81	12.52	85	190
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	0.95	12.83	84	222
TRAMO 2							
TRAMO 2A	P6	P7	19.67	0.09	12.00	86	22
TRAMO 2B	P7	P8	51.65	0.17	12.23	86	41
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)							
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	0.20	12.00	86	49
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	0.22	12.00	86	53
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	0.65	12.27	86	155
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	0.65	12.58	85	153
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	1.64	12.61	85	384
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	1.66	12.76	84	388
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	2.32	12.92	84	539
TRAMO 3							
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	0.26	12.00	86	63
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	0.66	12.00	86	158

4.2.2. Cálculo caudal sanitario.

Se continua con el cálculo del caudal por aguas servidas, en este caso el caudal doméstico, para esto se emplea la Ecuación (4), con el valor de dotación neta previamente establecido (170 l/hab/día), de la siguiente forma:

$$Q_{san} = K_R * d_{neta} * P / 86400$$

$$Q_{san} = 0.7 * 170 * \frac{43}{86400}$$

$$Q_{san} = 0.06 \text{ l/s}$$

Se opta por usar factor de mayoración establecidos previamente:

$$Q_{san1} = f_M * Q_{AR}$$

$$Q_{san1} = 2.66 * 0.06$$

$$Q_{san1} = 0.16 \text{ l/s}$$

Finalmente, se obtiene el caudal por infiltración, como se estableció en la Tabla 6, por infiltración media, se adopta un valor de 0.1 l/s-ha:

$$Q_{inf} = Inf * Area$$

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

$$Q_{inf} = 0.04 \text{ l/s}$$

Así, con la suma del caudal doméstico y caudal de infiltración se obtiene el total de aguas servidas (q_2).

$$q_2 = Q_{san1} + Q_{inf}$$

Según la norma en la *Sección 4.2.6*, cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,5 l/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño. (EMAAP-Q, 2009).

Por lo que el q_2 en la mayoría de los casos adoptará este valor.

Tabla 17: Caudal de aguas servidas de origen doméstico para cada tramo

DESCRIPCION DEL TRAMO				AGUAS SERVIDAS (L/S)					
TRAMO	POZO		L m	Pobla ción hab.	Qsan lts/s	fM	Qsa n1 lts/s	Qinf lts/s	Qmax. (q2) lts/s
	DE	A							
TRAMO 1									
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	43	0.06	2.66	0.16	0.04	1.50
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	88	0.12	2.66	0.32	0.09	1.50
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	135	0.19	2.66	0.49	0.13	1.50
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	159	0.22	2.66	0.58	0.16	1.50
TRAMO 2									
TRAMO 2A	P6	P7	19.67	15	0.02	2.66	0.06	0.02	1.50
TRAMO 2B	P7	P8	51.65	29	0.04	2.66	0.10	0.03	1.50
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)									
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	34	0.05	2.66	0.12	0.03	1.50
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	37	0.05	2.66	0.13	0.04	1.50
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	109	0.15	2.66	0.40	0.11	1.50
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	109	0.15	2.66	0.40	0.11	1.50
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	273	0.38	2.66	1.00	0.27	1.50
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	277	0.38	2.66	1.01	0.28	1.50
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	387	0.53	2.66	1.42	0.39	1.80
TRAMO 3									
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	44	0.06	2.66	0.16	0.04	1.50
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	110	0.15	2.66	0.40	0.11	1.50

El caudal de diseño se obtiene de la suma de los caudales previamente calculados q_1 y q_2 , el caudal será el acumulativo a partir del segundo subtramo, para cada tramo correspondientemente:

Tabla 18: Caudal de Diseño por tramo.

DESCRIPCION DEL TRAMO				CAUDAL DISEÑO (q1 + q2) lts/s
CALLE	POZO		L m	
	DE	A		
TRAMO 1				
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	63.2
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	129.2
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	193.9
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	225.9
TRAMO 2				
TRAMO 2A	P6	P7	19.67	23.8
TRAMO 2B	P7	P8	51.65	42.2
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)				
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	50.6
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	54.4
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	156.5
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	154.8
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	387.9
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	391.9
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	543.0
TRAMO 3				
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	64.2
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	159.6

El caudal del tramo y el caudal máximo correspondiente, de modo que las relaciones hidráulicas determinan el funcionamiento hidráulico del sistema de tuberías de alcantarillado combinado.

4.3. Dimensionamiento de la tubería por tramos

4.3.1. Selección del diámetro de las tuberías.

Considerando los parámetros de diseños para tuberías mencionados en la sección 2.6 Diámetros de Tuberías. Los diámetros internos con los que se elaboró el diseño fueron obtenidos del catálogo Plásticos Rival (s.f.).

