



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

**Evaluación hidráulica y modelamiento del interceptor sanitario de la
quebrada de El Salado**

**Diseño del trabajo de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

Autor:

DALILA NATALY SIGÜENZA CASTRO

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA – ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación lo dedico a mi Esposo, a mi Hija y mis Padres, que son luz para mi vida, que con su amor, paciencia y sabiduría me brindan su apoyo y confianza día tras día.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por guiarme, por dotarme de sabiduría y capacidad para alcanzar esta meta. A mis familiares en especial a mi Esposo Víctor que es el pilar de mi vida y me ha brindado su apoyo y ayuda incondicional, a mi hija Nicole por ser mi inspiración y mi razón de existir y a mis Padres Ramiro y América por su paciencia y su confianza depositada en mí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	2
1.1 Introducción	2
1.1.1 Antecedentes	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	4
2.1 Recopilación de datos topográficos, demográficos y catastrales	4
2.2 Levantamiento de datos de campo	4
2.3 Elaboración de los archivos del sistema de información geográfica	17
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN HIDRÁULICA	20
3.1 Discretización de las áreas de aporte y cálculo de caudales	20

3.2	Propiedades físicas de los colectores y pozos	22
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....		32
CONCLUSIONES.....		38
RECOMENDACIONES.....		389
BIBLIOGRAFÍA.....		40
ANEXOS		41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de los pozos	5
Tabla 2: Datos de las tuberías	10
Tabla 3: Áreas de Aporte ..	21
Tabla 4: Longitud de tuberías ..	23
Tabla 5: Población	24
Tabla 6: Datos para el diseño.....	27
Tabla 7: Caudales de aportación a los nudos ..	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pozos y Tuberías (Anexo1)	16
Figura 2: Modelo Digital en 3D.....	17
Figura 3: Áreas de Aporte (Anexo 2).....	20
Figura 4: Longitud de Tuberías por cada área de aporte	22
Figura 5: Perfil de la lámina de agua año 2010 hora 7:00 am.....	32
Figura 6: Perfil de la lámina de agua año 2010 hora 13:00 pm.	33
Figura 7: Perfil de la lámina de agua año 2010 hora 20:00 pm.	33
Figura 8: Perfil de la lámina de agua año 2020 hora 7:00 am.....	34
Figura 9: Perfil de la lámina de agua año 2020 hora 13:00 pm.	34
Figura 10: Perfil de la lámina de agua año 2020 hora 20:00 pm.	35
Figura 11: Perfil de la lámina de agua año 2030 hora 7:00 am.....	35
Figura 12: Perfil de la lámina de agua año 2030 hora 13:00 pm.	36
Figura 13: Perfil de la lámina de agua año 2030 hora 20:00 pm.	36

ÍNDICE DE ANEXOS


- Anexo 1. Plano del interceptor sanitario.
- Anexo 2. Perfiles por tramos.
- Anexo 3. Pozos y tuberías.
- Anexo 4. Áreas de aporte.
- Anexo 5. Longitud de las tuberías por cada área de aporte.
- Anexo 6. Base poblacional.
- Anexo 7. Resultados.

EVALUACIÓN HIDRÁULICA Y MODELAMIENTO DEL INTERCEPTOR SANITARIO DE LA QUEBRADA DE EL SALADO

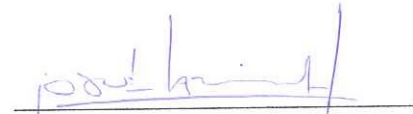
RESUMEN

La evaluación del interceptor sanitario surge por la necesidad de conocer su funcionamiento hidráulico, por lo tanto la empresa prestadora del servicio busca identificar las debilidades del sistema para mejorar su funcionamiento y mantenimiento, logrando alargar la vida útil del mismo. La investigación se basa en valorar toda la información obtenida realizando un análisis de la situación actual y futura del interceptor sanitario de la quebrada del Salado con la finalidad de determinar el comportamiento de éste ante una futura demanda, o en su defecto las mejoras a realizar, para su correcto funcionamiento. El proyecto se fundamenta en la recolección de datos de campo, con la ayuda de la información que posee la empresa ETAPA EP, y la elaboración de un modelo hidráulico con la ayuda del software SWMM, que permitan reproducir el funcionamiento del sistema en las condiciones actuales y futuras.

Palabras Clave: Interceptor sanitario, modelo hidráulico, evaluación hidráulica, operación y mantenimiento.



Paúl Cornelio Cordero Díaz
Director de Escuela



Josué Bernardo Larriva Vásquez
Director de Tesis



Dalila Nataly Sigüenza Castro

Autor

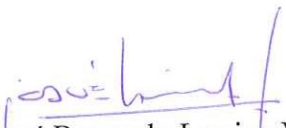
**HYDRAULIC EVALUATION AND MODELING OF THE SANITARY SEWER
INTERCEPTOR AT *EL SALADO* GORGE**

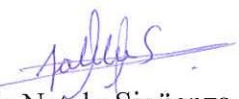
ABSTRACT

The evaluation of the sanitary sewer interceptor arises from the need to know its hydraulic operation; therefore, the company that provides service seeks to identify the system vulnerabilities so as to improve its operation and maintenance and lengthen the life of the product. The research is based on assessing all the information obtained by performing an analysis of the current and future situation of the sanitary interceptor of *El Salado* gorge in order to determine its behavior to future demand, or the improvements to be made for its proper operation. The project is based on field data collection with the help of the information available at ETAPA E.P Company, and the development of a hydraulic model using the SWMM software that allows reproducing the system operation under current and future conditions.


Keywords: Sanitary Interceptor, Hydraulic Model, Hydraulic Evaluation, Operation and Maintenance.


Paul Cornelio Cordero Díaz
School Director


Josué Bernardo Larriva Vásquez
Thesis Director


Dalila Nataly Sigüenza Castro
Author


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Dalila Nataly Sigüenza Castro

Trabajo de Graduación

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Septiembre, 2015

EVALUACIÓN HIDRÁULICA Y MODELAMIENTO DEL INTERCEPTOR SANITARIO DE LA QUEBRADA DE EL SALADO

INTRODUCCIÓN

Es conocido por todos la importancia de mantener la calidad del agua en los cursos naturales para la vida de los seres humanos y la naturaleza en general, es por eso que en este proyecto se realizará un estudio para obtener un diagnóstico de la situación actual del interceptor sanitario de la quebrada del Salado de acuerdo a diferentes parámetros que aseguren la salud de las personas en la zona y finalmente cumplir con el objetivo principal de determinar el comportamiento del mismo ante una futura demanda, además las mejoras que se debe hacer para su correcto funcionamiento.

Para lograr una evaluación y modelamiento óptimo del interceptor sanitario, en cuanto a criterios técnicos y económicos la empresa ETAPA EP ayudará con la contribución de información, lo que permitirá crear un modelo, con la ayuda del software SWMM, brindando una visión real del funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Introducción

Actualmente, la quebrada del Salado, en el tramo comprendido entre el centro parroquial de El Valle y el Intercambiador de Monay, dispone de un interceptor sanitario, el cual necesita ser evaluado debido al crecimiento poblacional de la zona y a las deficiencias técnicas que éste presenta. La evaluación hidráulica y modelamiento garantizará que las necesidades actuales y futuras de la comunidad sean solucionadas.

