



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones

**Evaluación hidráulica y modelamiento del interceptor sanitario del
río Tomebamba en el tramo comprendido entre la Av. de las
Américas y la Ciudadela de los Ingenieros**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autor:

JUAN DIEGO CABRERA VALDEZ

Director:

ING. JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA-ECUADOR

2015

Dedicatoria

Este proyecto de tesis, es realmente especial para mí, es por eso que quiero dedicar el mismo a mis padres que me han brindado todo su apoyo, depositando su entera confianza en cada reto presentado, sin dudar en ningún momento de mi capacidad a lo largo de mi carrera universitaria, convirtiéndose en los pilares fundamentales de mi vida, gracias a ellos he podido culminar este proyecto con mucha satisfacción.

Agradecimiento

Quiero agradecer a Dios por haberme protegido y guiado en el transcurso de estos años, a mi familia por todo su apoyo y amor incondicional, principalmente quiero agradecer a mi director de tesis al Ingeniero Josué Larriva Vásquez, que ha hecho posible la ejecución de este proyecto aportando con sus grandes capacidades y conocimientos.

EVALUACIÓN HIDRÁULICA Y MODELAMIENTO DEL INTERCEPTOR SANITARIO DEL RÍO TOMBAMBA EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA AV. DE LAS AMÉRICAS Y LA CIUDADELA DE LOS INGENIEROS

RESUMEN

La evaluación del sistema de alcantarillado surge debido al desconocimiento del funcionamiento hidráulico del colector en las condiciones actuales, por ello las empresas que prestan el servicio buscan identificar las vulnerabilidades del sistema, mejorar su operación y mantenimiento, teniendo como consecuencia una optimización de su servicio.

Este proyecto tiene como fin la valoración de toda la información necesaria para realizar un diagnóstico de la situación actual del colector sanitario del río Tombamba, para de esta manera determinar el comportamiento de éste ante una futura demanda, o en su defecto las mejoras a realizar, para su correcto funcionamiento.

Esta investigación se basa en la recolección de datos de campo y la elaboración de un modelo hidráulico con la ayuda de un software con capacidad para realizar varias simulaciones, que permitan reproducir el funcionamiento del sistema en las condiciones actuales y futuras.

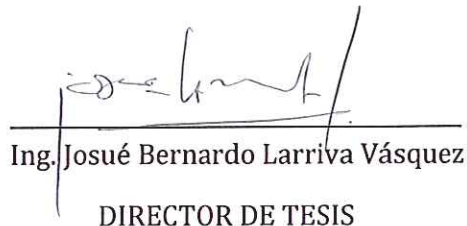
Palabras Clave:

Collectores, alcantarillado, pozos, interceptores, evaluación, modelación.



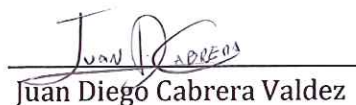
Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz

DIRECTOR DE ESCUELA



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

DIRECTOR DE TESIS



Juan Diego Cabrera Valdez

AUTOR

**HYDRAULIC EVALUATION AND SANITARY INTERCEPTOR SEWER
MODELING OF THE TOMBAMBA RIVER AT THE SECTION BETWEEN
DE LAS AMERICAS AVENUE AND CIUDADELA DE LOS INGENIEROS**

ABSTRACT

The evaluation of the sewer system arises due to the lack of knowledge of the collector's current conditions hydraulic operation; therefore, the companies that provide service seek to identify the system vulnerabilities, improve its operation and maintenance so as to optimize service.

This project aims at assessing all the information needed to make a diagnosis of the *Tombamba* River sanitary collector current situation in order to determine its behavior to future demand, or otherwise to make improvements for proper operation.

This research is based on field data collection and design of a hydraulic model with the help of software capable to perform various simulations, enabling to reproduce the system operation in current and future conditions.

Keywords: Collectors, Sewage, Wells, Interceptors, Evaluation, Modeling



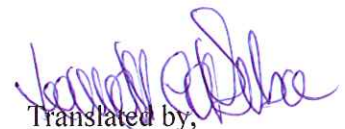
Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz
SCHOOL DIRECTOR



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez
THESIS DIRECTOR



Juan Diego Cabrera Valdez
AUTHOR



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1. Introducción	2
1.1.1. Antecedentes	2
1.1.2 Justificación.....	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Marco teórico	3
1.3.1 Conceptos preliminares	3
1.3.2 Sistemas de alcantarillado	3
1.3.3 Disposición de la red del alcantarillado	4
1.3.3.1 Sistema perpendicular sin interceptor	4
1.3.3.2 Sistema perpendicular con interceptor	5
1.3.4 Colectores e interceptores	5
1.3.5 Caudal de infiltración (Q_i)	6
1.3.6 Criterios para el diseño hidráulico de los colectores.....	7
1.3.6.1 Diámetros mínimos	8
1.3.6.2 Criterios de trazado de las redes	8

CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

2.1. Recolección de datos topográficos, demográficos y catastrales	9
--	---

2.2. Levantamiento de datos de campo	9
2.3. Elaboración del modelo digital en 3D.....	18

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN HIDRÁULICA

3.1. Discretización de las áreas de aporte	21
3.2 Propiedades físicas de los colectores y pozos	23
3.2.1 Longitud de las tuberías	23
3.2.2 Población.....	24
3.2.3 Densidad de población	26
3.2.4Aportes de aguas residuales	26
3.2.5 Caudal de infiltración.....	27

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados	30
4.2 Propuestas de mejoramiento	38
4.3 Presupuesto de las obras de mejoramiento.....	39

CONCLUSIONES	40
--------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	41
--------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aporte de infiltración por longitud de tubería	7
Tabla 2: Aporte de infiltración por área drenada RAS-2000	7
Tabla 3: Datos de los pozos tramo antiguo	10
Tabla 4: Datos de las tuberías tramo antiguo	11
Tabla 5: Datos de los pozos tramo nuevo	13
Tabla 6: Datos de las tuberías tramo nuevo	15
Tabla 7: Áreas de aporte .shp	21
Tabla 8: Longitud de tuberías .shp	23
Tabla 9: Población .shp	25
Tabla 10: Datos para el diseño	28
Tabla 11: Caudales de aportación a los nudos .shp.....	28
Tabla 12: Resumen de los caudales en las tuberías año 2010.....	34
Tabla 13: Resumen de los caudales en las tuberías año 2020.....	35
Tabla 14: Resumen de los caudales en las tuberías año 2030.....	36
Tabla 15: Longitud total del colector antiguo	37
Tabla 16: Longitud total del colector nuevo	37
Tabla 17: Longitud tramo antiguo con problemas de continuidad	38
Tabla 18: Longitud tramo nuevo con problemas de continuidad.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de un alcantarillado perpendicular sin interceptor.....	4
Figura 2: Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor.....	5
Figura 3: Pozos y Tuberías (Anexo 2).....	18
Figura 4: Modelo Digital en 3D.....	19
Figura 5: Áreas de aporte .shp (Anexo 3).....	21
Figura 6: Longitud de tuberías por cada área de aporte .shp	23
Figura 7: Perfil de la lámina de agua año 2010 tramo antiguo Descarga 1	31
Figura 8: Perfil de la lámina de agua año 2010 tramo nuevo (Descarga 2).....	31
Figura 9: Perfil de la lámina de agua año 2020 tramo antiguo (Descarga 1)	32
Figura 10: Perfil de la lámina de agua año 2020 tramo nuevo (Descarga 2).....	32
Figura 11: Perfil de la lámina de agua año 2030 tramo antiguo(Descarga 1)	33
Figura 12: Perfil de la lámina de agua año 2030 tramo nuevo (Descarga 2).....	33
Figura 13: Longitudes con problemas de continuidad.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Perfiles tramos antiguo y nuevo

Anexo 2: Tramo analizado de pozos y tuberías

Anexo 3: Áreas de aporte

Anexo 4: Longitud de las tuberías por cada área de aporte

Anexo 5: Base poblacional

Anexo 6: Tuberías con problemas de continuidad

Anexo 7: Análisis de precios unitarios

Anexo 8: Presupuesto

Anexo 9: Especificaciones técnicas

Anexo 10: Resultados

Juan Diego Cabrera Valdez

Trabajo de Graduación

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Enero 2015

EVALUACIÓN HIDRÁULICA Y MODELAMIENTO DEL INTERCEPTOR SANITARIO DEL RÍO TOMBAMBA EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA AV. DE LAS AMÉRICAS Y LA CIUDADELA DE LOS INGENIEROS

INTRODUCCIÓN

Los colectores son las tuberías más grandes que hay en la red de alcantarillado, su función es transportar el agua recolectada hacia una planta de tratamiento, por eso la importancia de esta investigación, lo primero que se realizará será la evaluación del funcionamiento hidráulico de dichos colectores y con la ayuda de un software verificar la capacidad máxima que tienen los colectores, para así comprobar su funcionamiento en las condiciones actuales y futuras.

Lo que se busca con esta información es conservar el sistema de alcantarillado en óptimo funcionamiento para evitar problemas en su operación, mantenimiento y costos, por lo que se beneficiará la empresa ETAPA EP de esta evaluación.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. Introducción

1.1.1. Antecedentes

Una de las prioridades importantes que necesita la población es el saneamiento, además un alcantarillado deteriorado o sobrecargado puede afectar a la ciudad, por lo que se hace necesario realizar una evaluación de dicho sistema.

A sí mismo la necesidad de abarcar la mayor cobertura posible, ha hecho que las empresas prestadoras de servicio de saneamiento innoven en aspectos referentes a la generación de sus sistemas. El enfoque de esta investigación se centra en un correcto modelamiento del sistema llegando a tener una base para determinar las mejoras necesarias.

1.1.2 Justificación

Esta investigación se llevará a cabo para conocer el funcionamiento hidráulico de los interceptores sanitarios del río Tomebamba en las condiciones actuales por lo que es preciso contar con un modelo para evaluar los parámetros hidráulicos de los diferentes elementos que lo conforman. El propósito de contar con este modelo es comprobar si el colector está funcionando hidráulicamente de manera correcta y así poder proponer mejoras que ayuden a la ciudad de Cuenca, esta información beneficiará a la empresa ETAPA EP para brindar un mejor servicio a la población que necesita de esta infraestructura, esto se logrará con la utilización de paquetes de software utilizados actualmente por dicha empresa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar la evaluación hidráulica y modelamiento de la infraestructura del interceptor sanitario existente en el río Tomebamba, para así contar con información necesaria que permita asegurar el funcionamiento del mismo durante toda su vida útil.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar y recopilar datos de las características de los elementos del alcantarillado contemplados en el área de estudio.
- Elaborar un geodatabase de la información recopilada para brindar un buen servicio de saneamiento que beneficie a la población de la ciudad.
- Planificar y generar un modelo digital de un sistema de alcantarillado mediante la utilización de un software para evaluar el funcionamiento de dicho sistema.
- Verificar mediante el modelo elaborado la situación actual del sistema de alcantarillado, que comprende: verificación de flujo, capacidad de la tubería, entre otros.
- Determinar los principales parámetros hidráulicos del interceptor sanitario del río Tomebamba para ver si ha ocasionado cambios con respecto a su diseño.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Conceptos preliminares

Para el estudio del funcionamiento hidráulico de los colectores e interceptores que se va a efectuar, primero debemos estar al tanto de ciertos parámetros hidráulicos que nos ayudarán a comprender su comportamiento; además de conocer algunos aspectos que tomaremos en cuenta para la modelación del interceptor sanitario.

1.3.2 Sistemas de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos: convencionales y no convencionales. Los convencionales son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, en cambio los sistemas no convencionales surgen como respuesta de saneamiento básico de poblaciones con recursos económicos limitados, pero son sistemas poco flexibles que requieren una mayor definición y control de los caudales.¹

Los sistemas de alcantarillados convencionales se clasifican así, según el tipo de agua que conduzcan:

¹López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p. 341-342

- Alcantarillado separado: las aguas residuales y lluvias se evacúan por el alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial respectivamente.
- Alcantarillado combinado: conduce las aguas residuales y lluvias al mismo tiempo.

Los sistemas de alcantarillados no convencionales se clasifican en:

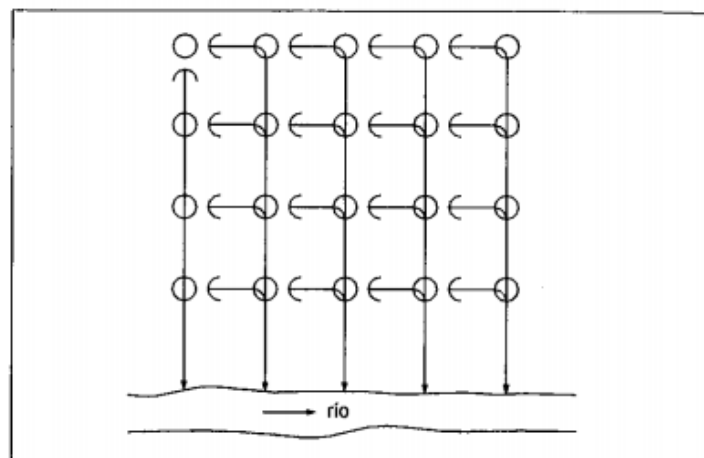
- Alcantarillado simplificado
- Alcantarillados condominiales
- Alcantarillados sin arrastre de sólidos²

1.3.3 Disposición de la red del alcantarillado

1.3.3.1 Sistema perpendicular sin interceptor

Es un sistema adecuado para un alcantarillado pluvial, ya que sus aguas pueden verterse a una corriente superficial en cercanías de la población, sin que haya riesgos para la salud humana ni deterioro de la calidad del cuerpo receptor.³

Figura 1: Esquema de un alcantarillado perpendicular sin interceptor



En la figura 1 se muestra el esquema que es utilizado para alcantarillados pluviales en el cual las aguas lluvias son transportadas hacia el río.

Fuente: López Cualla, R. A. (2003).

