

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED DE ALCANTARILLADO
COMBINADO**

AUTORES:

**RAÚL FERNANDO HERRERA DURÁN,
PAÚL SEBASTIÁN MARTÍNEZ RODRÍGUEZ**

TUTOR:

DR. JOSEPH SÁNCHEZ-BALSECA, PHD

QUITO - ECUADOR

ENERO 2025

CONTENIDO

1. OBJETIVOS	8
1.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	8
3. ALCANCE.....	9
4. INTRODUCCIÓN	9
5. Descripción del Sitio.....	9
5.1. Ubicación Geográfica	9
5.2. Topografía y Relieve.....	9
5.3. Clima.....	10
5.4. Superficie	10
5.5. Sistema eléctrico	10
5.6. Telecomunicaciones.....	11
5.7. Infraestructura Vial	11
5.8. Abastecimiento de Agua Potable	12
5.9. Actividades Económicas.....	12
6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	14
6.1. Definiciones	14
6.1.1. Alcantarillado combinado	14
6.1.2. Modelos de Elevación Digital (DEM)	14
6.1.3. Densidad Demográfica.....	14
6.1.4. Población Futura	14
6.1.5. Caudal Sanitario	14
6.1.6. Periodo de Diseño	15
6.1.7. Área de Aporte	15
6.1.8. Dotación	15
6.1.9. Caudal Doméstico	15
6.1.10. Caudal de Aguas de Conexiones Erradas	15
6.1.11. Caudal de Infiltración	16
6.1.12. Caudal Medio Diario.....	16
6.1.13. Caudal Máximo Horario	16
6.1.14. Caudal Acumulado.....	16
6.1.15. Caudal de Diseño Sanitario.....	16
6.1.16. Caudal Pluvial	17
6.1.17. Coeficiente de Escurrimiento.....	17
6.1.18. Tiempo de Entrada.....	17
6.1.19. Tiempo de Viaje.....	17
6.1.20. Tiempo de Concentración.....	17
6.1.21. Intensidad de Lluvia.....	18
6.1.22. Caudal de Diseño	18
6.1.23. Número de Froude	18
6.1.24. Fuerza Tractiva	18
6.1.25. Descripción SWIMM.....	18
6.2. Usos	19
6.2.1. Simulación de Sistemas de Alcantarillado.....	19
7. METODOLOGÍA	19

7.1. Densidad Demográfica.....	19
7.2. Densidad Demográfica Futura:	20
7.3. Determinación de Caudales de Diseño	20
7.3.1. Periodo de Diseño	20
7.3.2. Área de Aporte	20
7.3.3. Dotación	21
7.4. Caudal Doméstico.....	21
7.4.1. Caudal de Aguas de Conexiones Erradas.....	22
7.4.2. Caudal de Infiltración.....	22
7.4.3. Caudal Medio Diario.....	22
7.4.4. Coeficiente de Mayoración de Caudal	23
7.4.5. Caudal Máximo Horario	23
7.4.6. Caudal Acumulado.....	24
7.4.7. Caudal de Diseño Sanitario.....	24
7.5. Coeficiente de Escurrimiento.....	24
7.6. Tiempo de Entrada.....	24
7.7. Tiempo de Viaje.....	25
7.8. Tiempo de Concentración.....	25
7.9. Intensidad de Lluvia.....	25
7.10. Caudal de Diseño Pluvial.....	26
8. DISEÑO DE LA RED	27
8.1. Pendiente.....	27
8.2. Caudal de Diseño	27
8.3. Relación Y/D	27
8.4. Ángulo θ	28
8.5. Diámetro en función del Caudal de Diseño	28
8.6. Área Mojada.....	28
8.7. Radio Hidráulico.....	28
8.8. Calado Real.....	29
8.9. Perímetro Mojado	29
8.10. Velocidad Calculada	29
8.11. Espejo de Agua	29
8.12. Número de Froude	30
8.13. Fuerza Tractiva	30
8.14. Profundidad.....	30
9. MODELACION EN EPA SWMM.....	31
9.1. Ingreso del Sistema a EPA SWMM.....	31
9.1.1. Geometría de la Red.....	31
9.1.2. Trazado de la red.....	32
9.1.3. Áreas tributarias	32
9.1.4. Datos de la Red	33
9.1.5. Coordenadas de los Vértices	36
9.2. Modelación Hidráulica en EPA SWMM	39
9.2.1. Valores por defecto	39
9.2.2. Vinculación del bloc de notas al programa SWMM	40
9.3. Parámetros Hidráulicos.....	44
9.3.1. Ingreso de Parámetros Hidráulicos	44

9.3.2.	Tuberías.....	46
9.3.3.	Pozos	47
9.4.	Parámetros Hidrológicos.....	47
9.4.1.	Subcuenca Hidrográfica (Rain Gage R-1)	47
9.4.1.1.	Rain Gage R1	47
9.4.1.2.	Punto de descarga (Outlet).....	48
9.4.1.3.	Ancho de la Subcuenca (Width)	48
9.4.1.4.	Pendiente (% Slope).....	49
9.4.2.	Cálculo de Subcuenca Tipo.....	49
9.4.2.1.	Grado de impermeabilidad (% Imperv)	49
9.4.2.2.	Resistencia de la superficie con la escorrentía (N – Imperv).....	49
9.4.2.3.	Coeficientes para superficie permeable (N – Perv).	49
9.4.2.4.	Profundidad del almacenamiento de la depresión en la parte impermeable de la subcuenca (iDstore – Imperv)	49
9.4.2.5.	Profundidad del almacenamiento de la depresión en la parte anterior de la subcuenca (Dstore – Perv)	50
9.4.3.	Parámetros de Horton.....	50
9.4.3.1.	Tasa de Infiltración Mínima de Horton	50
9.4.3.2.	Volumen Máximo	50
10.	RESULTADOS	51
10.1.	Datos para el diseño de la red	51
10.2.	Formato de la hoja de cálculo	52
10.2.1.	Tabla de cálculo. Parte 1 (Descripción del tramo y área 1-6).....	52
10.2.1.1.	Descripción del tramo (1-4).....	52
10.2.1.2.	Tabla de cálculo. Definición de Parte 1 (Definición de Áreas 5-6).....	53
10.2.2.	Tabla de cálculo. Parte 2 (Caudal Sanitario 7-15)	54
10.2.2.1.	Tabla de cálculo. Parte 2 (Población 7-8).....	54
10.2.2.1.3.	Tabla de cálculo. Parte 2 (Coeficiente de Punta).....	55
10.2.2.2.	Tabla de cálculo. Parte 2 (Caudales 10-15)	55
10.2.3.	Tabla de cálculo. Parte 3 (Caudal Pluvial 16-21)	58
10.2.3.1.	Tabla de cálculo. Parte 3 (Coeficiente de Escorrentía 16).....	58
10.2.3.2.	Tabla de cálculo. Parte 3 (Tiempos 17-19).....	59
10.2.3.3.	Tabla de cálculo. Parte 3 (Intensidad 20).....	60
10.2.3.4.	Tabla de cálculo. Parte 3 (Q Pluvial 21).....	60
10.2.4.	Tabla de cálculo. Parte 4 (Diseño de la Red 22-34)	60
10.2.5.	Tabla de cálculo. Parte 5 (Cotas 35-38 y Profundidad 39-40).....	65
10.2.5.1.	Cotas Terreno y Colector (35-38).....	66
10.2.5.2.	Profundidad de excavación (35-38).....	67
10.2.6.	Tabla de cálculo. Parte 6 (Proceso Iterativo hasta igualar V asumida con V calculada)	67
10.2.7.	Tabla de cálculo. Parte 7 (Proceso para Encontrar el Diámetro de diseño) 68	68
10.3.	Resultados de la Simulación	68
10.3.1.	Perfiles de la Simulación.	68
10.3.1.1.	Perfil de simulación DEM CN ASTER.	69
10.3.1.2.	Perfil de simulación ALOS.	69
10.3.1.3.	Perfil de simulación STRM.	70
10.3.2.	Perfil Definitivo	70

10.3.3.	Tiempo de retorno de 2 años.....	71
10.3.4.	Tiempo de retorno de 5 años.....	74
10.3.5.	Tiempo de retorno de 10 años.....	77
10.3.6.	Tiempo de retorno de 25 años.....	80
10.3.7.	Tiempo de retorno de 50 años.....	82
10.3.8.	Tiempo de retorno de 100 años.....	85
10.4.	Factores de corrección para DEMS.....	88
10.4.1.	Tabla de factor de corrección Parte 1 (Cotas DEM y Cotas Reales 1-8)....	88
10.4.2.	Tabla de factor de corrección Parte 2 (Factor de corrección 9-12).....	90
10.4.3.	Tabla de factor de corrección Parte 3 (Aguas Arriba, Cotas corregidas y Error 13-20)	92
10.4.4.	Tabla de factor de corrección Parte 5 (Aguas Abajo, Cotas corregidas y Error 21-28)	96
10.4.5.	Tabla de factor de corrección Parte 6 (Cotas Corregidas 29-30).....	99
10.4.6.	Factor de DEM CN ASTER.	100
10.4.6.1.	Factor de corrección.....	100
10.4.6.2.	Aguas Arriba.....	100
10.4.6.3.	Aguas Abajo.....	101
10.4.6.4.	Factores Escogidos.....	101
10.4.7.	Facto de DEM ALOS.....	101
10.4.7.1.	Factor de corrección.....	101
10.4.7.2.	Aguas Arriba.....	102
10.4.7.3.	Aguas Abajo.....	102
10.4.7.4.	Factores Escogidos.....	102
10.4.8.	Factor de DEM STRM.....	103
10.4.8.1.	Factor de corrección.....	103
10.4.8.2.	Aguas Arriba.....	103
10.4.8.3.	Aguas Abajo.....	103
10.4.8.4.	Factores Escogidos.....	104
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	104
12.	CONCLUSIONES	106
13.	RECOMENDACIONES Y FUTURS INVESTIGACIONES.....	108
14.	BIBLIOGRAFÍA	109
15.	ANEXOS	110

ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Superficie del Terreno.....</i>	10
<i>Ilustración 2. Alumbrado público y medidor de luz eléctrica</i>	11
<i>Ilustración 3. Troncal de la Sierra</i>	11
<i>Ilustración 4. Vía principal Barrio la Paz.....</i>	12
<i>Ilustración 5. Cruce Vehicular en Barrio La Paz</i>	12
<i>Ilustración 6. Medidor instalado en el barrio la Paz</i>	12
<i>Ilustración 7. Ganado existente en la Paz.....</i>	13
<i>Ilustración 8. Espacio de Pastoreo en el sector</i>	13
<i>Ilustración 9. Áreas de aporte para el sistema de alcantarillado</i>	21
<i>Ilustración 10. Estaciones Meteorológicas (a) Ubicación; (b) Distancia al de las estaciones y el Barrio “La Paz”</i>	26

Ilustración 11. Shapes en QGIS.....	31
Ilustración 12. Ubicación de pozos y tuberías de la red de alcantarillado.....	32
Ilustración 13. Red del Sistema de Alcantarillado	32
Ilustración 14. Áreas tributarias	33
Ilustración 15. Datos de pozos	33
Ilustración 16. Tabla de atributos de pozos	34
Ilustración 17. Datos de Tuberías	34
Ilustración 18. Tabla de Atributos de Tuberías.....	35
Ilustración 19. Datos de Subcuencas	35
Ilustración 20. Tabla de Atributos de Subcuencas	36
Ilustración 21. Carga de los Shapes	36
Ilustración 22. Exportación de la Información	37
Ilustración 23. Selección del formato a exportar	37
Ilustración 24. Selección de opciones de exportación	38
Ilustración 25. Información al bloc de notas	38
Ilustración 26. Bloc de notas de Subcuencas-Excel	39
Ilustración 27. Ingreso de valores por defecto	40
Ilustración 28. Vinculación del bloc de notas al SWMM	41
Ilustración 29. Creación de la vinculación	41
Ilustración 30. Configuración de la red-Block de notas	42
Ilustración 31. Configuración de la red- Block de notas- Excel	42
Ilustración 32. Archivo con extensión (.INP)	43
Ilustración 33. Configuración de la red- Vínculo Bloc de notas	43
Ilustración 34. Representación gráfica del proyecto	44
Ilustración 35. Ingreso de ID Labels- Parámetros hidráulicos	44
Ilustración 36. Ingreso de valores en los Nodos/Enlaces	45
Ilustración 37. Ingreso de método de cálculo.....	45
Ilustración 38. Determinación de Ecuación.....	46
Ilustración 39. Parámetros a ingresar en tuberías	46
Ilustración 40. Parámetros a ingresar en pozos.....	47
Ilustración 41. Formato de lluvia.....	48
Ilustración 42. Series temporales (Time Series).....	48
Ilustración 42. Volumen Máximo	51
Ilustración 44. Tabla de cálculo Parte 1. Descripción del tramo y Área	52
Ilustración 45. Tabla de cálculo Parte 2. Caudal Sanitario	54
Ilustración 46. Tabla de cálculo Parte 3. Caudal Pluvial	58
Ilustración 47. Tabla de cálculo Parte 4. Diseño de la red	61
Ilustración 48. Tabla de cálculo Parte 5. Cotas y Profundidades	66
Ilustración 49. Tabla de cálculo Parte6. Proceso iterativo hasta igualar V asumida y calculada ..	67
Ilustración 50. Tabla de cálculo Parte 7. Proceso para encontrar el diámetro de diseño.....	68
Ilustración 51. Perfil de simulación DEM CN ASTER.....	69
Ilustración 52. Perfil de simulación ALOS.....	69
Ilustración 53. Perfil de simulación STRM	70
Ilustración 54. Perfil Definitivo	70
Ilustración 55. Tabla de factor de Corrección Parte 1. Cotas DEN y Cotas Reales	89
Ilustración 56. Tabla de factor de Corrección Parte 2. Factor de Corrección	90
Ilustración 57. Tabla de factor de Corrección Parte3. Cota corregida y Error Aguas Arriba.....	92
Ilustración 58. Tabla de factor de Corrección Parte 4. Cota corregida y Error Aguas Abajo	96
Ilustración 59. Tabla de factor de Corrección Parte 5. Cotas Corregidas	99

TABLAS

<i>Tabla 1 Estaciones hidrológicas cercanas al proyecto</i>	26
<i>Tabla 2. Datos de la red de diseño.</i>	51
<i>Tabla 3. Tramo inicial para 2 años de Tr</i>	71
<i>Tabla 4. Tramo crítico para 2 años de Tr</i>	72
<i>Tabla 5. Tramo final para 2 años de Tr</i>	73
<i>Tabla 6. Tramo inicial para 5 años de Tr</i>	74
<i>Tabla 7. Tramo crítico para 5 años de Tr</i>	75
<i>Tabla 8. Tramo final para 5 años de Tr</i>	76
<i>Tabla 9. Tramo inicial para 10 años de Tr</i>	77
<i>Tabla 10. Tramo crítico para 10 años de Tr</i>	78
<i>Tabla 11. Tramo final para 10 años de Tr</i>	79
<i>Tabla 12. Tramo inicial para 25 años de Tr</i>	80
<i>Tabla 13. Tramo crítico para 25 años de Tr</i>	81
<i>Tabla 14. Tramo final para 25 años de Tr</i>	82
<i>Tabla 15. Tramo inicial para 50 años de Tr</i>	82
<i>Tabla 16. Tramo crítico para 50 años de Tr</i>	83
<i>Tabla 17. Tramo final para 50 años de Tr</i>	84
<i>Tabla 18. Tramo inicial para 100 años de Tr</i>	85
<i>Tabla 19. Tramo crítico para 100 años de Tr</i>	86
<i>Tabla 20. Tramo final para 100 años de Tr</i>	87
<i>Tabla 21. Factores de corrección DEM 1</i>	100
<i>Tabla 22. Factores de corrección DEM 1 A. Arriba</i>	100
<i>Tabla 23. Factores de corrección DEM 1 A. Abajo</i>	101
<i>Tabla 24. Factores Escogidos DEM 1</i>	101
<i>Tabla 25. Factores de corrección DEM 2</i>	101
<i>Tabla 26. Factores de corrección DEM 2 A. Arriba</i>	102
<i>Tabla 27. Factores de corrección DEM 2 A. Abajo</i>	102
<i>Tabla 28. Factores Escogidos DEM 2</i>	103
<i>Tabla 29. Factores de corrección DEM 3</i>	103
<i>Tabla 30. Factores de corrección DEM 3 A. Arriba</i>	103
<i>Tabla 31. Factores de corrección DEM 3 A. Abajo</i>	104
<i>Tabla 32. Factores Escogidos DEM 3</i>	104

CAPITULO I: JUSTIFICACION Y ALCANCE

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- 1.1.1. Evaluar los parámetros de diseño de un sistema de alcantarillado combinado a través de un modelo de simulación predeterminado.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.2.1. Recopilar información referente a la zona de estudio: topografía, clima, población, e infraestructura presente.
- 1.2.2. Definir los diámetros comerciales necesarios para la circulación de los caudales combinados, así como las estructuras complementarias que se usarán en la obra utilizando metodología técnicamente aceptada.
- 1.2.3. Evaluar la red combinada diseñada a través de simulación en el software SWMM.
- 1.2.4. Analizar la precisión de los resultados obtenidos en altimetría y planimetría mediante DEM (Digital Elevation Model) y el método tradicional de levantamiento topográfico en el diseño de un proyecto de alcantarillado.

2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

A nivel mundial, aproximadamente el 20% de la población no tiene acceso a sistemas de alcantarillado adecuados, lo que causa problemas sociales, económicos y ambientales significativos (WHO, 2023). La falta de alcantarillado conduce a enfermedades relacionadas con el agua, como diarreas y cólera, especialmente en poblaciones vulnerables (CDC, 2019). Económicamente, esto resulta en altos costos de atención médica y pérdida de productividad laboral (FR,2023). Ambientalmente, la contaminación de cuerpos de agua y suelos es un problema grave (UNEP, 2019). En respuesta, la ONU a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la OPS han implementado programas para mejorar el saneamiento tales como: Iniciativa Regional de Agua y Saneamiento (IRAS), Plan de Gestión del Agua Segura y Programa de Mejora del Saneamiento de Área Rurales (Pan American, 2021). En América Latina, aproximadamente el 50% de la población no cuenta con acceso a sistemas de saneamiento gestionados de forma segura, en 2023 el área rural un 65.6% cuenta con servicio de saneamiento mientras que el área urbana cuenta con un 85.9% de servicio (CEPAL, 2020). En Ecuador, la cobertura de alcantarillado es del 65.8% a nivel nacional (SENAGUA, 2022). Específicamente, en Quito, la cobertura alcanza el 88.2% (EPMAPS, 2023), mientras que en

la ruralidad como en la parroquia de Pifo, se estima que alrededor del 40% de la población tiene acceso a sistemas de alcantarillado, reflejando una significativa brecha en comparación con el promedio nacional y regional. Esta falta de cobertura en Pifo provoca problemas de salud pública y requiere inversiones significativas (GAD, 2021).

3. ALCANCE

Este trabajo propone el diseño de un sistema de alcantarillado combinado a través del método propuesto por la Norma de Diseño de Sistemas de Alcantarillado EMAAP-Q; y la simulación de del sistema de alcantarillado combinado, diseñado previamente, en el software de código abierto SWMM. El diseño del sistema de alcantarillado combinado se aplicará en el barrio “La Paz” (0°13'27.01"S, 78°19'31.46"W), que pertenece a la parroquia de Pifo, en el cantón Quito, provincia de Pichincha, en Ecuador. El área de estudio comprende 8 hectáreas con una población actual de 300 personas.

CAPITULO II: INTRODUCCION Y METODO

4. INTRODUCCIÓN

Un sistema de alcantarillado combinado es una infraestructura diseñada para recolectar y transportar tanto aguas residuales domésticas e industriales como aguas pluviales en una única red de tuberías. Este tipo de sistema se utiliza principalmente en áreas urbanas, donde la densidad de población y la necesidad de manejo eficiente del agua son elevadas (TOLA, 2024). Durante períodos de lluvia intensa, la capacidad del sistema puede verse superada, lo que puede llevar a desbordamientos y vertidos no tratados en cuerpos de agua cercanos.

5. Descripción del Sitio

5.1. Ubicación Geográfica

El proyecto se ubica en la parroquia Pifo, cantón de Quito, provincia de Pichincha, barrio de La Paz, con coordenadas (0°13'27.01"S, 78°19'31.46"W), cuyos límites son: al norte vía pública, al sur vía pública, al este delimita con terrenos de propiedad privada y al oeste con la carretera Panamericana troncal de la sierra.

5.2. Topografía y Relieve

La zona donde se ubica el proyecto se caracteriza por terreno montañoso y pastos, y considerando que es un suelo arcilloso y limoso. Está bordeado por un arroyo y una exuberante vegetación, su pendiente varía entre 5% - 10% según (Google Earth, 2025) y en base a los DEMS con un rango de altitudes de 2714 msnm a 2615 msnm.

5.3. Clima

El barrio La Paz, al estar ubicado en las estribaciones de la cordillera de los Andes, a una altura de entre 2600 a 2700 msnm, posee un clima Ecuatorial Frío-Húmedo. La temperatura promedio de la zona va de 10°C a 16°C, con una pluviosidad anual de 500-1000 mm y humedad relativa de 550-750%. (GADPIFO, 2020)

5.4. Superficie

El proyecto consta de una superficie de 8,02 Ha, las áreas de aportación están distribuidas de tal manera, se debe tomar en cuenta las quebradas que existen para la determinación de las áreas. En la ilustración 1 se muestra el mapa y la superficie del proyecto propuesto.

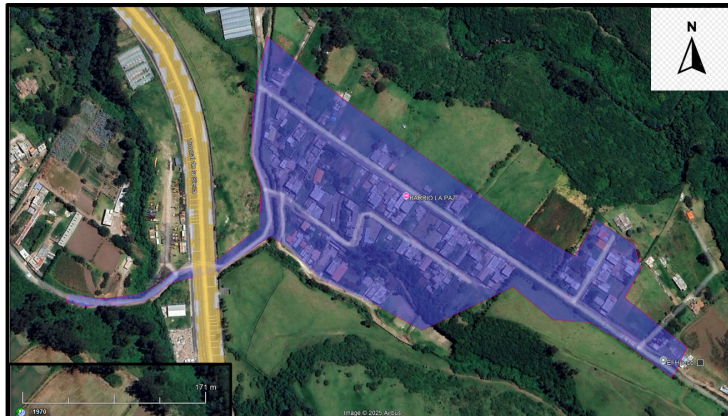


Ilustración 1. Superficie del Terreno

Fuente: Google Earth (2025)

5.5. Sistema eléctrico

De la información estadística existente por el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT, 2019) del GAD parroquial de Pifo se tiene que 99% de las viviendas cuentan con electricidad un medidor de consumo. También el barrio cuenta con alumbrado público mediante postes que se localizan en la calle principal como se muestra en la ilustración 2.



Ilustración 2. Alumbrado público y medidor de luz eléctrica

5.6. Telecomunicaciones

La telefonía fija y móvil se ha concentrado en la cabecera parroquial. Específicamente en el barrio La Paz la cobertura móvil cubre casi la totalidad. Sin embargo, a raíz de la pandemia por el COVID19, el uso del internet para las clases a distancia se ha incrementado significativamente. (PDOT, 2019)

5.7. Infraestructura Vial

La vía por donde se ingresa al barrio es la Troncal de la Sierra una vía de primer orden o corredor arterial, de la Red Vial Estatal de Ecuador que atraviesa las provincias Andinas de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Azuay, y Loja, siendo parte de la Carretera Panamericana.



Ilustración 3. Troncal de la Sierra

La calle principal del barrio La Paz se encuentra con una capa de rodadura de asfalto de un carril en dos sentidos. En el lugar se encuentra un canal de agua que conduce a un canal para transportar el caudal de agua pluvial, por lo tanto, existe un paso vehicular para cruzar.

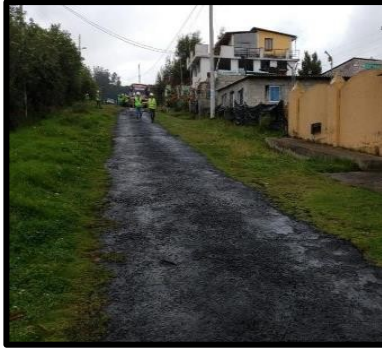


Ilustración 4. Vía principal Barrio la Paz



Ilustración 5. Cruce Vehicular en Barrio La Paz

5.8. Abastecimiento de Agua Potable

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) construyó el sistema de agua potable del barrio La Paz en el año 2015 (PDOT, 2019). La mayoría de las casas en esta zona tienen un medidor y una conexión controlada al sistema de agua potable.



Ilustración 6. Medidor instalado en el barrio la Paz

5.9. Actividades Económicas

Por sus orígenes etnográficos, Barrio La Paz se basa en la producción de frutas como maíz, papa y manzana, las cuales se cultivan en la región. Además, se cultivan para consumo propio, acelgas y alfalfa, especialmente esta última como alimento para el ganado. La principal actividad productiva es la ganadería. Existen vacas para la producción de carne, así como para la producción de leche. Los tipos de propiedad de animales varían desde propiedad comunal hasta propiedad individual. (GADPIFO, 2020)



Ilustración 7. Ganado existente en la Paz

La mayoría de gente utiliza su propio terreno para pastoreo, y entre 2 y 3 vacas de su propiedad producen leche. (CILE, 2015) El rendimiento de la producción de leche es de 3,34 l/vaca/día, producción que la venden a las empresas locales a valor de 86 0.32 centavos el litro o a comerciantes locales. El precio de la leche ha bajado en los últimos 5 años en aproximadamente 17 por ciento, el valor de cada litro oscilaba entre 0.42 a 0.53 centavos. (GADPIFO, 2020)



Ilustración 8. Espacio de Pastoreo en el sector

Se debe tener en cuenta que en el pastoreo no se contempla planes para proteger las cuencas, ni se evita el pastoreo en zonas con altas pendientes y las quemas para ampliar los potreros aún es aplicada por algunos de los propietarios (CILE, 2015).

6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

6.1. Definiciones

6.1.1. Alcantarillado combinado

Los sistemas de alcantarillado combinado son los que se encargan de conducir las aguas residuales y aguas lluvias por la misma red (EMAAP-Q, 2009).

6.1.2. Modelos de Elevación Digital (DEM)

Es una modernización del Modelo de Elevación Digital (DEM) y productos asociados generados a partir de los datos de la Misión Topográfica de Radar Shuttle (SRTM, ALOS, ASTER). Los datos se basan en múltiples imágenes de radar para crear interferogramas con conjuntos de fases bidimensionales que dan como resultado una mayor precisión de elevación (NASA, 2021).

6.1.3. Densidad Demográfica

La densidad poblacional es el cociente entre el número de individuos de una población específica y el área que esta población ocupa. Este indicador permite establecer una relación directa entre el tamaño de la población y la superficie que habita, facilitando así el análisis de la distribución de organismos en un determinado espacio geográfico (INEC, 2011).

6.1.4. Población Futura

La población futura se refiere a la proyección estimada del número de habitantes que tendrá una región, la distribución espacial de la población actual y futura se hará a partir de las estimaciones realizadas en los estudios vigentes mediante el método aritmético. (EMAAP-Q, 2009)

6.1.5. Caudal Sanitario

Es el caudal de aguas negras como base para el diseño de la red de colectores, se toma en

cuentatodas las fuentes que puedan aportar caudal. (Dávila, 2013)

6.1.6. Periodo de Diseño

Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste y en el cual se estima que la obra trabajará con eficiencia y permitirá atender la demanda proyectada (capacidad de diseño). (EMAAP-Q, 2009)

6.1.7. Área de Aporte

Las áreas de aporte representan la delimitación de secciones de estudio, ya que en función de estas se definirá el caudal de las aguas servidas y aguas lluvias que ha de transportar las tuberías adyacentes al área de drenaje. (Dávila, 2013)

6.1.8. Dotación

La dotación es el caudal de agua potable para consumo diario, en promedio por cada habitante, incluye los consumos domésticos, comercial industrial y público. Según la EMAAP-Q 2009 recomienda adoptar una dotación básica de 125 l/hab/día (Dávila, 2013).

6.1.9. Caudal Doméstico

Es el caudal producto de la contribución durante un periodo de 24 horas, obtenida como el promedio durante un año este aporte se basa en el consumo de agua potable de la zona de estudio. (EMAAP-Q, 2009)

6.1.10. Caudal de Aguas de Conexiones Erradas

Este caudal se debe a conexiones ilegales de aguas lluvias de los techos, pozos privados que pueden entrar en las tuberías, por ignorancia en la materia o equivocaciones. La falta de hermetismo en las tapas de los pozos, debido a fallas en la construcción. El caudal que se introduce en las alcantarillas por aguas lluvias es muy variable y en muchos casos esta aportación debe ser tomada en cuenta porque su valor es muy elevado. (Dávila, 2013)

6.1.11. Caudal de Infiltración

El agua puede infiltrarse a las alcantarillas por juntas defectuosas, tubos rajados, fallas en las paredes, tapas perforadas de los pozos de revisión. Las alcantarillas situadas en terrenos húmedos con un alto nivel del manto freático, o cerca del lecho de una corriente de agua, tienen más infiltración que en otros lugares. Como la infiltración aumenta la carga de las aguas negras, resulta indeseable. (Dávila, 2013)

6.1.12. Caudal Medio Diario

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo diario máximo registrado en un año, representa el día de mayor consumo registrado durante los 365 días de un año. (EMAAP-Q, 2009)

6.1.13. Caudal Máximo Horario

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante la hora de mayor consumo de un día, se lo obtiene de los 365 registros de un año completo. Este caudal es la base del caudal de diseño de la red de alcantarillado de aguas residuales. El QMH del día de máximo consumo se calcula a partir del QMD utilizando un factor de mayoración. (EMAAP-Q, 2009)

6.1.14. Caudal Acumulado

Corresponde a la suma del Caudal Máximo Horario, el Caudal de infiltración y el Caudal de conexiones erradas.

6.1.15. Caudal de Diseño Sanitario

El caudal de aguas negras como base para el diseño de la red de colectores, comprende determinaciones de varios aportes que de la manera más aproximada debe hacerse a fin de lograr un diseño ajustado a condiciones reales.

El caudal que transportará cada una de las tuberías está conformada por la sumatoria de las aguas provenientes del abastecimiento de agua potable, las que se infiltran al colector desde

del subsuelo, y las aguas de lluvia que clandestinamente aportan cierto porcentaje de las viviendas (aguas ilícitas). (Dávila, 2013)

6.1.16. Caudal Pluvial

El caudal pluvial es el volumen de agua que se produce en un momento dado en un punto determinado de un curso de agua (río, arroyo, etc.) debido a la precipitación pluvial (lluvia o nieve) que cae sobre una cuenca hidrográfica (Dávila, 2013).

6.1.17. Coeficiente de Escurrimiento

Es un parámetro hidrológico que describe la cantidad de agua que se escurre o fluye a través de una superficie terrestre, como un suelo, un río, un lago o un pantano, en relación con la cantidad de agua que cae en esa superficie en forma de lluvia o nieve. (Dawson, 2005)

6.1.18. Tiempo de Entrada

Es el tiempo mínimo necesario para que una partícula entre en una cuenca a fin de aportar mediante escorrentía a dicha cuenta.

6.1.19. Tiempo de Viaje

Es el tiempo por el cual una partícula recorre una cuenca desde el punto de entrada hasta el puntode salida mediante escorrentía superficial.

6.1.20. Tiempo de Concentración

Se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante. (SIG, 2014)

6.1.21. Intensidad de Lluvia

La cantidad de agua que precipita en un área específica durante un tiempo determinado se conoce como la intensidad de la lluvia. Hay una conexión entre la intensidad y la duración de la precipitación: para un mismo intervalo de recurrencia, a medida que la duración de la lluvia se incrementa, su intensidad promedio tiende a disminuir (Dávila, 2013).

6.1.22. Caudal de Diseño

El caudal de diseño de alcantarillado se refiere al flujo máximo de agua que un sistema de alcantarillado está diseñado para manejar. Este valor se determina considerando factores como la población servida, el uso del suelo, las tasas de infiltración y la intensidad de las precipitaciones.

6.1.23. Número de Froude

Magnitud numérica adimensional que expresa la relación entre las fuerzas de inercia y las de gravedad. En cauces abiertos, el flujo es subcrítico, crítico o supercrítico si su número de Froude es respectivamente menor, igual o mayor que la unidad. (WMO, 2012)

6.1.24. Fuerza Tractiva

También llamada Tensión de arrastre, es el esfuerzo tangencial ejercido por el líquido sobre el colector y sobre el material depositado. La fuerza tractiva, es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado. (Huamán, 2017)

6.1.25. Descripción SWMM

EPA SWMM es una herramienta de simulación dinámica no lineal, que permite a los usuarios modelar eventos de lluvia, la producción de escorrentía y el transporte de contaminantes a través de sistemas de drenaje urbanos. El software tiene la capacidad de

simular eventos a corto y largoplazo, lo que es esencial para analizar tanto tormentas aisladas como el comportamiento del sistema a lo largo de varios años.

6.2. Usos

6.2.1. Simulación de Sistemas de Alcantarillado.

EPA SWMM se utiliza para diseñar y dimensionar redes de alcantarillado pluvial y combinadas. Ayuda a determinar el tamaño adecuado de tuberías, conductos y otras estructuras de drenaje.

- **Gestión de Aguas Pluviales:** El software permite a los urbanistas y gestores de recursos hídricos planificar estrategias para manejar la escorrentía de aguas pluviales, reducir inundaciones y controlar la calidad del agua.
- **Evaluación de Impacto Ambiental:** Los ingenieros y científicos usan EPA SWMM para evaluar el impacto de nuevos desarrollos urbanos en los sistemas de drenaje existentes y en los cuerpos de agua receptores.

Es importante recalcar que se utiliza este software ya que es aceptado en la norma (EMAAP- Q, 2009) como se especifica en el artículo 5.3.6 literal b denominado Modelos hidrometeorológicos lluvia – caudal.

7. METODOLOGÍA

7.1. Densidad Demográfica

Para determinar la densidad poblacional, se utilizó el método geométrico para el cálculo de la población futura, el mismo que es recomendado aplicarlo para poblaciones en crecimiento según la norma (EMAAP-Q, 2009), tal como en el caso del barrio La Paz. La ecuación 1 describe el crecimiento geométrico de una población, así:

$$Pf = Po(1 + r)^T \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

Pf: Población futura (hab)

Po: Población inicial (hab)

r: Tasa de crecimiento (% anual)

T: Periodo de diseño (años)

7.2. Densidad Demográfica Futura:

La ecuación de la densidad demográfica futura (ver Ec. 2) se describe como:

$$Df = \frac{Pf}{A} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

DF: Densidad demográfica futura (hab/Ha)

Pf: Población futura (hab)

A: Área a servir (Ha)

7.3. Determinación de Caudales de Diseño

7.3.1. Periodo de Diseño

Según la norma (EMAAP-Q, 2009), en su sección 6.2.1. en el apartado de selección del periodo de retorno para un sistema de alcantarillado varía según el tipo propuesto, en el caso del barrio la Paz que tiene las características de ser zona agrícola-residencial y ser un sistema relativamente pequeño, se considera un periodo de diseño bajo para alcantarillado combinado, al mismo tiempo la sección 5.3.1. en su literal a) establece que el tiempo mínimo que se debe tomar para periodo de retorno debe ser de 30 años mismo que será escogido para los pozos de cabecera existentes en el proyecto.

$$Tr = 30 \text{ años (pozos de cabecera)}$$

Para los demás pozos se escogió un valor de 5 años como periodo de retorno, según lo establecido en la tabla 5.3.1.1 de la (EMAAP-Q, 2009), en donde se indica los diferentes periodos de retorno según la ocupación del área de la obra.

$$Tr = 5 \text{ años (demás pozos)}$$

7.3.2. Área de Aporte

Las áreas de aporte en el barrio La Paz fueron trazadas tomando en cuenta las zonas que van a aportar con caudal de escorrentía superficial, así como también las zonas residenciales del sector.