1.1.1 Antecedentes

El saneamiento es uno de los factores más importantes para la calidad de vida de una población, es por eso, que es necesario darle un destino adecuado a las aguas residuales, considerando la problemática que genera un alcantarillado sobrecargado y las consecuencias de contaminación e impactos ambientales. Por lo tanto, surge la necesidad de realizar una evaluación de dicho sistema.

La investigación nace de la necesidad de evaluar el funcionamiento hidráulico del interceptor, ya que el mismo tiene aproximadamente seis años de funcionamiento y en el tramo final del mismo luce, visualmente, como si hubiese llegado al final de su vida útil desde el punto de vista de la capacidad hidráulica. Por ello se requiere crear un modelo para evaluar los parámetros hidráulicos de los diferentes elementos que conforman el sistema de alcantarillado, recopilando la información más importante de los tramos de estudio, evaluando el caudal con el que debería funcionar actualmente, y proyectando su comportamiento durante el resto de su vida útil.

1.1.2 **Justificación**

Esta propuesta es importante debido que tiene como objeto obtener un diagnóstico de la situación actual del interceptor sanitario de la quebrada de El Salado y de esta manera determinar el comportamiento del mismo ante una futura demanda, además las mejoras que se debe hacer para su correcto funcionamiento con el propósito de optimizar su operación y mantenimiento, disminuyendo recursos humanos y económicos para la empresa prestadora, cuya finalidad es brindar un mejor servicio a la población que necesita de esta infraestructura, esto se logrará con la aplicación de paquetes de software utilizados actualmente por dicha empresa.

1.2 **Objetivos**

1.2.1 **Objetivo general**

Elaborar la evaluación hidráulica y la modelación de la infraestructura del interceptor sanitario existente en la quebrada de El Salado, con el fin de determinar los parámetros hidráulicos más importantes de su funcionamiento.

1.2.2 **Objetivos específicos**

- Analizar y recopilar la información necesaria de las características de los elementos que conforman el sistema de alcantarillado contemplados en el área de estudio.
- Elaborar un modelo en un sistema de información geográfico con los datos físicos y características hidráulicas de los elementos del sistema de interceptores.
- Elaborar un modelo hidráulico del sistema mediante la utilización del software SWMM.
- Verificar, mediante la creación del modelo la situación actual y futura del sistema de alcantarillado, considerando variables como tipo de flujo, capacidad de las tuberías, entre otros.

CAPÍTULO 2

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

2.1 Recopilación de datos topográficos, demográficos y catastrales

Para realizar la recolección de los datos del interceptor sanitario del sector comprendido entre el centro parroquial de El Valle y el Intercambiador de Monay, 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 recolectada se verificarán las características de todos los elementos mencionados, ya que en algunos tramos no se especifican y con ello poder realizar la evaluación y modelamiento del interceptor.

2.2 Levantamiento de datos de campo

Para el levantamiento de los datos de campo, preliminarmente 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 de información, fue un equipo topográfico y un GPS, los pozos analizados fueron los siguientes:

- Los pozos N°: P13, P23, P24, P25, P38, P88, P98, P110, P111, P112, P113, P114, P115, P123, P124, P125, P126, P127, P128, P222 se tuvieron que destapar para verificar sus cotas de fondo y tapa.

Finalmente, 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 1: Datos de los pozos

N° POZO	Norte	Este	COTA TAPA	COTA FONDO	H
1	9675328.37	725872.87	2536.46	2532.48	3.98
2	9675340.84	725887.59	2533.33	2531.87	1.46
3	9675374.77	725914.71	2531.97	2530.29	1.68
4	9675393.03	725931.00	2531.89	2529.68	2.21
5	9675400.90	725973.27	2531.63	2528.32	3.31
6	9675408.73	725986.26	2529.54	2527.05	2.49
7	9675435.25	726029.48	2528.36	2526.22	2.14
8	9675471.79	726043.54	2527.75	2525.55	2.20
9	9675496.08	726065.92	2525.21	2523.67	1.54
10	9675540.52	726150.29	2524.92	2523.04	1.88
11	9675564.27	726242.31	2523.63	2521.15	2.48
12	9675591.59	726311.13	2522.93	2520.59	2.34
13	9675598.03	726349.39	2522.60	2519.61	2.99
14	9675621.26	726388.79	2523.56	2519.31	4.25
15	9675630.46	726399.80	2522.58	2518.64	3.94
16	9675667.28	726433.71	2521.71	2517.79	3.92
17	9675690.80	726450.41	2521.51	2517.53	3.98
18	9675702.26	726459.35	2521.64	2517.45	4.19
19	9675737.72	726463.21	2519.91	2516.81	3.10
20	9675763.92	726476.38	2517.45	2515.07	2.38
21	9675809.30	726502.70	2517.35	2514.00	3.35
22	9675839.52	726520.35	2516.85	2514.75	2.10
23	9675848.42	726532.90	2514.13	2509.47	4.66
24	9675849.03	726530.86	2515.86	2511.25	4.61
25	9675854.17	726533.67	2516.65	2512.10	4.55
26	9675867.98	726540.18	2518.37	2513.92	4.45
27	9675915.30	726507.19	2515.81	2513.06	2.75
28	9675974.89	726501.31	2514.39	2512.79	1.60
29	9676002.20	726514.28	2513.69	2511.56	2.13
30	9676059.20	726505.99	2513.12	2510.24	2.88
31	9676128.33	726494.74	2512.83	2509.90	2.93
32	9676190.57	726494.25	2512.14	2509.40	2.74
33	9676216.00	726500.92	2511.38	2509.18	2.20
34	9676235.25	726499.53	2511.06	2508.88	2.18
35	9676269.39	726508.93	2511.33	2508.62	2.71
36	9676294.15	726498.79	2511.12	2508.36	2.76
37	9676343.32	726496.69	2510.89	2508.09	2.80