El diámetro calcula se obtiene del desarrollo de la Ecuación (6) o ecuación de manning, despejado para la obtención del diámetro:

$$D = \left(\frac{4^{5/3}}{\pi^{3/8}} * \frac{Q}{1000} * n * \left(\frac{J}{100} \right)^{0.5} \right)^{0.375}$$

$$D = \left(\frac{4^{5/3}}{\pi^{3/8}} * \frac{63.2}{1000} * n * \left(\frac{14.00}{100} \right)^{0.5} \right)^{0.375}$$

$$D = 0.15m$$

Se debe optar por el diámetro inmediato superior en el catálogo de diámetros internos, se procede a considerar que el porcentaje no mayor a 80% en el que podría trabajar la tubería. Los diámetros serán distribuidos de manera ascendente, nunca un antecesor puede ser mayor a su predecesor, velocidades mínima y máxima establecidas en la sección 3.4, y demás parámetros establecidos en la sección 3.6.

Tabla 19: Diámetro calculado y diámetro optado por tramo.

DESCRIPCION DEL TRAMO				DISEÑO DE LA TUBERIA	
	POZO			D	B o D
CALLE	DE	A	L	(calculado)	adoptado
			m	m	m
TRAMO 1					
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	0.15	0.25
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	0.20	0.25
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	0.31	0.36
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	0.40	0.50
TRAMO 2					
TRAMO 2A	P6	P7	19.67	0.17	0.25
TRAMO 2B	P7	P8	51.65	0.15	0.25
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)					
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	0.14	0.25
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	0.14	0.25
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	0.23	0.25
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	0.23	0.25
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	0.33	0.50
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	0.34	0.50
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	0.43	0.50
TRAMO 3					
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	0.28	0.30
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	0.40	0.50

Los rangos de velocidad considerados son:

SISTEMA COMBINADO:

$V_{\text{mínima}} = 0.6 \text{ m/s}$

$V_{\text{máxima}} = 7.5 \text{ m/s}$

El diseño hidráulico considera que el tramo de tubería no funciona adecuadamente si las velocidades están fuera de los rangos establecidos o que la relación d/D es mayor a 0.80, lo que indicaría la necesidad de correctivos en el tramo de tubería. El cálculo de la relación d/D se determina a partir de la relación del caudal de diseño y el caudal a tubo lleno que corresponde a las condiciones normales de funcionamiento del sistema.

Para que cada tubería no fluya a más del 80% de su capacidad se debe analizar su flujo a tubería llena, calculando el área de la tubería optada, su perímetro mojado, radio hidráulico, velocidad y caudal. Al obtener este caudal se compara con el caudal de diseño obtenido en la Tabla 7. La relación de estos caudales refleja el porcentaje al que cada tubería estaría trabajando.

Tabla 20: Cálculo del diseño a tubería llena.

DESCRIPCION DEL TRAMO				DISEÑO DE LA TUBERIA					
	POZO			J	TUBERIA LLENA				
TRAMO	DE	A	L		A(secc.)	P	Rh	V	Q
			m	%	m ²	m	m	m/s	lts/s
TRAMO 1									
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	14.00	0.05	0.79	0.0625	5.36	263
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	11.50	0.05	0.79	0.0625	4.86	238
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	2.50	0.10	1.14	0.0910	2.91	303
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	0.81	0.20	1.57	0.1250	2.05	402
TRAMO 2									
TRAMO 2A	P6	P7	19.67	1.00	0.05	0.79	0.0625	1.43	70

TRAMO 2B	P7	P8	51.65	5.87	0.05	0.79	0.0625	3.47	170
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)									
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	12.00	0.05	0.79	0.0625	4.96	243
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	11.00	0.05	0.79	0.0625	4.75	233
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	8.50	0.05	0.79	0.0625	4.17	205
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	8.20	0.05	0.79	0.0625	4.10	201
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	7.00	0.20	1.57	0.1250	6.01	1181
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	6.50	0.20	1.57	0.1250	5.79	1138
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	3.50	0.20	1.57	0.1250	4.25	835
TRAMO 3									
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	0.49	0.07	0.94	0.0750	1.13	80
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	0.40	0.20	1.57	0.1250	1.44	282

De esta forma, se obtiene la relación Q diseño/ Q de tubería llena, en cada caso el porcentaje no supera el 80%, lo cual nos indica un diseño satisfactorio:

Tabla 21: Relación entre caudal de diseño y caudal de tubería llena.