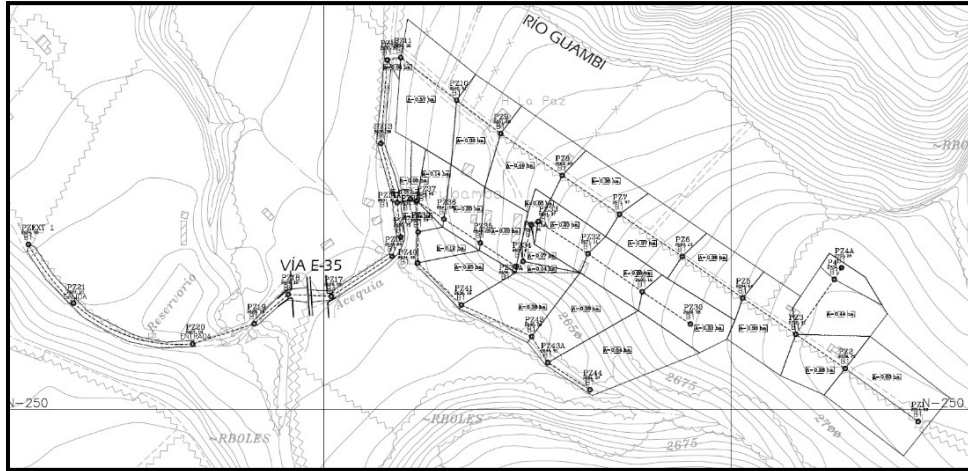


Ilustración 9. Áreas de aporte para el sistema de alcantarillado

Fuente: QGIS (2025)

7.3.3. Dotación

Según lo establecido en la norma CPE INEN 5 Parte 9.1. Sección 4.1.4.2. tabla V.3, la dotación estimada provisionalmente para estudios de pre factibilidad y para las características del barrio la Paz, con una población menor a 5000 habitantes y con clima frío, la dotación podría establecerse entre 120 – 150 *lt/Hab/día*, valor que en la realidad no es muy certero, para efectos de estudio y buscando una dotación que se asemeje más a la realidad de consumo en el país y que a su vez cumpla con las dotaciones mínimas establecidas por la OMS, se ha optado por tomar un valor más alto de 210 *lt/Hab/día*, que al momento de diseño se espera que aporte resultados más acordes a la realidad.

7.4. Caudal Doméstico

El caudal doméstico puede calcularse usando la Ec. 3 descrita en la norma (EMAAP-Q, 2009)

$$Qd = \frac{Cr * P * D_{neta}}{86400} \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

Qd : Caudal doméstico (lt/s)

P : Población (*hab*)

Cr : Coeficiente de retorno de aguas residuales

D_{neta} : Dotación Neta ($\frac{lt}{hab/dia}$)

7.4.1. Caudal de Aguas de Conexiones Erradas

Debido a que el área del proyecto no dispone de un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias, se considera aportes máximos de drenaje pluvial domiciliario a la red sanitaria debido a conexiones ilegales de aguas lluvia directamente a la red, por lo que se emplearía la Tabla 4.2.3.6 de la norma (EMAAP-Q, 2009), posterior a que se identifica que el sistema presenta un bajo nivel de complejidad se estima el aporte de 5 *lt/hab/día*.

$$Q_{ce} = D_{ce} * P \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

Q_{ce}: Caudal de aguas de conexiones erradas (*lt/s*)

D_{ce}: Dotación de aguas de conexiones erradas (*lt/s*)

P: Población (*hab*)

7.4.2. Caudal de Infiltración

Se ha adoptado 0,1 *lt/s – Ha* de acuerdo con las directrices propuestas por la norma local (EMAAP-Q, 2009) para alta amenaza sísmica, menos estanqueidad de tuberías debido a las grandes pendientes (valor superior) y considerando una infiltración baja debido a las grandes pendientes del lugar y para un nivel de complejidad bajo y medio, entonces considerando que en el anexo referenciado se tiene en unidades de litro por segundo por hectárea, se tiene la ecuación 5,

$$Q_{inf} = Ci * A \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

Q_{inf}: Caudal de infiltración (*lt/s*)

Ci: Coeficiente de infiltración (*lt/s – Ha*)

A: Área (*Ha*)

7.4.3. Caudal Medio Diario

De acuerdo con la norma local (EMAAP-Q, 2009), el caudal medio diario se puede calcular usando la Ec. 6:

$$Q_{MDi} = Q_d + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{inst} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

Q_{MDi} : Caudal medio diario (lt/s)

Q_d : Caudal doméstico (lt/s)

Q_{ind} : Caudal industrial (lt/s)

Q_{com} : Caudal comercial (lt/s)

Q_{inst} : Caudal institucional (lt/s)

Debido a que no existe caudal industrial, comercial e institucional: $Q_{MDi} = Q_d$

7.4.4. Coeficiente de Mayoración de Caudal

Los valores de los coeficientes de mayoración disminuyen en la medida que el número de habitantes considerado aumenta. Los valores de los coeficientes de menoración aumentan en la medida que el número de habitantes considerado aumenta. Las variaciones de los coeficientes en función de la población se sustentan en que el uso del agua se hace cada vez más homogéneo.

Acorde a lo establecido de la norma (EMAAP-Q, 2009), al no existir registros confiables de consumo de agua potable y de descargas de alcantarillado, se adoptarán uno de los valores establecidos en dicha tabla, para este caso se escogió el mayor valor para K:

$$1,43 < K < 2,66$$

7.4.5. Caudal Máximo Horario

Este caudal es la base del caudal de diseño de la red de alcantarillado de aguas residuales El QMH del día de máximo consumo se calcula a partir del QMD utilizando un factor de mayoración.

De acuerdo con la norma local (EMAAP-Q, 2009), el caudal máximo horario se puede calcular usando la Ec. 7:

$$Q_{MH} = K * (Q_d + Q_{ind} + Q_{com}) \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

Q_{MH} : Caudal máximo horario (lt/s)

Q_d : Caudal doméstico (lt/s)

Q_{ind} : Caudal industrial (lt/s)

Q_{com} : Caudal comercial (lt/s)

K : Coeficiente de mayoración de caudal (adim)

Debido a que no existe caudal industrial, comercial:

$$Q_{MH} = F * Q_d \quad \text{Ec. 8}$$

7.4.6. Caudal Acumulado

Corresponde a la suma del Caudal Máximo Horario, el Caudal de infiltración y el Caudal de conexiones erradas.

$$Q_{ac} = Q_{MH} + Q_{inf} + Q_{ce} \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:

Q_{ac} : Caudal Acumulado (lt/s)

Q_{MH} : Caudal máximo horario mayorado (lt/s)

Q_{inf} : Caudal de infiltración (lt/s)

Q_{ce} : Caudal de aguas de conexiones erradas (lt/s)

7.4.7. Caudal de Diseño Sanitario

Se escoge el mayor valor entre el caudal acumulado y 1,5 lt/s:

$$Q_{DS} \geq \begin{cases} 1,5 \text{ lt/s} \\ Q_{ac} \end{cases}$$

Dónde:

Q_{DS} : Caudal de Diseño Sanitario (lt/s)

Q_{ac} : Caudal acumulado (lt/s)

7.5. Coeficiente de Escurrimiento

De acuerdo a las condiciones que predominan en el sector, la norma local establece que el coeficiente de escurrimiento para una vegetación y topografía de pastura montañosa, cuya textura del suelo es de arcilla y limo se elija un valor de $C = 0.42$.

7.6. Tiempo de Entrada

Es el tiempo mínimo necesario para que una partícula entre en una cuenca a fin de aportar mediante escurrimiento a dicha cuenta. Para el cálculo del tiempo de entrada se optó por una variante de la fórmula de Kirpich, descrita en la Ec. 10,

$$T_e = 0,0194 * \left(\frac{L^{1,155}}{(\Delta h)^{0,385}} \right) \text{ Ec. 10}$$

Dónde:

T_e: Tiempo de entrada (min)

L: Longitud mayor del tramo (m)

Δh: Diferencia de alturas (m)

Se recomienda el uso de la ecuación (Ec.10), considerando que para los tiempos de concentración no se pueden usar valores menores a los 5 min tal como se indica en la norma (EMAAP-Q, 2009), se deben aplicar a tiempos de concentración entre 5 min y 360 min.

7.7. Tiempo de Viaje

$$T_v = \frac{L}{v_a * 60} \text{ Ec. 11}$$

Dónde:

T_v: Tiempo de viaje (min)

L: Longitud (m)

V_a: Velocidad asumida (m/s)

7.8. Tiempo de Concentración

$$T_c = T_e + T_v \text{ Ec. 12}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de Concentración (min)

T_e: Tiempo de Entrada (min)

T_v: Tiempo de viaje (min)

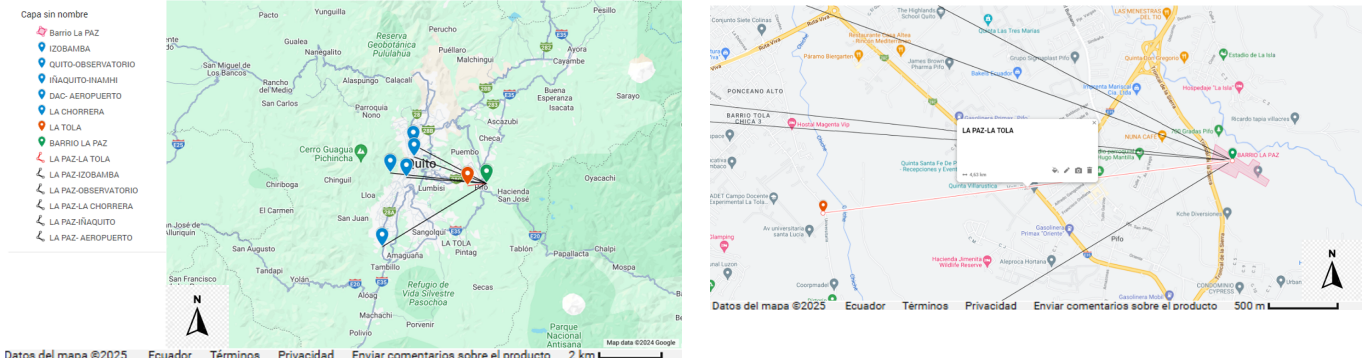
7.9. Intensidad de Lluvia

Acorde a lo establecido en la tabla 5.3.4.1 de la norma (EMAAP-Q, 2009), para los proyectos que se elaboren en el ámbito de Quito y sus alrededores se emplearán las curvas I-D-F desarrolladas por la EMAAP-Q. En la tabla se estipulan las estaciones de IZOBAMBA, QUITO-OBSERVATORIO, IÑAQUITO- INAMHI, DAC-AEROPUERTO. LA CHORRERA y LA TOLA. Mediante el uso de Google Maps Engine se logró determinar la distancia de cada estación al barrio La Paz, ubicado en Pifo.

Tabla 1 Estaciones hidrológicas cercanas al proyecto

Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m.	Distancia Km
-				
IZOBAMBA	0°21'45"	78°33'11"	3058	29.7
QUITO-OBSERVATORIO	0°12'40"	78°30'00"	2820	19.5
IÑAQUITO-INAMHI	0°10'00"	78°29'00"	2789	23.5
DAC-AEROPUERTO	0°08'24"	78°29'06"	2794	18.7
LA CHORRERA	0°12'06"	78°32'06"	3165	20.1
LA TOLA	0°13'46"	78°22'00"	2480	4.63

ESTACIONES METEOROLÓGICAS



(a)

(b)

Ilustración 10. Estaciones Meteorológicas (a) Ubicación; (b) Distancia al de las estaciones y el Barrio “La Paz”

Fuente: Google Engine (2025)

Por ende, se decide seleccionar la estación la Tola debido a que es la más cercana con una longitud aproximada de 4.63 Km. Entonces se opta por utilizar su ecuación para el cálculo de curvas IDF.

$$I = \frac{\{39,9 * Tr^{0,09} * [\ln(tc+3)]^{5,38} * (\ln Tr)^{0,11}\}}{tc^{1,93}} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

I: Intensidad de la lluvia (mm/h)

Tr: Periodo de retorno (años)

tc: Tiempo de concentración (min)

7.10. Caudal de Diseño Pluvial

$$Q_{DP} = \frac{C \cdot I \cdot A_{acum}}{360} * 1000 \quad \text{Ec. 14}$$

Dónde:

Q_{DP} : Caudal de Diseño Pluvial (lt/s)

C : Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

I : Intensidad de la lluvia (mm/h)

A_{acum} : Área acumulada (m²)

8. DISEÑO DE LA RED

8.1. Pendiente

La pendiente de cada tramo de tubería debe ser tan semejante a la del terreno como sea posible, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero se deberá proyectar con una pendiente mínima del 0,5% (punto cinco por mil) para tuberías de Φ 40 cm (16") en la red de drenaje cuando las condiciones topográficas y las conexiones que se hicieran lo permitan. (EMAAP-Q, 2009):

$$S(\%) = \left(\frac{\text{Cota Sup} - \text{Cota inf}}{L \text{ propia}} \right) * 100 \quad \text{Ec. 15}$$

Dónde:

S : Pendiente del tramo (%)

Cota Sup : Cota del colector aguas arriba (msnm)

Cota Inf : Cota del colector aguas abajo (msnm)

$L \text{ propia}$: Longitud del tramo (m)

8.2. Caudal de Diseño

$$Q_D = Q_{DS} + Q_{DP} \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:

Q_D : Caudal de Diseño (lt/s)

Q_{DS} : Caudal de Diseño Sanitario (lt/s)

Q_{DP} : Caudal de Diseño Pluvial (lt/s)

8.3. Relación Y/D

Es la relación del calado (la altura de agua dentro de la tubería) y el diámetro interno de la tubería

Según el literal 5.3.11 literal a de la norma (EMAAP-Q, 2009), la profundidad hidráulica del colector debe estar entre 70% y 85% del diámetro real de este.

8.4. Ángulo θ

$$\theta = \pi - \cos^{-1} \left(2 * \frac{Y}{D} - 1 \right) \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

θ = Ángulo (rad)

$\frac{Y}{D}$ = Relación Calado – Diámetro

8.5. Diámetro en función del Caudal de Diseño

El diámetro mínimo en alcantarillados pluviales será de 400 mm; esto con el fin de evitar obstrucciones en el colector ocasionado por agentes externos adicionales al caudal de escorrentía transportado (basuras y otros). Para tramos iniciales en sistemas de drenaje no muy complejos, verificando el proyectista las condiciones de velocidad mínima y máxima, podrán aceptarse diámetros de 300 mm. (EMAAP-Q, 2009)

$$Q = \frac{1}{n} * S^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{D^2}{4} * (\theta - \sin \theta) \right) * \left(\frac{D}{4} * \left(1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right) \right)^{\frac{2}{3}} \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

Q : caudal de diseño (lt/s)

S : Pendiente (%)

D : Diámetro calculado (m)

θ : Ángulo (rad)

n : Coeficiente de Manning (m – 1/3s)

8.6. Área Mojada

$$a = \frac{D^2}{4} (\theta - \sin \theta \cos \theta) \quad \text{Ec. 19}$$

Dónde:

a = Área Mojada (m²)

D = Diámetro Caludlado (m)

θ = Ángulo (rad)

8.7. Radio Hidráulico

$$rh = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right) \quad \text{Ec. 20}$$

Dónde:

rh: Radio Hidráulico (m)

D: Diámetro calculado (m)

θ: Ángulo (rad)

8.8. Calado Real

$$y = 0,85 * Dcom \quad \text{Ec. 21}$$

Dónde:

y: Calado real (m)

Dcom: Diámetro comercial (m)

8.9. Perímetro Mojado

$$P = Dcom * \theta \quad \text{Ec. 22}$$

Dónde:

P: Perímetro Mojado(m)

D: Diámetro comercial (m)

θ: Ángulo (rad)

8.10. Velocidad Calculada

La velocidad mínima permisible es de 0.60 m/seg considerando el gasto mínimo y su tirante correspondiente a tubería parcialmente llena. La velocidad máxima permisible, para evitar erosión en las tuberías, está en función del tipo de material que se utilice y de la cantidad y características de las partículas sólidas arrastradas y suspendidas en el escurrimiento. (EMAAP-Q, 2009)

$$v \text{ calc} = \frac{Q/1000}{A} \quad \text{Ec. 23}$$

Dónde:

v calc: velocidad calculada (m/s)

q en circulacion: caudal en circulación (lt/s)

A: Área mojada (m²)

8.11. Espejo de Agua

$$T = Dcom * \sin(\pi - \theta) \quad \text{Ec. 24}$$

Dónde:

T : espejo de agua (m)

$Dcom$: Diámetro comercial (m)

θ : Ángulo (rad)

8.12. Número de Froude

$$F = \frac{\frac{q \text{ en circulación}}{1000}}{a * \sqrt{9.81 * \left(\frac{a}{T}\right)}} \quad \text{Ec. 25}$$

Dónde:

Fr : Número de Froude (m)

q en circulación: Caudal en circulación (lt/s)

a : Área mojada (m²)

T : espejo de agua (m)

8.13. Fuerza Tractiva

$$\tau = rh * \gamma * \frac{S}{100} \quad \text{Ec. 26}$$

Dónde:

τ : Fuerza Tractiva (kg/m²)

rh : Radio Hidráulico (m)

γ : Peso específico del agua (kg/m³)

S : Pendiente (%)

8.14. Profundidad

Para evitar el daño de los colectores por las cargas aplicadas en la vía, la normativa EMAAP-Q establece valores mínimos de profundidades, estas de acuerdo con las tablas 4.2.13.1 y la tabla de la sección 5.3.19. La ecuación mostrada debe determinar para la cota de entrada y de salida de cada tramo.

$$h = ct - cs \quad \text{Ec. 27}$$

Dónde:

h : Profundidad de la zanja (m)

ct : Cota del terreno (m)

cs: Cota de la solera (m)

9. MODELACION EN EPA SWMM

9.1. Ingreso del Sistema a EPA SWMM

9.1.1. Geometría de la Red

La geometría de la red está dada por distintos aspectos como son la disposición de los tramos y de los pozos de revisión que conforman la red, debido a que estos constituyen uno de los parámetros básicos de diseño, por lo que es necesario considerar la longitud de los tramos, la sectorización de los caudales que se presentan en la descarga.

Se inicia cargando los (Shape) obtenidos del Civil 3D al QGIS para posterior recabar la información necesaria para el diseño de la red en SWMM.

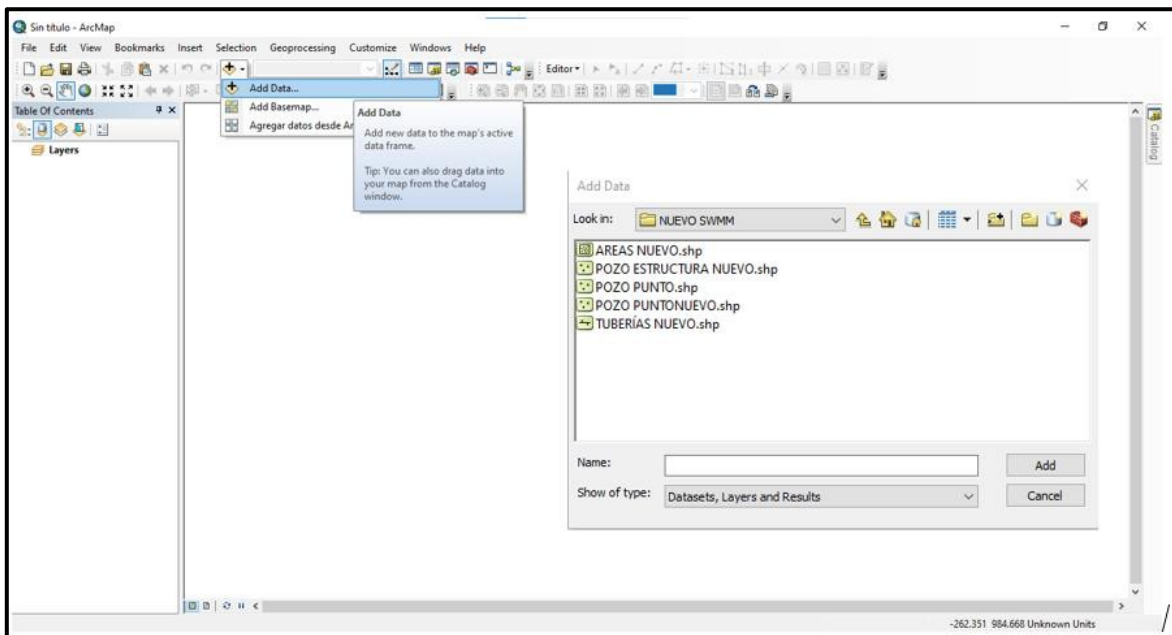


Ilustración 11. Shapes en QGIS

Fuente: QGIS (2025)

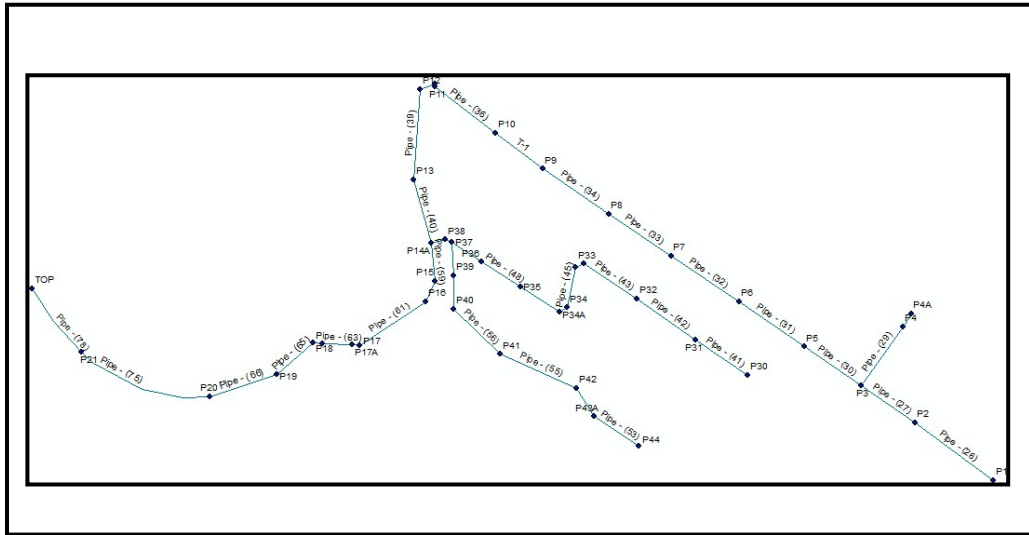


Ilustración 12. Ubicación de pozos y tuberías de la red de alcantarillado

Fuente: QGIS (2025)

9.1.2. Trazado de la red

En el trazado se emplearon los archivos Shapefile, los mismos que contenían información sobre las tuberías, pozos y subcuencas que contienen las redes trazadas en Civil 3D, para estose empleó programas informáticos como son QGIS y Global Mapper, los mismo que se utilizó para que la digitalización del proyecto se realice de manera más eficiente. Se presentaa continuación las redes obtenidas con la información dada.

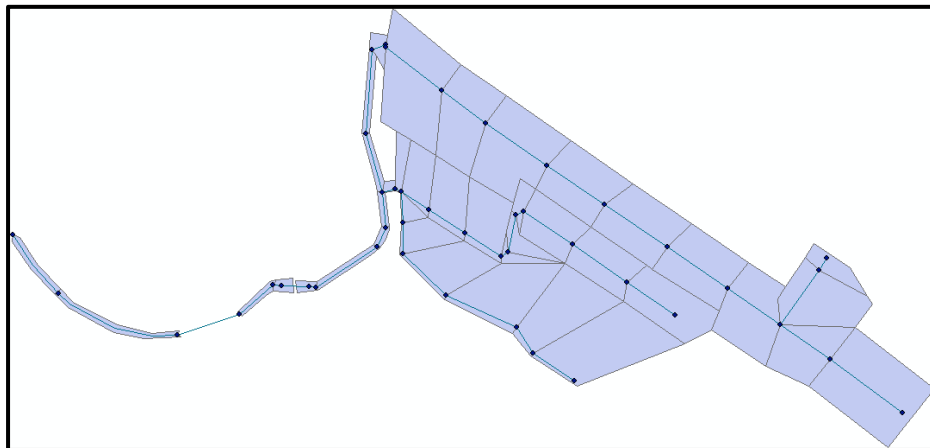


Ilustración 13. Red del Sistema de Alcantarillado

Fuente: QGIS (2025)

9.1.3. Áreas tributarias

Estas áreas se ajustan a las condiciones topográficas que presenta el sector y límites reales dedrenaje. En lo que trata de áreas tributarias o áreas de aporte se las representa con figuras geométricas como trapecios, cuadrados, triángulos entre otros, estos dado por la topografía ylimitantes del lugar.

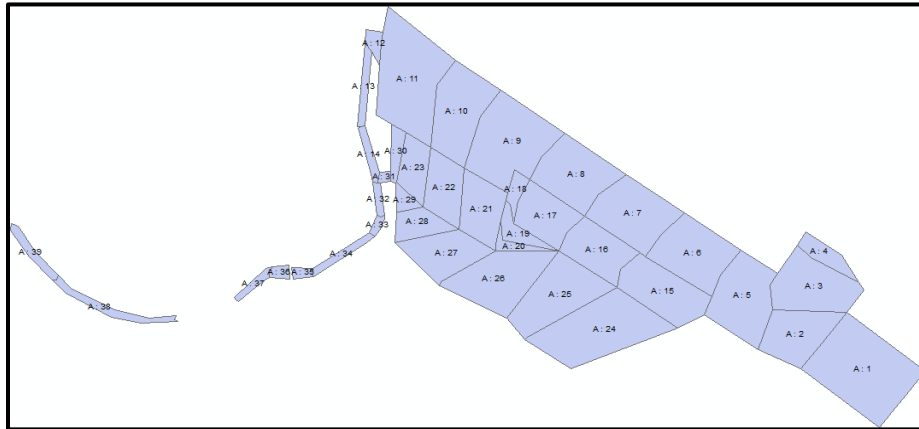


Ilustración 14. Áreas tributarias

Fuente: QGIS (2025)

9.1.4. Datos de la Red

En la presente sección, se presentan datos y la tabla de atributos que se da como información tanto de tuberías, pozos y subcuencas.

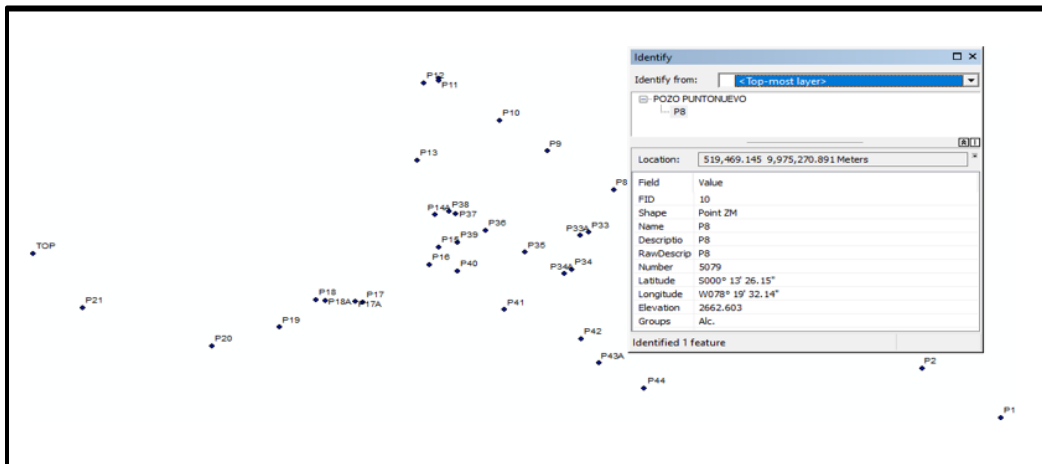


Ilustración 15. Datos de pozos

Fuente: QGIS (2025)

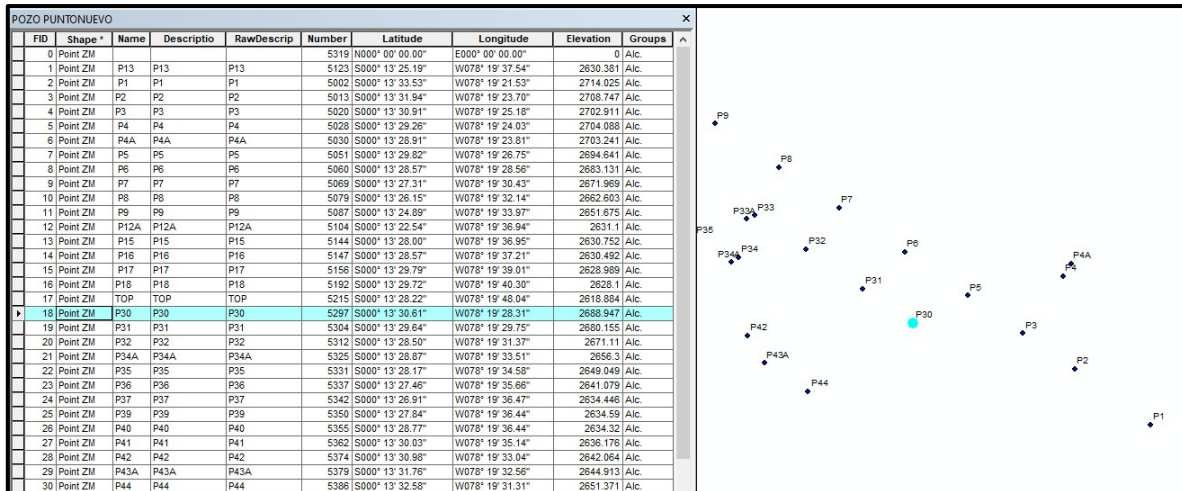


Ilustración 16. Tabla de atributos de pozos

Fuente: QGIS (2025)

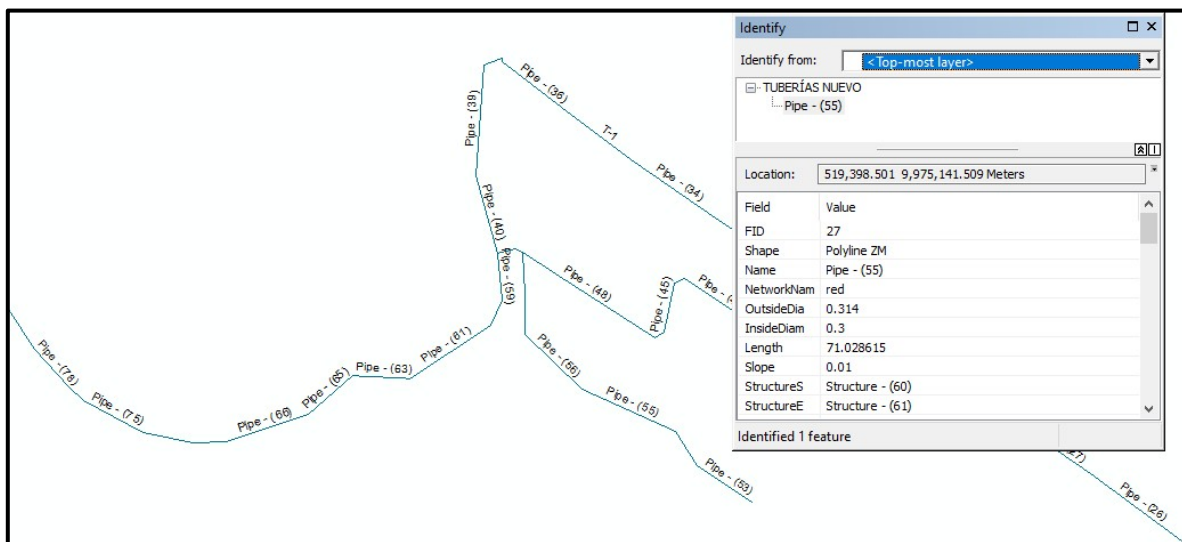


Ilustración 17. Datos de Tuberías

Fuente: QGIS (2025)

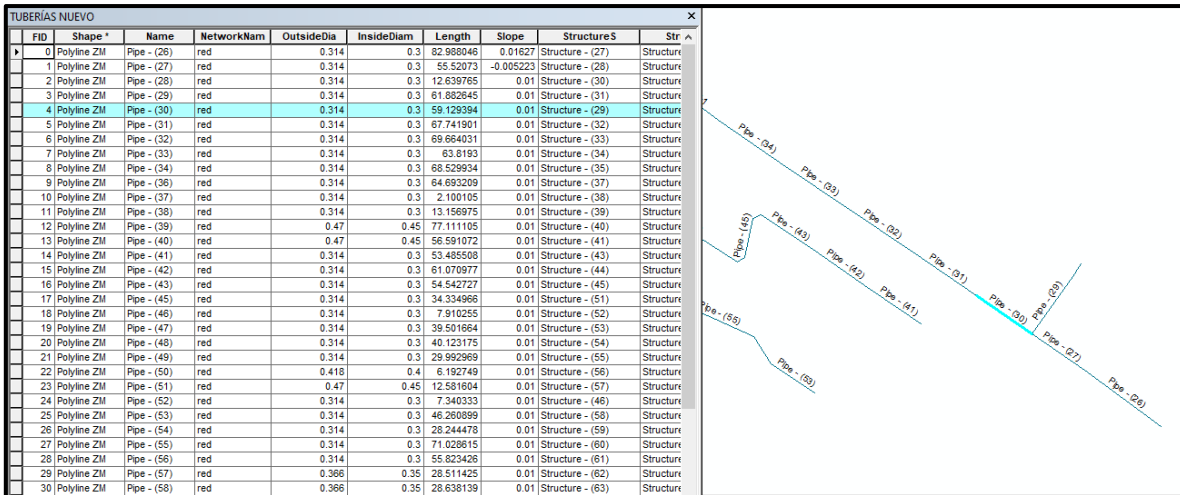


Ilustración 18. Tabla de Atributos de Tuberías

Fuente: QGIS (2025)

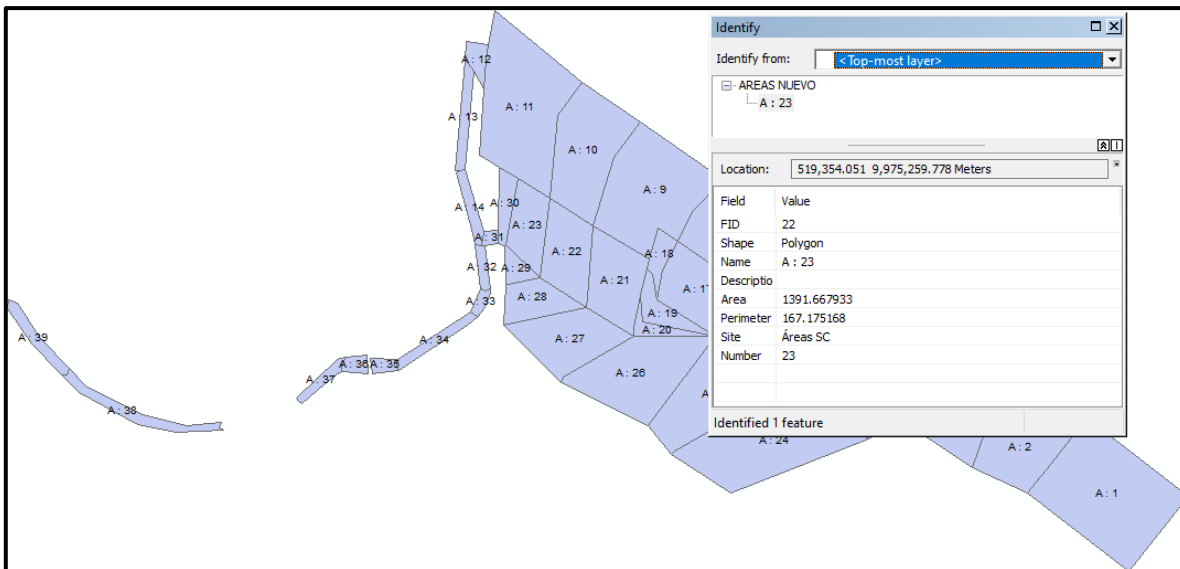


Ilustración 19. Datos de Subcuencas

Fuente: QGIS (2025)

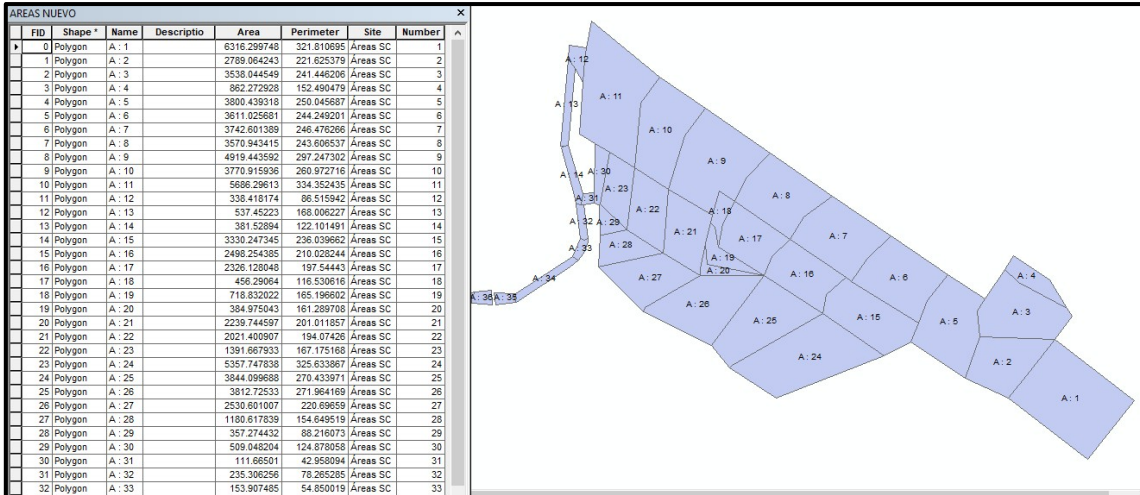


Ilustración 20. *Tabla de Atributos de Subcuencas*

Fuente: QGIS (2025)

9.1.5. Coordenadas de los Vértices

Para la obtención de los vértices que presenta cada subcuenca para luego graficar en SWMM se empleó el programa informático QGIS, del cual mediante la exportación de su tablade atributos se tiene la información requerida. Se abre en shape file obtenido en la aplicación y se la exporta para su posterior uso en SWMM.