N° POZO	Norte	Este	COTA TAPA	COTA FONDO	H
38	9676348.24	726495.32	2507.31	2503.31	4.00
39	9676478.72	726459.02	2506.72	2504.46	2.26
40	9676541.73	726463.73	2505.98	2503.18	2.80
41	9676567.50	726509.92	2505.16	2502.26	2.90
42	9676616.60	726525.21	2504.69	2500.54	4.15
43	9676638.49	726505.76	2504.47	2499.82	4.65
44	9676662.99	726463.31	2503.06	2498.59	4.47
45	9676699.06	726416.46	2501.59	2497.42	4.17
46	9676724.59	726423.04	2501.35	2497.15	4.20
47	9676745.36	726436.35	2501.21	2496.91	4.30
48	9676816.87	726400.33	2501.80	2495.70	6.10
49	9676837.60	726408.05	2498.71	2495.01	3.70
50	9676858.76	726394.72	2498.80	2494.70	4.10
51	9676906.13	726375.55	2497.67	2494.07	3.60
52	9676935.66	726364.41	2497.45	2493.70	3.75
53	9676968.21	726319.92	2496.87	2493.15	3.72
54	9677011.53	726283.33	2495.84	2492.61	3.23
55	9677082.29	726272.09	2495.38	2491.85	3.53
56	9677124.78	726235.04	2494.67	2491.32	3.35
57	9677158.22	726234.82	2494.76	2490.95	3.81
58	9677220.05	726208.85	2493.33	2490.03	3.30
59	9677228.60	726187.13	2493.44	2489.72	3.72
60	9677302.59	726211.64	2492.93	2488.63	4.30
61	9677340.41	726185.91	2491.48	2488.00	3.48
62	9677363.67	726158.45	2490.76	2487.48	3.28
63	9677418.26	726155.31	2490.06	2487.09	2.97
64	9677442.24	726155.35	2492.28	2486.92	5.36
65	9677460.68	726152.91	2492.15	2486.80	5.35
66	9677498.16	726101.53	2490.60	2486.35	4.25
67	9677521.71	726067.35	2488.55	2486.07	2.48
68	9677593.47	725998.70	2489.26	2485.36	3.90
69	9677613.30	725987.32	2489.31	2484.21	5.10
70	9677630.76	725941.22	2486.27	2482.87	3.40
71	9677649.86	725933.43	2485.51	2482.71	2.80
72	9677678.14	725884.15	2484.47	2482.12	2.35
73	9677727.87	725833.86	2484.07	2481.52	2.55
74	9677764.42	725808.15	2484.94	2481.19	3.75
75	9677768.45	725780.37	2484.15	2481.00	3.15
76	9677797.23	725779.71	2481.97	2479.50	2.47
77	9677822.82	725742.69	2482.19	2478.94	3.25

N° POZO	Norte	Este	COTA TAPA	COTA FONDO	H
78	9677845.09	725729.87	2482.96	2478.41	4.55
79	9677927.24	725719.62	2482.69	2477.99	4.70
80	9677952.46	725716.27	2480.23	2477.86	2.37
81	9677938.66	725681.49	2480.49	2477.67	2.82
82	9677962.11	725659.22	2480.99	2477.52	3.47
83	9677976.29	725644.39	2479.60	2477.40	2.20
84	9678000.26	725646.92	2479.91	2477.29	2.62
85	9678012.74	725654.56	2479.04	2476.20	2.84
86	9678042.39	725687.48	2477.60	2475.99	1.61
87	9678052.33	725724.73	2477.21	2475.80	1.41
88	9678079.16	725734.02	2478.51	2475.70	2.81
89	9678086.11	725730.15	2479.41	2475.61	3.80
90	9678096.16	725686.50	2478.66	2475.46	3.20
91	9678101.36	725677.62	2478.46	2475.41	3.05
92	9678109.45	725670.00	2479.05	2475.35	3.70
93	9678113.09	725635.72	2477.83	2475.18	2.65
94	9678122.07	725627.49	2477.85	2475.10	2.75
95	9678169.87	725589.35	2477.02	2474.82	2.20
96	9678205.12	725611.97	2478.41	2474.61	3.80
97	9678250.43	725591.66	2478.59	2474.37	4.22
98	9678269.21	725583.79	2478.44	2474.25	4.19
99	9678280.62	725566.35	2478.33	2474.13	4.20
100	9678298.02	725558.18	2477.87	2473.98	3.89
101	9678308.93	725561.03	2477.95	2473.98	3.97
102	9678323.68	725540.92	2476.11	2473.86	2.25
103	9678400.60	725509.93	2476.08	2473.42	2.66
104	9678418.07	725531.24	2475.29	2473.29	2.00
105	9678473.66	725518.47	2475.05	2473.00	2.05
106	9678512.36	725517.46	2474.42	2472.79	1.63
107	9678566.83	725509.87	2474.35	2472.53	1.82
108	9678629.45	725509.53	2474.56	2472.26	2.30
109	9678647.30	725509.53	2475.46	2472.16	3.30
110	9678668.16	725494.19	2475.23	2472.04	3.19
111	9678693.47	725475.49	2475.01	2471.86	3.15
112	9678719.31	725463.79	2474.52	2471.56	2.96
113	9678769.41	725462.63	2474.02	2471.31	2.71
114	9678792.91	725486.06	2473.62	2470.68	2.94
115	9678804.27	725497.09	2473.10	2470.20	2.90
116	9678886.43	725583.30	2472.77	2469.36	3.41
117	9678916.93	725601.28	2472.02	2468.52	3.49

N° POZO	Norte	Este	COTA TAPA	COTA FONDO	H
118	9678937.93	725613.56	2470.30	2467.80	2.50
119	9678962.08	725619.32	2469.09	2466.80	2.29
120	9678978.08	725620.61	2466.83	2466.05	0.78
121	9678991.32	725616.23	2467.41	2465.31	2.10
122	9679017.00	725577.18	2466.84	2464.32	2.52
123	9679036.56	725540.00	2466.23	2462.35	3.88
124	9679065.52	725509.78	2464.21	2460.89	3.32
125	9679104.13	725505.53	2462.65	2458.12	4.53
126	9679160.10	725495.35	2458.56	2456.56	2.00
127	9679224.17	725497.97	2456.15	2454.24	1.91
128	9679257.16	725502.54	2453.25	2449.50	3.75
129	9677374.51	727238.71	2528.69	2526.99	1.70
130	9677356.50	727254.74	2528.86	2526.31	2.55
131	9677367.50	727263.74	2528.25	2526.27	1.98
132	9677379.95	727254.33	2527.62	2525.38	2.24
133	9677413.63	727232.24	2527.52	2524.97	2.55
134	9677456.31	727230.54	2526.81	2523.51	3.30
135	9677495.00	727217.09	2527.97	2523.32	4.65
136	9677541.43	727208.89	2524.92	2523.12	1.80
137	9677553.06	727190.49	2522.62	2520.72	1.90
138	9677562.13	727154.79	2521.70	2519.65	2.05
139	9677561.05	727103.34	2521.46	2519.16	2.30
140	9677572.67	727069.85	2519.49	2517.04	2.45
141	9677565.35	727053.42	2518.94	2516.74	2.20
142	9677554.02	727033.82	2517.82	2515.82	2.00
143	9677537.67	727014.39	2517.23	2513.73	3.50
144	9677531.40	727007.95	2512.97	2511.97	1.00
145	9677527.85	726991.01	2513.76	2511.85	1.91
146	9677537.00	726964.12	2513.12	2510.92	2.20
147	9677525.27	726951.88	2511.46	2510.26	1.20
148	9677510.95	726936.20	2512.26	2508.66	3.60
149	9677512.23	726921.98	2510.88	2507.08	3.80
150	9677529.12	726897.50	2510.64	2506.89	3.75
151	9677523.73	726875.55	2509.73	2505.68	4.05
152	9677539.24	726850.27	2508.50	2504.20	4.30
153	9677571.82	726816.99	2507.33	2504.08	3.25
154	9677577.46	726790.14	2505.35	2503.00	2.35
155	9677575.42	726774.18	2503.97	2501.62	2.35
156	9677592.32	726723.27	2502.00	2500.33	1.67
157	9677588.46	726694.47	2502.42	2500.77	1.65