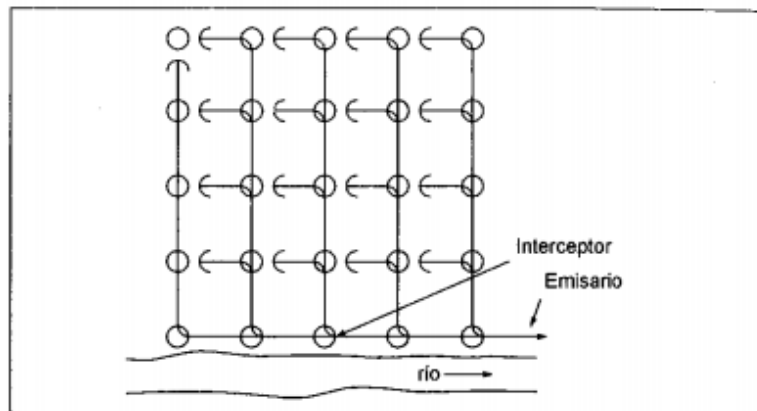
²López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p. 342

³López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p. 344

1.3.3.2 Sistema perpendicular con interceptor

El sistema de alcantarillado perpendicular con interceptor se utiliza para alcantarillados sanitarios. El interceptor recoge el caudal de aguas residuales de la red y lo transporta a una planta de tratamiento de aguas residuales, o vierte el caudal a la corriente superficial aguas debajo de la población para evitar riesgos contra la salud humana.⁴

Figura 2: Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor



Fuente: López Cualla, R. A. (2003).

En la figura 2 se muestra el esquema que es utilizado para alcantarillados sanitarios en el cual las aguas negras son transportadas hacia una planta de tratamiento.

1.3.4 Colectores e interceptores

Los colectores son las tuberías más grandes que hay en la red y representan la parte medular del sistema de alcantarillado. También se les llama interceptores, dependiendo de su acomodo en la red. Su función es reunir el agua recolectada por los subcolectores y llevarla hasta el punto de salida de la red e inicio del emisor.

El diseño hidráulico se realiza tramo por tramo, los gastos de diseño se obtienen de cada tramo de los colectores e interceptores, y se calculan los diámetros, pendientes y elevaciones de plantilla de las tuberías.⁵

⁴López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p. 344

⁵Agua, C. N. (Diciembre de 2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario*. Mexico, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, p. 78

En cambio el interceptor es la tubería que intercepta las aguas negras de los colectores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento. En un modelo de interceptores, las tuberías principales (colectores) se instalan en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas y sin grandes desniveles, y se descargan a una tubería de mayor diámetro (interceptor) generalmente paralelo a alguna corriente natural.⁶

1.3.5 Caudal de infiltración (Q_i)

El caudal de infiltración es producido por la entrada del agua que se encuentra por debajo del nivel freático del suelo a través de las uniones entre tramos de tuberías, de fisuras en el tubo y en la unión con las estructuras de conexión como los pozos de inspección.

Este aporte adicional se estima con base en las características de permeabilidad del suelo en el que se ha de construir el alcantarillado sanitario. Puede expresarse por metro lineal de tubería o por su equivalente en hectáreas de área drenada.⁷

El caudal de infiltración se puede determinar de la siguiente manera:

- Altura del nivel freático sobre el fondo del colector.
- Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.
- Dimensiones, estado, tipo de alcantarillas, y cuidado en la construcción de cámaras de inspección.
- Material de la tubería y tipo de unión.⁸

A continuación se presentan algunos valores de infiltración que se usan cuando no se cuenta con la información de campo necesaria.

⁶Agua, C. N. (Diciembre de 2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario*. Mexico, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, p. 3

⁷López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p. 394

⁸OPS/CEPIS/05.169. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado . *Organización Panamericana de la salud*, 73, p. 20

Tabla 1: Aporte de infiltración por longitud de tubería⁹

Condiciones	Infiltración (L/s*km)		
	Alta	Media	Baja
Tuberías existentes	4,0	3,0	2,0
Tuberías nuevas con unión de:			
Cemento	3,0	2,0	1,0
Caucho	1,5	1,0	0,5

Fuente: López Cualla, R. A. (2003).

Tabla 2: Aporte de infiltración por área drenada RAS-2000

Infiltración (L/s*ha)		
Alta	Media	Baja
0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

Fuente: López Cualla, R. A. (2003).

Se recomienda utilizar los valores superiores del rango establecido en la tabla 2 cuando las condiciones de construcción no sean las mejores y la precipitación y riesgo de amenaza sísmica sean elevadas.¹⁰

1.3.6 Criterios para el diseño hidráulico de los colectores

Para el dimensionamiento de los colectores también se puede aplicar la ecuación de Manning que dice lo siguiente:

$$Q = \frac{A^{5/3} \times \sqrt{S_o}}{n \times P^{2/3}}$$

Términos:

Q = Caudal conducido por el colector (m³/s)

A = Área de la sección transversal mojada (m²)

S_o = Pendiente geométrica del colector (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad

P = Perímetro mojado (m)

⁹López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p. 395.

¹⁰López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p. 395

1.3.6.1 Diámetros mínimos

- 0.20m para colectores de alcantarillado sanitario.
- 0.30m para colectores de alcantarillado combinado.
- 0.10m para conexiones domiciliarias de los sistemas sanitarios.
- 0.15m para conexiones domiciliarias del sistema combinado y sumideros.

1.3.6.2 Criterios de trazado de las redes

- Hay que tratar de seguir la pendiente del terreno para reducir los cortes.
- Cuando existan cambios de alineación o pendiente en los tramos del colector, mediante pozos convencionales se logrará una mayor facilidad en la operación del sistema. (Empresa Publica Municipal de Telecomunicaciones, 2009, pp. 18-19)

CAPÍTULO 2

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

2.1. Recolección de datos topográficos, demográficos y catastrales

Para realizar la recolección de los datos de los interceptores del tramo antiguo y nuevo del sector comprendido entre la Av. De las Américas hasta la ciudadela de los ingenieros, la empresa ETAPA E.P. ha facilitado la información de los catastros de los interceptores recopilada por sus funcionarios la misma que consta de las cotas, tipo de calzada, tipos de pozos y dentro de las tuberías los diámetros de cada tramo.

Con la información recibida se verificará las características de todos los elementos mencionados, ya que en algunos casos no se especifican y con ello poder realizar la evaluación de cada interceptor.

2.2. Levantamiento de datos de campo

Para el desarrollo de este punto se realizó un análisis de toda la información recolectada dentro de las cuales están: la verificación de las propiedades físicas, longitudes, ubicaciones, cotas y fichas de campo. Las herramientas que se utilizaron para hacer este levantamiento fue un equipo topográfico y un GPS, los pozos analizados en el tramo antiguo fueron los siguientes:

- Los pozos P31A, P36, P43, P46, P49, P53', P71 que se tuvo que destapar para verificar sus cotas de fondo y de tapa.
- Los pozos PR y P17' se verificaron pero no se encontraron.

Mientras que los pozos que se observaron en el tramo nuevo fueron los siguientes:

- Los pozos 117, 133' que se tuvo que destapar para verificar sus cotas de fondo y de tapa.
- Los pozos 59' y 131 se verificaron pero no se encontraron.

Con esto se completó la información, y se procesó todos estos datos con la ayuda del Civil CAD y del programa "ArcGis" se generaron archivos .shp de tuberías y pozos de revisión, a continuación se presenta todos los datos:

Tabla 3: Datos de los pozos tramo antiguo

#Pto	C.POZ	Norte	Este	Cota Tapa	Cota Fondo	T.Calzada	T. Pozo	C.Entrada	C.Salida
1	p71	9678586.0352	722369.4769	2507.57	2505.67	T	R	2505.67	2505.67
2	70	9678566.4696	722387.7666	2507.00	2503.60	T	R	2503.60	2503.60
3	68	9678543.3029	722414.409	2506.29	2502.93	T	R	2502.93	2502.93
4	p64	9678311.9753	722590.0531	2503.00	2499.28	T	R	2499.28	2499.30
5	p63	9678302.6534	722597.3975	2502.14	2499.09	T	R	2499.09	2498.92
6	p62	9678256.4632	722645.8402	2500.78	2497.84	T	R	2497.84	2497.84
7	p61	9678210.0209	722694.7719	2499.82	2497.00	T	R	2497.00	2497.00
8	P59	9678150.7984	722761.1085	2496.44	2494.84	T	R	2494.84	2494.84
9	P 58	9678155.1712	722809.0244	2496.30	2494.01	T	R	2494.01	2494.01
10	P 57	9678156.0097	722815.2116	2495.65	2493.86	T	R	2493.86	2493.86
11	P 56	9678164.6492	722850.6905	2495.10	2492.70	T	R	2492.70	2492.70
12	P 55	9678193.8670	722885.179	2494.68	2491.50	P	R	2491.50	2491.50
13	P 54L	9678193.7584	723053.373	2492.70	2489.09	P	R	2489.09	2489.09
14	P 54K	9678228.9244	723157.6659	2492.05	2488.10	P	R	2488.10	2488.10
15	P 54j	9678232.8446	723164.6576	2491.10	2487.99	P	R	2487.99	2487.99
16	P 54i	9678271.5528	723231.175	2489.64	2487.34	P	R	2487.34	2487.34
17	p54h	9678302.2153	723283.647	2488.73	2486.23	P	R	2486.23	2486.23
18	P54g	9678326.8003	723325.7393	2487.80	2485.44	P	R	2485.44	2485.44
19	P54F	9678368.6469	723378.1811	2486.20	2483.60	P	R	2483.60	2483.60
20	P54e	9678375.0966	723387.4268	2485.55	2483.83	P	R	2483.83	2483.83
21	P 54d	9678401.2241	723520.6597	2484.63	2481.45	P	R	2481.45	2481.45
22	P54b	9678399.5131	723574.0903	2483.89	2480.45	P	R	2480.45	2480.45
23	P54	9678386.4420	723724.896	2482.79	2479.30	P	DER	2479.30	2479.30
24	P53h	9678402.5612	723751.1379	2482.10	2479.54	P	R	2479.54	2479.54
25	P53G	9678403.0360	723752.193	2481.25	2479.18	P	R	2479.18	2479.18
26	p53f	9678406.4380	723812.5839	2480.50	2477.85	P	R	2477.85	2477.85
27	P53E	9678401.5962	723863.6814	2479.46	2477.16	P	R	2477.16	2477.16
28	p53d	9678377.6912	723948.9921	2477.90	2475.94	P	R	2475.94	2475.94
29	p53c	9678390.9513	723979.769	2477.39	2475.43	P	R	2475.43	2475.43
30	P53B	9678467.7845	724038.889	2476.63	2474.23	P	R	2474.23	2474.23
31	P53'	9678581.3080	724123.557	2476.81	2473.52	P	R	2473.52	2473.52
32	P53	9678578.9240	724149.269	2476.81	2473.52	P	DER	2473.52	2473.52
33	P52	9678673.7520	724258.784	2472.55	2471.35	P	R	2471.35	2471.35
34	P51	9678677.9520	724264.304	2472.39	2470.39	P	R	2470.39	2470.39
35	P50	9678698.7540	724333.151	2471.86	2470.36	P	R	2470.36	2470.36
36	P49	9678704.7850	724343.597	2471.11	2470.76	P	R	2470.76	2470.76
37	P48	9678715.9490	724359.044	2470.95	2469.90	P	R	2469.90	2469.90
38	P 46	9678727.9830	724369.446	2469.95	2467.95	P	R	2468.35	2467.95
39	P 45	9678742.1820	724379.831	2469.76	2467.28	P	R	2467.28	2467.28
40	P 44	9678773.8960	724391.11	2469.33	2467.10	P	R	2467.10	2467.10
41	P 43	9678838.2470	724421.5	2468.61	2467.51	P	R	2467.51	2467.51
42	P 42	9678861.5740	724432.886	2468.31	2466.13	P	R	2466.13	2466.13
43	P 41	9678890.6660	724446.079	2467.95	2465.65	P	R	2465.65	2465.65
44	P 40	9678923.5550	724460.874	2467.60	2465.25	P	R	2465.25	2465.25
45	P 39	9678988.3390	724487.866	2467.51	2464.41	P	R	2464.41	2464.41
46	P 38	9679033.8730	724508.169	2467.29	2465.34	P	R	2465.34	2465.34
47	P 37	9679073.9900	724526.586	2466.76	2464.96	P	R	2464.96	2464.96
48	P36	9679098.3500	724543.974	2466.36	2464.56	P	R	2464.56	2464.66
49	P 35	9679122.4410	724575.807	2465.90	2464.06	P	R	2464.06	2464.05
50	P 33	9679191.5180	724727.328	2463.57	2461.23	P	R	2461.23	2461.23
51	P 32	9679251.3830	724830.987	2462.73	2460.15	P	R	2460.15	2460.15
52	P31A	9679256.8700	724836.669	2462.75	2459.85	P	R	2459.85	2459.85
53	P 30	9679334.4070	724916.784	2462.93	2459.22	P	R	2459.22	2459.22
54	P 29	9679394.5900	725052.77	2461.91	2458.01	T	R	2458.01	2458.01
55	P 28	9679430.2550	725095.878	2458.70	2455.03	T	R	2455.03	2455.03
56	P 27	9679475.8740	725163.655	2457.09	2453.26	T	R	2453.26	2455.81

57	PR-P2	9679525.2110	725247.159	2456.41	2454.44	T	DER	2454.44	2454.44
58	P 26	9679542.2280	725296.231	2456.17	2451.97	T	R	2451.97	2451.97
59	D3	9679577.3850	725354.429	2455.17	2453.10	T	DER	2453.10	2453.10
60	P 25	9679577.3020	725366.597	2455.04	2450.89	T	R	2450.89	2450.89
61	P 24	9679619.9130	725450.81	2454.14	2449.89	T	R	2449.89	2449.89
62	P 23	9679636.0050	725476.422	2453.79	2451.39	T	DER	2451.39	2451.39
63	P 22	9679689.0220	725611.688	2452.03	2448.66	P	R	2448.66	2448.66
64	P 21	9679700.3720	725637.644	2451.94	2448.59	T	R	2448.59	2448.59
65	P 20	9679716.1340	725674.754	2452.51	2448.31	T	R	2448.31	2448.31
66	P 19	9679759.5900	725731.423	2452.02	2447.92	T	R	2447.92	2447.92
67	P 18	9679791.7410	725774.517	2451.93	2447.58	T	R	2447.58	2447.58
68	P 17	9679854.7150	725960.012	2451.26	2446.66	T	R	2446.66	2446.66
69	P 16	9679883.8070	725988.193	2452.07	2446.34	T	R	2446.34	2446.34
70	P 15	9679934.4660	726038.324	2450.67	2445.97	T	R	2445.97	2445.97
71	P 14	9680011.1780	726117.602	2448.79	2444.09	T	R	2444.09	2444.09
72	P 13	9680056.2750	726184.721	2447.94	2441.49	T	R	2441.49	2441.49
73	P 12	9680085.6280	726363.512	2441.77	2437.85	T	R	2437.85	2437.85
74	P 11	9680137.6280	726438.06	2440.02	2437.00	P	R	2437.00	2437.00
75	P 10	9680183.2660	726583.498	2439.13	2434.38	T	R	2434.38	2434.38
76	P9	9680178.9410	726704.434	2438.58	2435.98	T	DES	2435.98	2435.98
77	P 8	9680196.1200	726701.964	2437.06	2433.39	T	R	2433.39	2433.19
78	P 7	9680206.8200	726800.137	2436.19	2431.99	T	DER	2431.99	2431.99
79	P 6	9680301.9740	726937.149	2433.52	2432.22	P	DER	2432.22	2432.22
80	P 5	9680316.2260	726967.406	2432.94	2429.94	P	R	2429.94	2429.94
81	P4	9680340.0190	727027.082	2432.93	2429.61	T	R	2429.61	2429.61
82	P3	9680405.8040	727075.886	2431.43	2428.30	T	R	2428.30	2428.30
83	P2	9680502.2560	727146.106	2430.01	2427.53	P	R	2427.53	2427.53
84	P1	9680570.7970	727196.114	2430.51	2427.21	T	R	2427.21	2427.21
85	136	9680572.9060	727199.326	2430.56	2427.24	T	R	2427.24	2427.24

Fuente: Autor.