DESCRIPCION DEL TRAMO				
	POZO			
TRAMO	DE	A	L	Qdis/Q
			m	
TRAMO 1				
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	0.24
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	0.53
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	0.63
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	0.56
TRAMO 2				

TRAMO 2A	P6	P7	19.67	0.34
TRAMO 2B	P7	P8	51.65	0.25
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)				
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	0.21
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	0.23
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	0.76
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	0.77
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	0.33
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	0.34
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	0.65
TRAMO 3				
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	0.80
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	0.57

4.3.2. Selección de pozos de inspección

El diámetro establecido para todos los pozos de inspección es de 1m. La altura mínima de material por sobre la tubería es de 1.50m, por lo que las profundidades de los pozos varían dependiendo la cota y el salto hidráulico, no mayor a 50cm en todos los tramos.

Tabla 22: Diseño de pozos de inspección.

DESCRIPCION DEL TRAMO				PROFUNDIDAD		
TRAMO	POZO		L m	AGUAS		SALTO (m)
	DE	A		ARRIBA (m)	ABAJO (m)	
TRAMO 1						
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	2.00	1.91	0.29
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	2.20	2.08	0.12
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	2.20	1.99	0.21
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	2.20	2.50	
TRAMO 2						
TRAMO 2A	P6	P7	19.67	1.80	1.67	0.13
TRAMO 2B	P7	P8	51.65	1.80	1.90	
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)						
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	2.10	1.88	0.22
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	2.10	2.22	0.18
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	2.40	2.23	0.37
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	2.60	2.50	0.10
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	2.60	2.14	0.16
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	2.30	2.01	0.19
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	2.20	2.20	
TRAMO 3						
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	1.80	1.90	0.05
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	1.95	2.20	

En el caso de los pozos P5, P8, y P15, son pozos donde se llegan a conectar dos tramos, por lo que su altura será la misma en los tramos en los que están presentes, estos

pozos se encuentran identificados por colores en la tabla 21. El pozo existente (Pex) es el pozo al que se buscara conectar el sistema de alcantarillado, por revisión presencial en el lugar se halló que la altura del pozo es de 2.20m por lo que esta fue la altura establecida para el final del tramo 4.

4.3.3. Definición de pendientes

Para establecer las pendientes se tomó en cuenta la topografía del terreno y las alturas de los pozos, bajo las condiciones establecidas en la sección 2.7.

Tabla 23: Selección de pendientes por tramo

DESCRIPCION DEL TRAMO				
	POZO			
TRAMO	DE	A	L	J
			m	%
TRAMO 1				
TRAMO 1A	P1	P2	79.00	14.00
TRAMO 1B	P2	P3	79.00	11.50
TRAMO 1C	P3	P4	55.32	2.50
TRAMO 1D	P4	P5	55.32	0.81
TRAMO 2				
TRAMO 2A	P6	P7	19.67	1.00
TRAMO 2B	P7	P8	51.65	5.87
TRAMO 4 (CAMINO ADOQUINADO)				
TRAMO 4A, CA	P10	P11	79.00	12.00
TRAMO 4B, CA	P11	P12	79.00	11.00
TRAMO 4C, CA	P12	P13	79.00	8.50
TRAMO 4D, CA	P13	P5	8.20	8.20
TRAMO 4F, CA	P5	P14	53.47	7.00
TRAMO 4G, CA	P14	P15	53.47	6.50
TRAMO 4H, CA	P15	Pex	48.08	3.50
TRAMO 3				
TRAMO 3A	P9	P8	31.24	0.49
TRAMO 5A	P8	P15	73.45	0.40

5. Tabla de cantidades del proyecto

5.1. Pozos de revisión

Para identificar el número de pozos se obtienen dos tipos de pozos, el pozo tipo B tiene una altura de 1.76 m a 2.25 m, mientras el pozo tipo C tiene una altura de 2.26 m a 2.75 m, a continuación, se tiene la tabla resumen de todos los pozos y su tipo correspondiente, al final de esta tabla se encuentra el resumen del total de cada tipo:

POZO	PROFUNDIDAD	TIPO
	(m)	
P1	2.00	B
P2	2.20	B
P3	2.20	B
P4	2.20	B
P6	1.80	B
P7	1.80	B
P10	2.10	B
P11	2.10	B
P12	2.40	C
P13	2.60	C
P5	2.60	C
P14	2.30	C
P15	2.20	B
P9	1.80	B
P8	1.95	B
TIPO B	H 1.76 - 2.25	11
TIPO C	H 2.26 - 2.75	4

5.2. Conexiones domiciliarias

El número de cajas domiciliarias se toma del número de lotes propuestos para el proyecto, 15 en este caso. Para la excavación de zanja se considera el producto de la longitud de tuberías, sería de 7m por caja, por el acho de la zanja que sería de 0.70m y una altura de 1.5m. El relleno compactado es el volumen total de la zanja menos el espacio ocupado por la tubería propuesta, en este caso para conexiones domiciliarias el diámetro de las tuberías corresponde a 160mm. El acarreo y sobre carreo se refieren al movimiento de

tierra sobrante correspondiente a este rubro. La cantidad de sillas yee corresponde a la cantidad de cajas domiciliarias, utilizadas para el acople a la tubería principal.