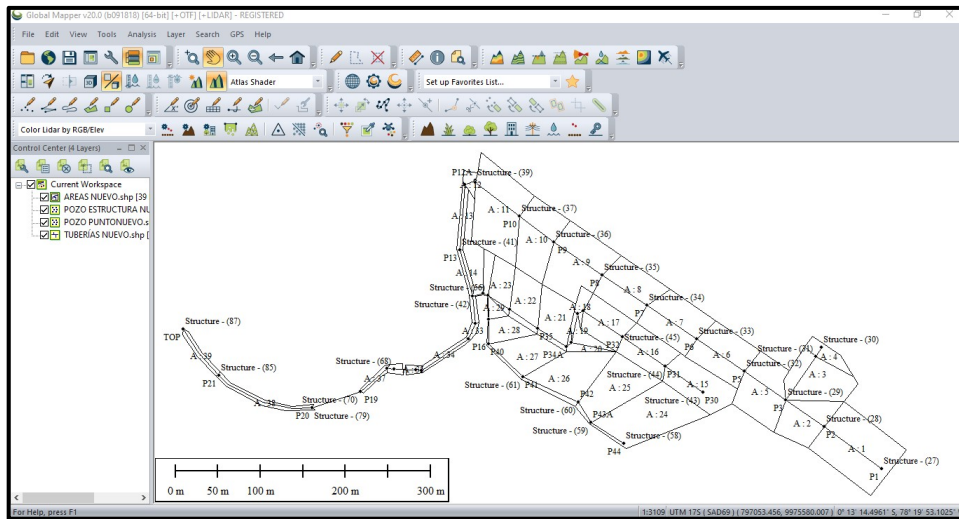


Ilustración 21. *Carga de los Shapes*

Fuente: QGIS (2025)

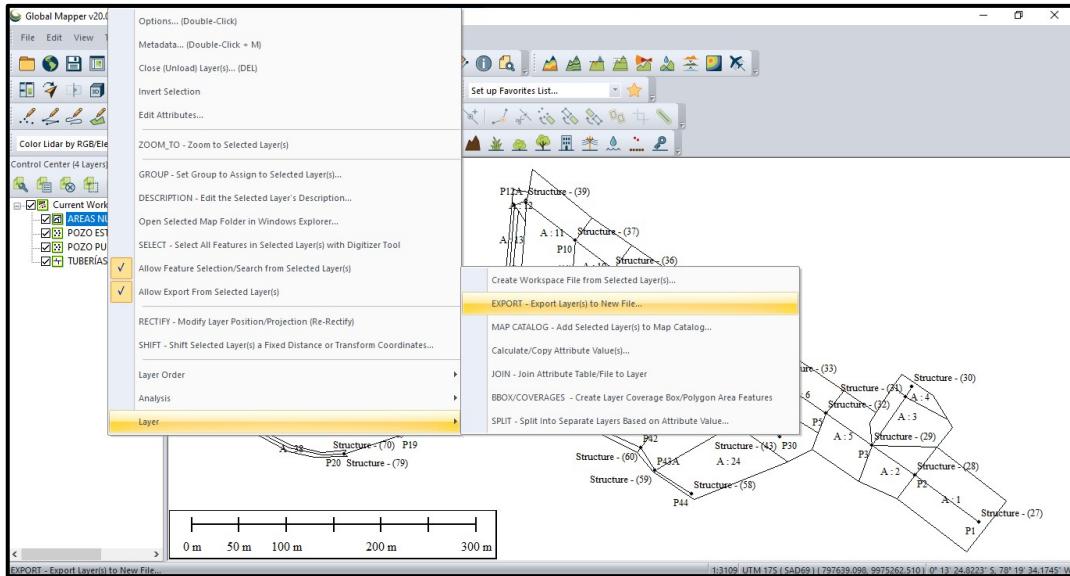


Ilustración 22. Exportación de la Información
Fuente: QGIS (2025)

Luego se escoge el formato de exportación de los datos para lo cual se escogió la opción XYZ (Simple ASCII) Text File, datos que luego serán utilizados en el programa SWMM.

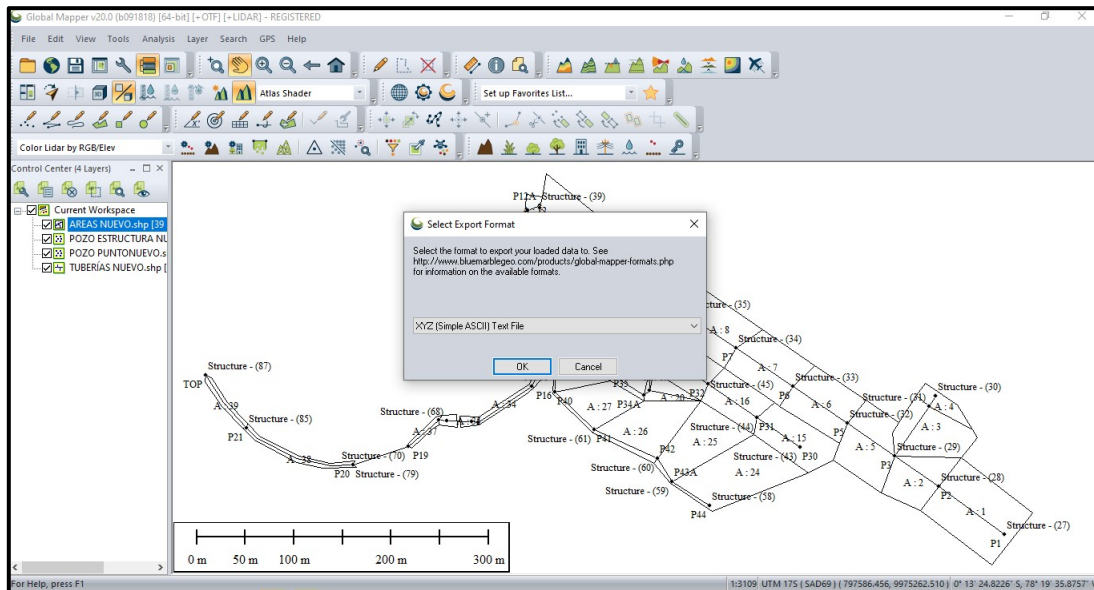


Ilustración 23. Selección del formato a exportar
Fuente: QGIS (2025)

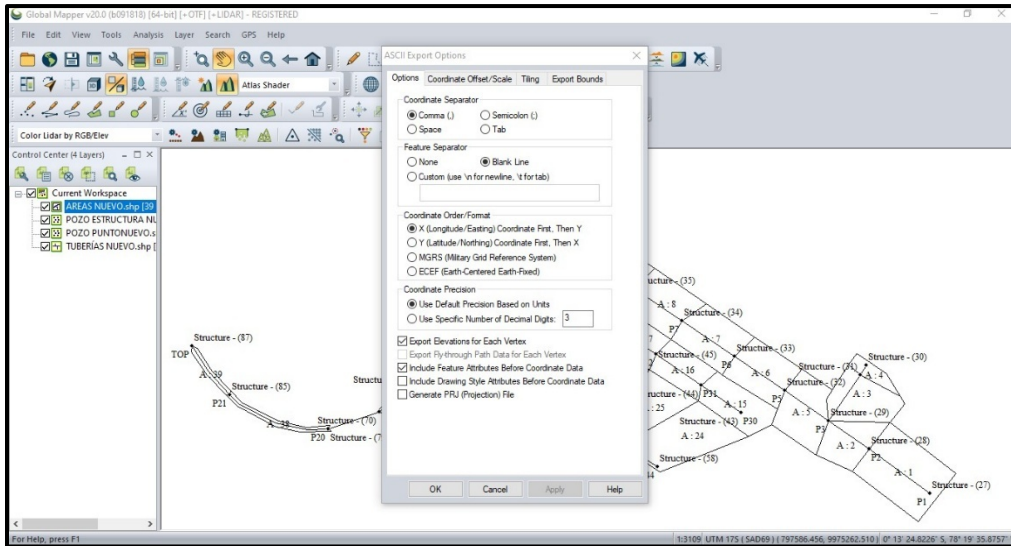


Ilustración 24. Selección de opciones de exportación

Fuente: QGIS (2025)

Mediante la opción export Layer(s) to New File, se procede a exportar la información mostrada anteriormente de todas las subcuencas. Así también se selecciona el formato en el cual se requiere la exportación de datos. Para el presente se exporto a una hoja decálculo. Se obtiene un bloc de notas con la información requerida para graficar las subcuencas dentro de SWMM. Se lo puede organizar mediante EXCEL para un uso óptimo. Esto se lo puede realizar tanto para subcuencas como pozos y tuberías.

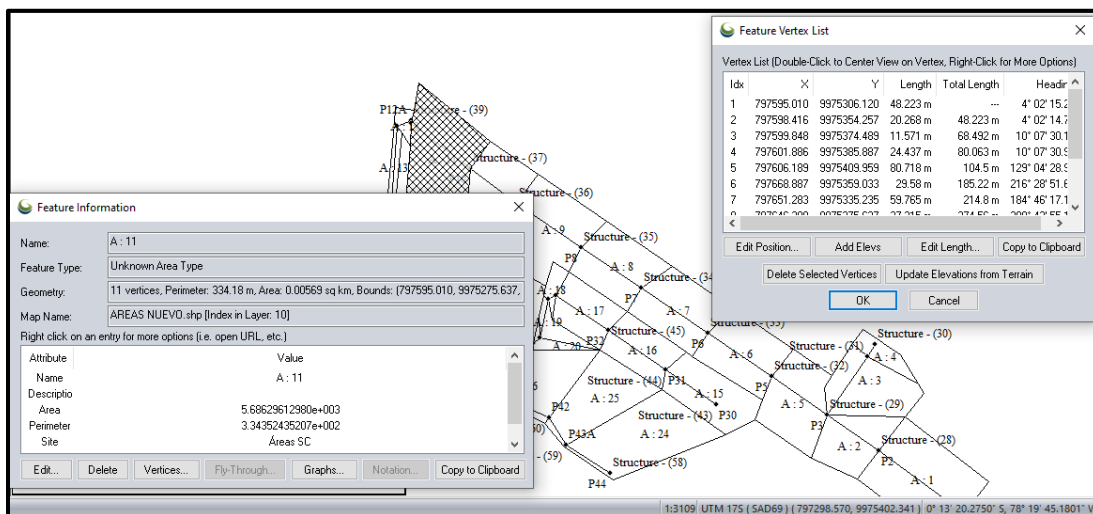


Ilustración 25. Información al bloc de notas

Fuente: QGIS (2025)

Nombre	X	Y	
A-1	798032.412	9975117.43	
A-1	798105.768	9975060.73	
A-1	798063.119	9975007.31	
A-1	797990.014	9975063.51	
A-1	798009.558	9975087.81	
A-1	798032.412	9975117.43	
A-2	798032.412	9975117.43	
A-2	798009.558	9975087.81	
A-2	797990.014	9975063.51	
A-2	797949.885	9975081.2	
A-2	797963.862	9975119.36	
A-2	798032.412	9975117.43	
A-2	798032.412	9975117.43	
A-3	797986.523	9975181.52	
A-3	797999.453	9975169.99	
A-3	798043.579	9975146.14	
A-3	798048.343	9975138.37	
A-3	798032.412	9975117.43	
A-3	797963.862	9975119.36	
A-3	797961.183	9975143.65	
A-3	797968.321	9975154.32	
A-3	797986.523	9975181.52	
A-4	797986.523	9975181.52	
A-4	797994.927	9975194.06	
A-4	798027.907	9975172.11	
A-4	798043.579	9975146.14	
A-4	797999.453	9975169.99	
A-4	797986.523	9975181.52	
A-5	797934.476	9975177.01	
A-5	797968.321	9975154.32	
A-5	797961.183	9975143.65	
A-5	797963.862	9975119.36	
A-5	797949.885	9975081.2	

AREAS: Bloc de notas			
Archivo Edición Formato Ver Ayuda			
DESCRIPTION=Unknown Area Type			
NAME=A : 1			
CLOSED=YES			
Name=A : 1			
Descriptio=			
Area=6.31629974775e+003			
Perimeter=3.21810694865e+002			
Site=Áreas SC			
Number=1			
798032.412,9975117.427,-999999			
798105.768,9975060.728,-999999			
798063.119,9975007.310,-999999			
797990.014,9975063.507,-999999			
798009.558,9975087.806,-999999			
798032.412,9975117.427,-999999			
DESCRIPTION=Unknown Area Type			
NAME=A : 2			
CLOSED=YES			
Name=A : 2			
Descriptio=			
Area=2.78906424336e+003			
Perimeter=2.21625378978e+002			
Site=Áreas SC			
Number=2			
798032.412,9975117.427,-999999			
798009.558,9975087.806,-999999			
797990.014,9975063.507,-999999			
797949.885,9975081.197,-999999			
797963.862,9975119.359,-999999			
798032.412,9975117.427,-999999			
798032.412,9975117.427,-999999			

Ilustración 26. Bloc de notas de Subcuencas-Excel

Fuente: Bloc de notas (2025)

9.2. Modelación Hidráulica en EPA SWMM

9.2.1. Valores por defecto

Para el ingreso de los valores por defecto se procede a ingresar a la opción Project-Defaults, posteriormente se establecerán los valores predeterminados tal es el caso de nombres identificativos de los objetos, subcuencas, nudos-líneas, entre otros datos que serán necesarios de acuerdo con la necesidad del calculista.

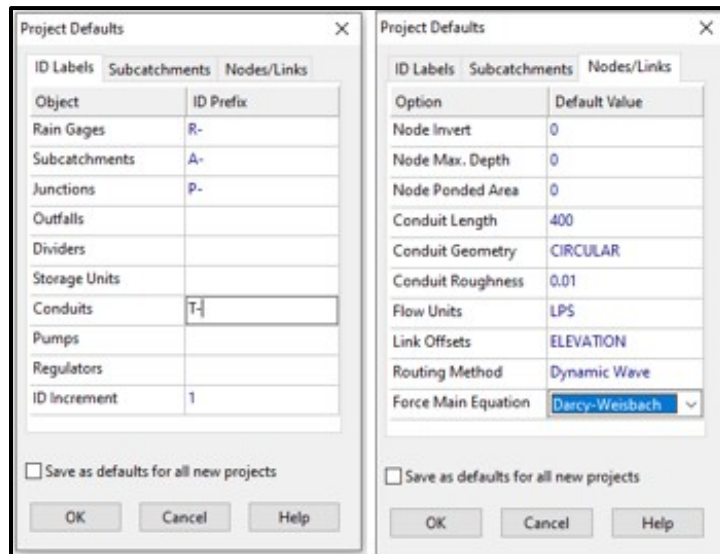


Ilustración 27. Ingreso de valores por defecto

Fuente: SWMM (2025)

9.2.2. Vinculación del bloc de notas al programa SWMM

Los datos que se recopilaron se proceden arreglar en filas en el programa Excel, se pone la información que se requiere para exportar al bloc de notas.

La vinculación se la realiza en la aplicación SWMM, se dirige a la pestaña “Tools” se procede a seleccionar la opción “Configure Tools”, donde se configura la aplicación a vincular. En los apartados se colocan nombre de la herramienta, luego seleccionar la aplicación a vincular en este caso Bloc de Notas, después en los parámetros se seleccione “SWMM input file” para que todos los datos procedentes puedan ser modificados. Así también se elige si se quiere o no, que cuando se ejecute el bloc de notas se desactive el proyecto de SWMM, esto seleccionando en la casilla indicada.

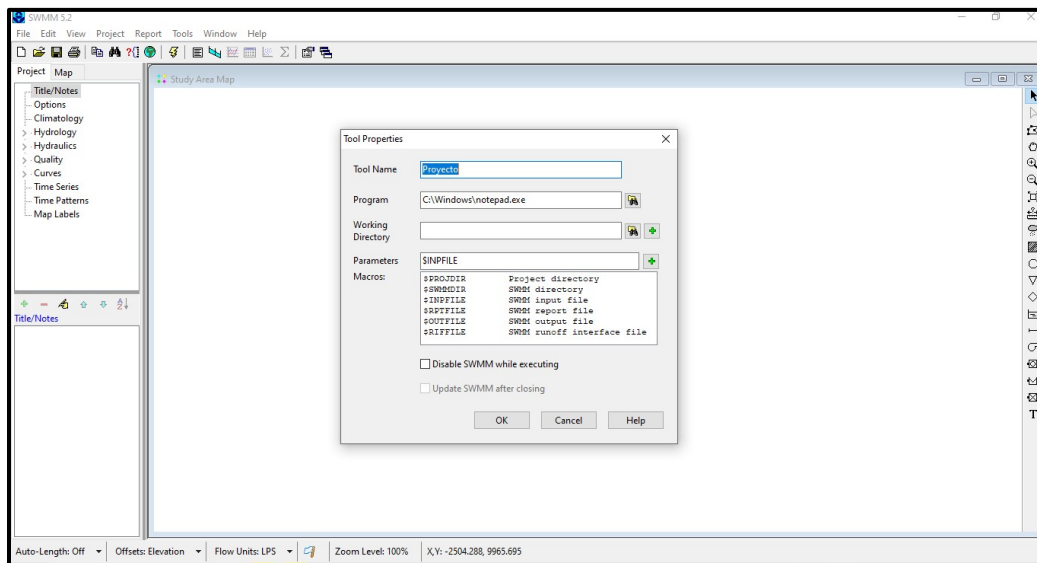


Ilustración 28. Vinculación del bloc de notas al SWMM
Fuente: SWMM (2025)

La creación de la vinculación es correcta sí al seleccionar la pestaña “Tools” aparece como opción “Proyecto” nombre que identificamos a la vinculación. Al seleccionar esta opción se abre el bloc de notas con información que haya sido colocada en el SWMM.

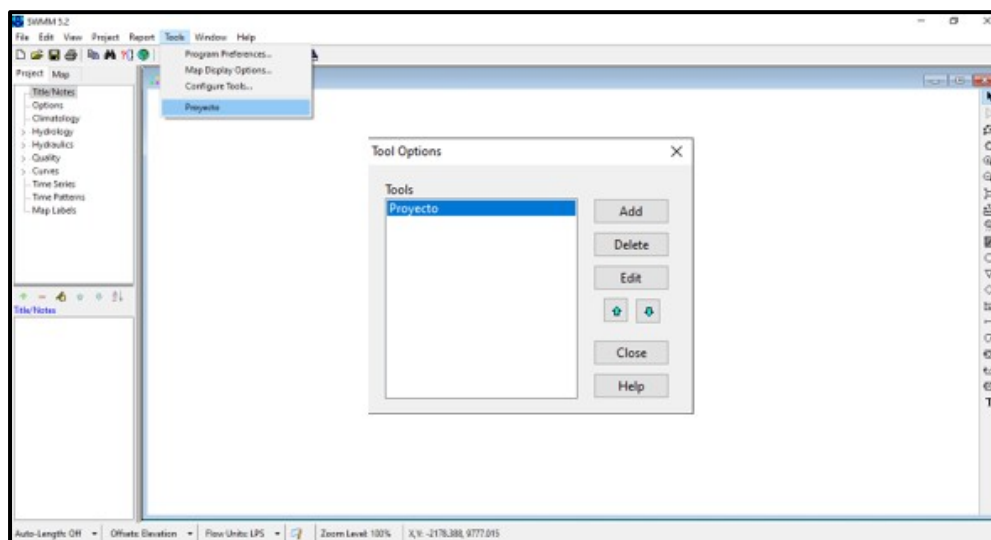


Ilustración 29. Creación de la vinculación
Fuente: SWMM (2025)

Los valores recopilados con las distintas aplicaciones informáticas anteriormente descritas que se presentan en la hoja de cálculo EXCEL se proceden a ubicar en filas

la distinta información que requiere exportar al bloc de notas, el cual se encuentra antes vinculado con el programa SWMM.

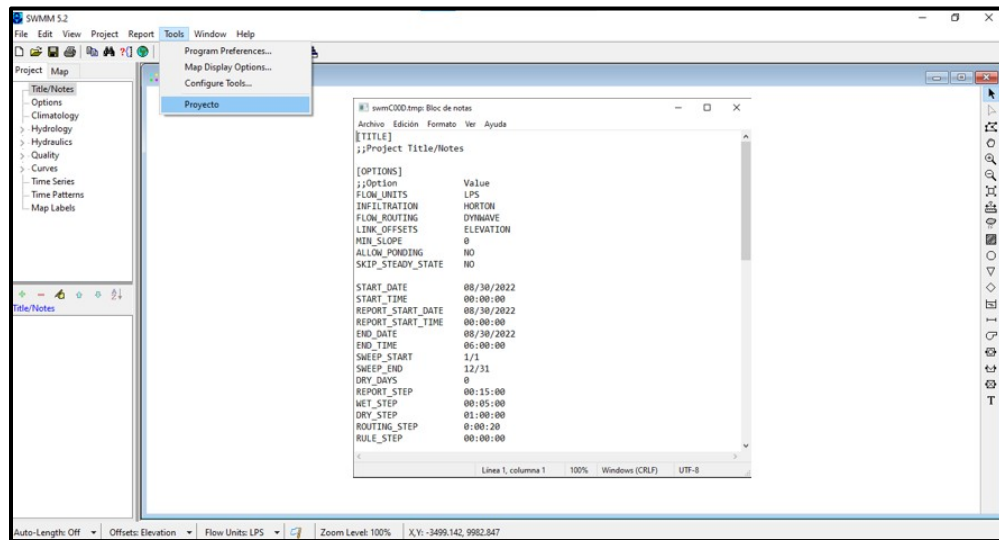


Ilustración 30. Configuración de la red-Block de notas

Fuente: SWMM (2025)

Se coloca la información requerida de Excel al bloc de notas respetando los parámetros que requiere SWMM para su ejecución, correcto diseño y coordenadas.

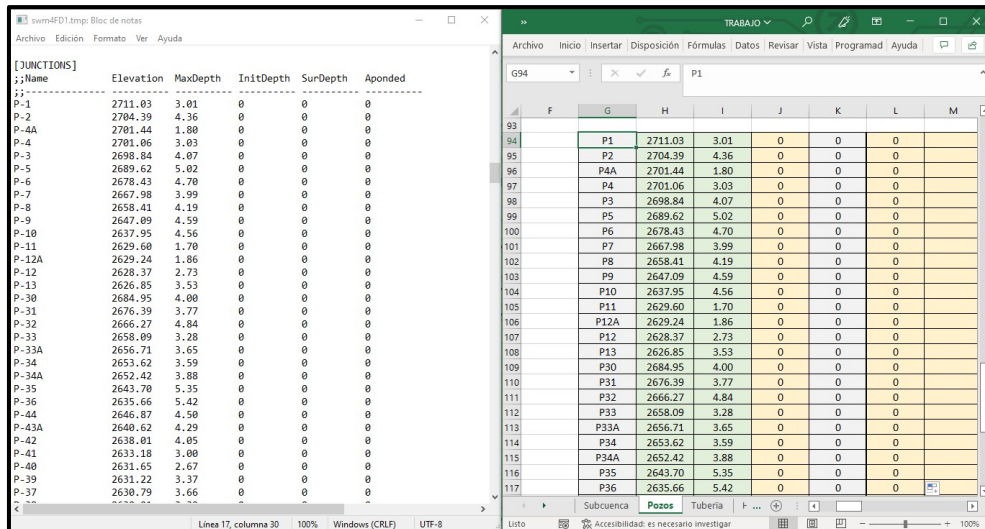


Ilustración 31. Configuración de la red- Block de notas- Excel

Fuente: Excel (2025)

Se requiere guardar las modificaciones realizadas con la extensión (.INP) para que este

sea ejecutable con el programa SWMM. Y ya esto hará visible la información colocada en SWMM.

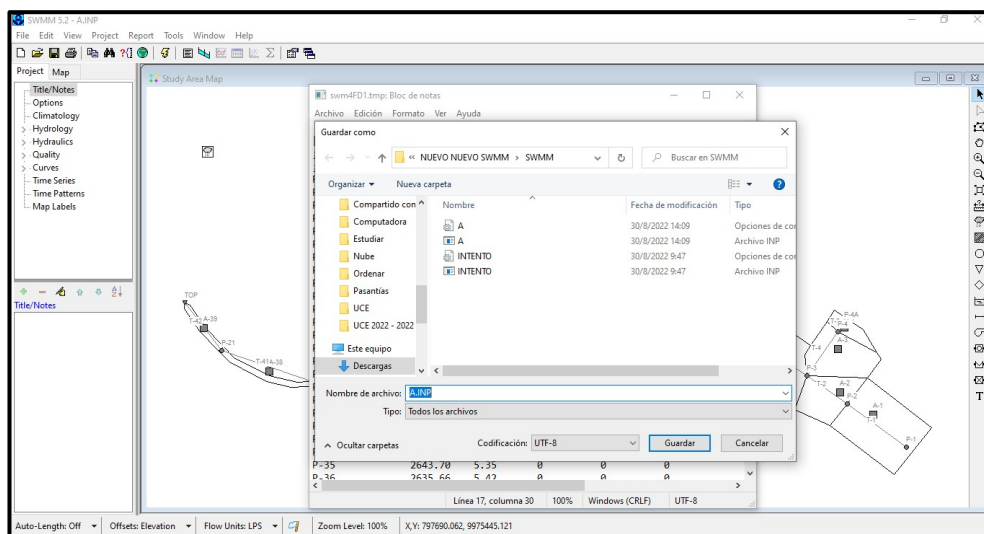


Ilustración 32. Archivo con extensión (.INP)
Fuente: SWMM (2025)

Abierto el programa se tiene la representación gráfica, sin tener la necesidad de ingresar los valores de los elementos de uno en uno, ya que se puede realizar la configuración en masa de todos los datos en el bloc de notas.

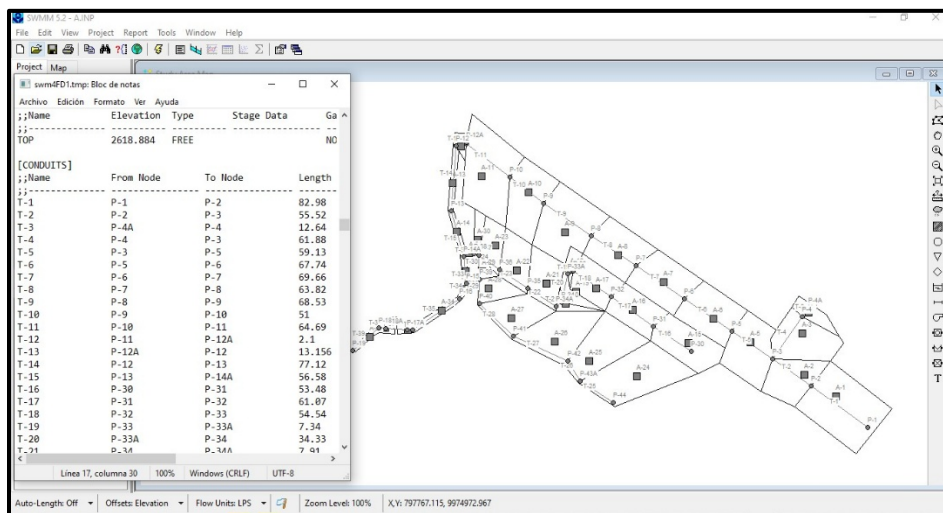


Ilustración 33. Configuración de la red- Vinculo Bloc de notas
Fuente: SWMM (2025)

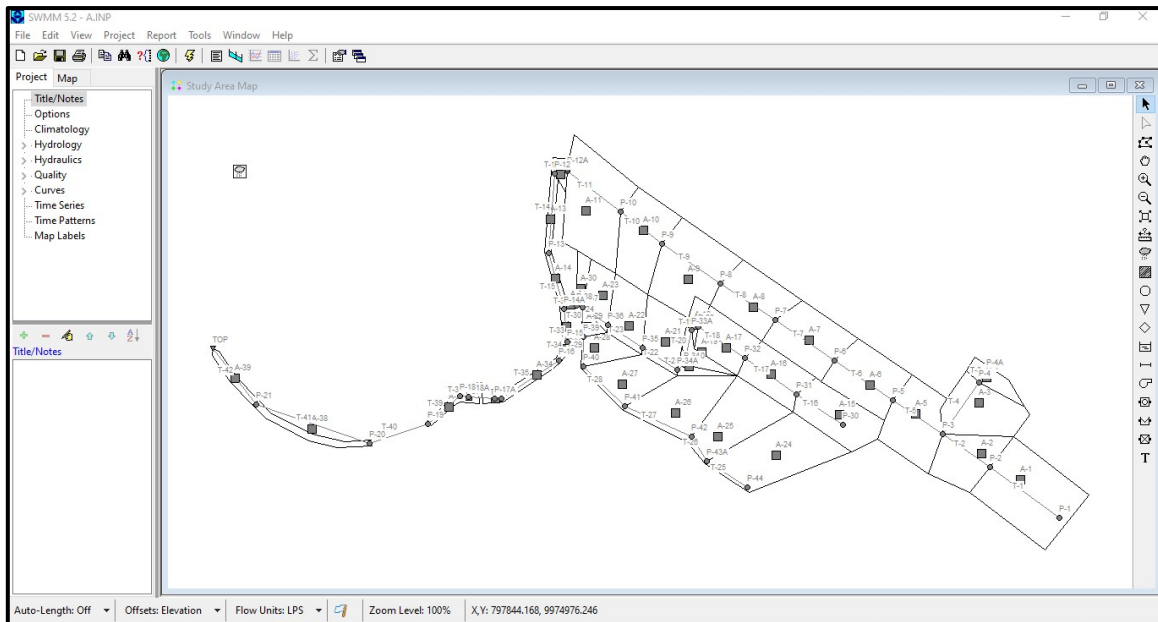


Ilustración 34. Representación gráfica del proyecto

Fuente: SWMM (2025)

9.3. Parámetros Hidráulicos

9.3.1. Ingreso de Parámetros Hidráulicos

En ID Labels (Etiquetas de identificación) se pondrán los nombres con los cuales se identificarán cada objeto.

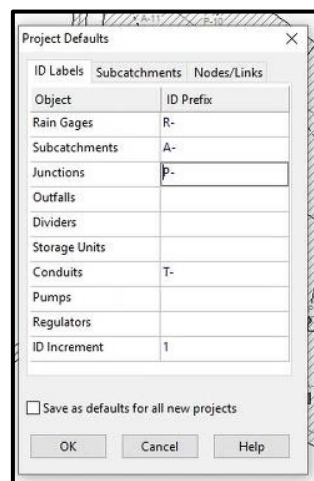


Ilustración 35. Ingreso de ID Labels- Parámetros hidráulicos

Fuente: SWMM (2025)

En el apartado de Nodes/Links (Nodos/Enlaces) podemos ingresar los diámetros de las tuberías si estas tuvieran un mismo diámetro además de su sección y la rugosidad, es importante cambiar las unidades a LPS (litros por segundo) ya que una vez avanzado en el proyecto ya no se podrá modificar.

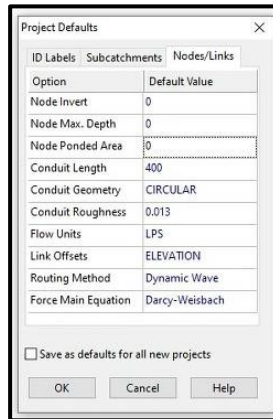


Ilustración 36. Ingreso de valores en los Nodos/Enlaces

Fuente: SWMM (2025)

En el apartado de Routing Method (Método de enrutamiento) se podrá escoger entre tres opciones:

Steady Flow (Flujo uniforme), esto se utiliza cuando se tiene redes no malladas con un único nodo de salida, no toma en cuenta efectos de remanso ni inundación.