N° POZO	Norte	Este	COTA TAPA	COTA FONDO	H
158	9677574.38	726664.29	2501.00	2499.40	1.60
159	9677566.40	726611.98	2501.20	2499.35	1.85
160	9677559.51	726596.15	2500.69	2498.99	1.70
161	9677531.92	726583.75	2500.28	2498.28	2.00
162	9677532.24	726560.80	2500.11	2496.21	3.90
163	9677528.74	726547.28	2498.18	2495.88	2.30
164	9677506.81	726506.92	2497.99	2494.69	3.30
165	9677489.44	726482.74	2497.59	2494.59	3.00
166	9677478.27	726439.96	2497.38	2494.08	3.30
167	9677499.75	726406.94	2496.36	2493.87	2.49
168	9677484.41	726383.43	2494.68	2493.38	1.30
169	9677472.51	726340.48	2494.47	2491.67	2.80
170	9677467.24	726301.24	2493.83	2491.53	2.30
171	9677477.86	726258.59	2491.25	2489.45	1.80
172	9677475.55	726223.51	2490.84	2488.99	1.85
173	9677460.37	726202.95	2492.80	2488.55	4.25
174	9678268.30	727537.89	2567.20	2565.90	1.30
175	9678253.52	727534.32	2565.90	2563.80	2.10
176	9678215.26	727526.77	2565.37	2563.07	2.30
177	9678191.46	727524.58	2564.99	2561.89	3.10
178	9678150.72	727499.59	2560.07	2558.02	2.05
179	9678135.12	727499.86	2551.90	2548.90	3.00
180	9678108.99	727504.29	2548.90	2546.80	2.10
181	9678079.85	727511.44	2547.15	2544.45	2.70
182	9678066.50	727501.43	2546.13	2543.03	3.10
183	9678042.49	727504.48	2545.45	2542.45	3.00
184	9678007.29	727492.68	2544.37	2541.47	2.90
185	9677997.69	727466.72	2543.66	2541.26	2.40
186	9677973.43	727443.50	2543.24	2540.14	3.10
187	9677938.84	727447.93	2541.69	2540.12	1.57
188	9677920.54	727419.83	2541.27	2539.47	1.80
189	9677898.61	727389.55	2540.43	2537.83	2.60
190	9677892.77	727367.42	2539.09	2536.79	2.30
191	9677883.23	727335.07	2528.74	2525.30	3.44
192	9677834.21	727299.63	2527.74	2524.00	3.74
193	9677821.32	727289.48	2524.55	2521.20	3.35
194	9677779.37	727256.44	2524.06	2520.86	3.20
195	9677756.60	727226.63	2520.63	2517.33	3.30
196	9677752.97	727222.12	2518.97	2515.67	3.30
197	9677744.91	727212.11	2518.85	2514.35	4.50

N° POZO	Norte	Este	COTA TAPA	COTA FONDO	H
198	9677726.55	727181.44	2517.42	2514.24	3.18
199	9677708.55	727143.16	2516.23	2514.12	2.11
200	9677699.06	727126.75	2516.23	2514.10	2.13
201	9677680.98	727104.28	2515.60	2513.90	1.70
202	9677672.07	727075.82	2515.04	2513.29	1.75
203	9677668.51	727033.29	2514.55	2511.95	2.60
204	9677665.94	727003.37	2514.07	2511.67	2.40
205	9677649.03	726949.47	2513.42	2509.73	3.69
206	9677660.42	726915.99	2512.82	2509.12	3.70
207	9677646.07	726882.82	2512.12	2507.02	5.10
208	9677629.77	726851.18	2507.94	2505.79	2.15
209	9677627.85	726831.12	2507.43	2505.35	2.08
210	9677604.72	726763.76	2506.79	2504.49	2.30
211	9677591.14	726734.79	2503.58	2502.33	1.25
212	9678162.67	727417.49	2553.67	2552.07	1.60
213	9678158.95	727441.90	2552.82	2550.92	1.90
214	9678140.74	727485.46	2549.72	2547.87	1.85
215	9678009.22	727279.78	2543.87	2541.57	2.30
216	9677993.06	727291.39	2543.36	2541.19	2.17
217	9677956.71	727315.28	2540.84	2538.24	2.60
218	9677926.19	727332.42	2539.59	2537.19	2.40
219	9677914.64	727327.14	2532.13	2528.73	3.40
220	9677905.73	727328.10	2531.54	2527.24	4.30
221	9677900.48	727329.78	2529.04	2524.54	4.50
222	9677895.08	727331.88	2527.89	2524.10	3.79

En la tabla 1 se indica la recolección de todos los datos de pozos que se realizó, la cual consta de:

- La columna 1 muestra el número de cada pozo.
- Las columnas 2 y 3 muestran las coordenadas de ubicación Norte y Este en el sistema WGS 84.
- En las columnas 4 y 5 se indica la cota de tapa y fondo respectivamente de cada pozo.
- En la columna 6 se indica la altura del pozo

Tabla 2: Datos de las tuberías

N° TUBERÍA	LONGITUD	DIÁMETRO	MATERIAL	COTA ENTRADA	COTA SALIDA
1	20.37	300	PVC	2532.48	2531.87
2	43.43	300	PVC	2531.87	2530.70
3	24.46	300	PVC	2530.29	2529.68
4	42.99	300	PVC	2529.68	2528.32
5	15.16	300	PVC	2528.32	2527.05
6	48.14	300	PVC	2527.05	2526.22
7	43.19	300	PVC	2526.22	2525.55
8	33.02	300	PVC	2525.55	2523.67
9	95.36	300	PVC	2523.67	2523.04
10	95.60	300	PVC	2523.04	2521.15
11	74.04	300	PVC	2521.15	2520.59
12	29.92	300	PVC	2520.59	2519.61
13	55.54	300	PVC	2519.61	2519.31
14	14.34	300	PVC	2519.31	2518.64
15	50.05	300	PVC	2518.64	2517.79
16	28.84	300	PVC	2517.79	2517.53
17	14.53	300	PVC	2517.53	2517.45
18	35.67	300	PVC	2517.45	2516.81
19	29.31	300	PVC	2516.81	2515.07
20	53.58	300	PVC	2515.07	2514.00
21	35.00	500	HS	2514.00	2514.75
22	13.00	500	HS	2514.75	2514.61
23	6.00	300	PVC	2514.61	2514.55
24	15.27	300	PVC	2516.65	2513.92
25	57.68	300	PVC	2513.92	2513.06
26	59.87	300	PVC	2513.06	2512.79
27	30.23	300	PVC	2512.79	2511.56
28	57.59	300	PVC	2511.56	2510.24
29	70.03	300	PVC	2510.24	2509.90
30	62.24	300	PVC	2509.90	2509.40
31	26.29	300	PVC	2509.40	2509.18
32	19.29	300	PVC	2509.18	2508.88
33	35.41	300	PVC	2508.88	2508.62
34	26.76	300	PVC	2508.62	2508.36
35	50.62	300	PVC	2508.36	2508.09
36	5.10	300	PVC	2508.09	2503.31
37	131.33	350	PVC	2503.31	2504.46
38	63.66	350	PVC	2504.46	2503.18