En la tabla 3 se indica la recolección de todos los datos de pozos que se realizó, la cual consta de:

- Las columnas 1 y 2 muestran el número y los códigos de cada pozo.
- Las columnas 3 y 4 muestran las coordenadas de ubicación Norte y Este.
- En las columnas 5 y 6 se indica la cota de tapa y fondo respectivamente de cada pozo.
- Las columnas 7 y 8 muestran el tipo de calzada y el tipo de pozo respectivamente.
- En las columnas 9 y 10 se indican las cotas de entrada y salida.

Tabla 4: Datos de las tuberías tramo antiguo

No.tubería	Pinic	Pfinal	Diámetro	Material	C. Entrada	C. Salida
1	p71	p70	500	H.S.	2505.67	2503.60
2	p70	p68	500	H.S.	2503.60	2502.93
3	p68	p64	500	H.S.	2502.93	2499.28
4	p64	p63	500	H.S.	2499.30	2499.09
5	p63	p62	500	H.S.	2498.92	2497.84
6	p62	p61	500	H.S.	2497.84	2497.00
7	p61	p59	500	H.S.	2497.00	2495.84

8	p59	p58	600	H.S.	2495.84	2495.84
9	P58	P57	600	H.S.	2478.49	2478.52
10	p57	p56	600	H.S.	2478.30	2478.36
11	p56	p55	600	H.S.	2478.36	2493.31
12	p55	p54L	600	H.S.	2493.31	2477.49
13	p54L	p54k	600	H.S.	2477.49	2478.12
14	p54k	p54j	600	H.S.	2478.12	2478.10
15	p54j	p54i	600	H.S.	2478.10	2479.09
16	p54i	p54h	600	H.S.	2478.69	2479.04
17	p54h	p54g	600	H.S.	2479.04	2479.48
18	p54g	p54F	600	H.S.	2479.28	2479.89
19	p54F	p54e	600	H.S.	2479.89	2480.95
20	p54e	p54d	600	H.S.	2480.95	2479.46
21	p54d	p54b	600	H.S.	2478.44	2478.58
22	p54b	p54	800	H.S.	2478.58	2479.98
23	p54	p53h	800	H.S.	2479.98	2479.91
24	p53h	P53g	600	H.S.	2479.66	2479.65
25	P53g	p53f	600	H.S.	2479.65	2479.30
26	p53f	p53E	600	H.S.	2479.30	2479.42
27	p53E	p53d	600	H.S.	2479.42	2475.94
28	p53d	p53c	600	H.S.	2475.94	2475.43
29	p53c	p53B	600	H.S.	2475.43	2474.23
30	p53B	p53'	600	H.S.	2474.23	2473.52
31	p53'	p53	600	H.S.	2473.52	2473.52
32	p53	p52	600	H.S.	2473.52	2471.35
33	p52	p50	600	H.S.	2471.35	2469.07
34	p50	p49	600	H.S.	2469.07	2469.07
35	p49	p48	600	H.S.	2469.07	2467.77
36	p48	p46	600	H.S.	2467.77	2468.35
37	p46	p45	600	H.S.	2467.95	2467.28
38	p45	p44	600	H.S.	2467.28	2467.10
39	p44	p43	600	H.S.	2467.10	2467.51
40	p43	p42	600	H.S.	2467.51	2466.13
41	p42	p41	900	H.S.	2466.13	2465.65
42	p41	p40	900	H.S.	2465.65	2465.25
43	p40	DER	900	H.S.	2465.25	2464.41
44	DER	p39	600	H.S.	2464.41	2464.41
45	p39	p38	600	H.S.	2464.41	2465.34
46	p38	p37	600	H.S.	2465.34	2464.96
47	p37	p36	600	H.S.	2464.96	2464.56
48	p36	p35	600	H.S.	2464.66	2464.06
49	p35	p33	900	H.S.	2464.05	2461.23
50	p33	p32	900	H.S.	2461.23	2460.15
51	p32	p31A	900	H.S.	2460.15	2459.85
52	p31A	p30	900	H.S.	2459.85	2459.22
53	p30	p29	900	H.S.	2459.22	2458.01
54	p29	p28	900	H.S.	2458.01	2455.03
55	p28	p27	900	H.S.	2455.03	2453.26
56	p27	p26	900	H.S.	2455.81	2451.97
57	p26	P25	900	H.S.	2451.97	2450.89
58	p25	P24	900	H.S.	2450.89	2449.89
59	P24	P22	900	H.S.	2449.89	2448.66

60	P22	P21	900	H.S.	2448.66	2448.59
61	P21	P20	900	H.S.	2448.59	2448.31
62	P20	P19	900	H.S.	2448.31	2447.92
63	P19	P18	900	H.S.	2447.92	2447.58
64	P18	P17	900	H.S.	2447.58	2446.66
65	P17	P16	900	H.S.	2446.66	2446.34
66	P16	P15	900	H.S.	2446.34	2445.97
67	P15	P14	900	H.S.	2445.97	2444.09
68	P14	P13	900	H.S.	2444.09	2441.49
69	P13	P12	900	H.S.	2441.49	2437.85
70	P12	P11	900	H.S.	2437.85	2437.00
71	P11	P10	900	H.S.	2437.00	2434.38
72	P10	P8	900	H.S.	2434.38	2433.39
73	P8	P7	900	H.S.	2433.19	2431.99
74	P7	P5	900	H.S.	2431.99	2429.94
75	P5	P4	900	H.S.	2429.94	2429.61
76	P4	P3	900	H.S.	2429.61	2428.30
77	P3	P2	900	H.S.	2428.30	2427.53
78	P2	P1	1000	H.S.	2427.53	2427.21
79	P1	136	1000	H.S.	2427.21	2427.24

Fuente: Autor.

En la tabla 4 se indica la recolección de todos los datos de tuberías que se realizó, la cual consta de:

- En la columna 1 se indica el número de cada tubería.
- Las columnas 2 y 3 muestran el punto inicial que sale y final al que llega la tubería.
- La columna 4 y 5 muestra los diámetros de las tuberías y el tipo de material.
- En las columnas 6 y 7 se indican las cotas de entrada y salida de las tuberías.

Tabla 5: Datos de los pozos tramo nuevo

#Pto	C.POZ	Norte X	Este Y	Cota Tapa	Cota Fondo	T.Calzada	T. Pozo	C.Entrada	C.Salida
1	48	722365.615	9678572.391	2507.75	2503.23	T	R	2503.23	2503.23
2	48B	722370.497	9678565.337	2507.76	2504.76	T	DIS	2504.76	2504.76
3	49	722375.95	9678568.575	2507.36	2503.14	T	R	2503.14	2503.07
4	50	722427.211	9678516.247	2505.95	2502.45	T	R	2502.45	2502.43
5	50'	722480.17	9678452.178	2504.57	2501.57	T	R	2501.57	2501.57
6	51	722493.642	9678424.913	2504.68	2500.95	T	R	2500.95	2500.92
7	51'	722493.908	9678434.978	2504.32	2501.30	T	R	2501.30	2501.30
8	52	722542.51	9678349.416	2503.38	2499.11	T	R	2499.11	2499.04
9	53	722615.554	9678270.988	2501.23	2497.54	T	R	2497.54	2497.49
11	53'	722643.199	9678243.159	2500.68	2496.89	T	R	2496.89	2496.92
12	54	722649.918	9678242.623	2500.47	2496.88	T	R	2496.88	2496.77
13	55	722673.253	9678223.538	2499.96	2496.20	T	R	2496.20	2496.11
14	56	722721.241	9678181.294	2499.60	2495.43	T	R	2495.43	2495.25
15	57	722744.562	9678154.272	2497.87	2494.87	T	R	2494.87	2494.87
16	58'	722763.074	9678145.724	2497.23	2494.68	T	R	2494.68	2494.68
17	58	722776.81	9678145.149	2497.06	2495.06	T	R	2495.06	2495.06
18	59	722814.059	9678153.248	2496.66	2494.07	P	R	2494.07	2494.07
19	60	722844.738	9678156.143	2496.36	2493.63	P	R	2493.63	2493.63
20	61B	722865.651	9678162.131	2497.02	2493.42	T	R	2493.42	2493.42
21	61A	722870.989	9678166.958	2496.12	2493.28	P	R	2493.28	2493.28

22	61	722880.931	9678171.802	2496.03	2492.98	P	R	2492.98	2492.68
23	62	722914.202	9678183.476	2495.84	2492.67	P	R	2492.67	2492.67
24	63'	722942.085	9678189.099	2495.99	2492.13	P	R	2492.13	2492.13
25	63	722987.53	9678189.721	2495.62	2492.24	T	R	2492.24	2492.24
26	64	723022.886	9678183.377	2494.75	2490.96	T	R	2490.96	2490.96
27	65	723083.648	9678180.915	2493.66	2490.11	T	R	2490.11	2490.11
28	66	723124.593	9678198.533	2492.81	2489.50	T	R	2489.50	2489.50
29	67	723181.502	9678232.096	2491.60	2488.45	T	R	2488.45	2488.45
30	68	723227.48	9678259.36	2490.75	2487.75	T	R	2487.75	2487.75
31	69'	723313.113	9678309.607	2489.29	2485.84	T	R	2485.84	2485.84
32	69	723317.652	9678309.103	2489.32	2485.87	T	R	2485.87	2485.87
33	70	723350.205	9678318.91	2489.42	2485.79	T	R	2485.79	2485.79
34	71	723391.953	9678332.453	2489.24	2485.49	T	R	2485.49	2485.49
35	72	723487.42	9678344.847	2487.99	2484.52	T	R	2484.52	2484.52
36	73	723567.186	9678353.361	2486.29	2483.07	T	R	2483.07	2482.67
37	74c	723599.939	9678357.114	2485.14	2481.84	T	R	2481.84	2481.84
38	74B	723602.465	9678365.284	2485.09	2481.49	T	R	2481.49	2481.49
39	74a	723618.909	9678360.33	2484.52	2481.27	T	R	2481.27	2481.27
40	74	723636.022	9678362.807	2483.83	2480.76	T	R	2480.76	2480.76
41	75	723666.117	9678366.675	2483.17	2480.21	T	R	2480.21	2480.21
42	DER	723697.589	9678369.459	2482.55	2479.55	T	R	2479.55	2479.55
43	DIS	723699.217	9678369.473	2482.54	2479.54	T	R	2479.54	2479.54
44	76	723700.288	9678363.168	2482.46	2479.56	T	R	2479.56	2479.56
45	77	723733.087	9678370.755	2482.17	2479.42	T	R	2479.42	2479.42
46	78	723776.337	9678392.613	2481.27	2478.01	T	R	2478.01	2478.01
47	79	723828.514	9678392.326	2480.46	2477.58	T	R	2477.58	2477.58
48	80	723862.865	9678388.395	2479.78	2477.25	T	R	2477.25	2477.25
49	81	723905.387	9678372.871	2478.73	2476.35	T	R	2476.35	2476.35
50	82	723948.866	9678357.863	2477.46	2475.42	T	R	2475.42	2475.42
51	83	723990.178	9678372.226	2477.06	2474.61	T	R	2474.61	2474.46
52	84	724054.173	9678459.888	2476.70	2472.85	T	R	2472.85	2472.55
53	85	724101.34	9678523.815	2476.16	2472.20	T	R	2472.20	2472.20
54	86'	724124.492	9678547.003	2477.01	2471.79	T	R	2471.79	2471.79
55	86	724151.378	9678572.763	2477.03	2470.98	T	R	2470.98	2470.98
56	87	724275.129	9678648.259	2472.56	2470.70	T	R	2470.70	2470.70
57	88	724341.704	9678671.697	2470.65	2468.68	T	R	2468.68	2468.68
58	89	724391.474	9678714.706	2470.21	2468.11	T	R	2468.11	2468.11
59	90	724436.47	9678815.129	2470.08	2467.86	T	R	2467.86	2467.86
60	91	724487.44	9678949.391	2467.93	2465.36	T	R	2465.36	2465.36
61	91'	724488.824	9678943.127	2467.99	2465.36	T	R	2465.36	2465.36
62	92	724512.445	9679004.277	2467.91	2464.89	T	R	2464.89	2464.89
63	93	724564.654	9679085.524	2467.26	2463.91	T	R	2463.91	2463.91
64	94	724649.204	9679133.476	2465.33	2462.83	T	R	2462.83	2462.83
65	95	724741.331	9679179.82	2464.35	2461.98	T	R	2461.98	2461.98
66	96'	724768.395	9679195.677	2463.52	2461.18	T	R	2461.18	2461.18
67	96	724813.968	9679215.697	2463.10	2461.15	T	R	2461.15	2461.15
68	97	724895.28	9679302.547	2463.16	2459.90	T	R	2459.90	2459.90
69	98	724982.197	9679355.524	2462.37	2459.25	T	R	2459.25	2459.25
70	98'	725025.323	9679369.842	2461.93	2458.83	T	R	2458.83	2458.83
71	99'	725044.316	9679381.464	2461.91	2458.44	T	R	2458.44	2458.44
72	99	725050.818	9679386.724	2461.65	2457.54	T	R	2457.54	2458.49
73	100	725063.589	9679393.199	2460.22	2456.13	T	R	2456.13	2456.13
74	DER	725071.387	9679403.523	2460.61	2457.21	T	R	2457.21	2457.21
75	101b	725080.364	9679402.447	2459.05	2455.18	T	R	2455.18	2455.18
76	101a	725094.957	9679410.772	2458.68	2454.70	T	R	2454.70	2454.70
77	101	725097.156	9679416.474	2458.63	2454.53	T	R	2454.53	2454.53
78	102A	725139.348	9679447.691	2457.06	2454.11	T	R	2454.11	2454.11
79	102	725222.961	9679492.525	2456.06	2453.23	T	R	2453.23	2453.23
80	103	725307.138	9679542.736	2455.44	2452.10	T	R	2452.10	2452.10
81	104	725398.529	9679587.844	2454.79	2451.19	T	R	2451.19	2451.19
82	105	725485.026	9679625.713	2453.48	2450.11	T	R	2450.11	2450.11
83	106	725572.83	9679664.123	2452.62	2449.27	T	R	2449.27	2449.27
84	107	725657.855	9679695.084	2451.70	2448.35	T	R	2448.35	2448.35
85	108	725703.105	9679714.742	2450.90	2448.00	T	R	2448.00	2448.00
86	109	725759.253	9679774.47	2451.51	2447.25	T	R	2447.25	2447.25
87	110	725813.598	9679805.304	2451.63	2446.57	T	R	2446.57	2446.57