Tabla 24: Tabla de cantidades correspondiente a conexiones domiciliarias

CONEXIONES COMICILIARIAS	CANTIDAD	UNIDAD
EXCAVACION ZANJA A MANO H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	112	m3
RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	110	m3
ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,volteo)	2	m3
SOBREACARREO (transporte/medios mecanicos) (SE PAGARA EN m3/km)	1	u
CAJA DOMICILIARIA H=0.60-1.50M CON TAPA H.A.	15	u
TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 160MM (MAT.TRAN.INST)	105	m
SILLA YEE 300*160 mm (MAT/TRANS/INST)	15	u

5.3. Sumideros

A continuación, se detalla las cantidades para la elaboración de sumideros, considerando que se colocan dos sumideros por pozo. Para la excavación se considera una altura no mayor a 2.75 m (1.5 m), un ancho de zanja de 0.6m, y la longitud de las tuberías. La longitud de tubería se considera 14m por pozo, debido al ancho de la calle y a que estas tuberías deben ubicarse a 45° o 60° de los pozos de revisión. El relleno compactado es el volumen total de la zanja menos el espacio ocupado por la tubería propuesta, en este caso para conexiones domiciliarias el diámetro de las tuberías corresponde a 200mm. El acarreo y sobre carreo se refieren al movimiento de tierra sobrante correspondiente a este rubro. El empate a pozo y rejilla corresponden al número de sumideros proyectados.

Tabla 25: Tabla de cantidades correspondiente a sumideros

SUMIDEROS	CANTIDAD	UNIDAD
EXCAVACION ZANJA A MANO H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	189	m3
RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	185	m3
ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga, transporte, volteo)	4	m3
SOBREACARREO (transporte/medios mecanicos) (SE PAGARA EN m3/km)	1	u
TUBERIA PVC ESTRUCTURADA PERFILADA (CORRUGADA) 200MM (MAT.TRAN.INST)	210	m
EMPATE A POZO MORTERO 1:3	30	u
SUMIDERO CALZADA CERCO/REJILLA HF (PROVISION Y MONTAJE)	30	u

5.4. Movimiento de tierras

Para cuantificar el movimiento de tierras es necesario encontrar la profundidad promedio del tramo correspondiente, la cual es el promedio entre la suma del pozo aguas arriba más la suma del pozo aguas abajo, incluyendo el salto. El ancho de la zanja depende del diámetro de la tubería, para tuberías de diámetro 250mm el ancho de excavación es de 0.83m, de diámetro 364mm el ancho de excavación es de 0.95m, y de diámetro 500mm el ancho de excavación es de 1.14m.

En todos los tramos la profundidad de excavación no supera los 2.75m de alto, este volumen (en unidades de m3) se obtiene del producto entre el ancho de la zanja, la altura promedio y la longitud del tramo. El relleno compactado corresponde al volumen de excavación menos el volumen que ocuparía la tubería.

El rasanteo de zanja (en unidades de m2) consiste en preparar y nivelar el fondo de la excavación de la zanja, de manera que sigue la rasante de diseño indicada en los planos, se obtiene del producto entre la longitud y el ancho de la zanja. Finalmente, el

acarreo del material restante se obtiene de la resta entre la excavación de zanja menos el relleno compactado.

Tabla 26: Tabla de cantidades correspondiente a movimiento de tierras

MOVIMIENTO DE TIERRAS										
POZO			BASE O DIAM ETRO	MAT ERIA L / CLA SE	PROFUN DIDAD PROME DIO DEL TRAMO	AN CH O ZA NJA	EXCAV ACION EN ZANJA	RELLEN O COMPA CTADO	RASANT EO DE ZANJA A MANO	ACA RREO 1 Km.
		L								
SA LIDA	LLE GADA	m	m	TUB ERIA		(m)	0 A 2.75 m ³	(m ³)	(m ²)	(m ³)
TRAMO 1										
P1	P2	79.00	0.25	PL	2.10	0.83	137.67	133.8	65.6	3.88
P2	P3	79.00	0.25	PL	2.20	0.83	144.21	140.3	65.6	3.88
P3	P4	55.32	0.36	PL	2.20	0.95	115.56	109.8	52.6	5.76
P4	P5	55.32	0.50	PL	2.35	1.14	148.56	137.7	63.3	10.86
TRAMO 2										
P6	P7	19.67	0.25	PL	1.80	0.83	29.41	28.4	16.3	0.97
P7	P8	51.65	0.25	PL	1.85	0.83	79.31	76.8	42.9	2.54
TRAMO 4A, CA										
P10	P11	79.00	0.25	PL	2.10	0.83	137.66	133.8	65.6	3.88
P11	P12	79.00	0.25	PL	2.25	0.83	147.47	143.6	65.6	3.88
P12	P13	79.00	0.25	PL	2.50	0.83	163.83	160.0	65.6	3.88
P13	P5	8.20	0.25	PL	2.60	0.83	17.68	17.3	6.8	0.40
P5	P14	53.47	0.50	PL	2.45	1.14	149.80	139.3	61.2	10.50
P14	P15	53.47	0.50	PL	2.25	1.14	137.76	127.3	61.2	10.50
P15	Pex	48.08	0.50	PL	2.20	1.14	121.14	111.7	55.0	9.44
TRAMO 3										
P9	P8	31.24	0.30	PL	1.88	0.90	52.76	50.6	28.1	2.21
P8	P15	73.45	0.50	PL	2.07	1.14	174.36	159.9	84.0	14.42