N° TUBERÍA	LONGITUD	DIÁMETRO	MATERIAL	COTA ENTRADA	COTA SALIDA
39	52.89	350	PVC	2503.18	2502.26
40	52.22	350	PVC	2502.26	2500.54
41	29.02	350	PVC	2500.54	2499.82
42	49.07	350	PVC	2499.82	2498.59
43	58.70	350	PVC	2498.59	2497.42
44	26.28	350	PVC	2497.42	2497.15
45	24.35	350	PVC	2497.15	2496.91
46	80.78	350	PVC	2496.91	2496.10
47	38.82	350	PVC	2495.70	2495.51
48	20.20	400	PVC	2495.01	2494.70
49	32.91	400	PVC	2494.70	2494.37
50	36.80	400	PVC	2494.07	2493.07
51	55.32	400	PVC	2493.07	2493.15
52	54.19	400	PVC	2493.15	2492.61
53	75.30	400	PVC	2492.61	2491.85
54	53.66	400	PVC	2491.85	2491.32
55	36.30	400	PVC	2491.32	2490.95
56	66.22	400	PVC	2490.95	2490.03
57	21.90	400	PVC	2490.03	2489.72
58	78.00	400	PVC	2489.72	2488.63
59	44.79	400	PVC	2488.63	2488.00
60	37.19	400	PVC	2488.00	2487.48
61	55.20	400	PVC	2487.48	2487.09
62	25.00	400	PVC	2487.09	2486.92
63	16.90	400	PVC	2486.92	2486.80
64	63.70	400	PVC	2486.80	2486.35
65	41.00	400	PVC	2486.35	2486.07
66	100.19	400	PVC	2486.07	2485.36
67	22.00	400	PVC	2485.36	2485.21
68	49.13	400	PVC	2484.21	2482.87
69	21.50	400	PVC	2482.87	2482.71
70	56.13	400	PVC	2482.71	2482.12
71	70.00	400	PVC	2482.12	2481.52
72	46.80	450	PVC	2481.52	2481.19
73	27.50	450	PVC	2481.19	2481.00
74	24.90	450	PVC	2481.00	2479.50
75	44.60	450	PVC	2479.50	2478.94
76	26.40	450	PVC	2478.94	2478.41
77	82.40	450	PVC	2478.41	2477.99
78	26.50	450	PVC	2477.99	2477.86

N° TUBERÍA	LONGITUD	DIÁMETRO	MATERIAL	COTA ENTRADA	COTA SALIDA
79	37.80	450	PVC	2477.86	2477.67
80	30.10	450	PVC	2477.67	2477.52
81	23.20	450	PVC	2477.52	2477.40
82	23.60	450	PVC	2477.40	2477.29
83	17.00	450	PVC	2477.29	2477.20
84	41.90	450	PVC	2476.20	2475.99
85	39.00	450	PVC	2475.99	2475.80
86	28.60	450	PVC	2475.80	2475.70
87	8.80	450	PVC	2475.70	2475.61
88	45.40	450	PVC	2475.61	2475.46
89	10.29	450	PVC	2475.46	2475.41
90	10.90	450	PVC	2475.41	2475.35
91	35.60	450	PVC	2475.35	2475.18
92	14.50	450	PVC	2475.18	2475.10
93	58.52	450	PVC	2475.10	2474.82
94	43.60	450	PVC	2474.82	2474.61
95	45.69	450	PVC	2474.61	2474.37
96	24.50	450	PVC	2474.37	2474.25
97	22.30	450	PVC	2474.25	2474.13
98	18.00	450	PVC	2474.13	2474.04
99	11.40	450	PVC	2473.98	2473.98
100	24.10	450	PVC	2473.98	2473.86
101	83.80	450	PVC	2473.86	2473.42
102	28.60	450	PVC	2473.42	2473.29
103	59.30	450	PVC	2473.29	2473.00
104	40.90	450	PVC	2473.00	2472.79
105	51.50	450	PVC	2472.79	2473.53
106	62.90	450	PVC	2473.53	2472.26
107	18.90	450	PVC	2472.26	2472.16
108	25.48	450	PVC	2472.16	2472.04
109	31.47	450	PVC	2472.04	2471.86
110	28.36	450	PVC	2471.86	2471.56
111	50.11	450	PVC	2471.56	2471.31
112	33.19	450	PVC	2471.31	2470.68
113	15.84	450	PVC	2470.68	2470.20
114	119.09	450	PVC	2470.20	2470.36
115	34.90	450	PVC	2469.36	2468.92
116	24.90	450	PVC	2468.52	2468.10
117	24.90	450	PVC	2467.80	2466.80
118	14.90	450	PVC	2466.80	2466.05

N° TUBERÍA	LONGITUD	DIÁMETRO	MATERIAL	COTA ENTRADA	COTA SALIDA
119	14.96	450	PVC	2466.05	2465.31
120	46.98	450	PVC	2465.31	2464.32
121	41.96	450	PVC	2464.32	2462.35
122	41.85	450	PVC	2462.35	2460.89
123	38.85	450	PVC	2460.89	2458.12
124	56.89	450	PVC	2458.12	2456.56
125	64.15	300	PVC	2456.56	2454.24
126	33.31	300	PVC	2454.24	2526.99
127	24.10	250	PVC	2526.99	2526.31
128	14.20	250	PVC	2526.31	2526.27
129	15.70	250	PVC	2526.27	2525.38
130	43.40	250	PVC	2525.38	2524.97
131	42.80	250	PVC	2524.97	2523.51
132	41.00	250	PVC	2523.51	2523.32
133	47.20	250	PVC	2523.32	2523.12
134	21.80	250	PVC	2523.12	2520.72
135	36.80	250	PVC	2520.72	2519.65
136	51.60	250	PVC	2519.65	2519.16
137	35.60	250	PVC	2519.16	2517.04
138	18.00	250	PVC	2517.04	2516.74
139	22.70	250	PVC	2516.74	2515.82
140	25.50	250	PVC	2515.82	2515.73
141	9.00	250	PVC	2515.73	2511.97
142	17.40	250	PVC	2511.97	2511.85
143	28.50	250	PVC	2511.85	2510.92
144	17.00	250	PVC	2510.92	2510.26
145	21.30	250	PVC	2510.26	2508.66
146	14.30	250	PVC	2508.66	2507.08
147	29.80	250	PVC	2507.08	2506.89
148	22.70	250	PVC	2506.89	2505.68
149	30.00	250	PVC	2505.68	2504.20
150	46.70	250	PVC	2504.20	2504.08
151	27.50	250	PVC	2504.08	2503.00
152	16.10	250	PVC	2503.00	2501.62
153	53.70	250	PVC	2501.62	2500.77
154	29.10	250	PVC	2500.77	2499.40
155	33.30	250	PVC	2499.40	2499.35
156	53.00	250	PVC	2499.35	2498.99
157	17.30	250	PVC	2498.99	2498.28
158	30.30	250	PVC	2498.28	2496.21