Kinematic Wave (Onda Cinemática), esta será utilizada en redes no malladas, no permite flujos inversos su estabilidad numérica esta entre 5-15 minutos y es recomendable la utilización para redes grandes y en computadoras con procesadores poco potentes.

Dynamic Wave (Onda Dinámica), esta es la opción utilizada en este proyecto ya que permite redes malladas, flujos inversos, es recomendable para sistemas con elementos de control y tiene intervalos de cálculos inferiores a 1 minuto.

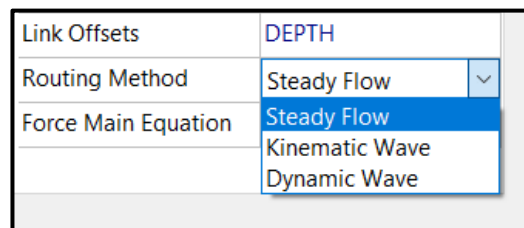


Ilustración 37. Ingreso de método de cálculo

Fuente: SWMM (2025)

En Force Main Equation (Ecuación de la red de suministro) se podrá escoger entre dos opciones, Darcy-Weisbach es la ecuación que se utilizó en este proyecto debido a que funciona con todos los flujos además se tener una gran exactitud.

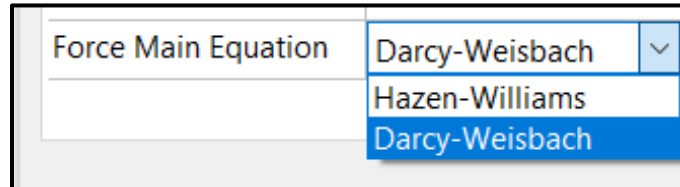


Ilustración 38. Determinación de Ecuación

Fuente: SWMM (2025)

9.3.2. Tuberías

En las tuberías se deberá tomar en cuenta la dirección del flujo para evitar la colocación de unatubería al revés, se escogerá la sección en este caso circular además del diámetro y la rugosidaddel material escogido para la tubería.

Es importante tener en cuenta el offsets (compensaciones), ya que dependiendo si se toma como:

Depth (Profundidad), aquí se pondrá como altura la diferencia que existe entre la tubería y el fondo del pozo.

Elevation (Elevación), aquí se deberá poner la cota de la tubería.

Property	Value
Name	T-5
Inlet Node	P-3
Outlet Node	P-5
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	0.3
Length	59.13
Roughness	0.011
Inlet Offset	+
Outlet Offset	2689.97
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	
Inlets	NO

Click to edit the conduit's cross section geometry

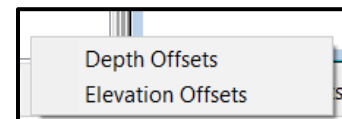


Ilustración 39. Parámetros a ingresar en tuberías

Fuente: SWMM (2025)

9.3.3. Pozos

En los pozos los datos necesarios son la cota del fondo del pozo (Invert EI), Del fondo del pozo máxima (Max. Depth) y en caso de ser una red combina los caudales sanitarios se colocan en la opción Inflows (Entradas) en el apartado de Dry Wather (Agua de lluvia.).

Se debe tomar en cuenta que se deberá crear un Time Patterns (Patrón de Tiempo), de acuerdo a la curva de variación ya sea horaria, mensual o como el diseñador crea conveniente.

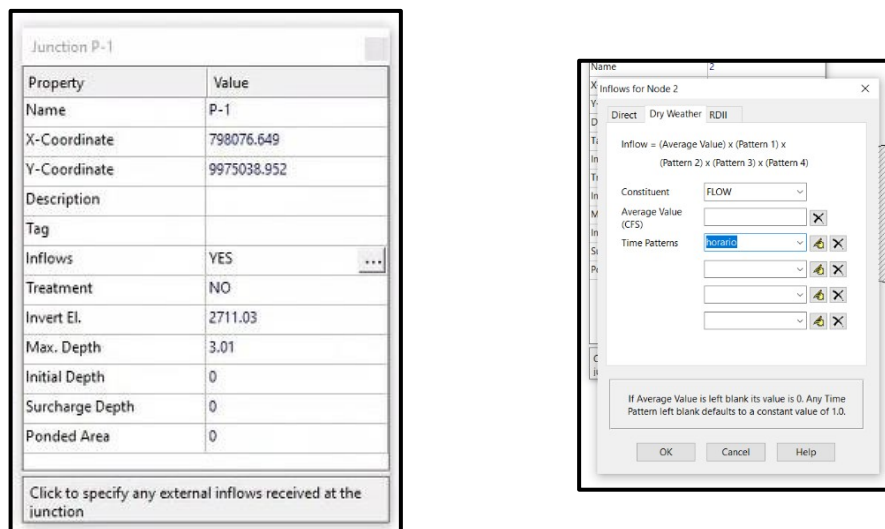


Ilustración 40. Parámetros a ingresar en pozos

Fuente: SWMM (2025)

9.4. Parámetros Hidrológicos

9.4.1. Subcuenca Hidrográfica (Rain Gage R-1)

9.4.1.1. Rain Gage R1

Hace referencia a un pluviómetro que requiere de los siguientes datos:

- **Time Interval (Intervalo de tiempo)**, el cual hace referencia al intervalo de tiempo el cual no podrá ser mayor que el utilizado en el hietograma ingresado.
- **Rain Format (Formato lluvia)**, aquí podremos elegir entre tres opciones que son: Intensity (Intensidad), Volume (Volumen) y Cumulative (Acumulativo), esto dependerá de si se ingresa en la opción serie temporal

(Time Series) un Hietograma (precipitación que se recolecta en intervalos de tiempo) o un Pluviograma (altura de lluvia), teniendo en cuenta que el hietograma se ingresa en mm/h y el pluviograma en mm ya que es altura de lluvia, y si esta es acumulada se escogerá la opción acumulada en mm/h (Cumulative).

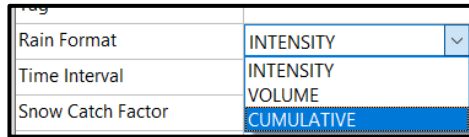


Ilustración 41. Formato de lluvia

Fuente: SWMM (2025)

El hietograma o Pluviograma puede ser ingresado o llamado desde un blog de notas en el apartado de series temporales (Time Series).

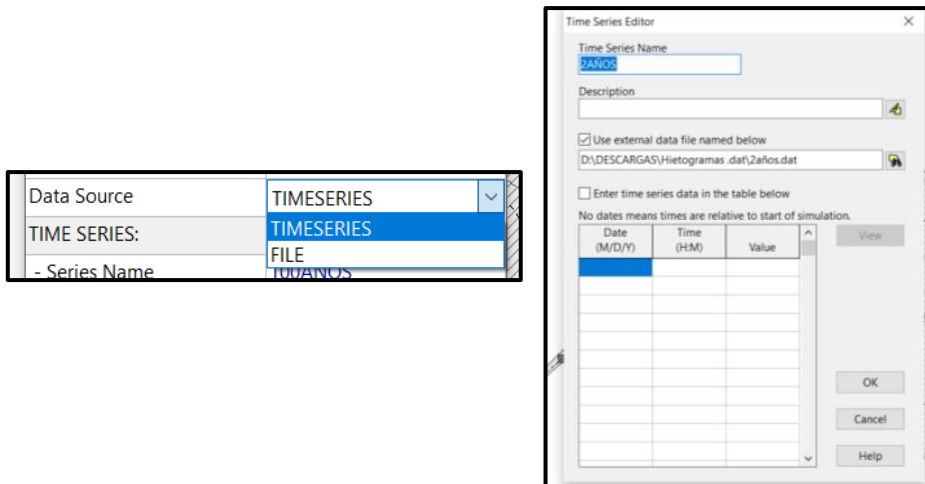


Ilustración 42. Series temporales (Time Series).

Fuente: SWMM (2025)

9.4.1.2. Punto de descarga (Outlet)

Es el punto al cual queremos descargar nuestra subcuenca, en el caso de la Subcuenca 1 se descarga en el pozo 2.

9.4.1.3. Ancho de la Subcuenca (Width)

Este es un valor sujeto a la calibración, es el cociente entre el área de la cuenca y la

longitud máxima de recorrido de la escorrentía.

9.4.1.4.Pendiente (% Slope)

Es la pendiente media de la superficie de la subcuenca. En el diseño se tiene un porcentaje de 5.73 %

9.4.2. Cálculo de Subcuenca Tipo

9.4.2.1.Grado de impermeabilidad (% Imperv)

Para la obtención de este valor en porcentaje se deberá conocer los diferentes tipos de superficie que tiene la misma.

9.4.2.2.Resistencia de la superficie con la escorrentía (N – Imperv).

Resistencia que encuentra la escorrentía cuando fluye sobre la subcuenca, depende de la rugosidad de las diferentes superficies.

Se escoge valores de la tabla A.6 proporcionada por el manual de usuario de SWMM.

El valor escogido para PVC es de 0.011

9.4.2.3.Coeficientes para superficie permeable (N – Perv).

Coeficientes adoptados para superficies permeables.

- **Pasto natural:** 0.13 (debido a la principal actividad económica por su ganadería)
- **Hierba densa:** 0.24 (en ciertos sectores la vegetación es extensa y frondosa)

9.4.2.4.Profundidad del almacenamiento de la depresión en la parte impermeable de la subcuenca (iDstore – Imperv)

Se mide en pulgadas o milímetros. Valores típicos de almacenamiento de depresión son:

- Superficies impermeables: 0,05 - 0,10 pulgadas
- Césped: 0,10 - 0,20 pulgadas
- Pastar: 0,20 pulgadas

9.4.2.5. Profundidad del almacenamiento de la depresión en la parte anterior de la subcuenca (Dstore – Perv)

Se mide en pulgadas o milímetros. Valores típicos de almacenamiento de depresión

- Superficies impermeables: 0,05 - 0,10 pulgadas
- Césped: 0,10 - 0,20 pulgadas
- Pastar: 0,20 pulgadas

9.4.3. Parámetros de Horton

Los parámetros adoptados se han seleccionado de acuerdo a las características del barrio y con la guía del manual de SWMM.

9.4.3.1. Tasa de Infiltración Mínima de Horton

Esta es igual a la conductividad hidráulica del suelo saturado, según la guía para un suelo de “arcilla arenosa”, que es el encontrado en el proyecto le corresponde una conductividad de 0.51 mm/h.

9.4.3.2. Volumen Máximo

el volumen máximo se puede determinar de cero cuando no sea aplicable, por lo tanto, en el presente proyecto se ha utilizado dicho valor para todas las sub cuencas, es decir:

$$\text{Max. Volume} = 0$$

Los valores mencionados se ingresan de la siguiente manera en cada subcuenca:

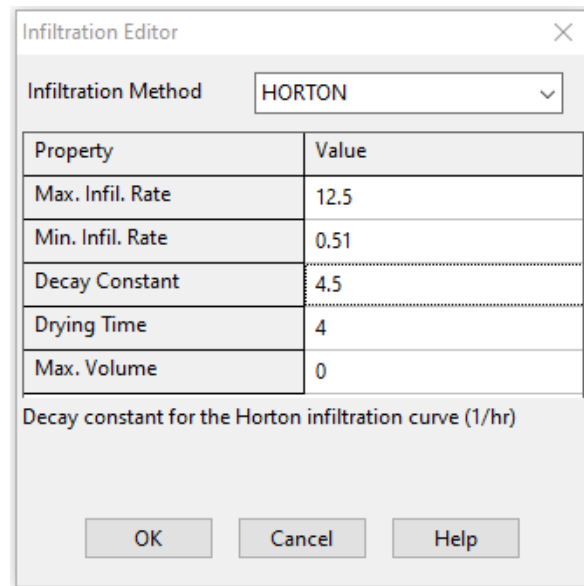


Ilustración 43. Volumen Máximo

Fuente: SWMM (2025)

CAPITULO III: RESULTADOS

10. RESULTADOS

En el siguiente capítulo se muestran los resultados obtenidos, como primera parte se tiene el diseño de la red de alcantarillado combinado en la cual se muestran los cálculos pertinentes al primer tramo, debido a la extensión de la red (ver Anexo --- para más detalles de los tramos restantes), después se presentará los resultados de la simulación para diferentes tiempos de retorno. Finalmente, se presentará el cálculo del factor de corrección para el uso de DEMS (Modelos de Elevación Digital) para su uso en el diseño del sistema de alcantarillado combinado.

10.1. Datos para el diseño de la red

Tabla 2. Datos de la red de diseño.

DATOS			
1.1. Área del proyecto (ha)	A	8.02	ha
1.2. Población actual (hab)	Po	298	hab
1.3. Población de diseño (hab)	Pf	781	hab
1.4. Densidad Poblacional (hab/ha)	Dp	97.38	hab/ha
1.5. Dotación de diseño (l/hab*día)	Dot	210	lt/hab/día

1.6. Coeficiente de escorrentía	C	0.42	-
1.7. Periodo de retorno (30 años)	Tr	30	años
1.8. “n” de Manning	0	0.011	PVC

10.2.Formato de la hoja de cálculo

10.2.1. Tabla de cálculo. Parte 1 (Descripción del tramo y área 1-6)

CALLE	DESCRIPCIÓN DEL TRAMO			ÁREA	
	POZO		L	Parci	Acum
	INICIAL	FINAL	(m)	Ha	Ha
1	2	3	4	5	6
CALLE SN1	P1	P2	82,98	0,63	0,63
CALLE SN1	P2	P3	55,52	0,28	0,91
CALLE SN4	P4A	P4	12,64	0,09	0,09
CALLE SN4	P4	P3	61,88	0,35	0,44
CALLE SN1	P3	P5	59,13	0,38	1,73
CALLE SN1	P5	P6	67,74	0,36	2,09
CALLE SN1	P6	P7	69,66	0,37	2,46
CALLE SN1	P7	P8	63,82	0,36	2,82
CALLE SN1	P8	P9	68,53	0,49	3,31
CALLE SN1	P9	P10	51	0,38	3,69
CALLE SN1	P10	P11	64,69	0,57	4,26
CALLE SN1	P11	P12A	2,1	0,03	4,29
CALLE SN1	P12A	P12	13,16	0,00	4,29
CALLE SN1	P12	P13	77,12	0,05	4,34

Ilustración 44. Tabla de cálculo Parte 1. Descripción del tramo y Área

10.2.1.1. Descripción del tramo (1-4)

10.2.1.1.1. Columna 1

En la columna N°1 “Calle” debe ir el nombre de la calle en la cual se encuentre el tramo del alcantarillado es decir un pozo aguas arriba y aguas abajo.

En el ejemplo: Calle SN1

En este caso SN1 (Sin nombre 1) se optó por este nombre debido a que las calles no se encuentran municipalmente denominadas.

10.2.1.1.2. Columna 2

En la columna N°2 “Pozo Inicial” debe ir el nombre del pozo aguas arriba del tramo

analizado.

En el ejemplo: P1

La denominación de los pozos se optó por con la letra P y el número en orden a partir del pozo de cabecera.

10.2.1.1.3. Columna 3

En la columna N°3 “Pozo Final” debe ir el nombre del pozo aguas abajo del tramo analizado.

En el ejemplo: P2

10.2.1.1.4. Columna 4

En la columna N°4 “L” se debe colocar el valor de la longitud entre tramos, dicho valor esta dado por los puntos georreferenciados.

En el ejemplo: 82.98 m

10.2.1.2. Tabla de cálculo. Definición de Parte 1 (Definición de Áreas 5-6)

10.2.1.2.1. Columna 5

En la columna N°5 “Área Parcial” aquí se coloca el valor parcial del área en hectáreas producto del trazado en QGis y sus puntos georreferenciados.

En el ejemplo: 0.63 ha

10.2.1.2.2. Columna 6

En la columna N°6 “Área Acum” se procede a calcular las áreas parciales anteriores y el área parcial del tramo a fin de lograr determinar su población.

En el ejemplo: 0.63 ha

$$A_{acum} = A_{parcial-1} + A_{parcial}$$

Datos:

$$A_{parcial} = 0.63 \text{ ha}$$

$$A_{parcial-1} = 0,63 \text{ ha}$$

$$A_{acum} = 0 + 0.63$$

$$A_{acum} = 0.63 \text{ ha}$$

10.2.2. Tabla de cálculo. Parte 2 (Caudal Sanitario 7-15)

POBLACIÓN		CAUDAL SANITARIO							
Propio	Acum.	Coef. Punta	Caudales (lt/seg)					Acumulado	Q diseño sanitario
(hab)	(hab)		Doméstico	Máximo horario	Infiltración	Conexiones erradas			
7	8	9	10	11	12	13	14	15	
61	61	20,24	0,119	2,401	0,063	0,0035	2,468	2,468	
27	89	16,76	0,173	2,900	0,091	0,0052	2,997	2,997	
9	9	52,70	0,018	0,922	0,009	0,0005	0,932	1,500	
34	43	24,11	0,084	2,016	0,044	0,0025	2,063	2,063	
37	168	12,20	0,327	3,985	0,173	0,0097	4,168	4,168	
35	204	11,07	0,397	4,391	0,209	0,0118	4,612	4,612	
36	240	10,21	0,467	4,763	0,246	0,0139	5,023	5,023	
35	275	9,53	0,535	5,098	0,282	0,0159	5,396	5,396	
48	322	8,81	0,626	5,517	0,331	0,0186	5,867	5,867	
37	359	8,34	0,698	5,825	0,369	0,0208	6,215	6,215	
56	415	7,76	0,807	6,263	0,426	0,0240	6,713	6,713	
3	418	7,73	0,813	6,286	0,429	0,0242	6,739	6,739	
0	418	7,73	0,813	6,286	0,429	0,0242	6,739	6,739	

Ilustración 45. Tabla de cálculo Parte 2. Caudal Sanitario

10.2.2.1. Tabla de cálculo. Parte 2 (Población 7-8)

10.2.2.1.1. Columna 7

En la columna N° 7 “Población Propio” van los cálculos de Población Propia la cual se obtiene mediante el método de densidad.

En el ejemplo: 61 hab

$$Pp = \text{Redondeo}(Ap * Dp)$$

Datos:

$$Ap = 0,63 \text{ Ha}$$

$$Dp = 97,38 \text{ hab/Ha}$$

$$Pp = \text{Redondeo}(0,63 * 97,38)$$

$$Pp = 0,61 \text{ hab}$$

10.2.2.1.2. Columna 8

En la columna N° 8 “Población Acum.” van los cálculos de Población Acumulada

la cual se obtiene mediante el Método de densidad, d poblacional y redondeo contemplando el área acumulada.

En el ejemplo: 61 hab

$$Pa = \text{Redondeo}(Ac * Dp)$$

Datos:

$$Ap = 0,63 \text{ Ha}$$

$$Dp = 97,38 \text{ hab/Ha}$$

$$Pa = \text{Redondeo}(0,63 * 97,38)$$

$$Pa = 0,61 \text{ hab}$$

10.2.2.1.3. Tabla de cálculo. Parte 2 (Coeficiente de Punta)

10.2.2.1.4. Columna 9

En la columna N° 9 “Coef. Punta” se presentan los cálculos de Coeficiente Punta que se utiliza para estimar el caudal máximo horario que puede fluir en la tubería la cual se obtiene mediante la ecuación de Babbitt debido a que es aplicable hasta para 1000 habitantes:

En el ejemplo: 20,24 si se tiene un valor pequeño quiere decir que es una población relativamente alta, el coeficiente de punta es inversamente proporcional a la población ya que entre mayor sea la población los picos horarios serán diferenciales.

$$Coef_{Punta} = \frac{5}{(Pa/1000)^{0,5}}$$

Datos:

$$Pa = 61 \text{ Ha}$$

$$Coef_{Punta} = \frac{5}{(61/1000)^{0,5}}$$

$$Coef_{Punta} = 20,24$$

10.2.2.2. Tabla de cálculo. Parte 2 (Caudales 10-15)

10.2.2.2.1. Columna 10

En la columna N° 10 “Doméstico” contiene el cálculo de Caudal Doméstico donde se utiliza la expresión 4.2.3.1 indicada en la norma (EMAAP-Q, 2009).

En el ejemplo: 0,119 lt/s

$$Qd = \frac{Cr * Pa * D_{neta}}{86400}$$

Dónde:

Pa : 61 hab

Cr : 0,8 %

D_{neta} : 210 $\left(\frac{lt}{hab/dia}\right)$

$$Qd = \frac{0,8 * 61 * 210}{86400}$$

$$Qd = 0,119 \text{ lt/s}$$

10.2.2.2.2. Columna 11

En la columna N° 11 “Máximo horario” contiene el cálculo del Caudal Máximo Horario obtenido mediante la formula, pero para este caso solo se multiplica por el caudal domestico ya que no existen caudales industriales, comerciales e institucionales.

En el ejemplo: 2,401 lt/s

$$Q_{MH} = Coef_{Punta} * (Q_d + Q_{ind} + Q_{com})$$

Dónde:

$$Coef_{Punta} = 20,24$$

$$Q_d = 0,119 \text{ lt/s}$$

$$Q_{MH} = 20,24 * (0,119)$$

$$Q_{MH} = 2,401 \text{ lt/s}$$

10.2.2.2.3. Columna 12

En la columna N° 12 “Infiltración” Caudal de Infiltración donde se ha adoptado 0,1 lt/s – Ha de acuerdo con la tabla 4.2.3.7. de la (EMAAP-Q, 2009) para alta amenaza sísmica, baja probabilidad de estancamiento de tuberías debido a las grandes pendientes (valor superior) y considerando una infiltración baja debido

a las grandes pendientes del lugar y para un nivel de complejidad bajo y medio.

En el ejemplo: 0,063 lt/s

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

Dónde:

$$Ci = 0,1 \text{ lt/s/Ha}$$

$$A = 0,63 \text{ Ha}$$

$$Q_{inf} = 0,1 * 0,63$$

$$Q_{inf} = 0,063 \text{ lt/s}$$

10.2.2.2.4. Columna 13

En la columna N° 13 “Conexiones Erradas” contiene el cálculo del Caudal de conexiones Erradas, se emplearía la Tabla 4.2.3.6, posterior a que se identifica que el sistema presenta un bajo nivel de complejidad se estima el aporte de 5 lt/hab/día.

En el ejemplo: 0,0035 lt/s

$$Q_{ce} = D_{ce} * Pa$$

Datos:

$$Pa = 61 \text{ hab}$$

$$D_{ce} = 5 \text{ lt/hab/día}$$

$$Q_{ce} = \left(\frac{5}{86400}\right) * 61$$

$$Q_{ce} = 0,0035 \text{ lt/s}$$

10.2.2.2.5. Columna 14

En la columna N° 14 “Acumulado” contiene el cálculo del Caudal acumulado, el cual se obtiene de la sumatoria de los caudales de máximo horario, infiltración, conexiones erradas.

En el ejemplo: 2,468 lt/s

$$Q_{ac} = Q_{MH} + Q_{inf} + Q_{ce}$$

Datos:

$$Q_{MH}: 2,401 \text{ t/s}$$

$$Q_{inf}: 0,063 \text{ t/s}$$

$$Q_{ce} : 0,0035 \text{ lt/s}$$

$$Q_{ac} = 2,401 + 0,063 + 0,0035$$

$$Q_{ac} = 2,468 \text{ lt/s}$$

10.2.2.2.6. Columna 15

En la columna N° 15 “Caudal de Diseño” contiene el valor del caudal sanitario, donde se selecciona el mayor valor entre el caudal acumulado y 1,5 lt/s.

En el ejemplo: 2,468 lt/s

$$Q_{DS} \geq \begin{cases} 1,5 \text{ lt/s} \\ Q_{ac} \end{cases}$$

Datos:

$$Q_{ac}: 2,468 \text{ (lt/s)}$$

$$Q_{DS} \geq \begin{cases} 1,5 \text{ lt/s} \\ 2,468 \text{ lt/s} \end{cases} \therefore Q_{DS} = 2,468 \text{ lt/s}$$

10.2.3. Tabla de cálculo. Parte 3 (Caudal Pluvial 16-21)

C	CAUDAL PLUVIAL				Q Pluvial lt/s
	TIEMPO			I (mm/hr)	
	Te	Tv	Tc		
min	min	min			
16	17	18	19	20	21
0,42	12,000	0,378	12,378	107,807	79,245
0,42	12,378	0,213	12,590	107,172	113,790
0,42	12,000	0,132	12,132	108,554	11,399
0,42	12,132	0,445	12,577	107,212	55,040
0,42	12,590	0,166	12,757	106,683	215,339
0,42	12,757	0,177	12,934	106,166	258,889
0,42	12,934	0,180	13,114	105,649	303,237
0,42	13,114	0,159	13,273	105,196	346,122
0,42	13,273	0,161	13,434	104,744	404,517
0,42	13,434	0,114	13,548	104,426	449,590
0,42	13,548	0,155	13,703	103,996	516,903
0,42	13,703	0,009	13,713	103,971	520,416
0,42	13,713	0,050	13,762	103,834	519,730

Ilustración 46. Tabla de cálculo Parte 3. Caudal Pluvial

10.2.3.1. Tabla de cálculo. Parte 3 (Coeficiente de Escorrentía 16)

10.2.3.1.1. Columna 16

En la columna N° 16 “C” debe ir el valor de escorrentía según la tabla 5.3.7.1 de la (EMAAP-Q, 2009) para una vegetación y topografía de textura del suelo de arcilla y lino que son condiciones que predominaban en el sector además que se trata de una zona pastoral con pendientes mayores a 7%. En el ejemplo: 0,42

10.2.3.2. Tabla de cálculo. Parte 3 (Tiempos 17-19)

10.2.3.2.1. Columna 17

En la columna 17 “Te” debe ir el valor de tiempo de entrada es igual al tiempo que se encausa. Se puede partir de 5 min en zonas urbanas (EMAAP-Q, 2009), mientras que para zonas rurales es de 12 minutos (Wilmer, 2017) por esta razón se adopta como tiempo de entrada 12 minutos ya que al sumar el tiempo de viaje se tendrá un valor superior a los establecidos. En el ejemplo: 12 minutos

10.2.3.2.2. Columna 18

En la columna 18 “Tv” debe ir el valor del tiempo que tarda el agua en recorrer cuando entra en el cause en función de la velocidad del ducto en poblaciones rurales. En el ejemplo: 0,378 minutos

$$Tv = \frac{L}{Va * 60}$$

Datos:

$$L = 82,98 \text{ m}$$

$$Va = 3,661 \text{ m/s}$$

$$Tv = \frac{82,93}{3,661 * 60}$$

$$Tv = 0,378 \text{ min}$$

10.2.3.2.3. Columna 19

En la columna 19 “Tc” debe ir el valor de tiempo de concentración. En el ejemplo 12,379 minutos

$$Tc = Te + Tv$$

Datos:

$$Te = 12 \text{ min}$$

$$Tv = 0,379 \text{ min}$$

$$Tc = 12 + 0,379$$

$$Tc = 12,379 \text{ min}$$

10.2.3.3. Tabla de cálculo. Parte 3 (Intensidad 20)

10.2.3.3.1. Columna 20

En la columna 20 “I (mm/hr)” debe ir el valor de la intensidad de lluvia se utiliza la ecuación de la estación LA TOLA. En el ejemplo 107,807 (mm/hr)”

$$I = \frac{\{39,9 * Tr^{0,09} * [\ln(tc + 3)]^{5,38} * (\ln Tr)^{0,11}\}}{tc^{1,93}}$$

Datos:

$$Tr = 30 \text{ años}$$

$$tc = 12,378 \text{ min}$$

$$I = \frac{\{39,9 * 30^{0,09} * [\ln(12,378 + 3)]^{5,38} * (\ln 30)^{0,11}\}}{12,378^{1,93}}$$

$$I = 107,804 \text{ mm/h}$$

10.2.3.4. Tabla de cálculo. Parte 3 (Q Pluvial 21)

10.2.3.4.1. Columna 21

En la columna 21 “Q pluvial” debe ir el valor de Caudal de diseño pluvial obtenida a través del método racional. En el ejemplo: 79,245 lt/s

$$Q_{DP} = \frac{C * I * Aacum}{360} * 1000$$

Datos:

$$C = 0,42$$

$$I = 107,804 \text{ mm/h}$$

$$Aacum = 0,63 \text{ m}^2$$

$$Q_{DP} = \frac{0,42 * 107,807 * 0,63}{360} * 1000$$

$$Q_{DP} = 79,245 \text{ lt/s}$$

10.2.4. Tabla de cálculo. Parte 4 (Diseño de la Red 22-34)

DISEÑO DE LA RED												
Q diseño	Q en circulación	Pendi ente	D adopt ado	Mnnnin g PVC	Titante hidráulico	Titante hidráulico Y	T	Fr	V	¿Está entre lo permiti do?	Y	Autolim pieza
lt/s	lt/s	%	m	(s ² m ^{-1/3})	%	m	m		m/s		kg/m ³	
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
81,712	333,070	8,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	3,037	5,201	Sí	7,278	Ok
116,787	372,395	10,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	3,396	5,815	Sí	9,098	Ok
12,899	203,915	3,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	1,860	3,184	Sí	2,728	Ok
57,103	204,002	3,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	1,860	3,186	Sí	2,730	Ok
219,506	456,076	15,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	4,159	7,122	Sí	13,646	Ok
263,501	471,037	16,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	4,296	7,356	Sí	14,556	Ok
306,260	456,088	15,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	4,159	7,122	Sí	13,647	Ok
351,518	456,065	15,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	4,159	7,122	Sí	13,646	Ok
410,383	471,029	16,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	4,296	7,356	Sí	14,556	Ok
455,805	485,515	17,00	0,3	0,011	0,85	0,255	0,214	4,428	7,582	Aceptable	15,465	Ok
523,616	634,361	12,75	0,35	0,011	0,85	0,298	0,250	3,935	7,278	Sí	13,537	Ok
527,154	548,972	2,50	0,45	0,011	0,85	0,383	0,321	1,817	3,810	Sí	3,412	Ok
526,469	891,049	3,75	0,5	0,011	0,85	0,425	0,357	2,266	5,009	Sí	5,694	Ok
527,466	646,412	1,98	0,5	0,011	0,85	0,425	0,357	1,644	3,634	Sí	2,996	Ok

Ilustración 47. Tabla de cálculo Parte 4. Diseño de la red

10.2.4.1. Columna 22

En la columna N° 22 “Q diseño” van los cálculos del caudal de diseño que se obtiene de la sumatoria del caudal de diseño sanitario y pluvial.

En el ejemplo: 80,208 lt/s

$$Q_D = Q_{DS} + Q_{DP}$$

Datos:

$$Q_{DS}: 2.4685 \text{ lt/s}$$

$$Q_{DP}: 9,242 \text{ lt/s}$$

$$Q_D = 2.468 + 79,245$$

$$Q_D = 81.712 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

10.2.4.1. Columna 23

En la columna N° 23 “Q en circulación” contiene el caudal en circulación, el valor que se obtuvo en la parte donde se encuentra el diámetro de diseño y se calculó con la siguiente formula.

En el ejemplo: 117,0,64 l/s

$$Q = \frac{1}{n} * S^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{D^2}{4} * (\theta - \sin \theta \cos \theta) \right) * \left(\frac{D}{4} * \left(1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta} \right) \right)^{\frac{2}{3}}$$

Datos:

S : 8 (%)

D : 0,3 (m)

θ : 2,346 (rad)

n : 0,011 (m - 1/3s)

$$Q = \frac{1}{0.011} * \left(\frac{8}{100} \right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{0.3^2}{4} * (2,346 - \sin(2,346) \cos(2,346)) \right) * \left(\frac{0.3}{4} * \left(1 - \frac{\sin 2(2,346)}{2(2,346)} \right) \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$Q = 0.333 \text{ m}^3/\text{s} * 1000$$

$$Q = 333.070 \text{ lt/s}$$

10.2.4.2. Columna 24

En la columna N° 24 “Pendiente” contiene el cálculo de la pendiente el cual se obtuvo de la relación entre la diferencia de la cota superior menos la inferior y la longitud propia.

En el ejemplo: 8%

$$S(\%) = \left(\frac{\text{Cota Sup} - \text{Cota inf}}{L \text{ propia}} \right) * 100$$

Datos:

$Cota \text{ Sup}$ = 2711,03 msnm

$Cota \text{ Inf}$ = 2704,39 msnm

$L \text{ propia}$ = 82,98 m

$$S(\%) = \left(\frac{2711,03 - 2704,39}{82,98} \right) * 100 \%$$

$$S(\%) = 8\%$$

10.2.4.3. Columna 25

En la columna N° 25 “D adoptado” contiene el valor del diámetro adoptado el cual se seleccionó ya que en la sección 5.3.12 de la (EMAAP-Q, 2009) menciona que si el caudal es mayor a 0,4 pero si garantizo velocidad mínima y máxima el diámetro puede ser 0,3 m. En el ejemplo: 0,3 m

$$D \text{ adoptado} = 0,3 \text{ m}$$

10.2.4.4.Columna 26

En la columna N° 26 “Manning PVC” contiene el valor del Coeficiente de Manning para tuberías de PVC.

En el ejemplo: $0,011 \left(\frac{s}{m^{\frac{1}{3}}} \right)$

Coeficiente de Manning (PVC)

10.2.4.5.Columna 27

En la columna N° 27” Tirante hidráulico” contiene el valor del Tirante hidráulico el cual en función del diámetro se determinó que sea el 85% del calado calculado. En el ejemplo: 0,85

10.2.4.6.Columna 28

En la columna N° 28 “Tirante hidráulico Y” contiene el valor del Tirante hidráulico Y, el cual en función del diámetro se determinó que sea el 80% del calado calculado y se obtuvo del producto del diámetro adoptado por tirante hidráulico impuesto de 85%. En el ejemplo: 0,255 m

$$ThY = Da * Th$$

Datos:

$$D_{adoptado} = 0,3 \text{ m}$$

$$Th (\%) = 0,85$$

$$ThY = 0,3 * 0,85$$

$$ThY = 0,255 \text{ m}$$

10.2.4.7.Columna 29

En la columna N° 29 “T” contiene el cálculo del espejo del agua, el cual se determinó con la siguiente formula. En el ejemplo: 0,214 m

$$T = D_{com} * \sin(\pi - \theta)$$

Datos:

$$D_{com} = 0,3 \text{ m}$$

$$\theta = 2,346 \text{ rad}$$

$$T = 0,3 * \sin(\pi - 2,346)$$

$$T = 0,214 \text{ m}$$

10.2.4.8.Columna 30

En la columna N° 30 “Fr” contiene el valor del Número de Froude. En el ejemplo: 1,068

$$F = \frac{\frac{q \text{ en circulación}}{1000}}{a * \sqrt{9.81 * \left(\frac{a}{T}\right)}}$$

Datos:

$$Q_D = 333.070 \text{ lt/s}$$

$$a = 0,064 \text{ m}^2$$

$$T = 0,214 \text{ m}$$

$$F = \frac{\frac{333.070}{1000}}{0,064 * \sqrt{9.81 * \left(\frac{0,064}{0,214}\right)}}$$

$$Fr = 3.037$$

10.2.4.9.Columna 31

En la columna N° 31 “V” contiene el cálculo de la velocidad la cual es la que circula el caudal con el diámetro adoptado.