Para el cálculo de la cama de arena resulta del producto entre la longitud y el ancho de la zanja, colocada antes de instalar la tubería para brindar un apoyo uniforme a lo largo de la tubería, evitando esfuerzos puntuales que pueden dañar el sistema y facilita el nivelado. El valor mínimo recomendado de altura es de 10 cm, como se menciona en la sección 5.3.14 de cama de asiento "...debe colocarse una capa de arena cernida de 0,10 m

de espesor como base de asiento para garantizar la correcta nivelación y soporte de la tubería.” (EMAAP-Q, 2009)

Tabla 27: Tabla de cantidades correspondiente a volumen de cama de arena

POZO			ANCHO	VOLUMEN
		L	ZANJA	CAMA DE ARENA
SALIDA	LLEGADA	m	(m)	(m ³) h=0.10m
TRAMO 1				
P1	P2	79.00	0.83	6.56
P2	P3	79.00	0.83	6.56
P3	P4	55.32	0.95	5.26
P4	P5	55.32	1.14	6.33
TRAMO 2				
P6	P7	19.67	0.83	1.63
P7	P8	51.65	0.83	4.29
TRAMO 4A, CA				
P10	P11	79.00	0.83	6.56
P11	P12	79.00	0.83	6.56
P12	P13	79.00	0.83	6.56
P13	P5	8.20	0.83	0.68
P5	P14	53.47	1.14	6.12
P14	P15	53.47	1.14	6.12
P15	Pex	48.08	1.14	5.50
TRAMO 3				
P9	P8	31.24	0.90	2.81
P8	P15	73.45	1.14	8.40
				79.92

5.5. Tuberías

Para encontrar la cantidad de tubos PVC para los tramos, es necesario identificar la longitud total que se cubre con el diámetro correspondiente, a partir de esto se sabe que la medida de cada tubo es de 6m, por lo que la cantidad de tubos es cada longitud entre seis, redondeado este valor a su entero superior, a continuación, el resumen de cantidad de tubos.

Tabla 28: Tabla de cantidades correspondiente a tuberías del sistema

DIAMETRO	LONGITUD	PORCENTAJE	TIPO DE	No.
(mm)	(m)	(%)	TUBERIA	TUBOS DE 6m
250	474.520	56.165	PL	80

300	31.240	3.698	PL	6
364	55.320	6.548	PL	10
500	283.790	33.590	PL	48
TOTAL	844.870	100.00		

5.6. Trabajos varios

En trabajos varios se incluye la elaboración de planos, siendo dos planos en planta, en el primero se incluye el diseño del sistema de alcantarillado, mientras en el segundo se incluye el diseño y distribución de sumideros y cajas de conexión domiciliaria.

En cuanto a las pruebas hidrostáticas su ejecución es necesaria de acuerdo a la norma, la cual enuncia que Se deberán efectuar las pruebas hidráulicas en las tuberías de alcantarillado sanitario en la forma que:

Una vez instaladas las tuberías, las que funcionarán sin presión entre dos cámaras de inspección, incluidas las conexiones domiciliarias si las hubiere y con todas las juntas ejecutadas de acuerdo con las especificaciones respectivas, se procederá a efectuar las pruebas hidráulicas de estanqueidad.

No se permitirá la ejecución de pruebas hidráulicas sin estar contruidos los pozos correspondientes a los tramos a ensayar.

Primeramente, se realizará la inspección ocular de la tubería en zanja seca.

Luego se llenará la tubería, a zanja abierta, con agua sin presión durante seis (6) horas, si la misma es de material plástico, o veinticuatro (24) horas si está contruida con material cementicio, deberá eliminarse todo el aire contenido en ella. Al término de dicho plazo se inspeccionará el aspecto exterior que presenta la tubería. La presencia de exudaciones o filtraciones localizadas, será motivo de reemplazo de los materiales afectados.