N° TUBERÍA	LONGITUD	DIÁMETRO	MATERIAL	COTA ENTRADA	COTA SALIDA
159	23.00	250	PVC	2496.21	2495.88
160	14.00	250	PVC	2495.88	2494.69
161	46.00	250	PVC	2494.69	2494.59
162	29.80	250	PVC	2494.59	2494.08
163	42.30	250	PVC	2494.08	2493.87
164	39.50	250	PVC	2493.87	2493.38
165	28.10	250	PVC	2493.38	2491.67
166	44.60	250	PVC	2491.67	2491.53
167	39.60	250	PVC	2491.53	2489.45
168	44.00	250	PVC	2489.45	2488.99
169	35.20	250	PVC	2488.99	2488.55
170	25.60	250	PVC	2488.55	2487.81
171	50.15	250	PVC	2487.81	2487.03
172	15.20	200	PVC	2563.80	2563.07
173	39.30	200	PVC	2563.07	2561.89
174	23.90	200	PVC	2561.89	2558.02
175	48.70	200	PVC	2558.02	2548.90
176	15.60	200	PVC	2548.90	2546.80
177	26.30	200	PVC	2546.80	2544.45
178	31.00	200	PVC	2544.45	2543.03
179	19.00	200	PVC	2543.03	2542.45
180	24.70	200	PVC	2542.45	2541.47
181	34.00	200	PVC	2541.47	2541.26
182	27.00	200	PVC	2541.26	2540.14
183	37.85	200	PVC	2540.14	2540.12
184	28.00	200	PVC	2540.12	2539.47
185	36.00	200	PVC	2539.47	2537.83
186	37.50	200	PVC	2537.83	2536.79
187	23.40	200	PVC	2536.79	2531.62
188	33.00	200	PVC	2531.62	2524.54
189	60.10	200	PVC	2524.54	2521.20
190	16.40	200	PVC	2521.20	2520.86
191	69.50	200	PVC	2520.86	2517.33
192	38.20	200	PVC	2517.33	2515.67
193	6.10	200	PVC	2515.67	2515.67
194	18.40	200	PVC	2515.67	2514.35
195	36.00	200	PVC	2514.35	2414.24
196	40.90	200	PVC	2414.24	2414.12
197	19.90	200	PVC	2414.10	2513.90
198	27.60	200	PVC	2513.90	2513.29

N° TUBERÍA	LONGITUD	DIÁMETRO	MATERIAL	COTA ENTRADA	COTA SALIDA
199	32.20	200	PVC	2513.29	2511.95
200	42.50	200	PVC	2511.95	2511.67
201	30.50	200	PVC	2511.67	2509.72
202	54.30	200	PVC	2509.72	2509.12
203	37.80	200	PVC	2509.12	2507.02
204	35.58	200	PVC	2507.02	2505.79
205	35.32	200	PVC	2505.79	2505.35
206	20.25	200	PVC	2505.35	2504.49
207	69.55	200	PVC	2504.49	2502.33
208	31.00	200	PVC	2502.33	2502.33
209	24.80	200	PVC	2552.07	2550.92
210	47.40	200	PVC	2550.92	2547.87
211	15.60	200	PVC	2547.87	2546.80
212	20.00	200	PVC	2541.57	2541.19
213	43.50	200	PVC	2541.19	2538.24
214	35.00	200	PVC	2538.24	2537.19
215	7.50	200	PVC	2537.19	2528.73
216	9.00	200	PVC	2528.73	2527.24
217	6.40	200	PVC	2527.24	2524.54
218	7.00	200	PVC	2524.54	2523.69
219	11.90	200	PVC	2523.69	2522.54

En la tabla 2 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.
- En la columna 2 se muestra la longitud de cada tubería.
- La columna 3 y 4 muestra los diámetros de las tuberías y el tipo de material.
- En las columnas 5 y 6 se indican las cotas de entrada y salida de las tuberías.