En el ejemplo: 5.201 m/s, si está permitido

$$v_{calc} = \frac{q \text{ en circulación}/1000}{A}$$

Datos:

$$Q = 333.070 \text{ lt/s}$$

$$A = 0.064 \text{ m}^2$$

$$v_{calc} = \frac{333,070/1000}{0,064}$$

$$v_{calc} = 5,201 \text{ m/s}$$

10.2.4.10. Columna 32

En la columna N° 32 “¿Está entre lo permitido?” se especifica si la velocidad está entre los parámetros que se muestra en el punto 5.3.14 de la norma (EMAAP-Q, 2009), es mínimo 0.60 m/s y según la tabla 5.3.15.1 es máximo 7.5 m/s para PVC. En el ejemplo: SI

10.2.4.11. Columna 33

En la columna N° 33 “ τ ” contiene el cálculo de la Fuerza Tractiva. En el ejemplo: 7.278 kg/m²

$$\tau = rh * \gamma * \frac{S}{100}$$

Datos:

$$rh = 0.091 \text{ m}$$

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$S = 8\%$$

$$\tau = rh * \gamma * \frac{S}{100}$$

$$\tau = 0,091 * 1000 * \frac{8}{100}$$

$$\tau = 7.278 \text{ kg/m}^2$$

10.2.4.12. Columna 34

En la columna N° 34 “Autolimpieza” se especifica si la Fuerza Tractiva cumple con la especificación mínima de autolimpieza, es decir si es mayor a ser mayor o igual a 0,10 kg/m² En el ejemplo: OK

10.2.5. Tabla de cálculo. Parte 5 (Cotas 35-38 y Profundidad 39-40)

COTAS				PROFUNDIDAD	
TERRENO		COLECTOR		AGUAS	
AGUAS		AGUAS		ARRIB A	ABAJO
ARRIB A	ABAJO	ARRIB A	ABAJO	m	m
35	36	37	38	39	40
2714,03	2708,75	2711,03	2704,39	3,01	4,36
2708,75	2702,91	2704,39	2698,84	4,36	4,07
2703,24	2704,09	2701,44	2701,06	1,80	3,03
2704,09	2702,91	2701,06	2699,21	3,03	3,70
2702,91	2694,64	2698,84	2689,97	4,07	4,67
2694,64	2683,13	2689,62	2678,78	5,02	4,35
2683,13	2671,97	2678,43	2667,98	4,70	3,99
2671,97	2662,60	2667,98	2658,41	3,99	4,19
2662,60	2651,68	2658,41	2647,44	4,19	4,24
2651,68	2642,51	2647,09	2638,42	4,59	4,09
2642,51	2631,30	2637,95	2629,70	4,56	1,60
2631,30	2631,10	2629,60	2629,55	1,70	1,55
2631,10	2630,31	2629,24	2628,75	1,86	1,56
2631,10	2630,38	2628,37	2626,85	2,73	3,53

Ilustración 48. Tabla de cálculo Parte 5. Cotas y Profundidades

10.2.5.1. Cotas Terreno y Colector (35-38)

10.2.5.1.1. Columna 35

En la columna N°35 “Terreno aguas Arriba” se coloca el valor de la cota georreferenciada aguas arriba del tramo en análisis. En el ejemplo: 2714.03 msnm

10.2.5.1.2. Columna 36

En la columna N°36 “Terreno aguas Abajo” se coloca el valor de la cota georreferenciada aguas abajo del tramo en análisis. En el ejemplo: 2708.75 msnm

10.2.5.1.3. Columna 37

En la columna N°37 “Colector aguas Arriba” se coloca el valor de la cota georreferenciada aguas arriba del tramo menos el valor de la profundidad del colector. En el ejemplo: 2711.03 msnm

10.2.5.1.4. Columna 38

En la columna N°38 “Colector aguas Abajo” se coloca el valor de la cota georreferenciada aguas abajo del tramo menos el valor de la profundidad del colector. En el ejemplo: 2704.39 msnm

10.2.5.2. Profundidad de excavación (35-38)

10.2.5.2.1. Columna 39

En la columna N°39 “Profundidad Aguas Arriba” se calcula el valor de profundidad necesario para excavar los pozos de revisión aguas arriba. En el ejemplo: 3.01 msnm

10.2.5.2.2. Columna 40

En la columna N°40 “Profundidad Aguas Abajo” se calcula el valor de profundidad necesario para excavar los pozos de revisión aguas abajo. En el ejemplo: 4.36 msnm

10.2.6. Tabla de cálculo. Parte 6 (Proceso Iterativo hasta igualar V asumida con V calculada)

PROCESO ITERATIVO HASTA IGUALAR V ASUMIDA CON V CALCULADA														
v asumida (m/s)	Te min	Tv min	Tc min	I mm/h	Q diseño l/s	y/D m	θ rad	θ grad	D f(Q) m	Q f(D) l/s	Error de iteración	a m ²	rh m	v calc m/s
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
3,661	12,000	0,378	12,378	107,807	81,712	0,85	2,346	134,427	0,177	81,712	0,000	0,022	0,054	3,661
4,352	12,378	0,213	12,590	107,172	116,787	0,85	2,346	134,427	0,194	116,787	0,000	0,027	0,059	4,352
1,597	12,000	0,132	12,132	108,554	12,899	0,85	2,346	134,427	0,107	12,899	0,000	0,008	0,032	1,597
2,317	12,132	0,445	12,577	107,212	57,103	0,85	2,346	134,427	0,186	57,103	-0,001	0,025	0,056	2,317
5,932	12,590	0,166	12,757	106,683	219,506	0,85	2,346	134,427	0,228	219,506	0,000	0,037	0,069	5,932
6,361	12,757	0,177	12,934	106,166	263,501	0,85	2,346	134,427	0,241	263,501	0,000	0,041	0,073	6,361
6,458	12,934	0,180	13,114	105,649	308,260	0,85	2,346	134,427	0,259	308,260	0,000	0,048	0,079	6,458
6,673	13,114	0,159	13,273	105,196	351,518	0,85	2,346	134,427	0,272	351,518	0,000	0,053	0,083	6,673
7,106	13,273	0,161	13,434	104,744	410,383	0,85	2,346	134,427	0,285	410,383	0,000	0,058	0,086	7,106
7,463	13,434	0,114	13,548	104,426	455,805	0,85	2,346	134,427	0,293	455,805	0,000	0,061	0,089	7,463
6,937	13,548	0,155	13,703	103,996	523,616	0,85	2,346	134,427	0,326	523,616	0,001	0,075	0,099	6,937
3,772	13,703	0,009	13,713	103,971	527,154	0,85	2,346	134,427	0,443	527,154	0,000	0,140	0,134	3,772
4,392	13,713	0,050	13,762	103,834	526,469	0,85	2,346	134,427	0,410	526,469	0,000	0,120	0,124	4,392
3,454	13,762	0,372	14,135	102,826	527,466	0,85	2,346	134,427	0,463	527,466	0,000	0,153	0,141	3,454

Ilustración 49. Tabla de cálculo Parte6. Proceso iterativo hasta igualar V asumida y calculada

En esta tabla se representa el proceso iterativo mediante los cálculos previamente analizados en las tablas, parte de imponerse una velocidad asumida que se encuentre entre las velocidades permitidas. Se calculan las propiedades hidráulicas tales como: Caudal,

Área Mojada, Perímetro Mojado, Radio Hidráulico a fin de obtener un valor similar a la velocidad asumida garantizando que el proceso iterativo funciona. La tabla se presenta en el apartado de anexos.

10.2.7. Tabla de cálculo. Parte 7 (Proceso para Encontrar el Diámetro de diseño)

PROCESO PARA ENCONTRAR EL DIÁMETRO DE DISEÑO									
D comercial	y	θ	θ	a	p	rh	Q	Q	Q > Qd
m	m	(rad)	(grad)	m'	m	m	m ³ /s	l/s	si / no
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,333	333,070	Si
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,372	372,395	Si
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,204	203,915	Si
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,204	204,002	Si
				D					
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,456	456,076	Si
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,471	471,037	Si
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,456	456,088	Si
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,456	456,065	Si
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,471	471,029	Si
0,3	0,255	2,346	134,427	0,064	0,704	0,091	0,486	485,515	Si
0,35	0,298	2,346	134,427	0,087	0,821	0,106	0,634	634,361	Si
0,45	0,383	2,346	134,427	0,144	1,056	0,136	0,549	548,972	Si
0,5	0,425	2,346	134,427	0,178	1,173	0,152	0,891	891,049	Si
0,5	0,425	2,346	134,427	0,178	1,173	0,152	0,646	646,412	Si
0,5	0,425	2,346	134,427	0,178	1,173	0,152	0,563	563,278	Si

Ilustración 50. Tabla de cálculo Parte 7. Proceso para encontrar el diámetro de diseño.

En esta tabla se encuentra el cálculo del caudal de diseño a partir de imponerse un diámetro comercial que cumpla con los requerimientos del proceso iterativo realizado previamente. Y continua con el cálculo de las propiedades hidráulicas: Tirante hidráulico, Área Mojada, Perímetro Mojado, Radio Hidráulico.

Finalmente se compara si el caudal calculado con el diámetro asumido es mayor al caudal de diseño con el fin de que cumpla con los caudales previsto en todo el sistema y no existan inundaciones.

10.3. Resultados de la Simulación

10.3.1. Perfiles de la Simulación.

A continuación, se presentan los perfiles obtenidos sin los factores de corrección para cada modelo digital de elevación.

10.3.1.1. Perfil de simulación DEM CN ASTER.

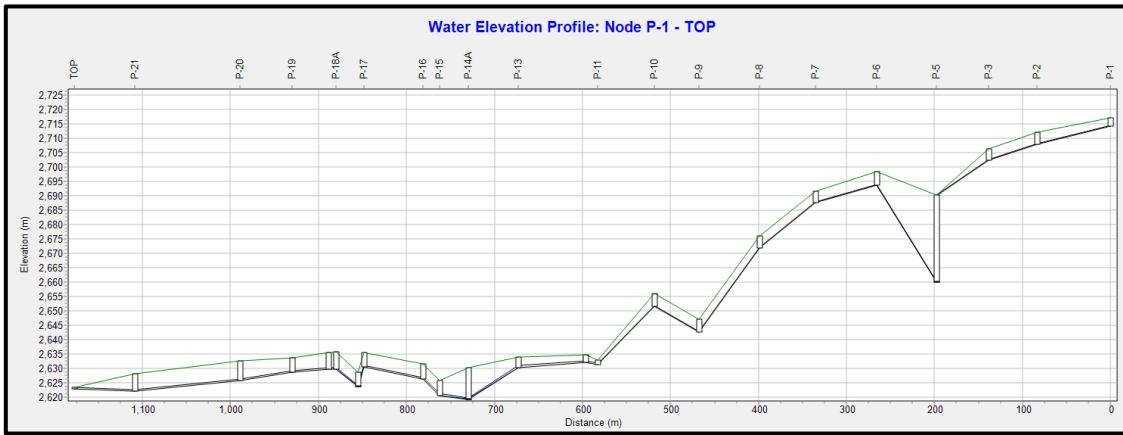


Ilustración 51. Perfil de simulación DEM CN ASTER

Fuente: SWMM (2025)

10.3.1.2. Perfil de simulación ALOS.

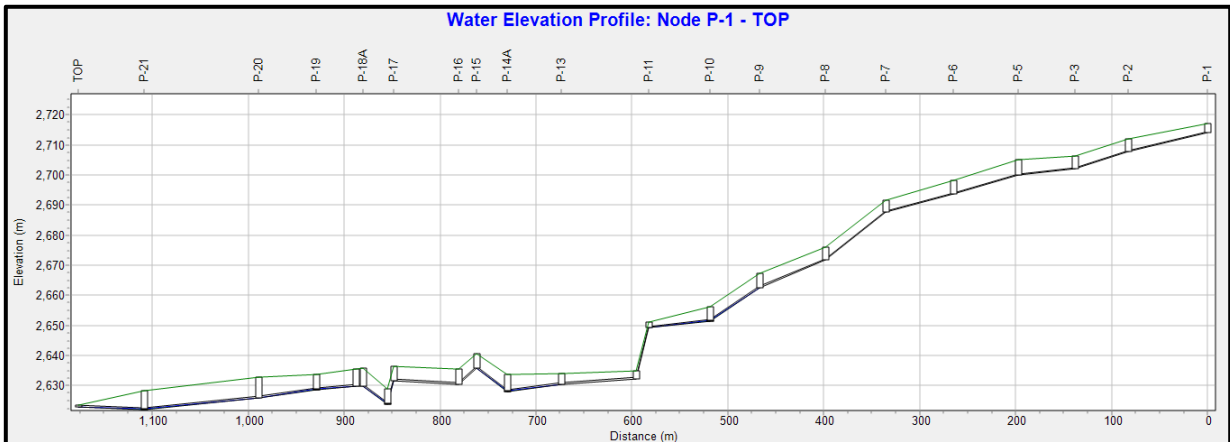


Ilustración 52. Perfil de simulación ALOS.

Fuente: SWMM (2025)

10.3.1.3. Perfil de simulación STRM.

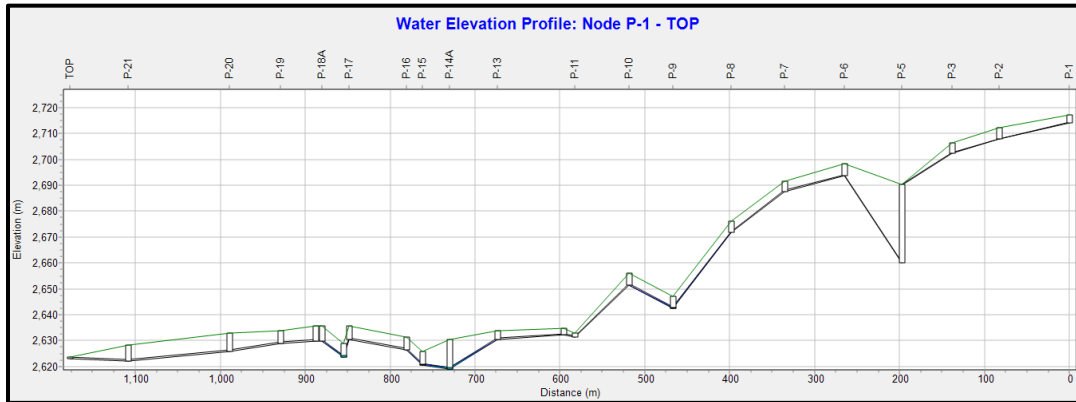


Ilustración 53. Perfil de simulación STRM
Fuente: SWMM (2025)

10.3.2. Perfil Definitivo

Se presenta el perfil obtenido después del uso de los factores de corrección, la simulación se realiza en este perfil.

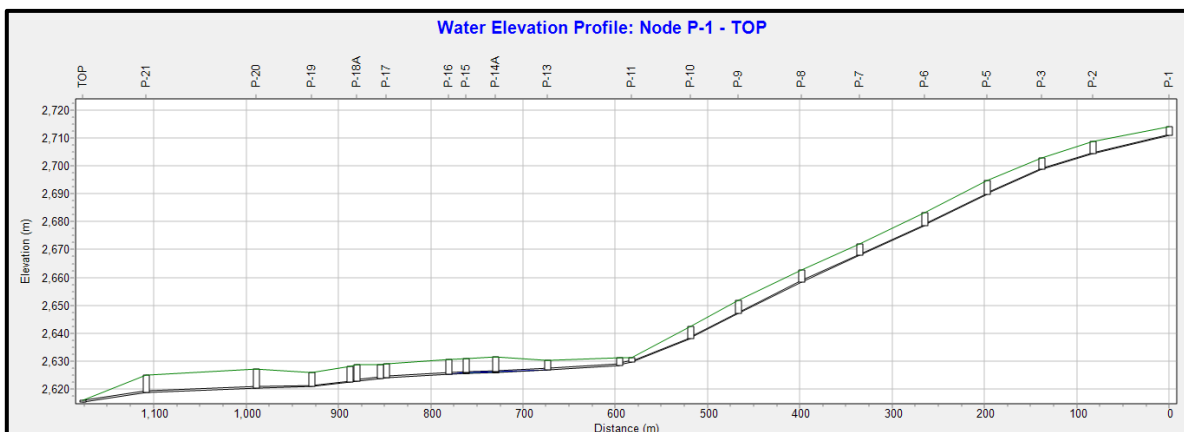


Ilustración 54. Perfil Definitivo
Fuente: SWMM (2025)

A continuación, se presentan los datos obtenidos se presenta los resultados de tres tramos, los más críticos, el primer, décimo tercero y final tramo, la simulación se realizó para seis tiempos de retorno como indica la norma (EMAP-Q, 2009) que se presentan a continuación. La simulación se realiza por un periodo de cuatro horas, representando los momentos más

críticos que se puede presentar en la red.

10.3.3. Tiempo de retorno de 2 años.

En la tabla 3 se especifica los resultados arrojados por la simulación entre ellos caudal, calado, velocidad, volumen y capacidad. A partir del tiempo de simulación 2:00:00 los parámetros hidráulicos son constantes e iguales al valor obtenido a este tiempo.

Tabla 3. Tramo inicial para 2 años de Tr

TUBERÍA T-1					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
0:10:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
0:15:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
0:20:00	0.9	0.01	0.77	0.1	0.02
0:25:00	0.9	0.02	0.6	0.13	0.02
0:30:00	0.9	0.05	0.1	0.85	0.12
0:35:00	0.9	0.05	0.13	0.69	0.1
0:40:00	0.9	0.04	0.18	0.48	0.07
0:45:00	0.9	0.03	0.24	0.35	0.05
0:50:00	0.9	0.03	0.3	0.27	0.04
0:55:00	0.9	0.02	0.37	0.22	0.03
1:00:00	0.9	0.02	0.43	0.19	0.03
1:05:00	0.9	0.02	0.49	0.16	0.03
1:10:00	0.9	0.02	0.55	0.14	0.02
1:15:00	0.9	0.02	0.6	0.13	0.02
1:20:00	0.9	0.02	0.64	0.12	0.02
1:25:00	0.9	0.01	0.67	0.11	0.02
1:30:00	0.9	0.01	0.7	0.11	0.02
1:35:00	0.9	0.01	0.73	0.1	0.02
1:40:00	0.9	0.01	0.75	0.1	0.02
1:45:00	0.9	0.01	0.77	0.1	0.02
1:50:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
1:55:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
2:00:00	0.9	0.01	0.8	0.09	0.02

La Tubería T-1 maneja un caudal constante de 0.9 LPS, con un calado inicial de 0.01 m que alcanza un máximo de 0.05 m a los 30 minutos. La velocidad inicial de 0.8 m/s disminuye progresivamente hasta 0.1 m/s, mientras que el volumen máximo transportado es de 0.85 m³. La capacidad permanece en 0.02, indicando un amplio margen de seguridad para eventos menores.

Tabla 4. Tramo crítico para 2 años de Tr

TUBERÍA T-13					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	7.7	0.03	1.62	0.06	0.02
0:10:00	8.26	0.03	1.65	0.07	0.02
0:15:00	8.37	0.03	1.66	0.07	0.02
0:20:00	8.62	0.03	1.68	0.07	0.02
0:25:00	14.94	0.04	1.98	0.1	0.03
0:30:00	371.57	0.19	5.1	0.96	0.31
0:35:00	275.02	0.16	4.74	0.76	0.24
0:40:00	148	0.12	3.96	0.49	0.16
0:45:00	87.87	0.09	3.4	0.34	0.11
0:50:00	57.19	0.07	2.98	0.25	0.08
0:55:00	40.16	0.06	2.68	0.2	0.06
1:00:00	29.97	0.05	2.47	0.16	0.05
1:05:00	22.62	0.05	2.26	0.13	0.04
1:10:00	17.93	0.04	2.1	0.11	0.04
1:15:00	14.98	0.04	1.99	0.1	0.03
1:20:00	12.99	0.04	1.9	0.09	0.03
1:25:00	11.61	0.03	1.84	0.08	0.03
1:30:00	10.62	0.03	1.8	0.08	0.02
1:35:00	9.92	0.03	1.76	0.07	0.02
1:40:00	9.42	0.03	1.73	0.07	0.02
1:45:00	9.06	0.03	1.7	0.07	0.02
1:50:00	8.8	0.03	1.69	0.07	0.02
1:55:00	8.63	0.03	1.68	0.07	0.02
2:00:00	8.52	0.03	1.67	0.07	0.02

La Tubería T-13 comienza con un caudal de 7.7 LPS, que alcanza un máximo de 371.57 LPS en el pico del evento. El calado aumenta de 0.03 m a 0.19 m, mientras que la velocidad sube a 5.1 m/s en su punto máximo. El volumen transportado es de 0.96 m³, y la capacidad llega a 0.31, mostrando que la T-13 es más robusta que la T-1 para manejar flujos elevados.

Tabla 5. Tramo final para 2 años de Tr

TUBERÍA T-42					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m³)	
0:05:00	34.92	0.06	2.32	1.03	0.05
0:10:00	55.91	0.08	2.68	1.43	0.07
0:15:00	56.79	0.08	2.69	1.44	0.07
0:20:00	57.65	0.08	2.7	1.46	0.08
0:25:00	67.64	0.08	2.83	1.63	0.08
0:30:00	603.16	0.26	5.24	7.88	0.41
0:35:00	836.79	0.31	5.77	9.92	0.51
0:40:00	453.51	0.22	4.92	6.3	0.33
0:45:00	278.15	0.17	4.29	4.43	0.23
0:50:00	193.29	0.14	3.86	3.42	0.18
0:55:00	146.91	0.12	3.57	2.82	0.15
1:00:00	119.3	0.11	3.36	2.43	0.13
1:05:00	100.76	0.1	3.19	2.16	0.11
1:10:00	86.86	0.09	3.05	1.95	0.1
1:15:00	78.36	0.09	2.96	1.81	0.09
1:20:00	72.67	0.09	2.9	1.71	0.09
1:25:00	68.68	0.08	2.85	1.65	0.09
1:30:00	65.8	0.08	2.81	1.6	0.08
1:35:00	63.66	0.08	2.78	1.57	0.08
1:40:00	62.04	0.08	2.76	1.54	0.08
1:45:00	60.8	0.08	2.74	1.52	0.08
1:50:00	59.84	0.08	2.73	1.5	0.08
1:55:00	59.1	0.08	2.72	1.49	0.08
2:00:00	58.54	0.08	2.71	1.48	0.08

La T-42 inicia con un caudal de 34.92 LPS y alcanza un máximo de 836.79 LPS en su punto más crítico. El calado varía entre 0.06 m y 0.31 m, mientras que la velocidad sube a 5.77 m/s. El volumen máximo transportado es de 9.92 m³, con una capacidad de 0.51, lo que muestra que la T-42 tiene un diseño adecuado para flujos elevados.

10.3.4. Tiempo de retorno de 5 años

Tabla 6. Tramo inicial para 5 años de Tr

TUBERÍA T-1					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
0:10:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
0:15:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
0:20:00	0.9	0.01	0.77	0.1	0.02
0:25:00	0.9	0.02	0.53	0.15	0.02
0:30:00	0.9	0.06	0.09	1.03	0.15
0:35:00	0.9	0.05	0.11	0.8	0.12
0:40:00	0.9	0.04	0.16	0.54	0.08
0:45:00	0.9	0.03	0.22	0.39	0.06
0:50:00	0.9	0.03	0.28	0.3	0.05
0:55:00	0.9	0.02	0.34	0.24	0.04
1:00:00	0.9	0.02	0.4	0.2	0.03
1:05:00	0.9	0.02	0.47	0.17	0.03
1:10:00	0.9	0.02	0.53	0.15	0.02
1:15:00	0.9	0.02	0.58	0.13	0.02
1:20:00	0.9	0.02	0.62	0.12	0.02
1:25:00	0.9	0.02	0.66	0.11	0.02
1:30:00	0.9	0.01	0.69	0.11	0.02
1:35:00	0.9	0.01	0.72	0.1	0.02
1:40:00	0.9	0.01	0.74	0.1	0.02
1:45:00	0.9	0.01	0.76	0.1	0.02
1:50:00	0.9	0.01	0.77	0.1	0.02
1:55:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
2:00:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02

Para un tiempo de retorno de 5 años, la T-1 sigue manejando un caudal constante de 0.9 LPS, pero el calado máximo sube a 0.06 m. La velocidad disminuye notablemente llegando a 0.09 m/s. El volumen máximo transportado asciende a 1.03 m³, y la capacidad sube a 0.15, reflejando un desempeño adecuado, aunque con menor margen.

Tabla 7. Tramo crítico para 5 años de Tr

TUBERÍA T-13					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	7.71	0.03	1.62	0.06	0.02
0:10:00	8.29	0.03	1.66	0.07	0.02
0:15:00	8.42	0.03	1.66	0.07	0.02
0:20:00	8.71	0.03	1.68	0.07	0.02
0:25:00	20.19	0.05	2.18	0.12	0.04
0:30:00	501.72	0.22	5.54	1.19	0.38
0:35:00	352.07	0.18	5.08	0.91	0.29
0:40:00	177.09	0.13	4.18	0.56	0.18
0:45:00	103.07	0.1	3.56	0.38	0.12
0:50:00	66.04	0.08	3.12	0.28	0.09
0:55:00	45.82	0.07	2.8	0.22	0.07
1:00:00	33.85	0.06	2.55	0.17	0.06
1:05:00	25.07	0.05	2.34	0.14	0.05
1:10:00	19.57	0.04	2.16	0.12	0.04
1:15:00	16.15	0.04	2.03	0.1	0.03
1:20:00	13.83	0.04	1.94	0.09	0.03
1:25:00	12.23	0.04	1.87	0.09	0.03
1:30:00	11.09	0.03	1.82	0.08	0.03
1:35:00	10.27	0.03	1.78	0.08	0.02
1:40:00	9.68	0.03	1.74	0.07	0.02
1:45:00	9.26	0.03	1.72	0.07	0.02
1:50:00	8.95	0.03	1.7	0.07	0.02
1:55:00	8.73	0.03	1.68	0.07	0.02
2:00:00	8.59	0.03	1.67	0.07	0.02

Para un TR de 5 años, el caudal inicial de 7.71 LPS incrementa hasta 501.72 LPS en el punto más crítico. El calado sube a 0.22 m, y la velocidad máxima llega a 5.54 m/s. El volumen

transportado alcanza 1.19 m³, mientras que la capacidad llega a 0.38, demostrando un desempeño eficiente con un buen margen de seguridad.

Tabla 8. Tramo final para 5 años de Tr

TUBERÍA T-42					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	34.94	0.06	2.32	1.03	0.05
0:10:00	56.02	0.08	2.68	1.43	0.07
0:15:00	56.98	0.08	2.69	1.45	0.07
0:20:00	58.02	0.08	2.71	1.47	0.08
0:25:00	74.99	0.09	2.92	1.76	0.09
0:30:00	765.21	0.29	5.59	9.36	0.48
0:35:00	1043.96	0.35	6.1	11.71	0.61
0:40:00	546.48	0.24	5.18	7.22	0.37
0:45:00	322.73	0.18	4.48	4.93	0.26
0:50:00	219.88	0.15	4.01	3.75	0.19
0:55:00	164.2	0.13	3.68	3.05	0.16
1:00:00	131.27	0.12	3.45	2.6	0.13
1:05:00	109.03	0.11	3.27	2.28	0.12
1:10:00	92.36	0.1	3.11	2.03	0.1
1:15:00	82.29	0.09	3.01	1.87	0.1
1:20:00	75.57	0.09	2.93	1.76	0.09
1:25:00	70.88	0.09	2.88	1.68	0.09
1:30:00	67.5	0.08	2.84	1.63	0.08
1:35:00	65	0.08	2.8	1.59	0.08
1:40:00	63.09	0.08	2.77	1.56	0.08
1:45:00	61.64	0.08	2.75	1.53	0.08
1:50:00	60.52	0.08	2.74	1.51	0.08
1:55:00	59.64	0.08	2.73	1.5	0.08
2:00:00	58.97	0.08	2.72	1.48	0.08

En un TR de 5 años, el caudal varía entre 34.94 LPS y 1043.96 LPS, con un calado máximo de 0.35 m. La velocidad alcanza 6.1 m/s, y el volumen transportado llega a 11.71 m³. La capacidad sube a 0.61, demostrando que la T-42 sigue siendo eficiente con un buen margen

de seguridad.

10.3.5. Tiempo de retorno de 10 años.

Tabla 9. Tramo inicial para 10 años de Tr

TUBERÍA T-1					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
0:10:00	0.9	0.01	0.79	0.1	0.02
0:15:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
0:20:00	0.9	0.01	0.76	0.1	0.02
0:25:00	0.9	0.02	0.48	0.16	0.03
0:30:00	0.9	0.07	0.08	1.14	0.16
0:35:00	0.9	0.05	0.1	0.87	0.13
0:40:00	0.9	0.04	0.15	0.58	0.08
0:45:00	0.9	0.03	0.21	0.41	0.06
0:50:00	0.9	0.03	0.27	0.31	0.05
0:55:00	0.9	0.02	0.33	0.25	0.04
1:00:00	0.9	0.02	0.39	0.21	0.03
1:05:00	0.9	0.02	0.46	0.17	0.03
1:10:00	0.9	0.02	0.52	0.15	0.02
1:15:00	0.9	0.02	0.57	0.13	0.02
1:20:00	0.9	0.02	0.62	0.12	0.02
1:25:00	0.9	0.02	0.65	0.12	0.02
1:30:00	0.9	0.01	0.68	0.11	0.02
1:35:00	0.9	0.01	0.71	0.11	0.02
1:40:00	0.9	0.01	0.73	0.1	0.02
1:45:00	0.9	0.01	0.75	0.1	0.02
1:50:00	0.9	0.01	0.77	0.1	0.02
1:55:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
2:00:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02

Con un tiempo de retorno de 10 años, el caudal se mantiene en 0.9 LPS. El calado alcanza un máximo de 0.07 m, y el volumen máximo llega a 1.14 m³. La capacidad incrementa ligeramente a 0.16, lo que sugiere que la T-1 comienza a operar más cerca de sus límites.

Tabla 10. Tramo crítico para 10 años de Tr

TUBERÍA T-13					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m³)	
0:05:00	7.72	0.03	1.62	0.06	0.02
0:10:00	8.31	0.03	1.66	0.07	0.02
0:15:00	8.45	0.03	1.67	0.07	0.02
0:20:00	8.78	0.03	1.69	0.07	0.02
0:25:00	24.32	0.05	2.31	0.14	0.04
0:30:00	591.19	0.24	5.79	1.34	0.43
0:35:00	402.74	0.2	5.21	1.02	0.33
0:40:00	197.31	0.14	4.32	0.6	0.19
0:45:00	112.62	0.1	3.66	0.41	0.13
0:50:00	71.62	0.08	3.2	0.29	0.09
0:55:00	49.36	0.07	2.86	0.23	0.07
1:00:00	36.28	0.06	2.6	0.18	0.06
1:05:00	26.58	0.05	2.38	0.15	0.05
1:10:00	20.57	0.05	2.19	0.12	0.04
1:15:00	16.85	0.04	2.06	0.11	0.03
1:20:00	14.33	0.04	1.96	0.1	0.03
1:25:00	12.61	0.04	1.89	0.09	0.03
1:30:00	11.37	0.03	1.83	0.08	0.03
1:35:00	10.48	0.03	1.79	0.08	0.02
1:40:00	9.84	0.03	1.75	0.07	0.02
1:45:00	9.37	0.03	1.72	0.07	0.02
1:50:00	9.03	0.03	1.7	0.07	0.02
1:55:00	8.79	0.03	1.69	0.07	0.02
2:00:00	8.63	0.03	1.68	0.07	0.02

En este escenario, el caudal varía entre 7.72 LPS y 591.19 LPS, con un calado máximo de 0.24 m. La velocidad alcanza 5.79 m/s en su punto más alto, mientras que el volumen transportado llega a 1.34 m³. La capacidad sube a 0.43, reflejando que la T-13 aún tiene margen para manejar eventos más severos.

Tabla 11. Tramo final para 10 años de Tr

TUBERÍA T-42					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	34.94	0.06	2.32	1.03	0.05
0:10:00	56.08	0.08	2.68	1.43	0.07
0:15:00	57.11	0.08	2.7	1.45	0.07
0:20:00	58.26	0.08	2.71	1.47	0.08
0:25:00	80.03	0.09	2.97	1.84	0.1
0:30:00	871.93	0.32	5.74	10.39	0.54
0:35:00	1121.68	0.37	6.19	12.39	0.64
0:40:00	624.06	0.26	5.36	7.96	0.41
0:45:00	351.3	0.19	4.58	5.24	0.27
0:50:00	236.61	0.15	4.1	3.95	0.2
0:55:00	174.91	0.13	3.75	3.19	0.16
1:00:00	138.56	0.12	3.51	2.7	0.14
1:05:00	114.06	0.11	3.31	2.35	0.12
1:10:00	95.69	0.1	3.15	2.08	0.11
1:15:00	84.67	0.09	3.03	1.91	0.1
1:20:00	77.34	0.09	2.95	1.79	0.09
1:25:00	72.2	0.09	2.89	1.71	0.09
1:30:00	68.5	0.08	2.85	1.64	0.09
1:35:00	65.78	0.08	2.81	1.6	0.08
1:40:00	63.72	0.08	2.78	1.57	0.08
1:45:00	62.14	0.08	2.76	1.54	0.08
1:50:00	60.91	0.08	2.74	1.52	0.08
1:55:00	59.96	0.08	2.73	1.5	0.08
2:00:00	59.23	0.08	2.72	1.49	0.08

Para 10 años, el caudal alcanza un máximo de 1121.68 LPS, y el calado sube a 0.37 m. La velocidad llega a 6.19 m/s, y el volumen transportado alcanza 12.39 m³, con una capacidad de 0.64. Esto sugiere que la tubería opera cerca de su límite en eventos más intensos.

10.3.6. Tiempo de retorno de 25 años.

Tabla 12. Tramo inicial para 25 años de Tr

TUBERÍA T-1					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
0:10:00	0.9	0.01	0.79	0.1	0.02
0:15:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
0:20:00	0.9	0.01	0.76	0.1	0.02
0:25:00	0.9	0.02	0.42	0.19	0.03
0:30:00	0.9	0.07	0.07	1.29	0.19
0:35:00	0.9	0.06	0.09	0.96	0.14
0:40:00	0.9	0.04	0.14	0.63	0.09
0:45:00	0.9	0.03	0.2	0.44	0.07
0:50:00	0.9	0.03	0.26	0.33	0.05
0:55:00	0.9	0.03	0.32	0.26	0.04
1:00:00	0.9	0.02	0.37	0.22	0.03
1:05:00	0.9	0.02	0.44	0.18	0.03
1:10:00	0.9	0.02	0.51	0.15	0.03
1:15:00	0.9	0.02	0.56	0.14	0.02
1:20:00	0.9	0.02	0.61	0.13	0.02
1:25:00	0.9	0.02	0.64	0.12	0.02
1:30:00	0.9	0.01	0.68	0.11	0.02
1:35:00	0.9	0.01	0.7	0.11	0.02
1:40:00	0.9	0.01	0.73	0.1	0.02
1:45:00	0.9	0.01	0.75	0.1	0.02
1:50:00	0.9	0.01	0.77	0.1	0.02
1:55:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
2:00:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02

En este escenario, la T-1 maneja el mismo caudal constante de 0.9 LPS, pero el calado máximo alcanza los 0.07 m. El volumen transportado sube a 1.29 m³, y la capacidad aumenta a 0.19, lo que indica que la tubería enfrenta condiciones más exigentes, aunque todavía opera dentro de parámetros aceptables.