Cumplidas satisfactoriamente las pruebas anteriores, se procederá a realizar la prueba hidráulica, cuya duración mínima será de dos (2) horas, verificándose las pérdidas que se producen a presión constante, las que no deberán ser inferiores a las que se establecen en párrafos posteriores.

La presión mínima de prueba será de dos (2) metros de columna de agua, la que será medida sobre el intradós del punto más alto del tramo que se prueba.

Si algún tubo o junta acusara exudaciones o pérdidas visibles, se identificarán las mismas, descargándose la tubería y procediéndose de inmediato a su reparación.

Las juntas que pierdan deberán ser reconstruidas totalmente. Los tramos de los tubos que presenten exudaciones o grietas deberán ser reparados o reemplazados.

Si las pérdidas fueran considerables, el tubo deberá ser reemplazado por uno nuevo.

Una vez terminada la reparación se repetirá el proceso de prueba, desde el principio, las veces que sea necesario hasta alcanzar un resultado satisfactorio.

La presión de prueba deberá medirse a nivel constante en el dispositivo que se emplee para dar la presión indicada. La merma del agua debido a las pérdidas no deberá medirse por descenso del nivel en el dispositivo, sino por la cantidad de agua que sea necesario agregar para mantener el nivel constante durante los lapsos indicados.

En el caso de que en el tramo que se prueba hubiera conexiones domiciliarias preparadas, se sumarán las pérdidas admisibles de la colectora con las pérdidas de todas las conexiones. (EMAAP-Q, 2009)

La cantidad correspondiente a estas pruebas equivale a la longitud total del recorrido de las tuberías.

Tabla 29: Tabla de cantidades correspondiente a trabajos varios

TRABAJOS VARIOS	CANTIDAD	UNIDAD
ELABORACION DE PLANO AS BUILT LAMINA, TAMAÑO A4 o A3	6.00	u
PRUEBAS HIDROSTATICAS EN RED DE ALCANTARILLADO D.I. DE 250 A 550mm	844.00	m

5.7. Señalización y mitigación ambiental

Con el fin de garantizar seguridad y el orden durante la ejecución del proyecto, tanto para los trabajadores como para la población, se incluye material como cinta reflectiva, rótulos de señalización que informen sobre las obras en curso y pasos peatonales temporales que permiten la adecuada circulación de los peatones donde haya excavaciones, este material tiene el objetivo de prevenir accidentes y cumplir con normas de seguridad laboral.

Tabla 30: Tabla de cantidades correspondiente a señalización y mitigación ambiental

SEÑALIZACIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL	CANTIDAD	UNIDAD
CINTA REFLECTIVA (CON LEYENDA)	100.00	m
ROTULOS DE SEÑALIZACION EN TOOL, POSTES HG 2" - INCL. LOGOS Y LEYENDA (PROVISION Y MONTAJE)	5.00	m2
PASOS PEATONALES DE MADERA 1.2m ANCHO (2 usos)	10.00	m

6. Presupuesto referencial del proyecto

A continuación, se presenta el presupuesto referencial para el diseño del sistema de alcantarillado, con la descripción de cada rubro considerado para cada etapa, incluye la unidad, cantidad, precio unitario y precio total por rubro. El análisis de precios unitario se encuentra en los anexos al documento.

Tabla 31: Presupuesto referencial proyecto Moai

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO, PROYECTO MOAI, MALCHINGUI, CANTON PEDRO MONCAYO					
CODIGO No.	DESCRIPCION	CANT. TOTAL	UN ID AD	COST OS	
				P. UNIT.	
CA01	CONEXIONES COMICILIARIAS				
01.003.4.01	EXCAVACION ZANJA A MANO H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	112	m3	14.84	1,659.00
01.005.4.01	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	110	m3	6.28	689.18
01.007.4.02	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,volteo)	2	m3	1.97	4.15
01.007.4.63	SOBREACARREO (transporte/medios mecanicos) (SE PAGARA EN m3/km)	1	u	0.65	0.65
03.008.4.01	CAJA DOMICILIARIA H=0.60- 1.50M CON TAPA H.A.	15	u	227.60	3,413.98
03.004.4.01	TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 160MM (MAT.TRAN.INST)	105	m	107.24	11,260.06
03.006.4.27	SILLA YEE 300*160 mm (MAT/TRANS/INST)	15	u	94.57	1,418.58
CA02	SUMIDEROS				
01.003.4.01	EXCAVACION ZANJA A MANO H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	189	m3	14.84	2,803.94
01.005.4.01	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	185	m3	6.28	1,160.71
01.007.4.02	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,volteo)	4	m3	1.97	8.30
01.007.4.63	SOBREACARREO (transporte/medios mecanicos) (SE PAGARA EN m3/km)	1	u	0.65	0.34