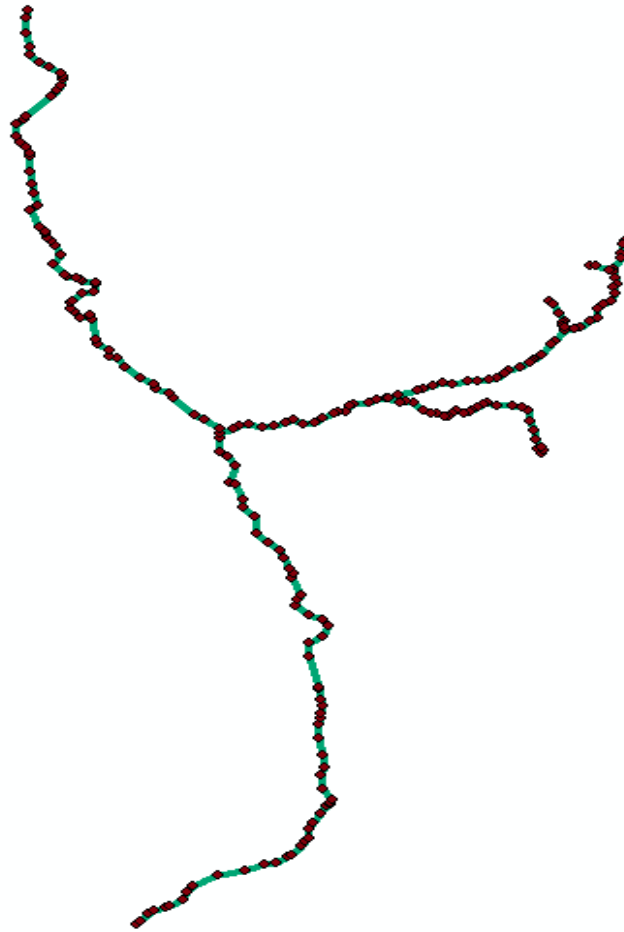
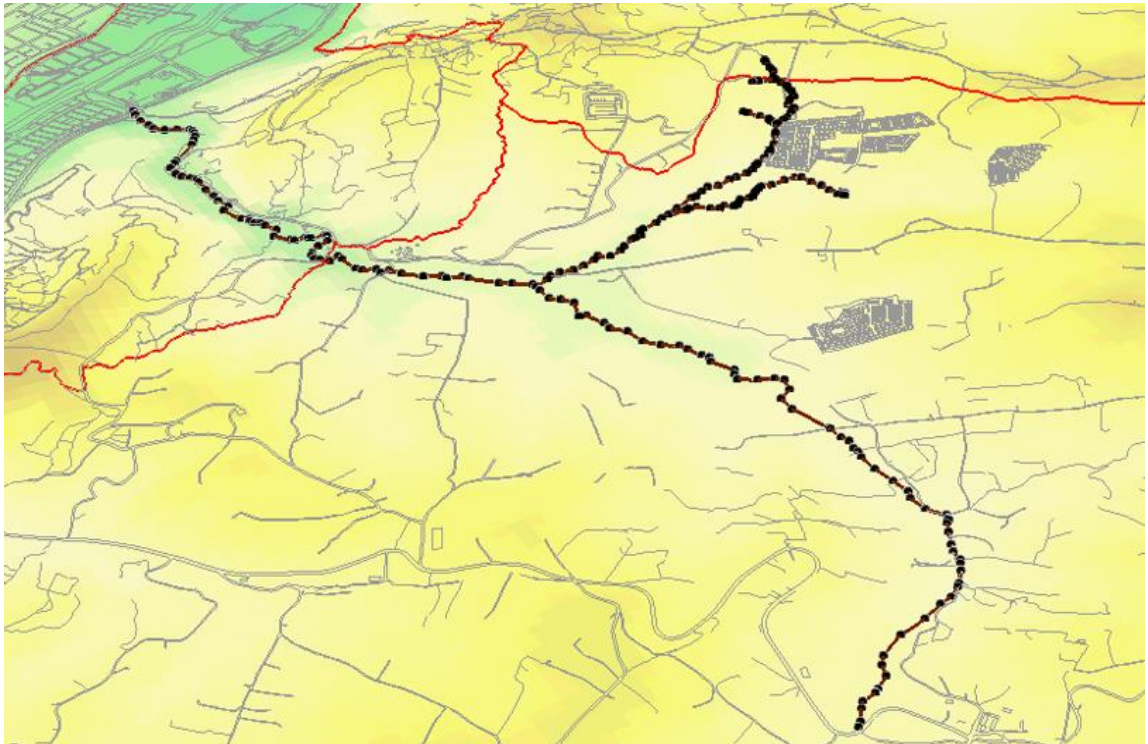
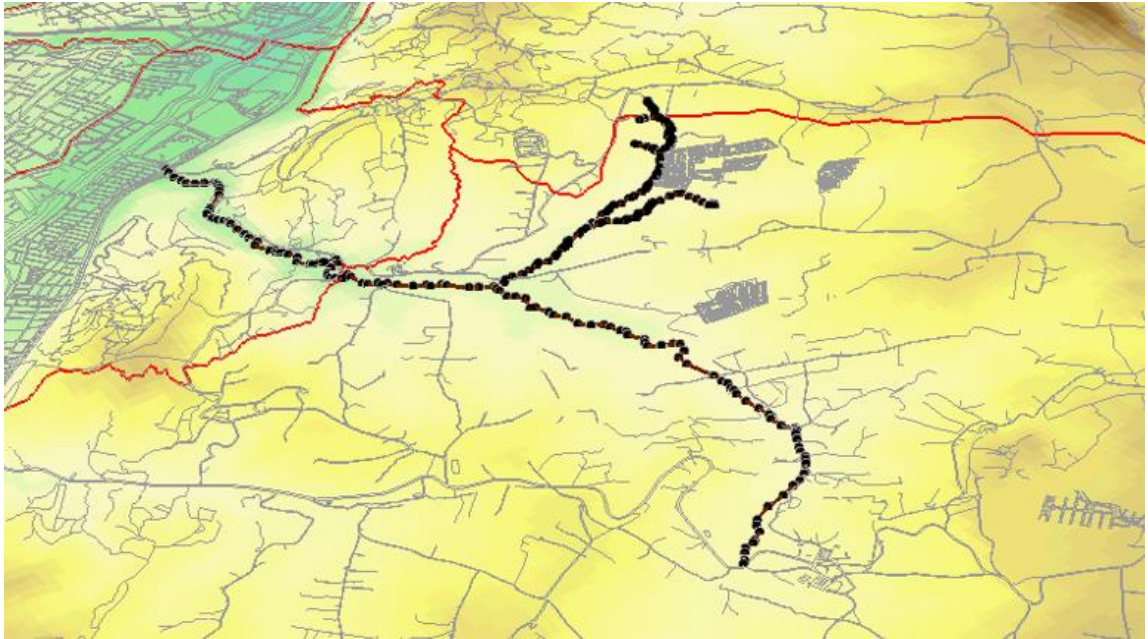


Figura 1: pozos y tuberías (Anexo1)

En el Anexo 1 se indican los pozos y las tuberías del interceptor sanitario, con sus respectivas propiedades generadas en el programa “ArcGis”.

2.3 Elaboración de los archivos del sistema de información geográfica

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



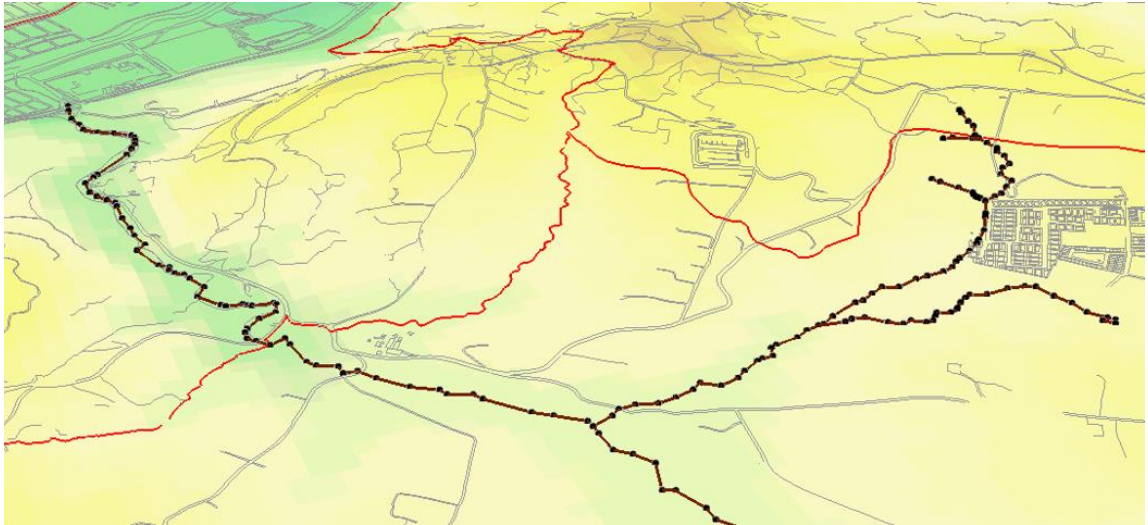


Figura 2: modelo digital en 3D.

En la figura 2 se ilustran unas vistas del modelo digital en 3D, en el que se refleja la profundidad existente por debajo de la ciudad de Cuenca.

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN HIDRÁULICA

3.1 Discretización de las áreas de aporte y cálculo de caudales

Después de haber realizado los archivos .shp de los pozos y las tuberías en el programa “ArcGis” se procedió a trazar las áreas de aporte de todo el tramo que comprende el interceptor sanitario. El procedimiento fue empezar 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.