88	111	725862.64	9679824.035	2451.95	2446.10	T	R	2446.10	2446.10
89	112	725927.254	9679842.452	2451.65	2445.38	T	R	2445.38	2445.38
90	113	726000.207	9679910.993	2451.77	2444.45	T	R	2444.45	2444.45
91	114	726070.224	9679977.223	2449.97	2443.57	T	R	2443.57	2443.57
92	115	726091.68	9679991.632	2449.58	2441.66	T	R	2441.66	2441.66
93	116'	726112.011	9680002.064	2449.05	2443.10	T	R	2443.10	2443.10
94	116	726188.71	9680048.511	2447.89	2442.37	T	R	2442.37	2442.37
95	117a'	726232.129	9680052.427	2445.73	2440.58	T	R	2440.58	2440.58
96	117'	726234.146	9680052.987	2445.62	2440.34	T	R	2440.34	2440.24
97	117a	726257.978	9680055.257	2444.12	2439.50	T	R	2439.50	2439.50
98	117	726260.168	9680055.628	2444.00	2438.20	T	R	2438.20	2438.20
99	118a	726308.997	9680058.295	2442.81	2437.24	T	R	2437.24	2437.24
100	118	726330.726	9680065.718	2442.33	2436.91	T	R	2436.91	2436.91
101	122	726372.294	9680080.624	2442.38	2436.56	T	R	2436.56	2442.38
102	123	726447.587	9680127.61	2440.77	2435.75	T	R	2435.75	2435.75
103	124	726517.601	9680166.036	2439.49	2434.89	T	R	2434.89	2434.89
104	125a	726571.731	9680178.307	2438.13	2434.41	T	R	2434.41	2434.41
105	125	726618.422	9680183.188	2437.77	2433.97	T	R	2433.97	2433.97
106	126	726718.423	9680190.975	2436.96	2433.13	T	R	2433.13	2433.13
107	127	726798.007	9680201.117	2436.55	2432.44	T	R	2432.44	2432.44
108	128	726846.054	9680233.621	2435.54	2431.74	T	R	2431.74	2431.74
109	129	726929.615	9680287.833	2434.10	2431.00	T	R	2431.00	2431.00
110	130	726982.542	9680318.064	2433.16	2430.51	T	R	2430.51	2430.51
111	132	727028.674	9680336.435	2432.96	2429.96	T	R	2429.96	2429.96
112	133'	727088.623	9680417.471	2431.36	2429.08	T	R	2429.08	2429.08
113	133	727130.741	9680460.103	2430.60	2428.60	T	R	2428.60	2428.60
114	134	727140.902	9680488.739	2430.31	2428.31	T	R	2428.31	2428.31
115	135	727194.2	9680557.986	2430.33	2428.13	T	R	2428.13	2427.38
116	136	727199.326	9680572.906	2430.56	2427.24	T	R	2427.24	2427.24
117	DESC	727235.531	9680624.865	2430.44	2427.10	T	DER	2427.10	2427.10

Fuente: Autor.

En la tabla 5 se indica la recolección de todos los datos de pozos que se realizó en el tramo nuevo, la cual consta de:

- Las columnas 1 y 2 muestran el número y los códigos de cada pozo.
- Las columnas 3 y 4 muestran las coordenadas de ubicación Norte y Este.
- En las columnas 5 y 6 se indica la cota de tapa y fondo respectivamente de cada pozo.
- Las columnas 7 y 8 muestran el tipo de calzada y el tipo de pozo respectivamente.
- En las columnas 9 y 10 se indican las cotas de entrada y salida.

Tabla 6: Datos de las tuberías tramo nuevo

No. tubería	Pinic	Pfinal	Diámetro	Material	C. Entrada	C. Salida
1	48	49	200	H.S.	2503.23	2503.14
2	49	50	600	H.S.	2503.07	2502.45
3	50	50'	600	H.S.	2502.43	2501.57
4	50'	51'	600	H.S.	2501.57	2501.30
5	51'	51	600	H.S.	2501.30	2500.95
6	51	52	600	H.S.	2500.92	2499.11
7	52	53	600	H.S.	2499.04	2497.54

8	53	53'	600	H.S.	2497.49	2496.89
9	53'	54	600	H.S.	2496.92	2496.88
10	54	55	600	H.S.	2496.77	2496.20
11	55	56	600	H.S.	2496.11	2495.43
12	56	57	600	H.S.	2495.25	2494.87
13	57	58'	600	H.S.	2494.87	2494.68
14	58'	58	600	H.S.	2494.68	2495.06
15	58	59	600	H.S.	2495.06	2494.07
16	59	60	700	H.S.	2494.07	2493.63
17	60	61B	700	H.S.	2493.63	2493.42
18	61B	61A	700	H.S.	2493.42	2494.68
19	61A	61	700	H.S.	2494.68	2492.98
20	61	62	700	H.S.	2492.68	2492.67
21	62	63'	700	H.S.	2492.67	2492.13
22	63'	63	700	H.S.	2492.13	2492.24
23	63	64	700	H.S.	2492.24	2490.96
24	64	65	700	H.S.	2490.96	2490.11
25	65	66	700	H.S.	2490.11	2489.50
26	66	67	700	H.S.	2489.50	2488.45
27	67	68	700	H.S.	2488.45	2487.75
28	68	69'	700	H.S.	2487.75	2485.84
29	69'	69	700	H.S.	2485.84	2485.87
30	69	70	700	H.S.	2485.87	2485.79
31	70	71	700	H.S.	2485.79	2485.49
32	71	72	700	H.S.	2485.49	2484.52
33	72	73	700	H.S.	2484.52	2483.07
34	73	74c	700	H.S.	2482.67	2481.84
35	74c	74B	600	H.S.	2481.84	2485.84
36	74B	74a	600	H.S.	2485.84	2485.84
37	74a	74	600	H.S.	2485.84	2480.76
38	74	75	600	H.S.	2480.76	2480.21
39	75	76	600	H.S.	2480.21	2479.56
40	76	77	600	H.S.	2479.56	2479.42
41	77	78	800	H.S.	2479.42	2478.01
42	78	79	800	H.S.	2478.01	2477.58
43	79	80	800	H.S.	2477.58	2477.25
44	80	81	800	H.S.	2477.25	2476.35
45	81	82	800	H.S.	2476.35	2475.42
46	82	83	800	H.S.	2475.42	2474.61
47	83	84	800	H.S.	2474.46	2472.85
48	84	85	800	H.S.	2472.55	2472.20
49	85	86'	800	H.S.	2472.20	2471.79
50	86'	86	800	H.S.	2471.79	2470.98
51	86	87	800	H.S.	2470.98	2470.70
52	87	88	800	H.S.	2470.70	2468.68
53	88	89	900	H.S.	2468.68	2468.11
54	89	90	800	H.S.	2468.11	2467.86
55	90	91'	900	H.S.	2467.86	2465.36
56	91'	91	900	H.S.	2465.36	2465.36
57	91	92	900	H.S.	2465.36	2464.89
58	92	93	900	H.S.	2464.89	2463.91
59	93	94	900	H.S.	2463.91	2462.83

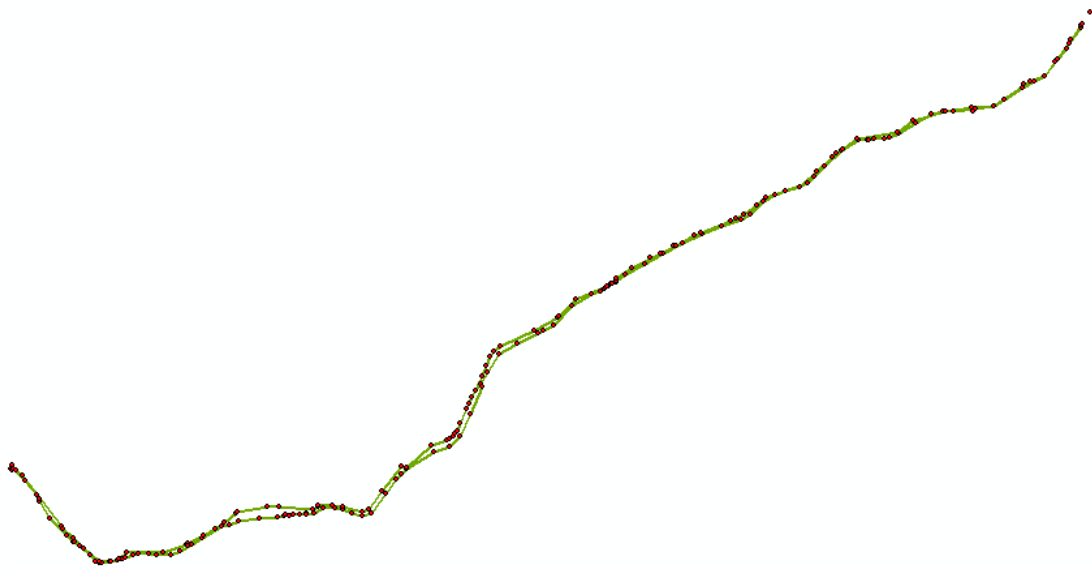
60	94	95	900	H.S.	2462.83	2461.98
61	95	96'	900	H.S.	2461.98	2429.08
62	96'	96	900	H.S.	2429.08	2461.15
63	96	97	900	H.S.	2461.15	2459.90
64	97	98	900	H.S.	2459.90	2459.25
65	98	98'	900	H.S.	2459.25	2429.08
66	98'	99'	900	H.S.	2429.08	2429.08
67	99'	99	900	H.S.	2429.08	2457.54
68	99	100	900	H.S.	2458.49	2456.13
69	100	101b	900	H.S.	2456.13	2455.18
70	101b	101a	900	H.S.	2455.18	2454.70
71	101a	101	300	H.S.	2454.70	2454.53
72	101	102A	900	H.S.	2454.53	2454.11
73	102A	102	900	H.S.	2454.11	2453.23
74	102	103	900	H.S.	2453.23	2452.10
75	103	104	900	H.S.	2452.10	2451.19
76	104	105	900	H.S.	2451.19	2450.11
77	105	106	900	H.S.	2450.11	2449.27
78	106	107	900	H.S.	2449.27	2448.35
79	107	108	900	H.S.	2448.35	2448.00
80	108	109	800	H.S.	2448.00	2447.25
81	109	110	800	H.S.	2447.25	2446.57
82	110	111	800	H.S.	2446.57	2446.10
83	111	112	900	H.S.	2446.10	2445.38
84	112	113	900	H.S.	2445.38	2444.45
85	113	114	900	H.S.	2444.45	2443.57
86	114	115	900	H.S.	2443.57	2441.66
87	115	116'	900	H.S.	2441.66	2443.10
88	116'	116	900	H.S.	2443.10	2442.37
89	116	117a'	900	H.S.	2442.37	2440.58
90	117a'	117'	900	H.S.	2440.58	2440.34
91	117'	117a	900	H.S.	2440.24	2439.50
92	117a	117	900	H.S.	2439.50	2438.20
93	117	118a	900	H.S.	2438.20	2437.24
94	118a	118	900	H.S.	2437.24	2436.91
95	118	122	900	H.S.	2436.91	2436.56
96	122	123	900	H.S.	2442.38	2435.75
97	123	124	900	H.S.	2435.75	2434.89
98	124	125a	900	H.S.	2434.89	2434.41
99	125a	125	900	H.S.	2434.41	2433.97
100	125	128	900	H.S.	2433.97	2431.74
101	128	127	900	H.S.	2431.74	2432.44
102	127	p128	900	H.S.	2432.44	2427.10
103	p128	129	1000	H.S.	2427.10	2431.00
104	129	130	1000	H.S.	2431.00	2430.51
105	130	132	1000	H.S.	2430.51	2429.96
106	132	133'	1000	H.S.	2429.96	2429.08
107	133'	133	1000	H.S.	2429.08	2428.60
108	133	134	1000	H.S.	2428.60	2428.31
109	134	135	1000	H.S.	2428.31	2428.13
110	135	136	1000	H.S.	2427.38	2427.24

Fuente: Autor.

En la tabla 6 se indica la recolección de todos los datos de tuberías que se realizó, la cual consta de:

- En la columna 1 se indica el número de cada tubería.
- Las columnas 2 y 3 muestran el punto inicial que sale y final al que llega la tubería.
- La columna 4 y 5 muestra los diámetros de las tuberías y el material.
- En las columnas 6 y 7 se indican las cotas de entrada y salida de las tuberías.