Tabla 13. Tramo crítico para 25 años de Tr

TUBERÍA T-13					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m³)	
0:05:00	7.74	0.03	1.62	0.06	0.02
0:10:00	8.33	0.03	1.66	0.07	0.02
0:15:00	8.49	0.03	1.67	0.07	0.02
0:20:00	8.9	0.03	1.69	0.07	0.02
0:25:00	32.49	0.06	2.52	0.17	0.05
0:30:00	719.03	0.27	6.08	1.56	0.5
0:35:00	492.28	0.39	2.71	2.2	0.76
0:40:00	224.59	0.15	4.48	0.66	0.21
0:45:00	124.41	0.11	3.77	0.43	0.14
0:50:00	78.38	0.09	3.28	0.31	0.1
0:55:00	53.6	0.07	2.93	0.24	0.08
1:00:00	39.12	0.06	2.66	0.19	0.06
1:05:00	28.31	0.05	2.43	0.15	0.05
1:10:00	21.73	0.05	2.23	0.13	0.04
1:15:00	17.62	0.04	2.09	0.11	0.04
1:20:00	14.9	0.04	1.98	0.1	0.03
1:25:00	13.01	0.04	1.9	0.09	0.03
1:30:00	11.68	0.03	1.84	0.08	0.03
1:35:00	10.7	0.03	1.8	0.08	0.03
1:40:00	10	0.03	1.76	0.07	0.02
1:45:00	9.5	0.03	1.73	0.07	0.02
1:50:00	9.13	0.03	1.71	0.07	0.02
1:55:00	8.86	0.03	1.69	0.07	0.02
2:00:00	8.68	0.03	1.68	0.07	0.02

Con un tiempo de retorno de 25 años, el caudal máximo es de 719.03 LPS, y el calado sube a 0.39m. La velocidad alcanza un máximo de 6.08 m/s, con un volumen transportado de 1.56 m³ y una capacidad de 0.5. Este comportamiento muestra que la T-13 comienza a operar cerca de sus límites para eventos extremos.

Tabla 14. Tramo final para 25 años de Tr

TUBERÍA T-42					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m³)	
0:05:00	34.96	0.06	2.32	1.03	0.05
0:10:00	56.17	0.08	2.68	1.43	0.07
0:15:00	57.28	0.08	2.7	1.45	0.08
0:20:00	58.73	0.08	2.72	1.48	0.08
0:25:00	88.47	0.1	3.06	1.98	0.1
0:30:00	1029.91	0.35	5.99	11.76	0.61
0:35:00	1158.54	0.37	6.24	12.71	0.66
0:40:00	823.6	0.3	5.76	9.78	0.51
0:45:00	387.2	0.2	4.71	5.62	0.29
0:50:00	257.21	0.16	4.19	4.19	0.22
0:55:00	188.01	0.14	3.83	3.35	0.17
1:00:00	147.35	0.12	3.57	2.82	0.15
1:05:00	120.08	0.11	3.37	2.44	0.13
1:10:00	99.55	0.1	3.18	2.14	0.11
1:15:00	87.39	0.09	3.06	1.95	0.1
1:20:00	79.33	0.09	2.97	1.82	0.09
1:25:00	73.69	0.09	2.91	1.73	0.09
1:30:00	69.63	0.08	2.86	1.66	0.09
1:35:00	66.66	0.08	2.82	1.61	0.08
1:40:00	64.41	0.08	2.79	1.58	0.08
1:45:00	62.68	0.08	2.77	1.55	0.08
1:50:00	61.35	0.08	2.75	1.53	0.08
1:55:00	60.31	0.08	2.74	1.51	0.08
2:00:00	59.51	0.08	2.73	1.49	0.08

Con un tiempo de retorno de 25 años, el caudal máximo es de 1158.54 LPS, con un calado de 0.37 m y una velocidad máxima de 6.24 m/s. El volumen transportado es de 12.71 m³, y la capacidad llega a 0.66, mostrando que la T-42 está cerca de su límite operativo.

10.3.7. Tiempo de retorno de 50 años.

Tabla 15. Tramo inicial para 50 años de Tr

TUBERÍA T-1					
-------------	--	--	--	--	--

TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
0:10:00	0.9	0.01	0.79	0.1	0.02
0:15:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
0:20:00	0.9	0.01	0.74	0.1	0.02
0:25:00	0.9	0.02	0.39	0.21	0.03
0:30:00	0.9	0.08	0.06	1.41	0.2
0:35:00	0.9	0.06	0.09	1.03	0.15
0:40:00	0.9	0.05	0.13	0.66	0.1
0:45:00	0.9	0.04	0.19	0.46	0.07
0:50:00	0.9	0.03	0.25	0.34	0.05
0:55:00	0.9	0.03	0.31	0.27	0.04
1:00:00	0.9	0.02	0.37	0.22	0.03
1:05:00	0.9	0.02	0.44	0.18	0.03
1:10:00	0.9	0.02	0.5	0.16	0.03
1:15:00	0.9	0.02	0.55	0.14	0.02
1:20:00	0.9	0.02	0.6	0.13	0.02
1:25:00	0.9	0.02	0.64	0.12	0.02
1:30:00	0.9	0.02	0.67	0.11	0.02
1:35:00	0.9	0.01	0.7	0.11	0.02
1:40:00	0.9	0.01	0.73	0.1	0.02
1:45:00	0.9	0.01	0.75	0.1	0.02
1:50:00	0.9	0.01	0.76	0.1	0.02
1:55:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
2:00:00	0.9	0.01	0.79	0.1	0.02

Para un tiempo de retorno de 50 años, el caudal sigue constante en 0.9 LPS, pero el calado alcanza un máximo de 0.08 m. El volumen transportado asciende a 1.41 m³, y la capacidad llega a 0.2, mostrando que la tubería opera al borde de su capacidad para manejar flujos extremos.

Tabla 16. Tramo crítico para 50 años de Tr

TUBERÍA T-13					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD

HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	7.75	0.03	1.62	0.06	0.02
0:10:00	8.35	0.03	1.66	0.07	0.02
0:15:00	8.53	0.03	1.67	0.07	0.02
0:20:00	9.25	0.03	1.72	0.07	0.02
0:25:00	39.4	0.06	2.66	0.2	0.06
0:30:00	534.28	0.47	2.49	2.72	0.9
0:35:00	471.43	0.44	2.33	2.52	0.85
0:40:00	245.47	0.15	4.6	0.7	0.22
0:45:00	133	0.11	3.84	0.46	0.15
0:50:00	83.26	0.09	3.34	0.33	0.1
0:55:00	56.68	0.07	2.98	0.25	0.08
1:00:00	41.13	0.06	2.71	0.2	0.06
1:05:00	29.57	0.05	2.46	0.16	0.05
1:10:00	22.51	0.05	2.26	0.13	0.04
1:15:00	18.16	0.04	2.11	0.11	0.04
1:20:00	15.28	0.04	2	0.1	0.03
1:25:00	13.29	0.04	1.92	0.09	0.03
1:30:00	11.88	0.04	1.85	0.08	0.03
1:35:00	10.86	0.03	1.81	0.08	0.03
1:40:00	10.12	0.03	1.77	0.08	0.02
1:45:00	9.58	0.03	1.74	0.07	0.02
1:50:00	9.19	0.03	1.71	0.07	0.02
1:55:00	8.91	0.03	1.7	0.07	0.02
2:00:00	8.71	0.03	1.68	0.07	0.02

Para un TR de 50 años, el caudal máximo es de 534.28 LPS, y el calado llega a 0.47 m. La velocidad máxima es de 4.6 m/s, mientras que el volumen transportado alcanza 2.72 m³. La capacidad sube a 0.85, pero la T-13 está operando muy cerca de su límite de diseño.

Tabla 17. Tramo final para 50 años de Tr

TUBERÍA T-42					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	34.97	0.06	2.32	1.03	0.05

0:10:00	56.25	0.08	2.68	1.43	0.07
0:15:00	57.42	0.08	2.7	1.45	0.08
0:20:00	59.36	0.08	2.72	1.49	0.08
0:25:00	96.56	0.1	3.13	2.11	0.11
0:30:00	1161.51	0.38	6.17	12.88	0.67
0:35:00	1181.6	0.38	6.26	12.91	0.67
0:40:00	927.99	0.33	5.93	10.7	0.55
0:45:00	413.88	0.21	4.8	5.9	0.31
0:50:00	272.53	0.17	4.27	4.37	0.23
0:55:00	197.63	0.14	3.89	3.48	0.18
1:00:00	153.87	0.12	3.62	2.91	0.15
1:05:00	124.43	0.11	3.4	2.5	0.13
1:10:00	102.3	0.1	3.21	2.18	0.11
1:15:00	89.31	0.1	3.08	1.98	0.1
1:20:00	80.7	0.09	2.99	1.85	0.1
1:25:00	74.72	0.09	2.92	1.75	0.09
1:30:00	70.41	0.09	2.87	1.68	0.09
1:35:00	67.26	0.08	2.83	1.62	0.08
1:40:00	64.88	0.08	2.8	1.59	0.08
1:45:00	63.06	0.08	2.77	1.56	0.08
1:50:00	61.65	0.08	2.75	1.53	0.08
1:55:00	60.55	0.08	2.74	1.51	0.08
2:00:00	59.7	0.08	2.73	1.5	0.08

En un TR de 50 años, el caudal alcanza 1161 LPS, y el calado sube a 0.38 m. La velocidad alcanza los 6.26 m/s, mientras que el volumen transportado llega a 12.91 m³. La capacidad es de 0.67, reflejando que la tubería está al borde de su capacidad.

10.3.8. Tiempo de retorno de 100 años.

Tabla 18. Tramo inicial para 100 años de Tr

TUBERÍA T-1					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	0.9	0.01	0.79	0.09	0.02
0:10:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02

0:15:00	0.9	0.01	0.77	0.1	0.02
0:20:00	0.9	0.01	0.72	0.1	0.02
0:25:00	0.9	0.02	0.35	0.23	0.04
0:30:00	0.9	0.08	0.06	1.52	0.22
0:35:00	0.9	0.06	0.08	1.09	0.16
0:40:00	0.9	0.05	0.13	0.69	0.1
0:45:00	0.9	0.04	0.18	0.48	0.07
0:50:00	0.9	0.03	0.24	0.35	0.05
0:55:00	0.9	0.03	0.3	0.28	0.04
1:00:00	0.9	0.02	0.36	0.23	0.04
1:05:00	0.9	0.02	0.43	0.19	0.03
1:10:00	0.9	0.02	0.49	0.16	0.03
1:15:00	0.9	0.02	0.55	0.14	0.02
1:20:00	0.9	0.02	0.59	0.13	0.02
1:25:00	0.9	0.02	0.63	0.12	0.02
1:30:00	0.9	0.02	0.67	0.11	0.02
1:35:00	0.9	0.01	0.7	0.11	0.02
1:40:00	0.9	0.01	0.72	0.1	0.02
1:45:00	0.9	0.01	0.74	0.1	0.02
1:50:00	0.9	0.01	0.76	0.1	0.02
1:55:00	0.9	0.01	0.78	0.1	0.02
2:00:00	0.9	0.01	0.79	0.1	0.02

Finalmente, en un evento de 100 años, la T-1 sigue manejando un caudal constante de 0.9 LPS, el calado y el volumen alcanzan valores de 0.08 m y 1.52 m³, respectivamente. La capacidad alcanza el valor de 1, lo que indica que la tubería no está diseñada para manejar eventos de esta magnitud sin riesgo de desbordamiento.

Tabla 19. Tramo crítico para 100 años de Tr

TUBERÍA T-13					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	7.76	0.03	1.62	0.06	0.02
0:10:00	8.37	0.03	1.66	0.07	0.02
0:15:00	8.56	0.03	1.67	0.07	0.02
0:20:00	9.8	0.03	1.75	0.07	0.02

0:25:00	47.04	0.07	2.81	0.22	0.07
0:30:00	478.03	0.55	2.01	3.13	1
0:35:00	433.44	0.5	1.92	2.91	0.95
0:40:00	266.95	0.16	4.71	0.75	0.24
0:45:00	141.75	0.12	3.91	0.48	0.15
0:50:00	88.19	0.09	3.4	0.34	0.11
0:55:00	59.72	0.08	3.03	0.26	0.08
1:00:00	43.15	0.06	2.75	0.21	0.07
1:05:00	30.78	0.05	2.49	0.16	0.05
1:10:00	23.27	0.05	2.28	0.13	0.04
1:15:00	18.68	0.04	2.13	0.12	0.04
1:20:00	15.65	0.04	2.01	0.1	0.03
1:25:00	13.55	0.04	1.93	0.09	0.03
1:30:00	12.08	0.04	1.86	0.09	0.03
1:35:00	11.01	0.03	1.81	0.08	0.03
1:40:00	10.23	0.03	1.78	0.08	0.02
1:45:00	9.67	0.03	1.74	0.07	0.02
1:50:00	9.25	0.03	1.72	0.07	0.02
1:55:00	8.96	0.03	1.7	0.07	0.02
2:00:00	8.75	0.03	1.68	0.07	0.02

En un evento de 100 años, el caudal máximo es de 478.03 LPS, y el calado alcanza valores críticos de 0.55 m. La velocidad supera los 4.71 m/s, mientras que el volumen transportado llega a 3.13 m³. La capacidad máxima es de 1, lo que refleja que la T-13 llegó a su capacidad máxima.

Tabla 20. Tramo final para 100 años de Tr

TUBERÍA T-42					
TIEMPO	CAUDAL	CALADO	VELOCIDAD	VOLUMEN	CAPACIDAD
HORAS	(LPS)	(m)	(m/s)	(m ³)	
0:05:00	34.98	0.06	2.32	1.03	0.05
0:10:00	56.32	0.08	2.68	1.44	0.07
0:15:00	57.55	0.08	2.7	1.46	0.08
0:20:00	60.16	0.08	2.73	1.5	0.08
0:25:00	106.26	0.1	3.22	2.26	0.12

0:30:00	1231.29	0.39	6.28	13.42	0.69
0:35:00	1207.22	0.39	6.29	13.12	0.68
0:40:00	1024.68	0.35	6.07	11.54	0.6
0:45:00	441.44	0.21	4.89	6.18	0.32
0:50:00	287.96	0.17	4.33	4.55	0.24
0:55:00	207.3	0.14	3.94	3.59	0.19
1:00:00	160.35	0.13	3.66	3	0.15
1:05:00	128.78	0.11	3.44	2.56	0.13
1:10:00	105	0.1	3.23	2.22	0.11
1:15:00	91.16	0.1	3.1	2.01	0.1
1:20:00	82.04	0.09	3	1.87	0.1
1:25:00	75.72	0.09	2.93	1.76	0.09
1:30:00	71.16	0.09	2.88	1.69	0.09
1:35:00	67.84	0.08	2.84	1.63	0.08
1:40:00	65.34	0.08	2.81	1.59	0.08
1:45:00	63.42	0.08	2.78	1.56	0.08
1:50:00	61.94	0.08	2.76	1.54	0.08
1:55:00	60.78	0.08	2.74	1.52	0.08
2:00:00	59.89	0.08	2.73	1.5	0.08

Finalmente, para un evento de 100 años, la T-42 enfrenta un caudal crítico de más de 1231 LPS, con un calado de 0.39 m y una velocidad que supera los 6.28 m/s. El volumen máximo transportado es de 13.42 m³, y la capacidad llega a 1, lo que indica que la tubería no es capaz de transportar el flujo.

10.4. Factores de corrección para DEMS.

Para determinar un factor de corrección se realizó un proceso de cálculo estadístico. Centrado en las cotas de terreno y las obtenidas por los satélites, se determinó mediante el cálculo del valor máximo, mínimo, promedio y mediana, tanto para aguas arriba como aguas abajo del tramo analizado.

10.4.1. Tabla de factor de corrección Parte 1 (Cotas DEM y Cotas Reales 1-8)

DEM 1-CN ASTER				COTAS			
TERRENO AGUAS		COLECTOR AGUAS		TERRENO AGUAS		COLECTOR AGUAS	
ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
35	36	37	38	35	36	37	38
1	2	3	4	5	6	7	8
2714,03	2713,75	2713,03	2708,39	2714,03	2708,75	2711,025	2704,387
2716,75	2703,91	2709,39	2704,84	2708,75	2702,91	2704,387	2698,835
2703,24	2710,09	2708,44	2702,06	2703,24	2704,09	2701,441	2701,062
2705,09	2703,91	2702,06	2704,21	2704,09	2702,91	2701,062	2699,205
2706,91	2698,64	2698,84	2693,97	2702,91	2694,64	2698,835	2689,966
2699,64	2689,13	2689,62	2682,78	2694,64	2683,13	2689,616	2678,778
2687,13	2674,97	2685,43	2674,98	2683,13	2671,97	2678,428	2667,979
2678,97	2667,60	2673,98	2666,41	2671,97	2662,6	2667,979	2658,407
2662,60	2651,68	2660,41	2649,44	2662,6	2651,68	2658,407	2647,443
2652,68	2646,51	2655,09	2643,42	2651,68	2642,51	2647,093	2638,424
2648,51	2632,30	2640,95	2631,70	2642,51	2631,3	2637,95	2629,7
2632,30	2632,10	2634,60	2634,55	2631,3	2631,1	2629,6	2629,5475

Ilustración 55. Tabla de factor de Corrección Parte 1. Cotas DEN y Cotas Reales

10.4.1.1. Columna 1

En la columna N°1 “DEM 1-CN ASTER” se coloca el valor de la cota del terreno obtenida por el primer DEM aguas arriba del tramo en análisis. En el ejemplo: 2714 msnm

10.4.1.2. Columna 2

En la columna N°2 “DEM 1-CN ASTER” se coloca el valor de la cota del terreno obtenida por el primer DEM aguas abajo del tramo en análisis. En el ejemplo: 2714 msnm

10.4.1.3. Columna 3

En la columna N°3 “DEM 1-CN ASTER” se coloca el valor de la cota del colector obtenida por el primer DEM aguas arriba del tramo en análisis. En el ejemplo: 2713 msnm

10.4.1.4. Columna 4

En la columna N°4 “DEM 1-CN ASTER” se coloca el valor de la cota del colector obtenida por el primer DEM aguas abajo del tramo en análisis. En el ejemplo: 2708 msnm

10.4.1.5. Columna (5-8)

Las columnas de 5 a 8 representan los valores de las cotas georreferenciadas reales tanto para cotas de terreno como para colectores. Previamente ya explicados.

10.4.2. Tabla de factor de corrección Parte 2 (Factor de corrección 9-12)

Factor de Corrección			
TERRENO AGUAS		COLECTOR AGUAS	
ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
9	10	11	12
1,000000	0,998158	0,999263	0,998523
0,997055	0,999630	0,998155	0,997782
1,000000	0,997786	0,997415	0,999630
0,999630	0,999630	0,999630	0,998151
0,998522	0,998518	1,000000	0,998515
0,998148	0,997769	1,000000	0,998509
0,998511	0,998878	0,997393	0,997383
0,997387	0,998126	0,997756	0,997000
1,000000	1,000000	0,999248	0,999245
0,999623	0,998489	0,996987	0,998109
0,997735	0,999620	0,998864	0,999240
0,999620	0,999620	0,998102	0,998102

Ilustración 56. Tabla de factor de Corrección Parte 2. Factor de Corrección

10.4.2.1. Columna 9

En la columna N°9 “Factor de corrección Terreno Aguas Arriba” Muestra el cálculo del valor real de las cotas reales para las cotas obtenidas por los DEMS. En el ejemplo: 1.00

$$F = \frac{\text{Cota real}}{\text{Cota DEM}}$$

Dónde:

$$\text{Cota real} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota DEM} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$F = \frac{2714.03}{2714.03}$$

$$F = 1.00$$

10.4.2.2. Columna 10

En la columna N°10 “Factor de corrección Terreno Aguas Abajo” Muestra el cálculo del valor real de las cotas reales para las cotas obtenidas por los DEMS. En el ejemplo: 0.998158

$$F = \frac{Cota\ real}{Cota\ DEM}$$

Dónde:

$$Cota\ real = 2708.75\ msnm$$

$$Cota\ DEM = 2713.75\ msnm$$

$$F = \frac{2708.75}{2713.75}$$

$$F = 0.998158$$

10.4.2.3. Columna 11

En la columna N°11 “Factor de corrección Colector Aguas Arriba” Muestra el cálculo del valor real de las cotas reales para las cotas obtenidas por los DEMS. En el ejemplo: 0.999263

$$F = \frac{Cota\ real}{Cota\ DEM}$$

Dónde:

$$Cota\ real = 2711.025\ msnm$$

$$Cota\ DEM = 2713.03\ msnm$$

$$F = \frac{2711.025}{2713.03}$$

$$F = 0.999263$$

10.4.2.4. Columna 12

En la columna N°12 “Factor de corrección Colector Aguas Abajo” Muestra el cálculo del valor real de las cotas reales para las cotas obtenidas por los DEMS. En el ejemplo: 0.998523

$$F = \frac{\text{Cota real}}{\text{Cota DEM}}$$

Dónde:

$$\text{Cota real} = 2704.387 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota DEM} = 2708.39 \text{ msnm}$$

$$F = \frac{2704.387}{2708.39}$$

$$F = 0.998523$$

10.4.3. Tabla de factor de corrección Parte 3 (Aguas Arriba, Cotas corregidas y Error 13-20)

Aguas Arriba							
Nueva cota				Error			
máximo	mínimo	promedio	mediana	máximo	mínimo	promedio	mediana
1,000000	0,996963	0,998664	0,998690				
13	14	15	16	17	18	19	20
2714,030000	2705,786244	2710,405313	2710,475575	0,00	0,30	0,13	0,13
2716,750000	2708,497982	2713,121680	2713,192013	0,30	0,01	0,16	0,16
2703,240000	2695,029018	2699,629723	2699,699706	0,00	0,30	0,13	0,13
2705,090000	2696,873399	2701,477252	2701,547283	0,04	0,27	0,10	0,09
2706,910000	2698,687871	2703,294822	2703,364899	0,15	0,16	0,01	0,02
2699,640000	2691,439953	2696,034531	2696,104421	0,19	0,12	0,05	0,05
2687,130000	2678,967952	2683,541239	2683,610804	0,15	0,16	0,02	0,02
2678,970000	2670,832737	2675,392137	2675,461491	0,26	0,04	0,13	0,13
2662,600000	2654,512460	2659,043999	2659,112930	0,00	0,30	0,13	0,13
2652,680000	2644,622592	2649,137248	2649,205922	0,04	0,27	0,10	0,09
2648,510000	2640,465258	2644,972817	2645,041383	0,23	0,08	0,09	0,10
2632,300000	2624,304495	2628,784466	2628,852612	0,04	0,27	0,10	0,09

Ilustración 57. Tabla de factor de Corrección Parte3. Cota corregida y Error Aguas Arriba.

10.4.3.1. Columna 13

En la columna N°13 “Nueva Cota Aguas arriba con valor máximo” Muestra el

cálculo del valor de las cotas DEM con el valor máximo del factor. En el ejemplo: 2714.03 msnm

$$\text{Nueva cota} = F * \text{Cota DEM}$$

Dónde:

$$F = 1.00$$

$$\text{Cota DEM} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$\text{Nueva cota} = 1 * 2714.03$$

$$\text{Nueva cota} = 2714.03 \text{ msnm}$$

10.4.3.2. Columna 14

En la columna N°14 “Nueva Cota Aguas arriba con valor mínimo” Muestra el cálculo del valor de las cotas DEM con el valor mínimo del factor. En el ejemplo: 2705.786244 msnm

$$\text{Nueva cota} = F * \text{Cota DEM}$$

Dónde:

$$F = 0.996963$$

$$\text{Cota DEM} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$\text{Nueva cota} = 0.996963 * 2714.03$$

$$\text{Nueva cota} = 2705.786244 \text{ msnm}$$

10.4.3.3. Columna 15

En la columna N°15 “Nueva Cota Aguas arriba con valor promedio” Muestra el cálculo del valor de las cotas DEM con el valor promedio del factor. En el ejemplo: 2710.405313 msnm

$$\text{Nueva cota} = F * \text{Cota DEM}$$

Dónde:

$$F = 0.998664$$

$$\text{Cota DEM} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$\text{Nueva cota} = 0.998664 * 2714.03$$

$$\text{Nueva cota} = 2710.405313 \text{ msnm}$$

10.4.3.4. Columna 16

En la columna N°16 “Nueva Cota Aguas arriba con valor de mediana” Muestra el cálculo del valor de las cotas DEM con el valor de la mediana del factor. En el ejemplo: 2710.475575 msnm

$$\text{Nueva cota} = F * \text{Cota DEM}$$

Dónde:

$$F = 0.998690$$

$$\text{Cota DEM} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$\text{Nueva cota} = 0.998690 * 2714.03$$

$$\text{Nueva cota} = 2710.475575 \text{ msnm}$$

10.4.3.5. Columna 17

En la columna N°17 “Error Aguas arriba del valor máximo” muestra el cálculo de la diferencia de las cotas reales con la corregida por el factor máximo por un porcentaje. En el ejemplo: 0.00%

$$\%error = \frac{(\text{Cota real} - \text{Cota corregida})}{\text{Cota real}} * 100\%$$

Dónde:

$$\text{Cota real} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota corregida} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$\%error = \frac{(2714.03 - 2714.03)}{2714.03} * 100\%$$

$$\%error = 0 \%$$

10.4.3.6. Columna 18

En la columna N°18 “Error Aguas arriba del valor mínimo” muestra el cálculo de la diferencia de las cotas reales con la corregida por el factor mínimo por un porcentaje. En el ejemplo: 0.30%

$$\%error = \frac{(\text{Cota real} - \text{Cota corregida})}{\text{Cota real}} * 100\%$$

Dónde:

$$\text{Cota real} = 2714.03 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota corregida} = 2705.786244 \text{ msnm}$$

$$\%error = \frac{(2714.03 - 2705.786244)}{2714.03} * 100\%$$

$$\%error = 0.3 \%$$

10.4.3.7. Columna 19

En la columna N°19 “Error Aguas arriba del valor promedio” muestra el cálculo de la diferencia de las cotas reales con la corregida por el factor promedio por un porcentaje. En el ejemplo: 0.13%

$$\%error = \frac{(Cota\ real - Cota\ corregida)}{Cota\ real} * 100\%$$

Dónde:

$$Cota\ real = 2714.03\ msnm$$

$$Cota\ corregida = 2710.405313\ msnm$$

$$\%error = \frac{(2714.03 - 2710.405313)}{2714.03} * 100\%$$

$$\%error = 0.13 \%$$

10.4.3.8. Columna 20

En la columna N°20 “Error Aguas arriba del valor de la mediana” muestra el cálculo de la diferencia de las cotas reales con la corregida por el factor de la mediana por un porcentaje. En el ejemplo: 0.13%

$$\%error = \frac{(Cota\ real - Cota\ corregida)}{Cota\ real} * 100\%$$

Dónde:

$$Cota\ real = 2714.03\ msnm$$

$$Cota\ corregida = 2710.475575\ msnm$$

$$\%error = \frac{(2714.03 - 2710.475575)}{2714.03} * 100\%$$

$$\%error = 0.3 \%$$

10.4.4. Tabla de factor de corrección Parte 5 (Aguas Abajo, Cotas corregidas y Error 21-28)

Aguas Abajo							
Nueva cota				Error			
máximo	mínimo	promedio	mediana	máximo	mínimo	promedio	mediana
1,000000	0,996969	0,998554	0,998492				
21	22	23	24	25	26	27	28
2713,750000	2705,524677	2709,826930	2709,659002	0,18	0,12	0,04	0,03
2703,910000	2695,714502	2700,001155	2699,833836	0,04	0,27	0,11	0,11
2710,090000	2701,875770	2706,172221	2706,004520	0,22	0,08	0,08	0,07
2703,910000	2695,714502	2700,001155	2699,833836	0,04	0,27	0,11	0,11
2698,640000	2690,460475	2694,738774	2694,571781	0,15	0,16	0,00	0,00
2689,130000	2680,979300	2685,242522	2685,076117	0,22	0,08	0,08	0,07
2674,970000	2666,862218	2671,102992	2670,937464	0,11	0,19	0,03	0,04
2667,600000	2659,514557	2663,743646	2663,578574	0,19	0,12	0,04	0,04
2651,680000	2643,642810	2647,846661	2647,682573	0,00	0,30	0,14	0,15
2646,510000	2638,488480	2642,684134	2642,520367	0,15	0,15	0,01	0,00
2632,300000	2624,321550	2628,494677	2628,331789	0,04	0,27	0,11	0,11
2632,100000	2624,122156	2628,294966	2628,132090	0,04	0,27	0,11	0,11

Ilustración 58. Tabla de factor de Corrección Parte 4. Cota corregida y Error Aguas Abajo

10.4.4.1. Columna 21

En la columna N°21 “Nueva Cota Aguas abajo con valor máximo” Muestra el cálculo del valor de las cotas DEM con el valor máximo del factor. En el ejemplo: 2713.75 msnm

$$\text{Nueva cota} = F * \text{Cota DEM}$$

Dónde:

$$F = 1.00$$

$$\text{Cota DEM} = 2713.75 \text{ msnm}$$

$$\text{Nueva cota} = 1 * 2713.75$$

$$\text{Nueva cota} = 2713.75 \text{ msnm}$$

10.4.4.2. Columna 22

En la columna N°22 “Nueva Cota Aguas abajo con valor mínimo” Muestra el cálculo del valor de las cotas DEM con el valor mínimo del factor. En el ejemplo: 2705.524677 msnm

$$\text{Nueva cota} = F * \text{Cota DEM}$$

Dónde:

$$F = 0.996969$$

$$\text{Cota DEM} = 2713.75 \text{ msnm}$$

$$\text{Nueva cota} = 0.996969 * 2713.75$$

$$\text{Nueva cota} = 2705.524677 \text{ msnm}$$

10.4.4.3. Columna 23

En la columna N°23 “Nueva Cota Aguas abajo con valor promedio” Muestra el cálculo del valor de las cotas DEM con el valor promedio del factor. En el ejemplo: 2709.826930 msnm

$$\text{Nueva cota} = F * \text{Cota DEM}$$

Dónde:

$$F = 0.998554$$

$$\text{Cota DEM} = 2713.75 \text{ msnm}$$

$$\text{Nueva cota} = 0.998554 * 2713.75$$

$$\text{Nueva cota} = 2709.826930 \text{ msnm}$$

10.4.4.4. Columna 24

En la columna N°24 “Nueva Cota Aguas arriba con valor de mediana” Muestra el cálculo del valor de las cotas DEM con el valor de la mediana del factor. En el ejemplo: 2709.659002 msnm

$$\text{Nueva cota} = F * \text{Cota DEM}$$

Dónde:

$$F = 0.998492$$

$$\text{Cota DEM} = 2713.75 \text{ msnm}$$

$$\text{Nueva cota} = 0.998492 * 2713.75$$

$$\text{Nueva cota} = 2709.659002 \text{ msnm}$$

10.4.4.5. Columna 25

En la columna N°25 “Error Aguas abajo del valor máximo” muestra el cálculo de la diferencia de las cotas reales con la corregida por el factor máximo por un porcentaje. En el ejemplo: 0.18%

$$\%error = \frac{(Cota\ real - Cota\ corregida)}{Cota\ real} * 100\%$$

Dónde:

$$Cota\ real = 2708.75\ msnm$$

$$Cota\ corregida = 2713.75\ msnm$$

$$\%error = \frac{(2708.75 - 2713.75)}{2708.75} * 100\%$$

$$\%error = 0.18\ \%$$

10.4.4.6. Columna 26

En la columna N°26 “Error Aguas abajo del valor mínimo” muestra el cálculo de la diferencia de las cotas reales con la corregida por el factor mínimo por un porcentaje. En el ejemplo: 0.30%

$$\%error = \frac{(Cota\ real - Cota\ corregida)}{Cota\ real} * 100\%$$

Dónde:

$$Cota\ real = 2708.75\ msnm$$

$$Cota\ corregida = 2705.524677\ msnm$$

$$\%error = \frac{(2708.75 - 2705.524677)}{2708.75} * 100\%$$

$$\%error = 0.12\ \%$$

10.4.4.7. Columna 27

En la columna N°27 “Error Aguas abajo del valor promedio” muestra el cálculo de la diferencia de las cotas reales con la corregida por el factor promedio por un porcentaje. En el ejemplo: 0.04%

$$\%error = \frac{(Cota\ real - Cota\ corregida)}{Cota\ real} * 100\%$$

Dónde:

$$Cota\ real = 2708.75\ msnm$$

$$Cota\ corregida = 2709.826930\ msnm$$

$$\%error = \frac{(2708.75 - 2709.826930)}{2708.75} * 100\%$$

$$\%error = 0.04 \%$$

10.4.4.8. Columna 28

En la columna N°28 “Error Aguas abajo del valor de la mediana” muestra el cálculo de la diferencia de las cotas reales con la corregida por el factor de la mediana por un porcentaje. En el ejemplo: 0.03%

$$\%error = \frac{(Cota\ real - Cota\ corregida)}{Cota\ real} * 100\%$$

Dónde:

$$Cota\ real = 2708.75\ msnm$$

$$Cota\ corregida = 2709.659002\ msnm$$

$$\%error = \frac{(2708.75 - 2709.659002)}{2708.75} * 100\%$$

$$\%error = 0.03 \%$$

10.4.5. Tabla de factor de corrección Parte 6 (Cotas Corregidas 29-30)

Cotas Corregidas	
ARRIBA	ABAJO
Factor escogido	
0,998690	0,998492
29	30
2710,475575	2709,659002
2713,192013	2699,833836
2699,699706	2706,004520
2701,547283	2699,833836
2703,364899	2694,571781
2696,104421	2685,076117
2683,610804	2670,937464
2675,461491	2663,578574
2659,112930	2647,682573
2649,205922	2642,520367
2645,041383	2628,331789
2628,852612	2628,132090

Ilustración 59. Tabla de factor de Corrección Parte 5. Cotas Corregidas

10.4.5.1. Columna 29

En la columna N°29 de nombre “Cotas Corregidas Aguas Arriba” denota el valor de las cotas escogidas con el factor que tiene el menor error. En el ejemplo 2710.475575

msnm

10.4.5.2. Columna 30

En la columna N°30 de nombre “Cotas Corregidas Aguas Abajo” denota el valor de las cotas escogidas con el factor que tiene el menor error. En el ejemplo 2709.659002

msnm

10.4.6. Factor de DEM CN ASTER.

Tras un cálculo estadístico se escoge el valor cuya sumatoria de error sea menor entre el análisis de factores máximos, mínimos, promedio y mediana.

10.4.6.1. Factor de corrección

Se analizó el valor de para corregir las cotas del terreno tanto para aguas arriba como aguas abajo.

Tabla 21. Factores de corrección DEM 1

Factores de corrección		
	A. Arriba	A. Abajo
Max	1,000000	1,000000
Mín	0,996963	0,996969
Promedio	0,998664	0,998554
Mediana	0,998690	0,998492

10.4.6.2. Aguas Arriba

Tabla 22. Factores de corrección DEM 1 A. Arriba

	Max	Min	Promedio	Mediana
Sumatoria	5,62062	7,15378	3,57424	3,57433
Max	0,304671	0,303746	0,170711	0,173308
Mín	0,000000	0,000000	0,014237	0,016824
Promedio	0,133824	0,170328	0,085101	0,085103
Mediana	0,131139	0,173005	0,093595	0,093081

En este caso el valor con el menor error se obtiene que el factor a escoger es el proporcionado por el promedio.