03.003.4.12	TUBERIA PVC ESTRUCTURADA PERFILADA (CORRUGADA) 200MM (MAT.TRAN.INST)	210	m	66.81	14,030.00
03.014.4.03	EMPATE A POZO MORTERO 1:3	30	u	12.67	380.06
03.009.4.01	SUMIDERO CALZADA CERCO/REJILLA HF (PROVISION Y MONTAJE)	30	u	363.89	10,916.76
CA03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
01.001.4.02	REPLANTEO Y NIVELACION	859.87	m	2.68	2,301.44
01.004.4.01	RASANTEO DE ZANJA A MANO	799.18	m2	1.81	1,449.23
01.003.4.01	EXCAVACION ZANJA A MANO H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	88.93	m3	14.84	1,319.36
01.003.4.24	EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	1689.70	m3	7.24	12,240.98
01.008.4.01	ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA	429.94	m2	33.22	14,281.82
01.005.4.01	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)	1691.65	m3	6.28	10,626.32
01.007.4.06	ACARREO MANUAL MATERIAL 100m	17.40	m3	11.95	207.83
01.007.4.02	ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,voleo)	86.98	m3	1.97	171.07
01.007.4.63	SOBREACARREO (transporte/medios mecanicos) (SE PAGARA EN m3/km)	434.90	u	0.65	282.90
CA04	TUBERIAS	844.87			3,801.92
03.004.4.78	TUBO PERFILADOPVC 280MM RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA PARA ALCANTARILLADO TIPO A1 (MAT.PROV. INS.)	474.52	m	75.16	35,666.19
03.004.4.79	TUBO PERFILADOPVC 335MM RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA PARA ALCANTARILLADO TIPO A1 (MAT.PROV. INS.)	31.24	m	57.09	1,783.59
03.004.4.27	TUBO PERFILADOPVC 400MM RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA PARA ALCANTARILLADO TIPO A1 (MAT.PROV. INS.)	55.32	m	88.33	4,886.45

03.004.4.78	TUBO PERFILADO PVC 540MM RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA PARA ALCANTARILLADO TIPO A1 (MAT.PROV. INS.)	283.79	m	90.28	25,620.18
CA05	POZOS DE REVISION TIPO B1	15.00			
03.007.4.16	POZO REVISION H.S. H=1.76-2.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)	11.00	u	641.09	7,051.99
03.007.4.17	POZO REVISION H.S. H=2.26-2.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)	4.00	u	705.78	2,823.12
CA06	TRABAJOS VARIOS				
01.036.4.54	ELABORACION DE PLANO AS BUILT LAMINA, TAMAÑO A4 o A3	6.00	u	58.74	352.44
01.041.4.14	PRUEBAS HIDROSTATICAS EN RED DE ALCANTARILLADO D.I. DE 250 A 550mm	844.00	m	0.58	489.52
CA07	SEÑALIZACIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL				
01.024.4.26	CINTA REFLECTIVA (CON LEYENDA)	100.00	m	0.39	39.07
01.024.4.02	ROTULOS DE SEÑALIZACION EN TOOL, POSTES HG 2" - INCL. LOGOS Y LEYENDA (PROVISION Y MONTAJE)	5.00	m2	74.85	374.25
03.016.4.01	PASOS PEATONALES DE MADERA 1.2m ANCHO (2 usos)	10.00	m	28.29	282.91
				SUMAN \$	173,798.30
				TOTAL	

7. Conclusiones

- ✓ Se concluye que el diseño del sistema de alcantarillado combinado es viable a nivel técnico y urbanístico, cumpliendo los requerimientos establecidos por la norma de diseño de alcantarillado de la EMAAP-Q. EL sistema propuesto

considera tanto aguas servidas como pluviales, esto optimiza recursos respondiendo de manera adecuada al entorno semiurbano y a la topografía del terreno.