Figura 3: Pozos y Tuberías (Anexo 2)



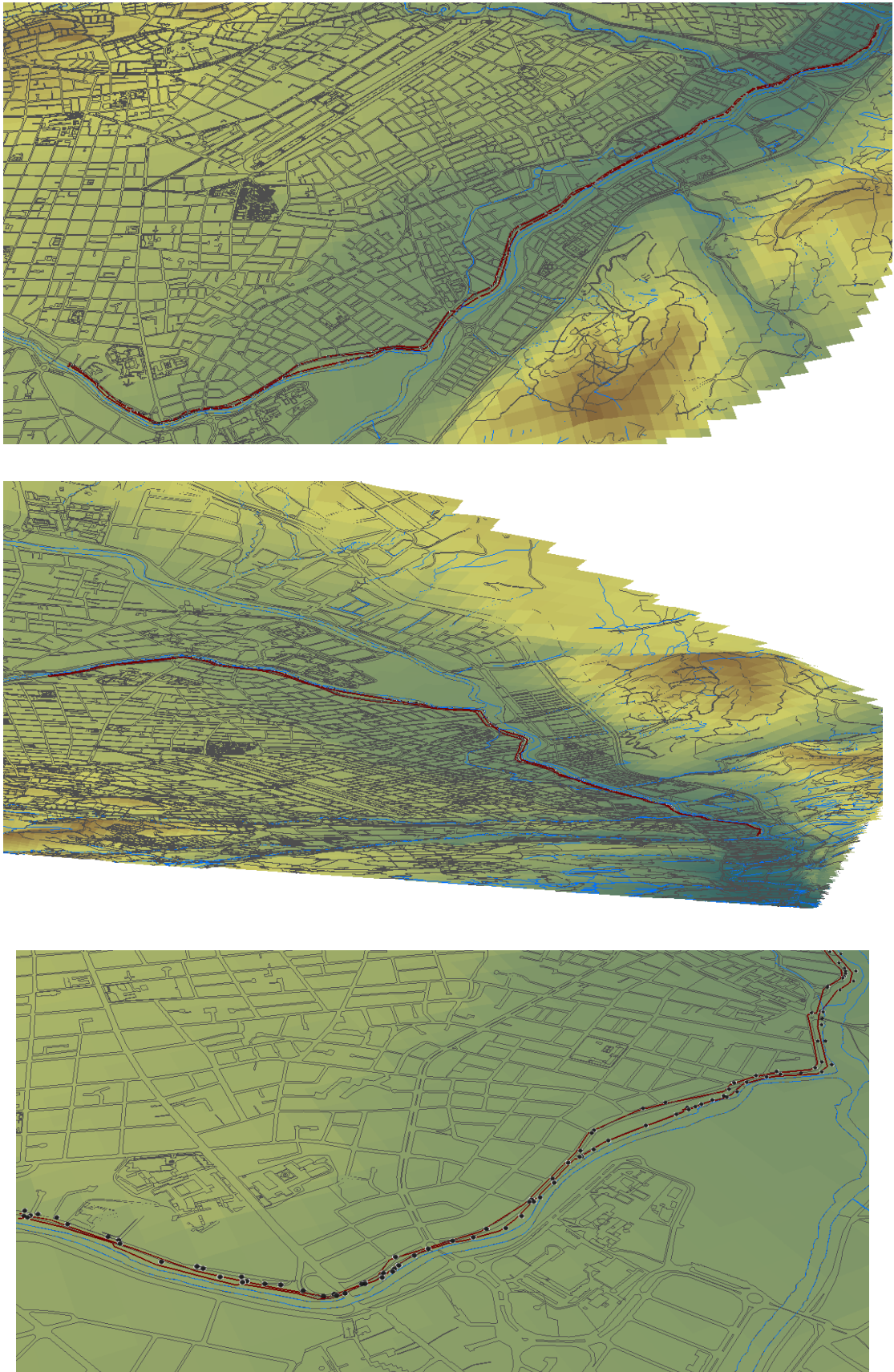
En la figura 3 se indica los pozos y las tuberías del tramo analizado con sus respectivas propiedades generadas en el programa “ArcGis”.

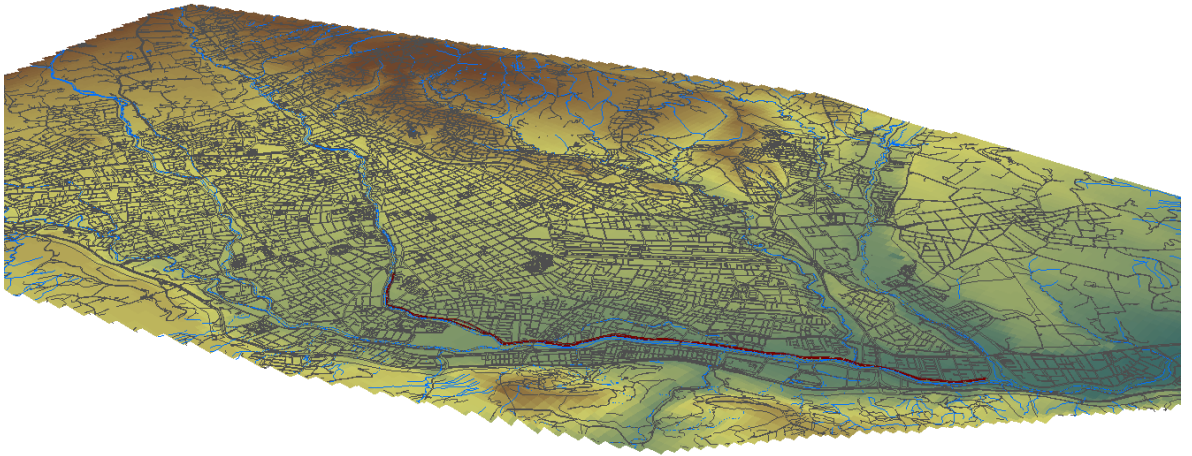
Fuente: Autor.

2.3. Elaboración del modelo digital en 3D

Con la ayuda del programa “ArcGis” se procedió a elaborar el modelo en 3D utilizando los .shp de las tuberías y pozos generados.

Figura 4: Modelo Digital en 3D





En la figura 4 se ilustra unas vistas del modelo digital en 3D, en el que se refleja la profundidad existente, el cual se encuentra por debajo de la ciudad de Cuenca.

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN HIDRÁULICA

3.1. Discretización de las áreas de aporte

Luego de tener listos los datos de los pozos y las tuberías en el “ArcGis” se procedió a trazar las áreas de aporte de los diferentes tramos de la red vial de la zona marginal al río Tomebamba, empezando en los pozos de cabecera, teniendo en cuenta los sentidos de flujo de manera que sirvan como base para el diseño de las redes de colectores que se generen en un futuro; definida las áreas se puede calcular la longitud de las tuberías.

Figura 5: Áreas de aporte .shp (Anexo 3)



En la figura 5 se muestran las áreas que aportan a los diferentes pozos en el tramo del río Tomebamba.

Fuente: Autor.

Tabla 7: Áreas de aporte .shp

NOMBRES	ÁREA
Descarga 1	601389.13
Descarga 2	707494.77

Descarga 3	866726.04
Descarga 4	829454.98
Descarga 5	1548024.79
Descarga 6	752154.21
Descarga 7	1198461.92
Descarga 8	4000250.61
Descarga 9	1374936.89
Descarga 10	20852.54
Descarga 11	283311.26
Descarga 12	825466.91
Descarga 13	129711.33
Descarga 14	745029.17
Descarga 15	20785.78
Descarga 16	60143.51
Descarga 17	125107.81
Descarga 18	642622.68
Descarga 19	856703.22
Descarga 20	27249.16
Descarga 21	112878.50
Descarga 22	4768.48
Descarga 23	82172.67
Descarga 24	33361.66
Descarga 25	217247.32
Descarga 26	122392.63
Descarga 27	2249528.00
Descarga 28	110606.50
Descarga 29	76076.03
Descarga 30	736839.28
Descarga 31	114783.73
Descarga 32	2480250.54
Descarga 33	31048.29
Descarga 34	18569.86
Descarga 35	31421.11
Descarga 36	50745.79
Descarga 37	109337.13
Descarga 38	18797417.01
Descarga 39	76616.61
Descarga 40	88848.81
Descarga 41	48657.58
Descarga 42	856914.75

En la tabla 7 están los valores de todas las descargas indicadas anteriormente.

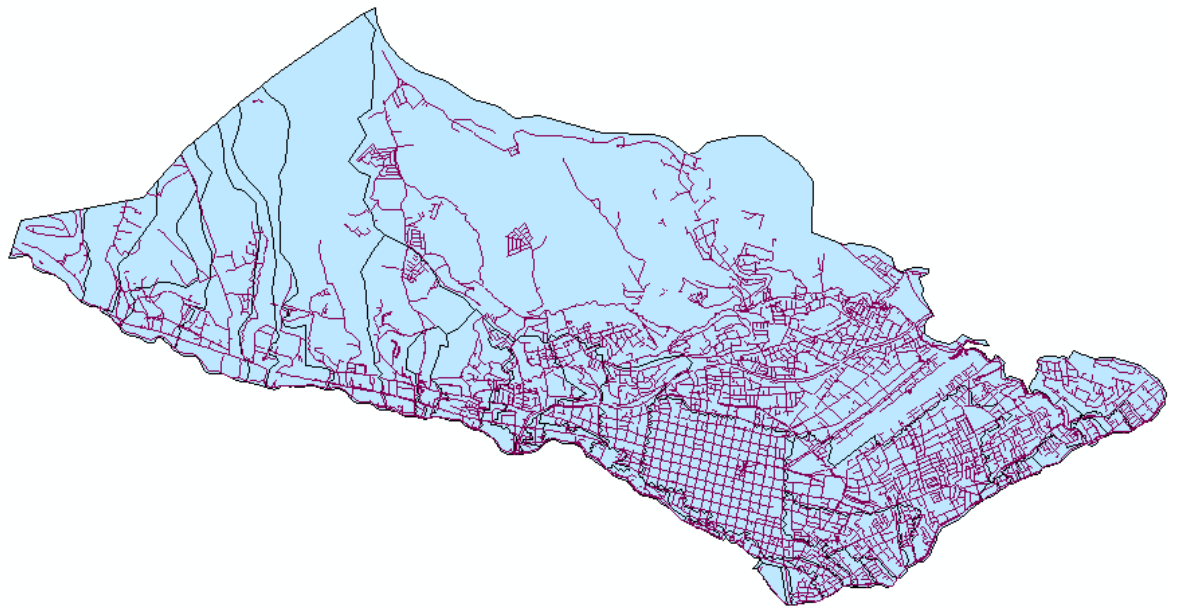
Fuente: Autor.

3.2 Propiedades físicas de los colectores y pozos

3.2.1 Longitud de las tuberías

Para la longitud de las tuberías con la ayuda del programa “ArcGis” se generaron archivos .shp de todas las tuberías de la ciudad de Cuenca y las áreas de cada uno de los interceptores, después se le intersectó todas las áreas con las longitudes para obtener las tuberías necesarias que se encuentran en cada área y así calcular la longitud total por cada área de aporte.

Figura 6: Longitud de tuberías por cada área de aporte .shp



En la figura 6 se indica la longitud de las tuberías por cada área de aporte.

Fuente: Autor.

Tabla 8: Longitud de tuberías .shp

Descargas_Áreas	Longitud Total
Descarga 1	5474.17
Descarga 2	3380.40
Descarga 3	5203.35
Descarga 4	7963.90
Descarga 5	10517.47
Descarga 6	4765.79
Descarga 7	4810.45
Descarga 8	13004.28
Descarga 9	13967.72

Descarga 10	743.17
Descarga 11	4025.34
Descarga 12	12554.24
Descarga 13	1970.08
Descarga 14	17032.46
Descarga 15	624.92
Descarga 16	1468.86
Descarga 17	2460.49
Descarga 18	12301.95
Descarga 19	16816.45
Descarga 20	1644.25
Descarga 21	2791.67
Descarga 22	30.92
Descarga 23	518.74
Descarga 24	469.84
Descarga 25	5555.03
Descarga 26	4027.32
Descarga 27	45523.30
Descarga 28	2215.28
Descarga 29	1524.35
Descarga 30	17180.04
Descarga 31	2725.01
Descarga 32	54198.69
Descarga 33	686.71
Descarga 34	498.92
Descarga 35	1002.77
Descarga 36	1094.31
Descarga 37	1928.07
Descarga 38	196955.71
Descarga 39	2175.62
Descarga 40	2047.83
Descarga 41	1627.31
Descarga 42	13494.01

En la tabla 8 se muestra el valor de las longitudes totales de las tuberías por cada área de aporte.

Fuente: Autor.

3.2.2 Población

La población actual y futura se puede estimar mediante censos de población, o también puede estimarse a partir del número de viviendas y del número de habitantes por vivienda. En este caso se enlazó el archivo de las áreas con las densidades

poblacionales de la ciudad mediante el programa “ArcGis” para así poder obtener cifras exactas de poblaciones del tramo analizado. A continuación la formula con la que se calcula la población que se utilizará para poder encontrar los caudales.

$$Pob = A \times \rho$$

Términos:

A= Área

ρ = Densidad

Tabla 9: Población .shp

POB_2010	POB_2020	POB_2030
2103.08	2883.10	3723.93
1052.47	969.66	903.74
25343.39	21743.46	19321.38
1034.70	957.34	892.32
8770.90	8113.37	7631.88
26394.65	27030.82	28331.83
4287.75	5610.77	7023.36
1687.06	2257.06	2944.37
1388.72	1867.66	2430.34
302.06	478.36	634.53
545.27	641.13	748.85
191.34	224.38	260.92
54.23	89.88	122.59
1595.32	2096.47	2681.32
2061.31	2739.79	3479.09
1129.20	1516.97	1934.78
1492.33	2018.15	2595.65
1673.20	1458.95	1302.61
150.20	131.41	117.03
223.42	183.57	155.50
12.97	10.65	9.02
163.68	120.15	89.24
744.22	880.22	1023.21
289.54	349.13	411.92
3974.23	4895.51	5873.93
710.80	926.10	1155.85
4045.54	5346.75	6737.16
96.94	130.25	165.79
5050.78	6772.48	8702.80
9419.68	9565.51	9829.05
1158.40	1403.84	1662.91

302.27	352.61	409.37
222.44	297.95	356.43
1143.01	1145.21	1204.57
90.61	150.24	204.93
839.61	720.89	620.61
1128.31	828.40	612.61
363.88	539.78	688.88
67.59	66.46	64.65
68368.51	76106.60	84523.59
5961.21	7766.02	9111.66
5066.29	6160.61	7318.10

En la tabla 9 se muestra la población que se calcula únicamente con las densidades actuales para los años 2010, 2020 y 2030.