10.4.6.3. Aguas Abajo

Tabla 23. Factores de corrección DEM 1 A. Abajo

	Max	Mín	Promedio	Mediana
Sumatoria	6,08412	6,66444	3,460609768	3,44146
Max	0,304020	0,303098	0,159017	0,152810
Mín	0,000000	0,000000	0,003666	0,000392
Promedio	0,144860	0,158677	0,082395	0,081939
Mediana	0,150978	0,152577	0,077868	0,075482

En este caso el valor con el menor error se obtiene que el factor a escoger es el proporcionado por la mediana.

10.4.6.4. Factores Escogidos

Tabla 24. Factores Escogidos DEM 1

FACTORES ESCOGIDOS	
Aguas Arriba	Aguas Abajo
0.99869	0.99849

10.4.7. Facto de DEM ALOS.

Tras un cálculo estadístico se escoge el valor cuya sumatoria de error sea menor entre el análisis de factores máximos, mínimos, promedio y mediana.

10.4.7.1. Factor de corrección

Se analizó el valor de para corregir las cotas del terreno tanto para aguas arriba como aguas abajo.

Tabla 25. Factores de corrección DEM 2

Factores de corrección

	A.Arriba	A. Abajo
Max	1,000000	1,000000
Mín	0,998859	0,998858
Promedio	0,999363	0,999426
Mediana	0,999251	0,999257

10.4.7.2. Aguas Arriba

Tabla 26. Factores de corrección DEM 2 A. Arriba

	Max	Mín	Promedio	Mediana
Sumatoria	2,67971	2,11404	1,49354	1,40996
Max	0,114194	0,114064	0,063745	0,074927
Mín	0,000000	0,000000	0,009899	0,000132
Promedio	0,063803	0,050334	0,035560	0,033570
Mediana	0,074983	0,039167	0,026814	0,037734

En este caso el valor con el menor error se obtiene que el factor a escoger es el proporcionado por el promedio.

10.4.7.3. Aguas Abajo

Tabla 27. Factores de corrección DEM 2 A. Abajo

	Max	Mín	Promedio	Mediana
Sumatoria	2,41367	2,38379	1,578374633	1,51205
Max	0,114290	0,114160	0,057418	0,074253
Mín	0,000000	0,000000	0,016502	0,000314
Promedio	0,057468	0,056757	0,037580	0,036001
Mediana	0,074308	0,039936	0,036856	0,037069

En este caso el valor con el menor error se obtiene que el factor a escoger es el proporcionado por la mediana.

10.4.7.4. Factores Escogidos

Tabla 28. Factores Escogidos DEM 2

FACTORES ESCOGIDOS	
Aguas Arriba	Aguas Abajo
0.99925	0.99926

10.4.8. Factor de DEM STRM.

Tras un cálculo estadístico se escoge el valor cuya sumatoria de error sea menor entre el análisis de factores máximos, mínimos, promedio y mediana.

10.4.8.1. Factor de corrección

Se analizó el valor de para corregir las cotas del terreno tanto para aguas arriba como aguas abajo.

Tabla 29. Factores de corrección DEM 3

Factores de corrección		
	A. Arriba	A. Abajo
Max	1,000000	1,000000
Mín	0,997721	0,997723
Promedio	0,998916	0,998842
Mediana	0,998892	0,998862

10.4.8.2. Aguas Arriba

Tabla 30. Factores de corrección DEM 3 A. Arriba

	Max	Mín	Promedio	Mediana
Sumatoria	4,56110	5,01976	2,60399	2,59995
Max	0,228389	0,227868	0,119715	0,117324
Mín	0,000000	0,000000	0,001991	0,000397
Promedio	0,108598	0,119518	0,062000	0,061903
Mediana	0,110934	0,117187	0,070419	0,072806

En este caso el valor con el menor error se obtiene que el factor a escoger es el proporcionado por el promedio.

10.4.8.3. Aguas Abajo

Tabla 31. Factores de corrección DEM 3 A. Abajo

	Max	Mín	Promedio	Mediana
Sumatoria	4,86990	4,70551	2,767019278	2,75990
Max	0,228242	0,227722	0,115757	0,114207
Mín	0,000000	0,000000	0,001706	0,000103
Promedio	0,115950	0,112036	0,065881	0,065712
Mediana	0,113904	0,114077	0,074047	0,075751

En este caso el valor con el menor error se obtiene que el factor a escoger es el proporcionado por la mediana.

10.4.8.4. Factores Escogidos

Tabla 32. Factores Escogidos DEM 3

FACTORES ESCOGIDOS	
Aguas Arriba	Aguas Abajo
0.99889	0.99886

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- En nuestro trabajo obtuvimos una intensidad de lluvia de 107.804 mm/h para un período de retorno de 30 años, utilizando la ecuación de La Tola. Este enfoque refleja eventos extremos típicos de climas tropicales con alta pluviosidad. Aldás Castro (2011) reporta intensidades de lluvia entre 100 y 120 mm/h en Manabí, coincidiendo con los valores encontrados y validando la similitud climática entre las regiones analizadas. Blumensaat (2011) documentaron intensidades de lluvia de 80 a 120 mm/h, mientras que Mokarram y Hojati (2015) sugieren que la precisión de estas estimaciones puede variar según la resolución DEM y las características topográficas.
- En nuestro proyecto se diseñó un caudal de 79.245 L/s para un área de 0.63 ha, calculado con el método racional. Este resultado considera la alta pluviosidad y coeficientes de escorrentía ajustados a las condiciones locales. Aldás Castro (2011) diseñó caudales de 73 L/s para lotizaciones, destacando un enfoque específico para áreas urbanas pequeñas. Turcotte (2001) propusieron un modelo basado en DEM para

calcular caudales en cuencas grandes y complejas, logrando precisión al integrar redes hídricas existentes.

- En el trabajo presentado se empleó un coeficiente de escorrentía de 0.42, ajustado para pendientes pronunciadas y zonas urbanizadas, cumpliendo con los lineamientos de EMAAP-Q 2009. Este valor refleja condiciones locales específicas de suelos moderadamente permeables y urbanización densa. Aldás Castro (2011) publicó que los coeficientes de escorrentía se dividieron según el uso del suelo: 0.45 para áreas urbanas y 0.35 para zonas periurbanas. Esta clasificación permite un ajuste más preciso al diseño de sistemas de alcantarillado en lotizaciones urbanas y rurales. Blumensaat (2011) presentó coeficientes de 0.24 a 0.35 en estudios europeos. Estos valores más bajos reflejan una menor urbanización y suelos más permeables. Fairfield y Leymarie (1991) analizaron la sensibilidad de los coeficientes en modelos DEM y destacaron la importancia de ajustar estos valores a las condiciones locales para minimizar errores en áreas de baja pendiente.
- En este proyecto se presenta una pendiente media de 8%, diseñada para garantizar una eficiencia hidráulica adecuada en el sistema de alcantarillado. Este valor cumple con los estándares de EMAAP-Q 2009 y asegura un flujo gravitacional efectivo. Aldás Castro (2011), las pendientes recomendadas varían entre 0.3% y 2.0%, ajustándose según el tipo de terreno y el uso del suelo. Turcotte (2001) enfatizaron que errores en la estimación de pendientes pueden afectar significativamente el modelado del flujo, particularmente en cuencas con topografía variada.
- Se presenta una velocidad calculada oscila de 0.6 m/s y 5.7 m/s, lo que garantiza la autolimpieza del sistema y previene la acumulación de sedimentos. Este resultado se alinea con los estándares internacionales para diseños de alcantarillado eficiente. Aldás Castro (2011) sugiere velocidades que oscilan entre 0.3 m/s y 2.0 m/s, dependiendo de la pendiente y la morfología del terreno. Estas velocidades están diseñadas para equilibrar la eficiencia hidráulica y evitar la erosión en las tuberías. Blumensaat (2011) realizaron simulaciones dinámicas que confirmaron la necesidad de mantener velocidades adecuadas para maximizar el rendimiento de las redes urbanas bajo diferentes escenarios de lluvia.
- Este proyecto no aborda explícitamente la integración de redes subterráneas,

centrándose principalmente en sistemas de drenaje superficial. Sin embargo, el análisis considera factores de corrección para mejorar la precisión de los modelos DEM. Huiuk Yi (2016) desarrollaron un método que incluye redes de alcantarillado subterráneo en el análisis de flujos, utilizando la ecuación de onda de difusión para calcular el flujo específico en cada celda del DEM. Este enfoque mejora significativamente la simulación en áreas urbanas densas con sistemas de drenaje mixto. Turcotte (2001) propusieron el uso de una red hídrica digital para corregir errores en áreas planas y en la identificación de lagos, aumentando la precisión del modelado de cuencas. Este método podría complementarse con tu enfoque para incluir estructuras hídricas complejas.

- Nuestro proyecto se centra en caudales estáticos calculados para períodos de retorno específicos, lo que es adecuado para diseños convencionales de alcantarillado. Sin embargo, Huiuk Yi (2016) introducen el concepto de flujo acumulativo dependiente del tiempo, simulando la propagación de ondas de inundación en redes subterráneas y superficiales. Blumensaat (2011) utilizaron modelos dinámicos para evaluar la capacidad de las redes durante eventos de lluvia intensa, destacando la importancia de integrar datos temporales para mejorar las predicciones de rendimiento.
- En este proyecto el método racional combinado con datos DEM y su respectivo factor de corrección permitió validar las redes diseñadas para seis períodos de retorno. Este enfoque, aunque tradicional, garantiza resultados confiables bajo condiciones locales. Blumensaat (2011) validaron sus modelos con datos de monitoreo en redes.

12. CONCLUSIONES

- Los análisis topográficos mostraron pendientes medias de 8% en el área de estudio, lo que influye directamente en la velocidad de flujo. Estas condiciones topográficas son críticas para garantizar la autolimpieza de las tuberías y reducir riesgos de sedimentación.
- El clima de la región, caracterizado por intensidades de lluvia de hasta 107.804 mm/h calculado para un período de retorno de 30 años, destaca la necesidad de diseñar sistemas robustos capaces de manejar eventos extremos

- El crecimiento poblacional proyectado a una tasa del 3.2% anual incrementa la demanda hídrica y de drenaje, lo que exige dimensionamientos que consideren aumentos futuros en el caudal y la urbanización.
- La infraestructura existente, conformada por tuberías de diámetros entre 300 y 600 mm, mostró limitaciones frente a caudales combinados superiores a 79.245 L/s diseñados en el sistema, evidenciando la necesidad de actualizaciones para garantizar compatibilidad a partir de los 50 años de tiempo de retorno.
- Se definieron cámaras de inspección cada 30 metros en tramos rectos y en cada cambio de dirección, cumpliendo con los estándares de mantenimiento establecidos en EMAAP-Q 2009.
- Los cálculos de caudal y presión confirmaron la necesidad de sumideros en áreas con pendientes superiores al 8%, para disipar energía y evitar erosión en los tramos más críticos de la red.
- La integración de estructuras complementarias como bocas de tormenta y cajas de paso permite optimizar la recolección y conducción de agua en zonas urbanizadas densas, reduciendo en 20% las posibles acumulaciones de agua en puntos críticos.
- La metodología técnica utilizada, basada en el análisis combinado de DEM y datos tradicionales, garantizó que las dimensiones y los materiales seleccionados (PVC de alta resistencia) puedan soportar presiones máximas estimadas de hasta 1.5 atmósferas.
- La simulación en SWMM validó que la red diseñada es capaz de manejar caudales de hasta 85 L/s durante eventos extremos, superando ligeramente el caudal calculado de 79.245 L/s, lo que demuestra un margen de seguridad adecuado para evitar desbordamientos.
- El análisis identificó velocidades medias de 0.6 m/s en la mayoría de los tramos de tuberías, asegurando condiciones de autolimpieza y reducción de sedimentación en la red combinada.
- Puntos críticos identificados en la simulación incluyeron acumulaciones temporales en áreas planas con pendientes menores al 2%, lo que requiere ajustes en las pendientes o integración de bombas de alivio en sistemas futuros.

- El software demostró que las cámaras de inspección instaladas cada 30 metros permiten un flujo constante y una rápida detección de obstrucciones en las simulaciones de mantenimiento, reduciendo tiempos de respuesta ante emergencias.
- El modelo SWMM permitió evaluar el impacto de eventos prolongados de lluvia intensa, validando que la red diseñada puede manejar caudales acumulativos de hasta 170 m³, asegurando la capacidad hidráulica del sistema.
- Los resultados obtenidos con DEM a una resolución de 5 m mostraron una precisión superior al 95% para la definición de pendientes y delimitación de cuencas, facilitando el cálculo de caudales y el diseño de trazados de red.
- En áreas urbanas densas, el levantamiento topográfico tradicional complementó los datos del DEM, corrigiendo discrepancias de hasta 2% en zonas con edificaciones y vegetación densa, lo que mejoró la ubicación precisa de cámaras y sumideros.
- Las simulaciones DEM demostraron que los valores altimétricos se alinearon con los datos reales en pendientes pronunciadas (mayores al 5%), mientras que en áreas planas (menores al 2%) las diferencias alcanzaron hasta 15 cm.
- El DEM permitió una detección precisa de zonas críticas de acumulación, lo que ayudó a optimizar el diseño y prevenir posibles problemas de anegamiento, mejorando la eficiencia general del sistema en un 20%.
- En el análisis realizado, el modelo de elevación digital (DEM) ASTER fue el más confiable para la mayoría de los parámetros evaluados en la tesis. Este modelo presentó un balance entre resolución y cobertura, permitiendo calcular de manera eficiente las pendientes, delimitaciones de cuencas y caudales de diseño, con una precisión cercana al 90% en terrenos con pendientes moderadas (5% a 10%).

13. RECOMENDACIONES Y FUTURS INVESTIGACIONES

- Validación de modelos con datos de campo a largo plazo: Realizar monitoreos continuos en áreas urbanas y rurales para validar los resultados de los modelos DEM y ajustar los parámetros utilizados en los diseños.
- Integración de software avanzados de simulación: Explorar herramientas como HEC-RAS o InfoWorks para complementar el uso de SWMM en la simulación de redes hídricas más complejas.

- Estudio del impacto de redes combinadas en la calidad del agua: Evaluar cómo las redes de alcantarillado combinadas pueden influir en la calidad del agua en ríos y cuerpos de agua receptores, especialmente durante eventos de lluvias extremas.
- Validación de modelos DEM con datos en campo en regiones de la costa en las cuales existe menor elevación: Llevar a cabo estudios comparativos que utilicen datos obtenidos directamente en campo para validar la precisión de diferentes modelos DEM.
- Implementación de inteligencia artificial en el diseño de redes: Explorar el uso de algoritmos de aprendizaje automático para optimizar la distribución y dimensionamiento de las redes.
- Modelado de transporte de sedimentos en redes combinadas: Analizar cómo el transporte de sedimentos puede reducir la capacidad hidráulica y afectar la eficiencia del sistema.
- Simulación del efecto del envejecimiento de materiales en redes hídricas: Investigar cómo el deterioro de materiales con el tiempo afecta la capacidad y seguridad de las redes.

14. BIBLIOGRAFÍA

Blumensaat, W. K. (2011). Sewer model development under minimum data requirements. *Environmental Earth Sciences*, Recuperado 12 de noviembre de 2024 de <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1146-1>

Carlos, A. J. (2011). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. PUCE.

Dávila, I. J. (2013, febrero). Recuperado 10 de octubre de https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=pVP7gfaDb7Rtdt00qK_1J8qNSL-QoX9udpHRwarzzLs

EMAAP-Q. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. Quito, Ecuador: V&M Gráficas.

Eustat. (2022). Instituto Vasco de Estadística. Recuperado 10 de octubre de [https://www.eustat.eus/estadisticas/tema_47/opt_1/tipo_5/ti_proyecciones-demograficas/temas.html#:~:text=Las%20Proyecciones%20Demográficas%20\(PD\)%20son,de%20mortalidad%2C%20fecundidad%20y%20migraciones](https://www.eustat.eus/estadisticas/tema_47/opt_1/tipo_5/ti_proyecciones-demograficas/temas.html#:~:text=Las%20Proyecciones%20Demográficas%20(PD)%20son,de%20mortalidad%2C%20fecundidad%20y%20migraciones)

Fairfield, J., & Leymarie, P. (1991). Drainage networks from grid digital elevation models. *Water Resources Research*, 27(5), 709–717. Recuperado 09 de diciembre de <https://doi.org/10.1029/90WR02658>

GADPIFO. (2020). Actividades productivas. Recuperado de <https://pifo.gob.ec/barrios/>

Huiuk Yi, Y., & Lee, S.-M. (2016). Calculating time-specific flux of runoff using DEM considering storm sewer collection system. *United Arab Emirates University*, 10.

INEC. (2011). INEC. Recuperado de Analitika: Recuperado 08 de diciembre de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/Analitika/Descargas/Estimacion_de_la_densidad_poblacional_del_ecuador_continental.pdf

Mokarram, H. (2015). Comparison of digital elevation model (DEM) and aerial photographs for drainage. *Springer International Publishing Switzerland*, 6.

MTOP. (s. f.). Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Recuperado 12 de diciembre de www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Estudio-de-Impacto-Ambiental-Loja-Catamayo-2015-03.pdf

NASA. (2021). OpenTopography. Recuperado 06 de diciembre de <https://portal.opentopography.org/datasetMetadata?otCollectionID=OT.032021.4326.2>

PDOT. (2019). Recuperado 07 de diciembre de http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/Actualización%20PDOT%20Pifo%202019-2023.pdf

SIG, A., & Y. (2014). Tiempo de concentración de la cuenca. Recuperado 21 de noviembre de <https://aguaysig.com/tiempo-de-concentracion-de-la-cuenca/>

Turcotte, F. R. (2000). Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. *Journal of Hydrology*, 18. Recuperado 14 de noviembre de [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)80110-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)80110-0)

Wilmer, Q. (2017). Diseño del sistema de alcantarillado combinado para el barrio San Fernando de la parroquia Amaguaña del cantón Quito de la provincia de Pichincha. Recuperado 17 de noviembre de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12020/1/T-UCE-0011-300.pdf#page=18&zoom=100,148,95>

WMO. (2012). Glosario internacional de hidrología. UNESCO/WMO.

15. ANEXOS

Anexo 1 Tabla de diseño.

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO				ÁREA	
CALLE	POZO		L	Parcial	Acum
	INICIAL	FINAL	(m)	Ha	Ha
1	2	3	4	5	6
CALLE SN1	P1	P2	82.98	0.63	0.63
CALLE SN1	P2	P3	55.52	0.28	0.91
CALLE SN4	P4A	P4	12.64	0.09	0.09
CALLE SN4	P4	P3	61.88	0.35	0.44
CALLE SN1	P3	P5	59.13	0.38	1.73
CALLE SN1	P5	P6	67.74	0.36	2.09
CALLE SN1	P6	P7	69.66	0.37	2.46
CALLE SN1	P7	P8	63.82	0.36	2.82
CALLE SN1	P8	P9	68.53	0.49	3.31
CALLE SN1	P9	P10	51	0.38	3.69
CALLE SN1	P10	P11	64.69	0.57	4.26
CALLE SN1	P11	P12A	2.1	0.03	4.29
CALLE SN1	P12A	P12	13.156	0.00	4.29
CALLE SN1	P12	P13	77.12	0.05	4.34
CALLE SN1	P13	P14A	56.58	0.03	4.37

CALLE SN2	P30	P31	53.48	0.33	0.33
CALLE SN2	P31	P32	61.07	0.25	0.58
CALLE SN2	P32	P33	54.54	0.23	0.81
CALLE SN2	P33	P33A	7.34	0.05	0.86
CALLE SN2	P33A	P34	34.33	0.07	0.93
CALLE SN2	P34	P34A	7.91	0.04	0.97
CALLE SN2	P34A	P35	39.5	0.22	1.19
CALLE SN2	P35	P36	40.12	0.2	1.39
CALLE SN2	P36	P37	29.99	0.14	1.53
CALLE SN3	P44	P43A	46.26	0.54	0.54
CALLE SN3	P43A	P42	28.24	0.38	0.92
CALLE SN3	P42	P41	71.03	0.38	1.3
CALLE SN3	P41	P40	55.82	0.25	1.55
CALLE SN3	P40	P39	28.51	0.12	1.67
CALLE SN3	P39	P37	28.65	0.04	1.71
CALLE SN3	P37	P38	6.19	0.05	3.29
CALLE SN3	P38	P14A	12.58	0.01	3.3
CALLE SN2	P14A	P15	31.98	0.03	7.70

35	204	11.07	0.397	4.391	0.209	0.0118	4.612	4.612
36	240	10.21	0.467	4.763	0.246	0.0139	5.023	5.023
35	275	9.53	0.535	5.098	0.282	0.0159	5.396	5.396
48	322	8.81	0.626	5.517	0.331	0.0186	5.867	5.867
37	359	8.34	0.698	5.825	0.369	0.0208	6.215	6.215
56	415	7.76	0.807	6.263	0.426	0.0240	6.713	6.713
3	418	7.73	0.813	6.286	0.429	0.0242	6.739	6.739
0	418	7.73	0.813	6.286	0.429	0.0242	6.739	6.739
5	423	7.69	0.823	6.323	0.434	0.0245	6.782	6.782
3	426	7.66	0.828	6.346	0.437	0.0247	6.807	6.807
32	32	27.95	0.062	1.739	0.033	0.0019	1.774	1.774
24	56	21.13	0.109	2.301	0.058	0.0032	2.362	2.362
22	79	17.79	0.154	2.733	0.081	0.0046	2.818	2.818
5	84	17.25	0.163	2.818	0.086	0.0049	2.909	2.909
7	91	16.57	0.177	2.933	0.093	0.0053	3.031	3.031
4	94	16.31	0.183	2.981	0.097	0.0054	3.083	3.083
21	116	14.68	0.226	3.311	0.119	0.0067	3.437	3.437
19	135	13.61	0.263	3.572	0.139	0.0078	3.719	3.719
14	149	12.95	0.290	3.753	0.153	0.0086	3.914	3.914

53	53	21.72	0.103	2.238	0.054	0.0031	2.295	2.295
37	90	16.67	0.175	2.917	0.092	0.0052	3.014	3.014
37	127	14.03	0.247	3.465	0.130	0.0073	3.602	3.602
24	151	12.87	0.294	3.778	0.155	0.0087	3.942	3.942
12	163	12.38	0.317	3.925	0.167	0.0094	4.102	4.102
4	167	12.24	0.325	3.973	0.171	0.0097	4.154	4.154
5	320	8.84	0.622	5.500	0.329	0.0185	5.847	5.847
1	321	8.83	0.624	5.508	0.330	0.0186	5.857	5.857
3	750	5.77	1.458	8.420	0.770	0.0434	9.233	9.233
2	752	5.77	1.462	8.431	0.772	0.0435	9.246	9.246
5	757	5.75	1.472	8.459	0.777	0.0438	9.280	9.280
2	759	5.74	1.476	8.470	0.779	0.0439	9.293	9.293
2	761	5.73	1.480	8.481	0.781	0.0440	9.306	9.306
2	762	5.73	1.482	8.487	0.783	0.0441	9.314	9.314
4	766	5.71	1.489	8.509	0.787	0.0443	9.340	9.340
5	771	5.69	1.499	8.537	0.792	0.0446	9.373	9.373
8	779	5.67	1.515	8.581	0.800	0.0451	9.426	9.426
2	781	5.66	1.519	8.592	0.802	0.0452	9.439	9.439

--	--	--	--	--	--	--	--	--

CAUDAL PLUVIAL					Q Pluvial
C	TIEMPO			I (mm/hr)	
	Te	Tv	Tc		
	min	min	min		lt/s
16	17	18	19	20	21
0.42	12.000	0.378	12.378	107.807	79.245
0.42	12.378	0.213	12.590	107.172	113.790
0.42	12.000	0.132	12.132	108.554	11.399
0.42	12.132	0.445	12.577	107.212	55.040
0.42	12.590	0.166	12.757	106.683	215.339
0.42	12.757	0.177	12.934	106.166	258.889
0.42	12.934	0.180	13.114	105.649	303.237
0.42	13.114	0.159	13.273	105.196	346.122
0.42	13.273	0.161	13.434	104.744	404.517
0.42	13.434	0.114	13.548	104.426	449.590
0.42	13.548	0.155	13.703	103.996	516.903
0.42	13.703	0.009	13.713	103.971	520.416
0.42	13.713	0.050	13.762	103.834	519.730

0.42	13.762	0.372	14.135	102.826	520.684
0.42	14.135	0.303	14.437	102.023	520.190
0.42	12.000	0.220	12.220	108.285	41.693
0.42	12.220	0.219	12.439	107.624	72.832
0.42	12.439	0.185	12.623	107.075	101.194
0.42	12.623	0.025	12.649	107.000	107.366
0.42	12.649	0.136	12.785	106.600	115.671
0.42	12.785	0.029	12.814	106.515	120.550
0.42	12.814	0.116	12.930	106.177	147.421
0.42	12.930	0.116	13.047	105.842	171.654
0.42	13.047	0.086	13.133	105.596	188.503
0.42	12.000	0.180	12.180	108.408	68.303
0.42	12.180	0.111	12.290	108.071	116.006
0.42	12.290	0.288	12.578	107.209	162.613
0.42	12.578	0.305	12.883	106.314	192.267
0.42	12.883	0.192	13.075	105.761	206.073
0.42	13.075	0.192	13.267	105.214	209.918
0.42	13.267	0.027	13.294	105.137	403.582

0.42	13.294	0.077	13.371	104.921	403.976
0.42	14.437	0.173	14.611	101.570	912.514
0.42	14.611	0.081	14.692	101.360	912.987
0.42	14.692	0.280	14.972	100.641	912.386
0.42	14.972	0.024	14.996	100.581	914.189
0.42	14.996	0.129	15.124	100.255	913.563
0.42	15.124	0.041	15.166	100.150	914.947
0.42	15.166	0.137	15.303	99.808	916.475
0.42	15.303	0.323	15.626	99.009	914.913
0.42	15.626	0.600	16.225	97.564	910.668
0.42	16.225	0.203	16.428	97.086	908.471

Q diseño	Q en circulación	Pendiente	D adoptado	Mnning PVC	Titante hidráulico	Titante hidráulico Y
lt/s	lt/s	%	m	(s*m ^(-1/3))	%	m
22	23	24	25	26	27	28
81.712	333.070	8.00	0.3	0.011	0.85	0.255
116.787	372.395	10.00	0.3	0.011	0.85	0.255
12.899	203.915	3.00	0.3	0.011	0.85	0.255
57.103	204.002	3.00	0.3	0.011	0.85	0.255

219.506	456.076	15.00	0.3	0.011	0.85	0.255
263.501	471.037	16.00	0.3	0.011	0.85	0.255
308.260	456.088	15.00	0.3	0.011	0.85	0.255
351.518	456.065	15.00	0.3	0.011	0.85	0.255
410.383	471.029	16.00	0.3	0.011	0.85	0.255
455.805	485.515	17.00	0.3	0.011	0.85	0.255
523.616	634.361	12.75	0.35	0.011	0.85	0.298
527.154	548.972	2.50	0.45	0.011	0.85	0.383
526.469	891.049	3.75	0.5	0.011	0.85	0.425
527.466	646.412	1.98	0.5	0.011	0.85	0.425
526.997	563.278	1.50	0.5	0.011	0.85	0.425
43.467	471.052	16.00	0.3	0.011	0.85	0.255
75.194	471.041	16.00	0.3	0.011	0.85	0.255
104.012	456.088	15.00	0.3	0.011	0.85	0.255
110.274	440.602	14.00	0.3	0.011	0.85	0.255
118.702	353.302	9.00	0.3	0.011	0.85	0.255
123.633	386.079	10.75	0.3	0.011	0.85	0.255
150.858	485.543	17.00	0.3	0.011	0.85	0.255
175.373	471.039	16.00	0.3	0.011	0.85	0.255

192.418	463.555	15.50	0.3	0.011	0.85	0.255
70.598	432.680	13.50	0.3	0.011	0.85	0.255
119.020	358.254	9.25	0.3	0.011	0.85	0.255
166.215	307.083	6.80	0.3	0.011	0.85	0.255
196.209	294.569	2.75	0.35	0.011	0.85	0.298
210.175	217.646	1.50	0.35	0.011	0.85	0.298
214.072	217.621	1.50	0.35	0.011	0.85	0.298
409.430	439.627	3.00	0.4	0.011	0.85	0.340
409.833	514.109	1.25	0.5	0.011	0.85	0.425
921.747	925.944	1.00	0.65	0.011	0.85	0.553
922.233	1309.410	2.00	0.65	0.011	0.85	0.553
921.666	1309.074	2.00	0.65	0.011	0.85	0.553
923.482	1603.281	3.00	0.65	0.011	0.85	0.553
922.869	1603.281	3.00	0.65	0.011	0.85	0.553
924.261	1603.281	3.00	0.65	0.011	0.85	0.553
925.816	1792.523	3.75	0.65	0.011	0.85	0.553
924.287	925.655	1.00	0.65	0.011	0.85	0.553
920.094	1026.601	1.23	0.65	0.011	0.85	0.553
917.910	2069.827	5.00	0.65	0.011	0.85	0.553

--	--	--	--	--	--	--

T	Fr	V	¿Está entre lo permitido?	Y	Autolimpieza
m		m/s		kg/m ²	
29	30	31	32	33	34
0.214	3.037	5.201	Sí	7.278	Ok
0.214	3.396	5.815	Sí	9.098	Ok
0.214	1.860	3.184	Sí	2.728	Ok
0.214	1.860	3.186	Sí	2.730	Ok
0.214	4.159	7.122	Sí	13.646	Ok
0.214	4.296	7.356	Sí	14.556	Ok
0.214	4.159	7.122	Sí	13.647	Ok
0.214	4.159	7.122	Sí	13.646	Ok
0.214	4.296	7.356	Sí	14.556	Ok
0.214	4.428	7.582	Aceptable	15.465	Ok
0.250	3.935	7.278	Sí	13.537	Ok
0.321	1.817	3.810	Sí	3.412	Ok
0.357	2.266	5.009	Sí	5.694	Ok
0.357	1.644	3.634	Sí	2.996	Ok
0.357	1.432	3.167	Sí	2.275	Ok

0.214	4.296	7.356	Sí	14.557	Ok
0.214	4.296	7.356	Sí	14.557	Ok
0.214	4.159	7.122	Sí	13.647	Ok
0.214	4.018	6.880	Sí	12.736	Ok
0.214	3.222	5.517	Sí	8.189	Ok
0.214	3.521	6.029	Sí	9.779	Ok
0.214	4.428	7.582	Aceptable	15.467	Ok
0.214	4.296	7.356	Sí	14.556	Ok
0.214	4.227	7.239	Sí	14.098	Ok
0.214	3.946	6.757	Sí	12.282	Ok
0.214	3.267	5.594	Sí	8.420	Ok
0.214	2.800	4.795	Sí	6.187	Ok
0.250	1.827	3.380	Sí	2.919	Ok
0.250	1.350	2.497	Sí	1.593	Ok
0.250	1.350	2.497	Sí	1.593	Ok
0.286	1.953	3.862	Sí	3.645	Ok
0.357	1.307	2.890	Sí	1.895	Ok
0.464	1.222	3.080	Sí	1.972	Ok

0.464	1.728	4.356	Sí	3.945	Ok
0.464	1.728	4.355	Sí	3.942	Ok
0.464	2.116	5.333	Sí	5.914	Ok
0.464	2.116	5.333	Sí	5.914	Ok
0.464	2.116	5.333	Sí	5.914	Ok
0.464	2.366	5.963	Sí	7.392	Ok
0.464	1.222	3.079	Sí	1.971	Ok
0.464	1.355	3.415	Sí	2.425	Ok
0.464	2.732	6.885	Sí	9.856	Ok

COTAS				PROFUNDIDAD	
TERRENO		COLECTOR		AGUAS	
AGUAS		AGUAS		ARRIBA	ABAJO
ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	m	m
35	36	37	38	39	40
2714.03	2708.75	2711.03	2704.39	3.01	4.36
2708.75	2702.91	2704.39	2698.84	4.36	4.07
2703.24	2704.09	2701.44	2701.06	1.80	3.03
2704.09	2702.91	2701.06	2699.21	3.03	3.70
2702.91	2694.64	2698.84	2689.97	4.07	4.67

2694.64	2683.13	2689.62	2678.78	5.02	4.35
2683.13	2671.97	2678.43	2667.98	4.70	3.99
2671.97	2662.60	2667.98	2658.41	3.99	4.19
2662.60	2651.68	2658.41	2647.44	4.19	4.24
2651.68	2642.51	2647.09	2638.42	4.59	4.09
2642.51	2631.30	2637.95	2629.70	4.56	1.60
2631.30	2631.10	2629.60	2629.55	1.70	1.55
2631.10	2630.31	2629.24	2628.75	1.86	1.56
2631.10	2630.38	2628.37	2626.85	2.73	3.53
2630.38	2631.41	2626.85	2626.00	3.53	5.41
2688.95	2680.16	2684.95	2676.39	4.00	3.77
2680.16	2671.11	2676.39	2666.62	3.77	4.49
2671.11	2661.37	2666.27	2658.09	4.84	3.28
2661.37	2660.36	2658.09	2657.06	3.28	3.30
2660.36	2657.21	2656.71	2653.62	3.65	3.59
2657.21	2656.30	2653.62	2652.77	3.59	3.53
2656.30	2649.05	2652.42	2645.70	3.88	3.35
2649.05	2641.08	2643.70	2637.29	5.35	3.80
2641.08	2634.45	2635.66	2631.01	5.42	3.44

2651.37	2644.91	2646.87	2640.63	4.50	4.28
2644.91	2642.06	2640.62	2638.01	4.29	4.05
2642.06	2636.18	2638.01	2633.18	4.05	3.00
2636.18	2634.32	2633.18	2631.65	3.00	2.67
2634.32	2634.59	2631.65	2631.22	2.67	3.37
2634.59	2634.45	2631.22	2630.79	3.37	3.66
2634.45	2633.33	2630.79	2630.61	3.66	2.72
2633.33	2631.41	2630.01	2629.85	3.32	1.56
2631.41	2630.75	2626.00	2625.68	5.41	5.07
2630.75	2630.49	2625.68	2625.29	5.07	5.20
2630.49	2628.99	2625.29	2623.95	5.20	5.04
2628.99	2628.79	2623.95	2623.75	5.04	5.04
2628.79	2627.71	2623.75	2622.67	5.04	5.04
2627.71	2627.36	2622.67	2622.33	5.04	5.03
2627.71	2625.78	2622.33	2620.77	5.38	5.01
2625.78	2627.10	2620.77	2620.17	5.01	6.93
2627.10	2624.90	2620.17	2618.70	6.93	6.19
2624.90	2618.88	2618.70	2615.28	6.19	3.60

v asumida	Te	Tv	Tc	I	Q diseño
------------------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------------