- ✓ La estimación de la población de diseño futura se realizó con base en datos censales reales y mediante el método geométrico de crecimiento poblacional, de esta forma se proyecta una densidad de hasta 100hab/Ha en un escenario de 30 años. Esta densidad poblacional se ubica dentro del rango establecido y permitido, lo cual es coherente con la presión urbana esperada en Malchingui debido a la migración desde grandes ciudades como Quito.
- ✓ Los cálculos hidráulicos desarrollados para cada tramo de red garantizan el funcionamiento eficiente del sistema. En cada caso se verificó que las tuberías trabajaran con un caudal no mayor al 80% de su capacidad y dentro de los rangos de velocidad establecidos (0.6m/s – 7.5 m/s), esto asegura las condiciones de auto limpieza y evitando problemas futuros de operación.
- ✓ El diseño propuesto promueve un desarrollo urbano sostenible y ordenado, así permite fases de crecimiento del proyecto por etapas, y contribuye a la dotación de infraestructura básica a una zona con alto potencial habitacional y turístico para una zona como Malchingui.
- ✓ El diseño considera posibles escenarios de densificación que no comprometen la capacidad hidráulica, de esta forma, se minimiza la necesidad de futuras modificaciones estructurales. Se plantean soluciones constructivas adaptadas a la topografía existente, optimizando pendientes y profundidades cumpliendo con la normativa.

- ✓ El proyecto constituye una herramienta de planificación urbana que puede servir de referencia para desarrollos similares en zonas rurales, además busca promover la inclusión de servicios básicos desde la fase inicial del diseño urbanístico.
- ✓ El costo total referencial del proyecto será de \$173,798.30 (ciento setenta y tres mil setecientos noventa y ocho dólares con treinta centavos) sin incluir IVA, lo que da un valor estimado por lote de \$11,586.55 (once mil quinientos ochenta y seis dólares con once centavos). Este valor por lote se estima referente al número de lotes más no a la dimensión de cada uno

8. Recomendaciones

- Al ser un proyecto de un tamaño relativamente grande es recomendable implementar el desarrollo del proyecto por etapas, según la demanda real de la vivienda. Esto permitirá optimizar inversiones, garantizar el uso eficiente de la infraestructura instalada y adaptar el sistema a la tasa de crecimiento poblacional estimada para la densidad poblacional propuesta.
- Se recomienda revisar y actualizar periódicamente la capacidad del sistema, en especial si se prevén cambios de usos del suelo, por ejemplo, de viviendas unifamiliares a multifamiliares para evitar una sobredemanda de la red e alcantarillado.
- Realizar campañas de educación ambiental para futuros habitantes, de esta forma se podrá orientar el uso responsable del sistema de alcantarillado y al manejo adecuado de residuos, esto con la finalidad de reducir el riesgo de obstrucciones o infiltraciones indebidas.
- Coordinar con autoridades locales y empresas proveedoras de servicios para garantizar la factibilidad técnica del sistema propuesto, su conexión a redes existentes y su futura operación y mantenimiento.

- Incluir elementos de control y mantenimiento que sean accesibles en la construcción del sistema, como los pozos de revisión, de manera que se asegure que el trazado de las tuberías permita inspecciones periódicas sin la necesidad de intervenir con excavaciones innecesarias.
- Promover el uso de tecnología sostenible, esto puede incluir materiales como métodos constructivos, donde se prioriza alternativas de bajo impacto ambiental con alta durabilidad, como el uso de tuberías plásticas de alta densidad ya consideradas en el diseño propuesto.
- Finalmente, establecer un sistema de monitoreo posterior a la construcción, de esta forma se podrá evaluar el comportamiento del sistema en condiciones reales y corregir posibles desviaciones entre el diseño teórico y la operación práctica.

9. Referencias

American Society of Civil Engineers. (1996). *Hydrology Handbook* (2nd ed.).

Cumbal Sánchez, R. L. (2013). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo [Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio UIDE. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2073/1/T-UIDE-1198.pdf>

Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito. (2009). Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q. EMAAP-Q.

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (s.f.). Formulario de solicitud de factibilidad de servicios. Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado el 1 de abril de 2025, de https://pam.quito.gob.ec/MDMQ_Tramites/Operativas/FrmFichaTramite?codtt=421

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (2024). Norma para el control de la gestión de instalación de conexiones domiciliarias de agua potable y alcantarillado. Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado de https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/.../Norma/17.%20COD%2015.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2019). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación (Versión 2). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Instituto Geográfico Militar del Ecuador. (2013). *Memoria técnica Cantón Pedro Moncayo: Clima e hidrología*. https://www.geoportaligm.gob.ec/geodescargas/pedro_moncayo/mt_pedro_moncayo_clima_hidrologia.pdf

Plásticos Rival. (s.f.). RIVAL PVC Tuberías Corruval Tipo B Alcantarillado. Recuperado el [25 de marzo, 2025], de <https://www.plasticosrival.com/fil/Tuberias/PVC/Catalogos/RIVAL-PVC-TuberiasCorruvalTipoBAlcantarillado.pdf>

10. Anexos

10.1. ANEXO 1 - Planos planta

10.2. ANEXO 2 - Planos de perfiles

10.3. ANEXO 3 - APUS OFERENTE

10.4. ANEXO 4 - Especificaciones técnicas generales