Fuente: Autor.

3.2.3 Densidad de población

La densidad de población se define como el número de personas que habitan en una extensión de una hectárea. Un estudio de densidad de población debe reflejar su distribución de manera zonificada, la densidad actual y la máxima densidad esperada (densidad de saturación); hay que valorar este último, con el cual se debe diseñar el sistema de alcantarillado, y con la densidad actual verificar el comportamiento hidráulico del sistema.

La densidad varía según el estrato socioeconómico y el tamaño de la población. Para poblaciones pequeñas, la densidad puede fluctuar entre 100 y 200 hab/ha, mientras que para poblaciones mayores o ciudades, la densidad suele determinarse por el estrato y los usos de la zona (residencial, industrial o comercial) y puede llegar a valores del orden de 400 hab/ha o más.¹¹

3.2.4 Aportes de aguas residuales

Conocida la población se puede estimar los caudales y su consumo, el aporte de las aguas residuales se calculará con la siguiente ecuación:

¹¹López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, p. 391

$$q_{as} = \frac{f \times D \times P}{86400}$$

Términos:

f = factor de retorno del agua de abastecimiento a las redes de alcantarillado

D = Dotación per cápita de agua potable (l/(hab*día)).

P = Población aportante (Hab)

q_{as} = Caudal medio de aguas residuales (l/s)

En lo que tiene relación al factor de retorno del agua de abastecimiento a las redes de alcantarillado el valor está en un rango de 0,70 a 0,80. Para nuestro caso adoptamos el valor más alto de 0,80.

Para el diseño hidráulico de los colectores, se adopta un factor de mayoración para estimar el caudal pico de aguas residuales, el cual según la fórmula de Harmon está dado por:

$$M = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Términos:

M = factor de mayoración del caudal sanitario

P = Población aportante (miles de habitantes)

Por tanto, la fórmula del caudal sanitario mayorado a considerarse en el diseño de los colectores es la siguiente:

$$Q_{as} = M * q_{as}$$

3.2.5 Caudal de infiltración

La infiltración del agua del suelo hacia los colectores depende tanto del contenido de agua del suelo como del material de dichos colectores.

Con respecto al contenido de agua en el suelo, cabe diferenciar dos sectores:

- Los sectores colinados, cuyo contenido de agua en el subsuelo es limitada (nivel freático profundo) debido a la existencia de materiales finos y además porque su topografía pronunciada limita la infiltración de la escorrentía

superficial. En estos sectores, la infiltración de agua a los colectores será reducida.

- Los sectores bajos, de topografía plana ubicados al margen de quebradas y ríos que cuentan con niveles freáticos elevados, debido a que sus suelos de tipo granulares, están sujetos a una mayor infiltración de la escorrentía superficial. En estos sectores, se tendrá en general una mayor tasa de infiltración.¹²

Con respecto al material de los colectores, en general los de hormigón permiten una mayor infiltración que aquellos de materiales termoplásticos. Para el dimensionamiento se tiene un factor de seguridad adicional, en caso de que en el proceso constructivo, se consideren colectores termoplásticos.

Para el caso de los colectores de hormigón las tasas de infiltración son las siguientes: 0,10 l/(s*km) para aquellos ubicados sobre el nivel freático y 0,20 l/(s*km) para el caso de que se ubiquen bajo el nivel freático.

Tabla 10: Datos para el diseño

DATOS		
f=	0.8	
Dot=	200	lt/hab*día
Qi=	1	l/s/km

Fuente: Autor.

Tabla 11: Caudales de aportación a los nudos .shp

M_20	M_21	M_22	Qs_Pob_20	Qs_Pob_21	Qs_Pob_22	Qinfiltración
19.81	20.12	20.41	77.16	107.44	140.77	10.52
19.28	19.23	19.19	37.58	34.53	32.11	4.03
24.29	23.83	23.49	1140.11	959.48	840.64	45.52
19.27	19.22	19.18	36.93	34.08	31.70	2.22
21.70	21.56	21.45	352.49	323.94	303.20	17.18
24.42	24.50	24.65	1193.72	1226.34	1293.48	54.20
20.59	20.96	21.31	163.48	217.79	277.20	13.97
19.62	19.88	20.14	61.31	83.08	109.84	5.47
19.47	19.71	19.95	50.08	68.16	89.78	3.38
18.69	18.86	19.00	10.45	16.71	22.32	2.18

¹²Empresa Publica Municipal de Telecomunicaciones, A. P.-E. (2009). *Proyecto de los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento II Fase*. Cuenca.

18.92	19.00	19.08	19.11	22.56	26.46	1.93
18.55	18.59	18.64	6.57	7.73	9.01	1.00
18.29	18.37	18.44	1.84	3.06	4.19	0.50
19.58	19.81	20.05	57.84	76.91	99.54	5.20
19.79	20.07	20.33	75.56	101.82	130.99	7.96
19.33	19.54	19.74	40.42	54.89	70.72	4.77
19.53	19.78	20.01	53.96	73.91	96.20	4.81
19.62	19.51	19.43	60.78	52.71	46.86	5.56
18.48	18.45	18.43	5.14	4.49	3.99	0.47
18.59	18.54	18.49	7.69	6.30	5.33	0.52
18.14	18.13	18.12	0.44	0.36	0.30	0.03
18.51	18.43	18.37	5.61	4.10	3.04	1.64
19.08	19.17	19.26	26.29	31.25	36.50	2.46
18.67	18.74	18.80	10.01	12.12	14.34	1.47
20.49	20.77	21.03	150.81	188.26	228.75	17.03
19.05	19.20	19.34	25.08	32.93	41.40	1.97
20.51	20.89	21.24	153.69	206.84	265.05	12.55
18.39	18.45	18.51	3.30	4.45	5.68	0.74
20.81	21.25	21.69	194.64	266.55	349.52	13.00
21.84	21.87	21.92	380.91	387.33	398.97	16.82
19.35	19.48	19.61	41.50	50.64	60.39	4.03
18.69	18.74	18.80	10.46	12.24	14.25	1.09
18.59	18.68	18.75	7.66	10.31	12.37	1.63
19.34	19.34	19.37	40.93	41.01	43.21	2.73
18.38	18.48	18.57	3.08	5.14	7.05	0.69
19.15	19.06	18.98	29.77	25.45	21.82	1.52
19.33	19.14	18.98	40.38	29.36	21.53	2.79
18.75	18.92	19.04	12.64	18.91	24.29	2.05
18.32	18.32	18.32	2.29	2.26	2.19	0.62
28.34	28.90	29.49	3587.53	4073.80	4616.25	196.96
21.05	21.48	21.77	232.40	308.96	367.39	13.49
20.81	21.10	21.38	195.27	240.75	289.76	12.30

Fuente: Autor.

En la tabla 11 se indica los caudales de aportación que se calcula únicamente con las longitudes actuales.

- En las columnas 1, 2 y 3 se muestra los factores de mayoración para los años 2010, 2020, 2030 respectivamente.
- En las columnas 4, 5 y 6 se muestran los caudales sanitarios para los años 2010, 2020, 2030 respectivamente.
- En la columna 7 se muestra el caudal de infiltración.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

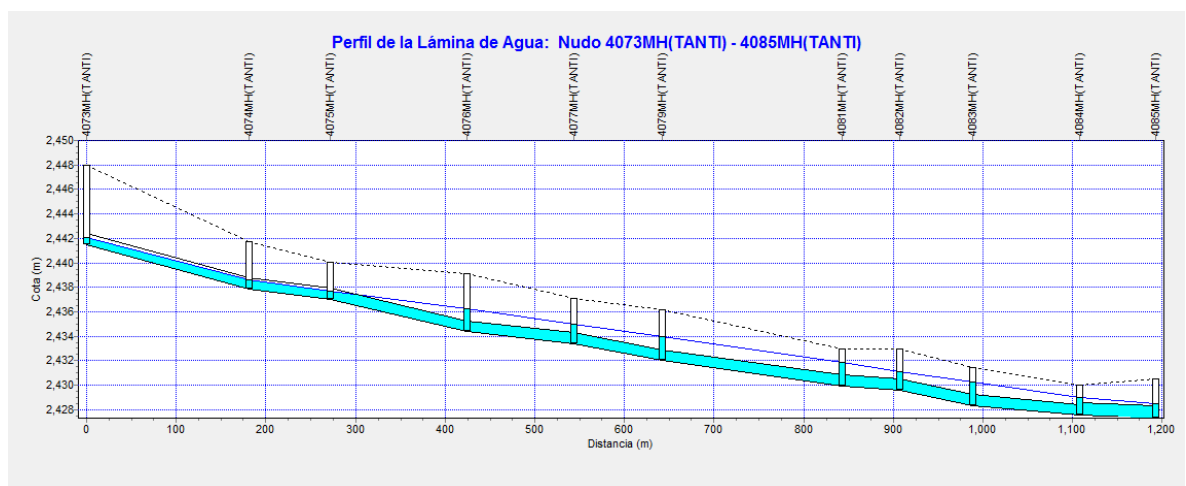
4.1 Análisis de los resultados

Una vez que se ha concluido con la parte de la modelación, con los caudales de cada tramo calculados anteriormente se obtuvo lo siguiente:

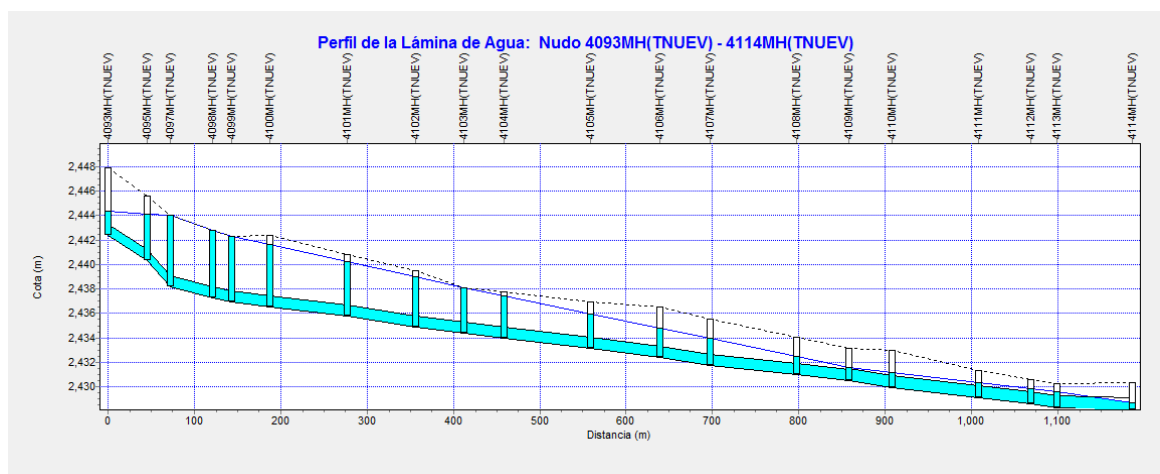
La simulación dinámica que se realizó del hidrograma sanitario se encontró los tiempos (t) en que coinciden el caudal máximo, el cual se corrió en un tiempo de 3 horas para buscar coincidencias del caudal punta.

El interceptor del río Tomebamba está funcionando con su caudal normal a excepción de algunos tramos en el cual su funcionamiento esta al tope, es decir a su máxima capacidad, en estos tramos se deberá realizar mantenimiento y en otros casos una reconstrucción de los pozos y de su empate.

En la figura 7 y 8 se detalla el perfil de lámina de agua para el año 2010, el cual indica hasta donde puede ascender el agua mediante la línea piezométrica (azul). El flujo de agua crece según el caudal alcanza la parte más baja.

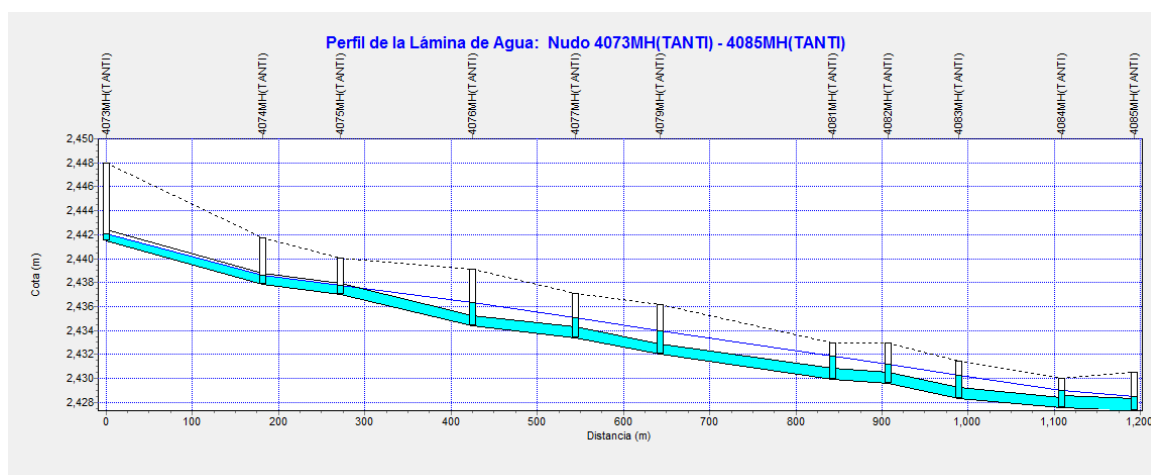
Figura 7: Perfil de la lámina de agua año 2010 tramo antiguo Descarga 1

Fuente: Autor.