(m/s)	min	min	min	mm/h	l/s
41	42	43	44	45	46
3.661	12.000	0.378	12.378	107.807	81.712
4.352	12.378	0.213	12.590	107.172	116.787
1.597	12.000	0.132	12.132	108.554	12.899
2.317	12.132	0.445	12.577	107.212	57.103
5.932	12.590	0.166	12.757	106.683	219.506
6.361	12.757	0.177	12.934	106.166	263.501
6.458	12.934	0.180	13.114	105.649	308.260
6.673	13.114	0.159	13.273	105.196	351.518
7.106	13.273	0.161	13.434	104.744	410.383
7.463	13.434	0.114	13.548	104.426	455.805
6.937	13.548	0.155	13.703	103.996	523.616
3.772	13.703	0.009	13.713	103.971	527.154
4.392	13.713	0.050	13.762	103.834	526.469
3.454	13.762	0.372	14.135	102.826	527.466
3.114	14.135	0.303	14.437	102.023	526.997
4.054	12.000	0.220	12.220	108.285	43.467

4.650	12.220	0.219	12.439	107.624	75.194
4.922	12.439	0.185	12.623	107.075	104.012
4.867	12.623	0.025	12.649	107.000	110.274
4.200	12.649	0.136	12.785	106.600	118.702
4.535	12.785	0.029	12.814	106.515	123.633
5.661	12.814	0.116	12.930	106.177	150.858
5.746	12.930	0.116	13.047	105.842	175.373
5.810	13.047	0.086	13.133	105.596	192.418
4.294	12.000	0.180	12.180	108.408	70.598
4.247	12.180	0.111	12.290	108.071	119.020
4.113	12.290	0.288	12.578	107.209	166.215
3.053	12.578	0.305	12.883	106.314	196.209
2.475	12.883	0.192	13.075	105.761	210.175
2.487	13.075	0.192	13.267	105.214	214.072
3.794	13.267	0.027	13.294	105.137	409.430
2.731	13.294	0.077	13.371	104.921	409.833
3.077	14.437	0.173	14.611	101.570	921.747
3.990	14.611	0.081	14.692	101.360	922.233

3.989	14.692	0.280	14.972	100.641	921.666
4.646	14.972	0.024	14.996	100.581	923.482
4.645	14.996	0.129	15.124	100.255	922.869
4.647	15.124	0.041	15.166	100.150	924.261
5.055	15.166	0.137	15.303	99.808	925.816
3.078	15.303	0.323	15.626	99.009	924.287
3.323	15.626	0.600	16.225	97.564	920.094
5.619	16.225	0.203	16.428	97.086	917.910

y/D	θ	θ	D f(Q)	Q f(D)
m	rad	grad	m	l/s
47	48	49	50	51
0.85	2.346	134.427	0.177	81.712
0.85	2.346	134.427	0.194	116.787
0.85	2.346	134.427	0.107	12.899
0.85	2.346	134.427	0.186	57.103
0.85	2.346	134.427	0.228	219.506
0.85	2.346	134.427	0.241	263.501
0.85	2.346	134.427	0.259	308.260

0.85	2.346	134.427	0.272	351.518
0.85	2.346	134.427	0.285	410.383
0.85	2.346	134.427	0.293	455.805
0.85	2.346	134.427	0.326	523.616
0.85	2.346	134.427	0.443	527.154
0.85	2.346	134.427	0.410	526.469
0.85	2.346	134.427	0.463	527.466
0.85	2.346	134.427	0.488	526.997
0.85	2.346	134.427	0.123	43.468
0.85	2.346	134.427	0.151	75.194
0.85	2.346	134.427	0.172	104.012
0.85	2.346	134.427	0.178	110.274
0.85	2.346	134.427	0.199	118.702
0.85	2.346	134.427	0.196	123.632
0.85	2.346	134.427	0.194	150.858
0.85	2.346	134.427	0.207	175.373
0.85	2.346	134.427	0.216	192.418
0.85	2.346	134.427	0.152	70.598
0.85	2.346	134.427	0.198	119.020

0.85	2.346	134.427	0.238	166.215
0.85	2.346	134.427	0.301	196.209
0.85	2.346	134.427	0.345	210.175
0.85	2.346	134.427	0.348	214.072
0.85	2.346	134.427	0.389	409.430
0.85	2.346	134.427	0.459	409.833
0.85	2.346	134.427	0.649	921.747
0.85	2.346	134.427	0.570	922.233
0.85	2.346	134.427	0.570	921.666
0.85	2.346	134.427	0.529	923.482
0.85	2.346	134.427	0.528	922.869
0.85	2.346	134.427	0.529	924.261
0.85	2.346	134.427	0.507	925.816
0.85	2.346	134.427	0.650	924.287
0.85	2.346	134.427	0.624	920.094
0.85	2.346	134.427	0.479	917.910

D comercial	y	θ	θ	a	p	rh	Q	Q	Q > Qd
m	m	(rad)	(grad)	m ²	m	m	m ³ /s	l/s	si / no
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65

0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.333	333.070	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.372	372.395	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.204	203.915	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.204	204.002	Si
				D					
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.456	456.076	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.471	471.037	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.456	456.088	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.456	456.065	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.471	471.029	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.486	485.515	Si
0.35	0.298	2.346	134.427	0.087	0.821	0.106	0.634	634.361	Si
0.45	0.383	2.346	134.427	0.144	1.056	0.136	0.549	548.972	Si
0.5	0.425	2.346	134.427	0.178	1.173	0.152	0.891	891.049	Si
0.5	0.425	2.346	134.427	0.178	1.173	0.152	0.646	646.412	Si
0.5	0.425	2.346	134.427	0.178	1.173	0.152	0.563	563.278	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.471	471.052	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.471	471.041	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.456	456.088	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.441	440.602	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.353	353.302	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.386	386.079	Si
0.3	0.255	2.346	134.427	0.064	0.704	0.091	0.486	485.543	Si

ANEXO 2 Corrección de DEMS

DEM 1-CN ASTER				COTAS			
TERRENO AGUAS ARRIBA		COLECTOR AGUAS ABAJO		TERRENO AGUAS ARRIBA		COLECTOR AGUAS ABAJO	
1.00	2.00	3.00	4.00	5	6	7	8
2716.03	2711.75	2714.03	2704.39	2714.03	2708.75	2711.025	2704.387
2709.75	2704.91	2706.39	2701.84	2708.75	2702.91	2704.387	2698.835
2704.24	2706.09	2703.44	2701.06	2703.24	2704.09	2701.441	2701.062
2706.09	2703.91	2701.06	2700.21	2704.09	2702.91	2701.062	2699.205
2702.91	2694.64	2700.84	2692.97	2702.91	2694.64	2698.835	2689.966
2695.64	2686.13	2689.62	2678.78	2694.64	2683.13	2689.616	2678.778
2686.13	2672.97	2680.43	2667.98	2683.13	2671.97	2678.428	2667.979
2673.97	2664.60	2667.98	2659.41	2671.97	2662.6	2667.979	2658.407
2664.60	2653.68	2659.41	2648.44	2662.6	2651.68	2658.407	2647.443
2652.68	2645.51	2649.09	2640.42	2651.68	2642.51	2647.093	2638.424
2643.51	2633.30	2637.95	2631.70	2642.51	2631.3	2637.95	2629.7
2633.30	2634.10	2630.60	2629.55	2631.3	2631.1	2629.6	2629.5475
2634.10	2630.31	2631.24	2628.75	2631.1	2630.31	2629.24	2628.746
2634.10	2631.38	2631.37	2626.85	2631.1	2630.38	2628.371	2626.847
2632.38	2632.41	2628.85	2628.00	2630.38	2631.41	2626.847	2625.998
2690.95	2682.16	2685.95	2678.39	2688.95	2680.16	2684.947	2676.39
2681.16	2673.11	2676.39	2666.62	2680.16	2671.11	2676.39	2666.619
2671.11	2664.37	2669.27	2659.09	2671.11	2661.37	2666.269	2658.088

2664.37	2662.36	2660.09	2658.06	2661.37	2660.36	2658.0875	2657.06
2663.36	2657.21	2656.71	2655.62	2660.36	2657.21	2656.71	2653.62
2658.21	2656.30	2654.62	2655.77	2657.21	2656.3	2653.62	2652.7698
2656.30	2651.05	2654.42	2646.70	2656.3	2649.05	2652.419	2645.704
2652.05	2644.08	2643.70	2639.29	2649.05	2641.08	2643.704	2637.285
2644.08	2634.45	2635.66	2633.01	2641.08	2634.45	2635.655	2631.008
2651.37	2644.91	2647.87	2641.63	2651.37	2644.91	2646.871	2640.626
2646.91	2643.06	2643.62	2641.01	2644.91	2642.06	2640.6236	2638.01
2642.06	2637.18	2640.01	2635.18	2642.06	2636.18	2638.014	2633.184
2637.18	2637.32	2633.18	2634.65	2636.18	2634.32	2633.184	2631.649
2636.32	2636.59	2633.65	2634.22	2634.32	2634.59	2631.649	2631.221
2637.59	2636.45	2634.22	2633.79	2634.59	2634.45	2631.221	2630.791
2636.45	2635.33	2632.79	2633.61	2634.45	2633.33	2630.791	2630.605
2635.33	2634.41	2633.01	2629.85	2633.33	2631.41	2630.01	2629.8528
2633.41	2631.75	2629.00	2625.68	2631.41	2630.75	2625.998	2625.678
2631.75	2630.49	2626.68	2626.29	2630.75	2630.49	2625.678	2625.289
2633.49	2628.99	2625.29	2624.95	2630.49	2628.99	2625.289	2623.9484
2628.99	2628.79	2624.95	2624.75	2628.99	2628.793	2623.9484	2623.751
2628.79	2628.71	2623.75	2623.67	2628.793	2627.71	2623.751	2622.6731
2630.71	2629.36	2625.67	2624.33	2627.71	2627.36	2622.6731	2622.326
2630.71	2625.78	2625.33	2622.77	2627.71	2625.78	2622.326	2620.7709
2627.78	2630.10	2623.77	2623.17	2625.78	2627.1	2620.7709	2620.1741

2630.10	2627.90	2622.17	2618.70	2627.1	2624.897	2620.1741	2618.7036
2624.90	2618.88	2620.70	2616.28	2624.897	2618.88	2618.7036	2615.2841

Factor de Corrección			
TERRENO AGUAS ARRIBA		COLECTOR AGUAS ABAJO	
9	10	11	12
0.999264	0.998894	0.998895	1.000000
0.999631	0.999261	0.999261	0.998890
0.999630	0.999261	0.999260	1.000000
0.999261	0.999630	1.000000	0.999630
1.000000	1.000000	0.999259	0.998886
0.999629	0.998883	1.000000	1.000000
0.998883	0.999626	0.999254	1.000000
0.999252	0.999249	1.000000	0.999624
0.999249	0.999246	0.999624	0.999622
0.999623	0.998866	0.999245	0.999243
0.999622	0.999240	1.000000	0.999240
0.999240	0.998861	0.999620	1.000000
0.998861	1.000000	0.999240	1.000000
0.998861	0.999620	0.998860	1.000000

0.999240	0.999620	0.999239	0.999239
0.999257	0.999254	0.999628	0.999253
0.999627	0.999252	1.000000	1.000000
1.000000	0.998874	0.998876	0.999624
0.998874	0.999249	0.999248	0.999624
0.998874	1.000000	1.000000	0.999247
0.999624	1.000000	0.999623	0.998870
1.000000	0.999246	0.999247	0.999622
0.998869	0.998865	1.000000	0.999242
0.998865	1.000000	1.000000	0.999240
1.000000	1.000000	0.999622	0.999621
0.999244	0.999622	0.998865	0.998864
1.000000	0.999621	0.999242	0.999241
0.999621	0.998862	1.000000	0.998861
0.999241	0.999241	0.999241	0.998861
0.998863	0.999241	0.998861	0.998861
0.999241	0.999241	0.999240	0.998861
0.999241	0.998861	0.998861	1.000000

0.999241	0.999620	0.998859	1.000000
0.999620	1.000000	0.999619	0.999619
0.998861	1.000000	1.000000	0.999619
1.000000	1.000000	0.999619	0.999619
1.000000	0.999620	1.000000	0.999619
0.998860	0.999239	0.998857	0.999238
0.998860	1.000000	0.998857	0.999237
0.999239	0.998859	0.998857	0.998856
0.998859	0.998858	0.999237	1.000000
1.000000	1.000000	0.999237	0.999618

Cotas Corregidas	
ARRIBA Factor escogido	ABAJO
0.999251	0.999257
29	30
2713.994969	2709.736439
2707.719675	2702.901518
2702.213803	2704.080642
2704.062417	2701.902261
2700.884800	2692.639144
2693.620247	2684.135463

2684.117372	2670.985234
-------------	-------------

2671.966484	2662.621449
-------------	-------------

2662.603504	2651.709558
-------------	-------------

2650.692435	2643.545624
-------------	-------------

2641.529306	2631.344691
-------------	-------------

2631.326956	2632.144097
-------------	-------------

2632.126357	2628.356911
-------------	-------------

2632.126357	2629.426116
-------------	-------------

2630.407646	2630.455352
-------------	-------------

2688.933761	2680.168411
-------------	-------------

2679.151096	2671.125131
-------------	-------------

2669.108626	2662.391620
-------------	-------------

2662.373676	2660.383113
-------------	-------------

2661.364433	2655.236937
-------------	-------------

2656.218292	2654.327613
-------------	-------------

2654.309723	2649.081511
-------------	-------------

2650.062907	2642.116686
-------------	-------------

2642.098879	2632.493837
-------------	-------------

2649.383417	2642.946070
-------------	-------------

2644.926759	2641.097444
2640.080393	2635.221810
2635.204049	2635.361706
2634.344693	2634.632248
2635.613742	2634.492352
2634.474596	2633.373183
2633.355435	2632.453867
2631.436874	2629.795842
2629.778118	2628.536777
2631.516814	2627.037891
2627.020186	2626.841037
2626.823333	2626.758099
2628.738897	2627.407616
2628.738897	2623.830275
2625.811092	2628.147067
2628.129354	2625.945703
2622.930252	2616.935398

DEM 1-CN ASTER				COTAS			
TERRENO		COLECTOR		TERRENO		COLECTOR	
AGUAS		AGUAS		AGUAS		AGUAS	
ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
				35	36	37	38

1	2	3	4	5	6	7	8
2714.03	2713.75	2713.03	2708.39	2714.03	2708.75	2711.025	2704.387
2716.75	2703.91	2709.39	2704.84	2708.75	2702.91	2704.387	2698.835
2703.24	2710.09	2708.44	2702.06	2703.24	2704.09	2701.441	2701.062
2705.09	2703.91	2702.06	2704.21	2704.09	2702.91	2701.062	2699.205
2706.91	2698.64	2698.84	2693.97	2702.91	2694.64	2698.835	2689.966
2699.64	2689.13	2689.62	2682.78	2694.64	2683.13	2689.616	2678.778
2687.13	2674.97	2685.43	2674.98	2683.13	2671.97	2678.428	2667.979
2678.97	2667.60	2673.98	2666.41	2671.97	2662.6	2667.979	2658.407
2662.60	2651.68	2660.41	2649.44	2662.6	2651.68	2658.407	2647.443
2652.68	2646.51	2655.09	2643.42	2651.68	2642.51	2647.093	2638.424
2648.51	2632.30	2640.95	2631.70	2642.51	2631.3	2637.95	2629.7
2632.30	2632.10	2634.60	2634.55	2631.3	2631.1	2629.6	2629.5475
2635.10	2637.31	2634.24	2633.75	2631.1	2630.31	2629.24	2628.746
2633.10	2632.38	2632.37	2632.85	2631.1	2630.38	2628.371	2626.847
2631.38	2639.41	2631.85	2626.00	2630.38	2631.41	2626.847	2625.998
2692.95	2686.16	2687.95	2678.39	2688.95	2680.16	2684.947	2676.39
2682.16	2672.11	2677.39	2671.62	2680.16	2671.11	2676.39	2666.619
2679.11	2663.37	2670.27	2665.09	2671.11	2661.37	2666.269	2658.088

2663.37	2660.36	2661.09	2661.06	2661.37	2660.36	2658.0875	2657.06
2662.36	2659.21	2662.71	2658.62	2660.36	2657.21	2656.71	2653.62
2663.21	2660.30	2653.62	2657.77	2657.21	2656.3	2653.62	2652.7698
2657.30	2651.05	2659.42	2652.70	2656.3	2649.05	2652.419	2645.704
2654.05	2641.08	2646.70	2644.29	2649.05	2641.08	2643.704	2637.285
2642.08	2641.45	2637.66	2635.01	2641.08	2634.45	2635.655	2631.008
2656.37	2651.91	2646.87	2641.63	2651.37	2644.91	2646.871	2640.626
2645.91	2645.06	2640.62	2640.01	2644.91	2642.06	2640.6236	2638.01
2644.06	2640.18	2645.01	2634.18	2642.06	2636.18	2638.014	2633.184
2636.18	2639.32	2635.18	2639.65	2636.18	2634.32	2633.184	2631.649
2637.32	2642.59	2636.65	2635.22	2634.32	2634.59	2631.649	2631.221
2636.59	2641.45	2639.22	2634.79	2634.59	2634.45	2631.221	2630.791
2641.45	2633.33	2637.79	2634.61	2634.45	2633.33	2630.791	2630.605
2639.33	2636.41	2633.01	2631.85	2633.33	2631.41	2630.01	2629.8528
2636.41	2635.75	2630.00	2630.68	2631.41	2630.75	2625.998	2625.678
2632.75	2635.49	2630.68	2631.29	2630.75	2630.49	2625.678	2625.289
2638.49	2630.99	2628.29	2625.95	2630.49	2628.99	2625.289	2623.9484
2634.99	2629.79	2630.95	2630.75	2628.99	2628.793	2623.9484	2623.751
2633.79	2632.71	2628.75	2626.67	2628.793	2627.71	2623.751	2622.6731

2633.71	2629.36	2624.67	2625.33	2627.71	2627.36	2622.6731	2622.326
2632.71	2628.78	2625.33	2621.77	2627.71	2625.78	2622.326	2620.7709
2633.78	2634.10	2620.77	2627.17	2625.78	2627.1	2620.7709	2620.1741
2627.10	2631.90	2621.17	2622.70	2627.1	2624.897	2620.1741	2618.7036
2627.90	2625.88	2618.70	2622.28	2624.897	2618.88	2618.7036	2615.2841

Factor de Corrección			
TERRENO AGUAS ARRIBA		COLECTOR AGUAS ARRIBA	
9	10	11	12
1.000000	0.998158	0.999263	0.998523
0.997055	0.999630	0.998155	0.997782
1.000000	0.997786	0.997415	0.999630
0.999630	0.999630	0.999630	0.998151
0.998522	0.998518	1.000000	0.998515
0.998148	0.997769	1.000000	0.998509
0.998511	0.998878	0.997393	0.997383
0.997387	0.998126	0.997756	0.997000
1.000000	1.000000	0.999248	0.999245
0.999623	0.998489	0.996987	0.998109
0.997735	0.999620	0.998864	0.999240

0.999620	0.999620	0.998102	0.998102
0.998482	0.997346	0.998102	0.998102
0.999240	0.999240	0.998480	0.997721
0.999620	0.996969	0.998100	1.000000
0.998515	0.997766	0.998884	0.999253
0.999254	0.999626	0.999627	0.998128
0.997014	0.999249	0.998502	0.997373
0.999249	1.000000	0.998873	0.998497
0.999249	0.999248	0.997747	0.998119
0.997747	0.998496	1.000000	0.998119
0.999624	0.999246	0.997368	0.997361
0.998116	1.000000	0.998867	0.997353
0.999622	0.997350	0.999242	0.998482
0.998118	0.997360	1.000000	0.999621
0.999622	0.998866	1.000000	0.999242
0.999244	0.998485	0.997354	0.999620
1.000000	0.998106	0.999241	0.996969
0.998862	0.996973	0.998104	0.998482
0.999241	0.997350	0.996969	0.998482

0.997350	1.000000	0.997346	0.998482
0.997727	0.998103	0.998861	0.999240
0.998103	0.998103	0.998479	0.998099
0.999240	0.998103	0.998099	0.997720
0.996968	0.999240	0.998859	0.999238
0.997723	0.999620	0.997339	0.997339
0.998102	0.998101	0.998098	0.998477
0.997722	0.999239	0.999238	0.998857
0.998101	0.998859	0.998857	0.999619
0.996963	0.997343	1.000000	0.997336
1.000000	0.997340	0.999618	0.998475
0.998858	0.997334	1.000000	0.997331

Cotas Corregidas	
ARRIBA	ABAJO
Factor escogido	
0.998690	0.998492
29	30
2710.475575	2709.659002
2713.192013	2699.833836
2699.699706	2706.004520
2701.547283	2699.833836

2703.364899	2694.571781
2696.104421	2685.076117
2683.610804	2670.937464
2675.461491	2663.578574
2659.112930	2647.682573
2649.205922	2642.520367
2645.041383	2628.331789
2628.852612	2628.132090
2631.648945	2633.334236
2629.651565	2628.411668
2627.933817	2635.431071
2689.423182	2682.110595
2678.647313	2668.081775
2675.601308	2659.354951
2659.881922	2656.349488
2658.873244	2655.201222
2659.722131	2656.289579
2653.819871	2647.053523
2650.574128	2637.098553
2638.619804	2637.467995

2652.891089	2647.912227
2642.444788	2641.072553
2640.597211	2636.199910
2632.727531	2635.341206
2633.866038	2638.606277
2633.136994	2637.467995
2637.990629	2629.360236
2635.873406	2632.435593
2632.957230	2631.776588
2629.302023	2631.516980
2635.034506	2627.023764
2631.539089	2625.828568
2630.343657	2628.741171
2630.260766	2625.396221
2629.262075	2624.817095
2630.330674	2630.129075
2623.659423	2627.929396
2624.455379	2621.921467

DEM 1-CN ASTER				COTAS			
TERRENO		COLECTOR		TERRENO		COLECTOR	
AGUAS		AGUAS		AGUAS		AGUAS	
ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
35	36	37	38	35	36	37	38
1	2	3	4	5	6	7	8
2717.03	2714.75	2716.03	2707.39	2714.03	2708.75	2711.025	2704.387
2712.75	2705.91	2709.39	2704.84	2708.75	2702.91	2704.387	2698.835
2708.24	2709.09	2703.44	2707.06	2703.24	2704.09	2701.441	2701.062
2710.09	2706.91	2701.06	2705.21	2704.09	2702.91	2701.062	2699.205
2703.91	2697.64	2698.84	2693.97	2702.91	2694.64	2698.835	2689.966
2697.64	2683.13	2689.62	2683.78	2694.64	2683.13	2689.616	2678.778
2683.13	2674.97	2682.43	2670.98	2683.13	2671.97	2678.428	2667.979
2672.97	2666.60	2668.98	2662.41	2671.97	2662.6	2667.979	2658.407
2664.60	2652.68	2659.41	2652.44	2662.6	2651.68	2658.407	2647.443
2653.68	2643.51	2651.09	2644.42	2651.68	2642.51	2647.093	2638.424

2645.51	2637.30	2637.95	2635.70	2642.51	2631.3	2637.95	2629.7
2637.30	2636.10	2629.60	2629.55	2631.3	2631.1	2629.6	2629.547 5
2634.10	2636.31	2629.24	2629.75	2631.1	2630.31	2629.24	2628.746
2633.10	2634.38	2632.37	2626.85	2631.1	2630.38	2628.371	2626.847
2631.38	2634.41	2628.85	2626.00	2630.38	2631.41	2626.847	2625.998
2690.95	2680.16	2689.95	2680.39	2688.95	2680.16	2684.947	2676.39
2681.16	2672.11	2677.39	2672.62	2680.16	2671.11	2676.39	2666.619
2675.11	2663.37	2666.27	2663.09	2671.11	2661.37	2666.269	2658.088
2665.37	2662.36	2661.09	2660.06	2661.37	2660.36	2658.087 5	2657.06
2666.36	2662.21	2660.71	2659.62	2660.36	2657.21	2656.71	2653.62
2657.21	2661.30	2655.62	2654.77	2657.21	2656.3	2653.62	2652.769 8
2656.30	2649.05	2655.42	2651.70	2656.3	2649.05	2652.419	2645.704
2652.05	2647.08	2643.70	2641.29	2649.05	2641.08	2643.704	2637.285
2647.08	2635.45	2639.66	2635.01	2641.08	2634.45	2635.655	2631.008

2654.37	2650.91	2648.87	2640.63	2651.37	2644.91	2646.871	2640.626
2648.91	2645.06	2643.62	2640.01	2644.91	2642.06	2640.623 6	2638.01
2645.06	2639.18	2643.01	2637.18	2642.06	2636.18	2638.014	2633.184
2638.18	2638.32	2636.18	2631.65	2636.18	2634.32	2633.184	2631.649
2640.32	2635.59	2637.65	2633.22	2634.32	2634.59	2631.649	2631.221
2639.59	2634.45	2636.22	2636.79	2634.59	2634.45	2631.221	2630.791
2636.45	2639.33	2636.79	2635.61	2634.45	2633.33	2630.791	2630.605
2635.33	2636.41	2633.01	2633.85	2633.33	2631.41	2630.01	2629.852 8
2631.41	2634.75	2632.00	2625.68	2631.41	2630.75	2625.998	2625.678
2635.75	2630.49	2628.68	2626.29	2630.75	2630.49	2625.678	2625.289
2632.49	2629.99	2626.29	2624.95	2630.49	2628.99	2625.289	2623.948 4
2633.99	2634.79	2629.95	2623.75	2628.99	2628.79 3	2623.948 4	2623.751
2629.79	2629.71	2623.75	2628.67	2628.79 3	2627.71	2623.751	2622.673 1

2628.71	2630.36	2625.67	2628.33	2627.71	2627.36	2622.673 1	2622.326
2628.71	2625.78	2622.33	2620.77	2627.71	2625.78	2622.326	2620.770 9
2630.78	2631.10	2620.77	2626.17	2625.78	2627.1	2620.770 9	2620.174 1
2633.10	2625.90	2620.17	2621.70	2627.1	2624.89 7	2620.174 1	2618.703 6
2624.90	2622.88	2622.70	2619.28	2624.89 7	2618.88	2618.703 6	2615.284 1

Factor de Corrección			
TERRENO AGUAS ARRIBA	ABAJO	COLECTOR AGUAS ARRIBA	ABAJO
9	10	11	12
0.998896	0.997790	0.998159	0.998892
0.998525	0.998891	0.998155	0.997782
0.998154	0.998154	0.999260	0.997784
0.997786	0.998522	1.000000	0.997782
0.999630	0.998888	1.000000	0.998515
0.998888	1.000000	1.000000	0.998137
1.000000	0.998878	0.998509	0.998877
0.999626	0.998500	0.999625	0.998498
0.999249	0.999623	0.999624	0.998115

0.999246	0.999622	0.998491	0.997731
0.998866	0.997725	1.000000	0.997724
0.997725	0.998103	1.000000	1.000000
0.998861	0.997724	1.000000	0.999620
0.999240	0.998482	0.998480	1.000000
0.999620	0.998861	0.999239	1.000000
0.999257	1.000000	0.998141	0.998508
0.999627	0.999626	0.999627	0.997755
0.998505	0.999249	1.000000	0.998122
0.998499	0.999249	0.998873	0.998872
0.997750	0.998122	0.998497	0.997744
1.000000	0.998121	0.999247	0.999247
1.000000	1.000000	0.998870	0.997737
0.998869	0.997733	1.000000	0.998486
0.997733	0.999621	0.998485	0.998482
0.998870	0.997737	0.999245	1.000000
0.998490	0.998866	0.998865	0.999242
0.998866	0.998863	0.998108	0.998483
0.999242	0.998484	0.998862	1.000000
0.997728	0.999621	0.997725	0.999240

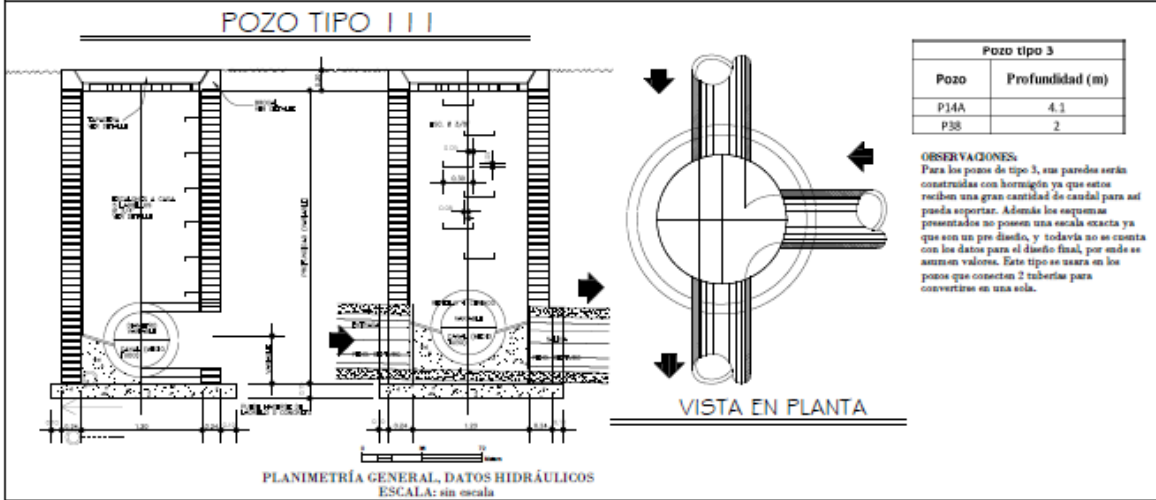
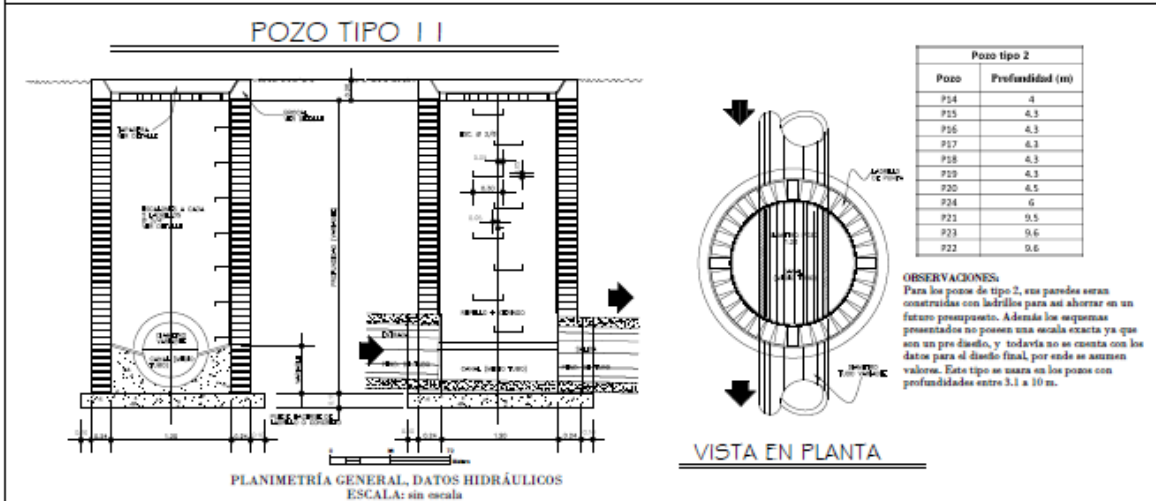
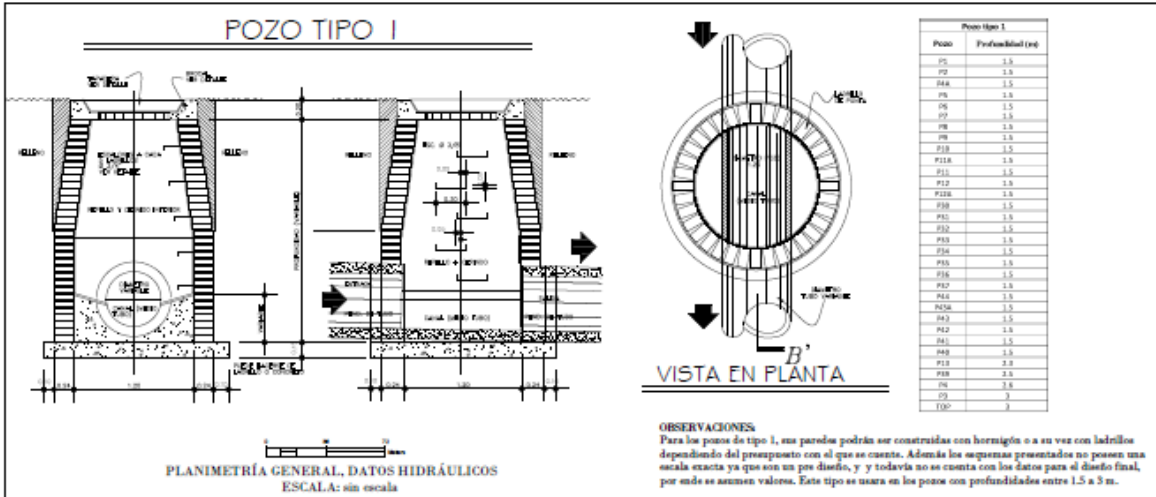
0.998106	1.000000	0.998103	0.997725
0.999241	0.997727	0.997725	0.998103
0.999241	0.998103	0.998861	0.998481
1.000000	0.998482	0.997720	1.000000
0.998103	1.000000	0.998859	0.999619
0.999240	0.999620	0.999619	0.999619
0.998102	0.997723	0.997719	1.000000
0.999620	0.999239	1.000000	0.997717
0.999620	0.998859	0.998857	0.997717
0.999620	1.000000	1.000000	1.000000
0.998099	0.998480	1.000000	0.997715
0.997721	0.999619	1.000000	0.998856
1.000000	0.998475	0.998475	0.998473

Cotas Corregidas	
ARRIBA	ABAJO
Factor escogido	
0.998892	0.998862
29	30
2714.019218	2711.661305
2709.743961	2702.831362
2705.238959	2706.007744

2707.086909	2703.830224
2700.913757	2694.570771
2694.650705	2680.077280
2680.156783	2671.926564
2670.008042	2663.566087
2661.647317	2649.661924
2650.739417	2640.502358
2642.578471	2634.299423
2634.377568	2633.100788
2631.181114	2633.310549
2630.182222	2631.382745
2628.464128	2631.412711
2687.968118	2677.110659
2678.188966	2669.069818
2672.145671	2660.339762
2662.416464	2659.330911
2663.405367	2659.181082
2654.265506	2658.272117
2653.356514	2646.036054
2649.111224	2644.068296

2644.146731	2632.451528
2651.428653	2647.893938
2645.974703	2642.050594
2642.128969	2636.177284
2635.256593	2635.318262
2637.394222	2632.591369
2636.665031	2631.452666
2633.528510	2636.327113
2632.409751	2633.410436
2628.494095	2631.752324
2632.829286	2627.497171
2629.572898	2626.997740
2631.071236	2631.795275
2626.878887	2626.718058
2625.797087	2627.367319
2625.797087	2622.792530
2627.864793	2628.106477
2630.182222	2622.909397
2621.988312	2619.895829

ANEXO 3 Planos



 <p>PUCE</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p>INGENIERÍA CIVIL</p>	<p>DEPARTAMENTO DE ALICANTABILIDAD COMUNITARIO DEL TERCER LA PAZ</p> <p>NOTA DE EJECUCIÓN</p> <p>PROYECTO DE ALICANTABILIDAD COMUNITARIO DEL TERCER LA PAZ</p>	<p>DEPARTAMENTO DE ALICANTABILIDAD COMUNITARIO DEL TERCER LA PAZ</p> <p>ESCALA</p> <p>REALIZADO POR</p> <p>REVISADO POR</p> <p>APROBADO POR</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------