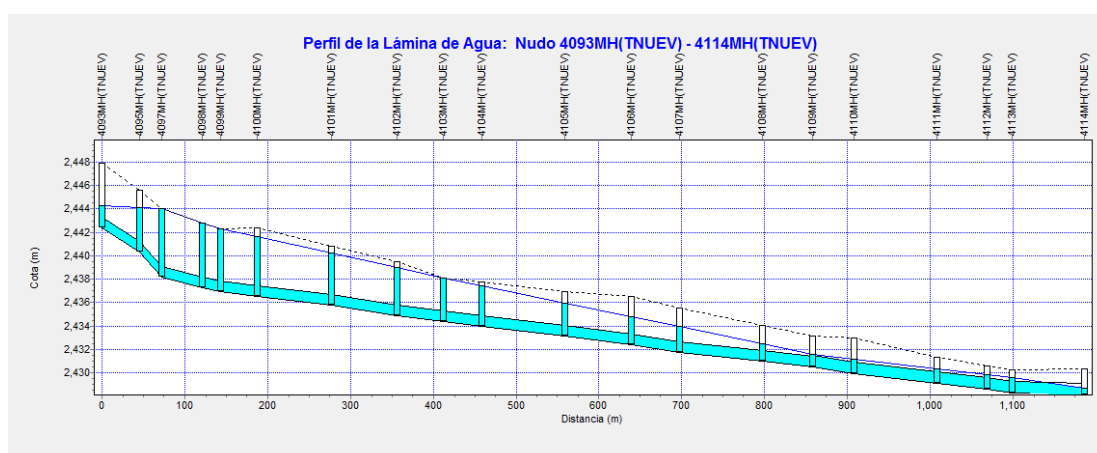
Figura 8: Perfil de la lámina de agua año 2010 tramo nuevo (Descarga 2)

En la figura 9 y 10 se detalla el perfil de lámina de agua para el año 2020, el cual indica hasta donde puede ascender el agua mediante la línea piezométrica (azul). El flujo de agua crece según el caudal alcanza la parte más baja.

Fuente: Autor.

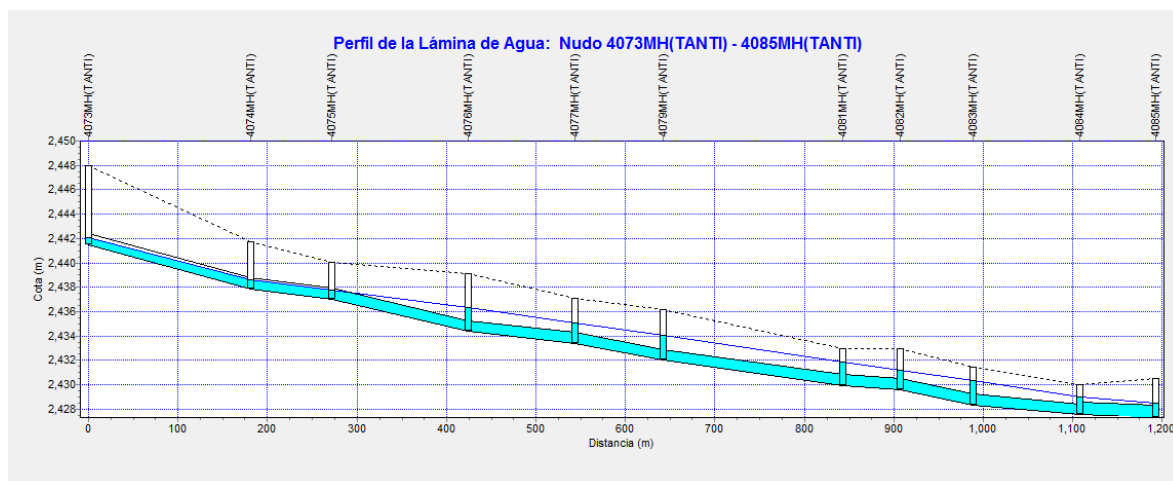
Figura 9: Perfil de la lámina de agua año 2020 tramo antiguo (Descarga 1)

Fuente: Autor.

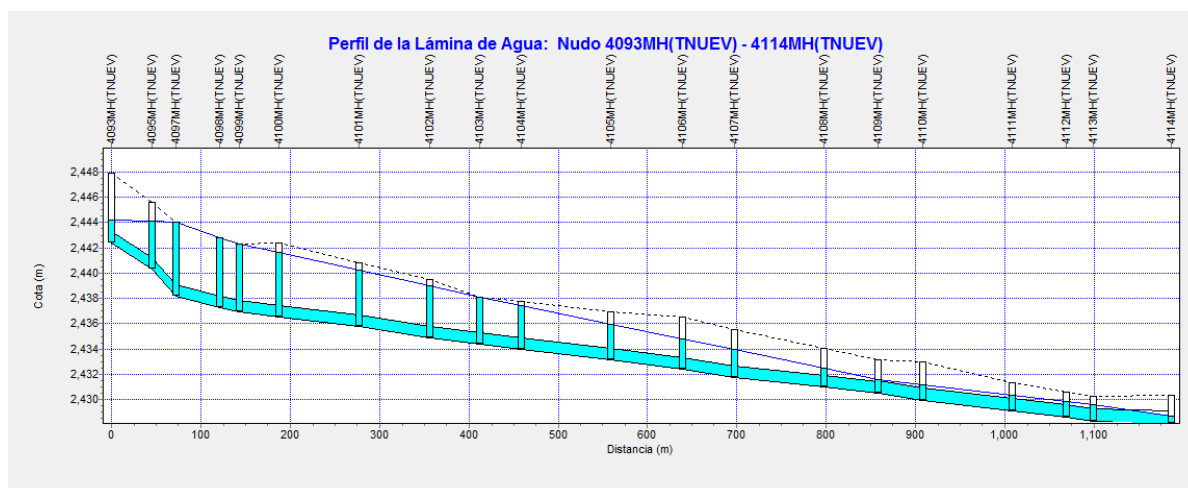
Figura 10: Perfil de la lámina de agua año 2020 tramo nuevo (Descarga 2)

En la figura 11 y 12 se detalla el perfil de lámina de agua para el año 2030, el cual indica hasta donde puede ascender el agua mediante la línea piezométrica (azul). El flujo de agua crece según el caudal alcanza la parte más baja.

Fuente: Autor.

Figura 11: Perfil de la lámina de agua año 2030 tramo antiguo(Descarga 1)

Fuente: Autor.

Figura 12: Perfil de la lámina de agua año 2030 tramo nuevo (Descarga 2)

En el anexo número 10 se adjunta los resultados de todos los tramos de las tuberías analizadas, y en las tablas que se muestran a continuación solo se indican los tramos que tienen problemas de capacidad.

Fuente: Autor.

Tabla 12: Resumen de los caudales en las tuberías año 2010

RESUMEN DE CAUDAL EN LINEAS							
LINEA	TIPO	CAUDAL MAXIMO LPS	INSTANTE CAUDAL MAX.		VELOCIDAD MAX m/seg	CAUDAL MAX/LLENO	NIVEL MAX/LLENO
			DIAS	hr : min			
1014INT(TANTI)	CONDUIT	1926.85	0	0:00	8.04	1.89	1.00
10034INT(TNUEV)	CONDUIT	1240.64	0	0:00	3.47	1.18	0.99
10092INT(TNUEV)	CONDUIT	3201.00	0	0:00	6.20	1.47	1.00
1060INT(TANTI)	CONDUIT	1859.44	0	0:16	2.92	1.96	1.00
10036INT(TNUEV)	CONDUIT	1335.83	0	0:00	3.95	1.08	1.00
1041INT(TANTI)	CONDUIT	848.24	0	0:23	3.00	1.12	1.00
1038INT(TANTI)	CONDUIT	872.09	0	0:23	3.08	1.11	1.00
10038INT(TNUEV)	CONDUIT	1153.38	0	0:01	4.13	1.97	0.91
10041INT(TNUEV)	CONDUIT	1189.27	0	0:02	3.70	1.30	0.92
1042INT(TANTI)	CONDUIT	847.92	0	0:19	3.29	1.32	0.89
1061INT(TANTI)	CONDUIT	1859.13	0	0:16	2.92	1.25	1.00
1065INT(TANTI)	CONDUIT	1871.95	0	0:16	2.94	1.17	1.00
10093INT(TNUEV)	CONDUIT	3109.80	0	0:00	6.68	1.91	1.00
10097INT(TNUEV)	CONDUIT	2748.84	0	0:01	5.82	1.57	1.00
1017INT(TANTI)	CONDUIT	1015.39	0	0:01	4.42	1.30	1.00
10091INT(TNUEV)	CONDUIT	3266.27	0	0:00	5.74	1.29	1.00
10040INT(TNUEV)	CONDUIT	1200.68	0	0:01	3.75	1.43	1.00
1063INT(TANTI)	CONDUIT	1858.93	0	0:16	3.30	1.30	1.00
10096INT(TNUEV)	CONDUIT	2734.53	0	0:01	5.33	1.61	1.00
10100INT(TNUEV)	CONDUIT	2414.34	0	0:03	4.69	1.21	1.00
10105INT(TNUEV)	CONDUIT	2442.77	0	0:05	3.17	1.13	1.00
1016INT(TANTI)	CONDUIT	1065.60	0	0:00	4.31	1.28	1.00
10102INT(TNUEV)	CONDUIT	2257.42	0	0:03	4.22	1.39	1.00
1075INT(TANTI)	CONDUIT	1869.20	0	17:01	3.16	1.43	1.00
10050INT(TNUEV)	CONDUIT	1256.38	0	0:05	2.67	1.11	1.00
1039INT(TANTI)	CONDUIT	847.90	0	0:18	3.00	2.03	1.00
1066INT(TANTI)	CONDUIT	1862.67	0	0:16	3.31	1.42	0.84
1062INT(TANTI)	CONDUIT	1859.07	0	0:16	2.92	1.38	1.00
1015INT(TANTI)	CONDUIT	1214.03	0	0:00	4.65	2.32	1.00
1033INT(TANTI)	CONDUIT	871.98	0	0:22	3.55	1.26	0.92
10046INT(TNUEV)	CONDUIT	1321.32	0	0:04	3.01	1.10	0.85
10095INT(TNUEV)	CONDUIT	2837.66	0	0:01	5.47	1.51	1.00
10099INT(TNUEV)	CONDUIT	2439.02	0	0:02	4.60	1.46	1.00
1078INT(TANTI)	CONDUIT	1869.21	0	7:24	2.38	1.49	1.00
10107INT(TNUEV)	CONDUIT	2211.18	0	0:08	3.66	2.03	0.78
10094INT(TNUEV)	CONDUIT	3040.03	0	0:01	5.83	1.77	1.00
1029INT(TANTI)	CONDUIT	734.49	0	0:06	2.88	1.08	1.00
10101INT(TNUEV)	CONDUIT	2315.97	0	0:03	4.54	1.48	1.00
10098INT(TNUEV)	CONDUIT	2554.74	0	0:02	5.00	1.54	1.00
10052INT(TNUEV)	CONDUIT	1221.52	0	0:10	2.90	1.17	0.85
1013INT(TANTI)	CONDUIT	812.38	0	0:01	3.00	1.41	1.00
1020INT(TANTI)	CONDUIT	901.24	0	0:03	3.38	1.30	1.00
1030INT(TANTI)	CONDUIT	696.06	0	0:06	2.79	1.28	1.00
1032INT(TANTI)	CONDUIT	924.18	0	0:07	3.34	1.56	1.00
1056INT(TANTI)	CONDUIT	2074.89	0	0:15	3.36	1.23	1.00
1022INT(TANTI)	CONDUIT	743.57	0	0:07	3.18	1.53	1.00
1059INT(TANTI)	CONDUIT	1859.75	0	0:16	2.92	1.23	1.00
1064INT(TANTI)	CONDUIT	1858.95	0	0:16	2.93	1.50	1.00
CO-6	CONDUIT	4067.83	0	3:20	3.67	1.35	0.95
CO-10	CONDUIT	746.64	0	0:04	3.07	1.21	1.00

Fuente: Autor.

Tabla 13: Resumen de los caudales en las tuberías año 2020

RESUMEN DE CAUDAL EN LINEAS							
LINEA	TIPO	CAUDAL MAXIMO LPS	INSTANTE CAUDAL MAX.		VELOCIDAD MAX m/seg	CAUDAL MAX/LLENO	NIVEL MAX/LLENO
			DIAS	hr : min			
1014INT(TANTI)	CONDUIT	2243.60	0	0:00	10.02	2.21	1.00
10092INT(TNUEV)	CONDUIT	3657.14	0	0:00	6.44	1.68	1.00
1040INT(TANTI)	CONDUIT	848.41	0	0:24	3.00	1.36	1.00
1060INT(TANTI)	CONDUIT	1868.66	0	0:16	2.94	1.97	1.00
1041INT(TANTI)	CONDUIT	848.27	0	0:22	3.00	1.12	1.00
1038INT(TANTI)	CONDUIT	863.03	0	0:21	3.05	1.10	1.00
10038INT(TNUEV)	CONDUIT	1080.09	0	0:01	3.65	1.85	0.89
10041INT(TNUEV)	CONDUIT	1148.84	0	0:01	3.59	1.26	0.87
1042INT(TANTI)	CONDUIT	847.92	0	0:24	3.26	1.32	0.88
1061INT(TANTI)	CONDUIT	1868.36	0	0:16	2.94	1.25	1.00
1065INT(TANTI)	CONDUIT	1879.57	0	0:16	2.96	1.17	1.00
10093INT(TNUEV)	CONDUIT	3695.75	0	0:00	6.73	2.27	1.00
10097INT(TNUEV)	CONDUIT	2785.34	0	0:01	5.97	1.59	1.00
1017INT(TANTI)	CONDUIT	1015.45	0	0:01	4.36	1.30	1.00
10091INT(TNUEV)	CONDUIT	3605.75	0	0:00	6.15	1.42	1.00
10040INT(TNUEV)	CONDUIT	1111.34	0	0:01	3.45	1.32	1.00
1063INT(TANTI)	CONDUIT	1871.07	0	0:16	3.32	1.31	1.00
10096INT(TNUEV)	CONDUIT	2859.21	0	0:01	5.44	1.69	1.00
10100INT(TNUEV)	CONDUIT	2398.78	0	0:02	4.73	1.21	1.00
10105INT(TNUEV)	CONDUIT	2437.21	0	0:05	3.17	1.13	1.00
1016INT(TANTI)	CONDUIT	1066.99	0	0:00	4.32	1.29	1.00
10102INT(TNUEV)	CONDUIT	2259.18	0	0:03	4.19	1.40	1.00
1075INT(TANTI)	CONDUIT	1878.66	0	8:39	3.15	1.44	1.00
1039INT(TANTI)	CONDUIT	847.88	0	0:24	3.00	2.03	1.00
1066INT(TANTI)	CONDUIT	1862.64	0	0:16	3.30	1.42	0.84
1062INT(TANTI)	CONDUIT	1870.07	0	0:16	2.94	1.39	1.00
1015INT(TANTI)	CONDUIT	1216.47	0	0:00	4.67	2.32	1.00
1033INT(TANTI)	CONDUIT	862.99	0	0:23	3.53	1.25	0.89
10095INT(TNUEV)	CONDUIT	2896.70	0	0:01	5.57	1.54	1.00
10099INT(TNUEV)	CONDUIT	2442.07	0	0:02	4.60	1.46	1.00
1078INT(TANTI)	CONDUIT	1878.66	0	20:46	2.39	1.50	1.00
10107INT(TNUEV)	CONDUIT	2215.34	0	0:07	3.67	2.04	0.78
10094INT(TNUEV)	CONDUIT	3125.25	0	0:00	6.11	1.81	1.00
10101INT(TNUEV)	CONDUIT	2319.64	0	0:03	4.52	1.48	1.00
10098INT(TNUEV)	CONDUIT	2563.02	0	0:02	5.03	1.55	1.00
10052INT(TNUEV)	CONDUIT	1164.51	0	0:07	2.88	1.12	0.76
1013INT(TANTI)	CONDUIT	854.67	0	0:01	3.17	1.48	1.00
1072INT(TANTI)	CONDUIT	1875.73	0	0:25	3.31	1.14	1.00
1077INT(TANTI)	CONDUIT	1878.66	0	2:16	2.95	1.29	1.00
1020INT(TANTI)	CONDUIT	901.59	0	0:03	3.38	1.30	1.00
1030INT(TANTI)	CONDUIT	695.23	0	0:07	2.80	1.28	1.00
1032INT(TANTI)	CONDUIT	910.09	0	0:07	3.31	1.54	1.00
1056INT(TANTI)	CONDUIT	2104.50	0	0:15	3.39	1.25	1.00
1022INT(TANTI)	CONDUIT	743.53	0	0:07	3.18	1.53	1.00
1059INT(TANTI)	CONDUIT	1868.85	0	0:16	2.94	1.23	1.00
1064INT(TANTI)	CONDUIT	1871.49	0	0:16	2.94	1.51	1.00
CO-6	CONDUIT	4079.93	0	18:33	3.68	1.35	0.95
CO-10	CONDUIT	746.88	0	0:04	3.07	1.22	1.00

Fuente: Autor.

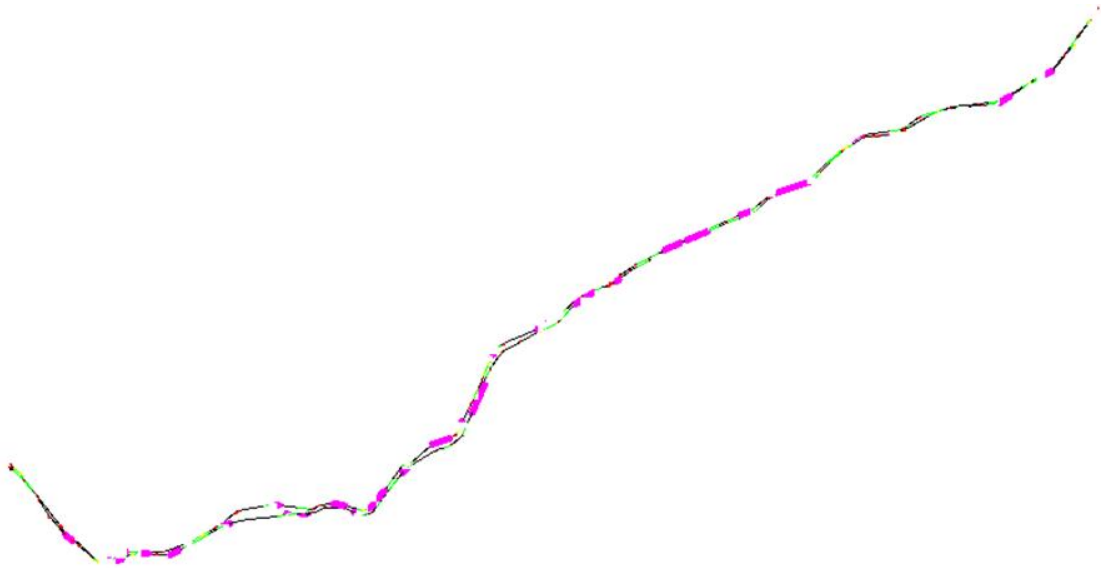
Tabla 14: Resumen de los caudales en las tuberías año 2030

RESUMEN DE CAUDAL EN LINEAS							
LINEA	TIPO	CAUDAL MAXIMO LPS	INSTANTE CAUDAL MAX.		VELOCIDAD MAX m/seg	CAUDAL MAX/LLENO	NIVEL MAX/LLENO
			DIAS	hr : min			
1014INT(TANTI)	CONDUIT	2709.33	0:00	0:00	11.60	2.66	1.00
10092INT(TNUEV)	CONDUIT	3802.35	0:00	0:00	6.29	1.75	1.00
1040INT(TANTI)	CONDUIT	848.41	0:00	0:25	3.00	1.36	1.00
1060INT(TANTI)	CONDUIT	1882.00	0:00	0:16	2.96	1.98	1.00
1041INT(TANTI)	CONDUIT	848.28	0:00	0:22	3.00	1.12	1.00
10038INT(TNUEV)	CONDUIT	1016.05	0:00	0:01	3.85	1.74	0.87
10041INT(TNUEV)	CONDUIT	1056.90	0:00	0:02	3.21	1.16	0.81
1042INT(TANTI)	CONDUIT	847.92	0:00	0:25	3.26	1.32	0.88
1061INT(TANTI)	CONDUIT	1880.71	0:00	0:16	2.96	1.26	1.00
1065INT(TANTI)	CONDUIT	1894.85	0:00	0:16	2.98	1.18	1.00
10093INT(TNUEV)	CONDUIT	3833.56	0:00	0:00	7.28	2.35	1.00
10097INT(TNUEV)	CONDUIT	2768.63	0:00	0:01	6.03	1.58	1.00
1017INT(TANTI)	CONDUIT	1015.42	0:00	0:01	4.39	1.30	1.00
10091INT(TNUEV)	CONDUIT	3785.13	0:00	0:00	6.32	1.49	1.00
10040INT(TNUEV)	CONDUIT	1020.98	0:00	0:01	3.06	1.21	0.98
1063INT(TANTI)	CONDUIT	1879.81	0:00	0:16	3.37	1.32	1.00
10096INT(TNUEV)	CONDUIT	2892.04	0:00	0:01	5.57	1.71	1.00
10100INT(TNUEV)	CONDUIT	2405.41	0:00	0:02	4.72	1.21	1.00
10105INT(TNUEV)	CONDUIT	2428.90	0:00	0:05	3.15	1.12	1.00
1016INT(TANTI)	CONDUIT	1078.02	0:00	0:00	4.29	1.30	1.00
10102INT(TNUEV)	CONDUIT	2275.27	0:00	0:03	4.23	1.41	1.00
1075INT(TANTI)	CONDUIT	1886.92	0:00	0:54	3.13	1.45	1.00
1039INT(TANTI)	CONDUIT	847.88	0:00	0:25	3.00	2.03	1.00
1066INT(TANTI)	CONDUIT	1873.78	0:00	0:16	3.32	1.43	0.85
1062INT(TANTI)	CONDUIT	1880.13	0:00	0:16	2.96	1.40	1.00
1015INT(TANTI)	CONDUIT	1225.65	0:00	0:00	4.67	2.34	1.00
1033INT(TANTI)	CONDUIT	856.22	0:00	0:25	3.51	1.24	0.88
10095INT(TNUEV)	CONDUIT	2984.74	0:00	0:01	5.64	1.59	1.00
10099INT(TNUEV)	CONDUIT	2438.99	0:00	0:02	4.64	1.46	1.00
1078INT(TANTI)	CONDUIT	1886.93	0:00	0:54	2.40	1.51	1.00
10107INT(TNUEV)	CONDUIT	2219.03	0:00	0:07	3.68	2.04	0.79
10094INT(TNUEV)	CONDUIT	3215.09	0:00	0:00	6.17	1.87	1.00
10101INT(TNUEV)	CONDUIT	2327.94	0:00	0:03	4.52	1.48	1.00
10098INT(TNUEV)	CONDUIT	2563.62	0:00	0:02	5.04	1.55	1.00
1013INT(TANTI)	CONDUIT	905.01	0:00	0:01	3.29	1.57	1.00
1072INT(TANTI)	CONDUIT	1881.74	0:00	0:24	3.31	1.14	1.00
1077INT(TANTI)	CONDUIT	1886.93	0:00	0:54	2.97	1.30	1.00
1020INT(TANTI)	CONDUIT	902.14	0:00	0:03	3.39	1.31	1.00
1030INT(TANTI)	CONDUIT	693.84	0:00	0:07	2.78	1.28	1.00
1032INT(TANTI)	CONDUIT	897.94	0:00	0:07	3.29	1.52	1.00
1056INT(TANTI)	CONDUIT	2143.94	0:00	0:14	3.43	1.27	1.00
1022INT(TANTI)	CONDUIT	743.50	0:00	0:07	3.18	1.53	1.00
1059INT(TANTI)	CONDUIT	1883.19	0:00	0:16	2.96	1.24	1.00
1064INT(TANTI)	CONDUIT	1879.64	0:00	0:16	2.96	1.51	1.00
CO-6	CONDUIT	4090.53	0:00	0:54	3.69	1.36	0.95
CO-10	CONDUIT	746.84	0:00	0:04	3.07	1.22	1.00

Fuente: Autor.

Como se puede observaren las tablas 12, 13 y 14 se repite los resultados en la mayoría de los tramos, es decir son los mismos los que tienen esos problemas de capacidad.

Figura 13: Longitudes con problemas de continuidad



Fuente: Autor.

El resumen de los diámetros con las longitudes totales de los colectores antiguos y nuevos se muestra a continuación:

Tabla 15: Longitud total del colector antiguo

COLECTOR ANTIGUO	
Long. tuberías (m)	Diámetros
431.4	500
2045	600
164.2	800
3058.6	900
88.6	1000
5787.8m	Total

Fuente: Autor.

Tabla 16: Longitud total del colector nuevo

COLECTOR NUEVO	
Long. tuberías (m)	Diámetros
11	200
73.3	300
809.8	600
832.3	700
1183.1	800
2672.1	900
344	1000

5925.6m Total

Fuente: Autor.

Los diámetros que presentan problemas de capacidad para el colector antiguo y nuevo.

Tabla 17: Longitud tramo antiguo con problemas de continuidad

COLECTOR ANTIGUO	
Long. tuberías (m)	Diámetros
1700	900
922.5	600
2622.5m	Total

El total de las longitudes del colector antiguo con problemas en su capacidad representa el 45.3% de la longitud total de colectores.

Fuente: Autor.

Tabla 18: Longitud tramo nuevo con problemas de continuidad

COLECTOR NUEVO	
Long. tuberías (m)	Diámetros
1450	900
253	600
1703m	Total

El total de las longitudes del colector nuevo con problemas en su capacidad representa el 28.7% de la longitud total de colectores.

Fuente: Autor.

4.2 Propuestas de mejoramiento

- Realizar un mantenimiento adecuado para la red de alcantarillado, ya que como se pudo observar, si bien los tramos no desbordan frente a los caudales máximos, se puede apreciar que los mismos presentan problemas de

capacidad, por lo que es de gran importancia el mantenimiento preventivo de los mismos para que siempre estén operativos.

- En los tramos en los que su funcionamiento esta sobrecargado, realizar un mejoramiento o una reconstrucción de los pozos de derivación y su empate para que en un futuro disminuya este efecto, y la derivación de la sobrecarga hacia el río se realice siempre de manera eficiente.
- Según el índice de la población existente y según el análisis realizado hasta el 2030, se deberá realizar una evaluación física de colectores cada cierto tiempo, para comprobar su funcionamiento.

4.3 Presupuesto de las obras de mejoramiento

Para determinar el presupuesto se ha cuantificado las cantidades de obra de los rubros necesarios para llevar a cabo la intervención de ciertos tramos, así mismo en el correspondiente análisis de precios unitarios (APU), se han considerado los precios de los materiales, equipos-herramienta y mano de obra. Este presupuesto se encuentra en el anexo 8.

CONCLUSIONES

Una vez que se ha realizado la evaluación hidráulica y el modelamiento del interceptor sanitario del río Tomebamba, se ha podido llegar a las siguientes conclusiones:

- Al tabularse todos los datos recolectados y procesados en un software de cálculo para los tramos del interceptor sanitario, se pudo conocer su funcionamiento, el cual indica que sus tuberías y pozos están a su capacidad normal a excepción de algunos tramos en el cual su funcionamiento está a su máxima capacidad. En estos se recomienda realizar mantenimiento sobre todo preventivo, además de la reconstrucción de los pozos derivadores y de su empate para mejorar su condición de funcionamiento.
- En los resultados obtenidos también se pudo representar mediante la línea piezométrica hasta donde puede ascender el agua, para verificar así la capacidad que tiene cada uno de los pozos analizados, y observar como el flujo del agua va creciendo más a ciertas horas según alcanza la parte más baja.
- Mediante la simulación dinámica que se realizó, se encontró ciertos tiempos (t) en el que su caudal llega a su máxima capacidad, el cual afecta a algunos tramos. Por ello es necesario se realice un constante mantenimiento preventivo para que no se afecte la vida útil del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

AGUA, C. N. (Diciembre de 2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario*. Mexico, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, A. P.-E. (2009). *Proyecto de los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento II Fase*. Cuenca.

LÓPEZ Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

OPS/CEPIS/05.169. (2005). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado* . Organización Panamericana de la salud, 73.