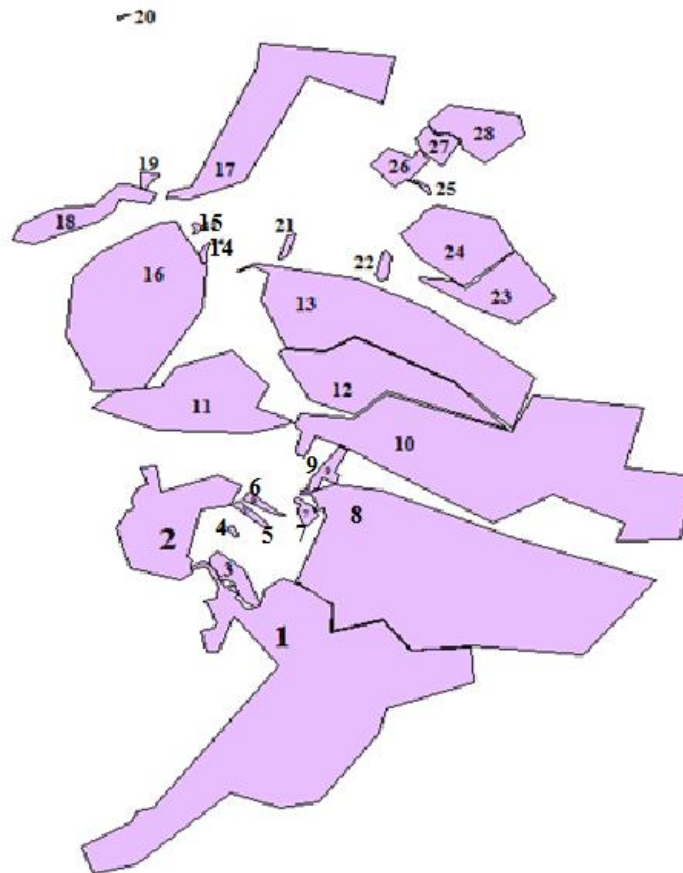


Figura 3: áreas de aporte (Anexo 2)

En la figura 3 se muestran las áreas que aportan a los diferentes pozos del interceptor sanitario.

Tabla 3: áreas de aporte

DESCARGA	ÁREA
1	1654872.78
2	318530.90
3	44336.51
4	2745.80
5	11512.29
6	11740.70
7	14561.52
8	1598996.60
9	28553.63
10	1338511.30
11	398348.04
12	369760.47
13	714287.72
14	4022.26
15	2371.75
16	716769.06
17	469210.39
18	124423.35
19	8573.39
20	1038.77
21	8571.14
22	12707.74
23	177741.57
24	236262.08
25	3286.44
26	55567.10
27	40696.42
28	138819.57

En la tabla 3 están los valores de todas las descargas indicadas anteriormente.

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 que descargan en el interceptor analizado y las áreas de cada una de ellas, después se procedió a intersectar 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.

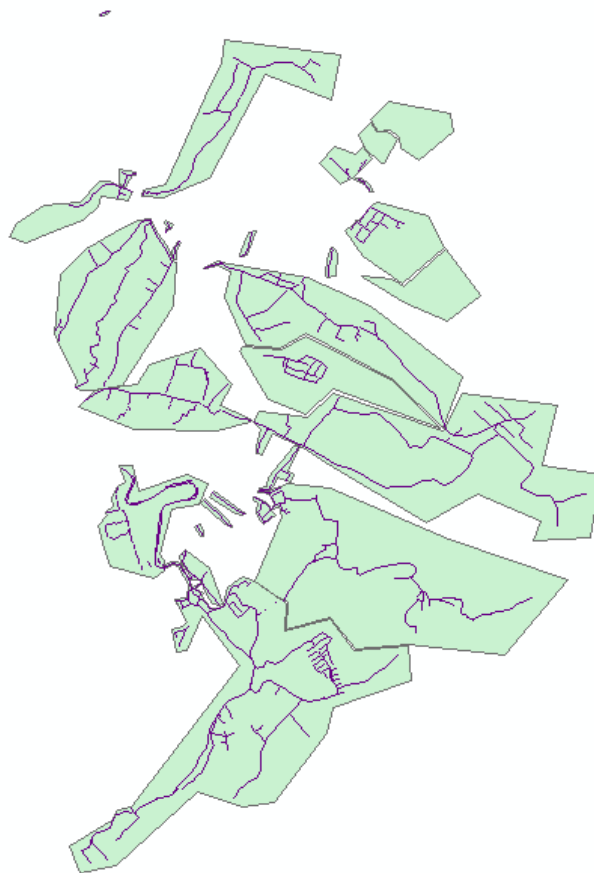


Figura 4: Longitud de tuberías por cada área de aporte.

En la figura 4 se indica la longitud de las tuberías por cada área de aporte.

Tabla 4: Longitud de tuberías

DESCARGA-ÁREAS	LONGITUD TOTAL
1	12303.89
2	3827.26
3	714.19
4	75.44
5	267.85
6	277.82
7	468.73
8	5193.31
9	563.93
10	6999.15
11	3558.31
12	1586.96
13	4483.26
14	141.72
15	99.72
16	4898.47
17	2700.83
18	633.66
19	210.38
20	74.76
21	212.76
22	216.14
23	-
24	134.06
25	430.76
26	1405.91
27	-
28	-

En la tabla 4 se muestra el valor de las longitudes totales de las tuberías por cada área de aporte.

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, las cuales se obtuvieron mediante el programa “ArcGis” para así poder

obtener cifras exactas de poblaciones del tramo analizado. A continuación la fórmula con la que se calcula la población que se utilizará para poder encontrar los caudales:

$$\mathbf{Población} = A \times \rho$$

Términos:

A= Área

ρ = Densidad

Tabla 5: Población

Áreas de aporte	Población-2010	Población-2020	Población-2030
1	484	653	824
2	91	124	157
3	2	3	4
4	8	10	12
5	8	11	13
6	11	15	18
7	15	14	13
8	706	913	1120
9	409	488	570
10	182	233	284
11	494	659	825
12	2	3	4
13	336	515	691
14	60	99	135
15	4	7	9
16	2	3	4
17	8	11	14
18	12	14	17
19	73	94	115
20	79	103	128
21	1	1	1
22	51	64	81
23	28	33	40
24	101	119	145
25	1237	1516	1798
26	2047	2613	3181
27	3	4	4
28	674	884	1093

En la tabla 5 se muestra la población que se calcula únicamente con las densidades actuales para los años 2010, 2020, 2030 para cada una de las áreas de aporte.

3.2.3 Densidad de población

La densidad de población es el número de personas que habitan en una extensión de una hectárea. Este debe reflejar su distribución de forma zonificada, se debe valorar la densidad de saturación, con el cual se debe diseñar el sistema de alcantarillado, y con la densidad actual verificar el comportamiento hidráulico del sistema.

3.2.4 Aportes de aguas residuales

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

$$qas = \frac{f \times D \times P}{86400}$$

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).

qas = Caudal medio de aguas residuales (l/s).

El factor de retorno del agua de abastecimiento a las redes de alcantarillado está en un rango de 0,70 a 0,80. Para nuestro caso utilizamos 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 Harmmon está dado por:

$$M = \frac{2.228}{q_{as}^{(0.073325)}}$$

Términos:

M = factor de mayoración del caudal sanitario.

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

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

Las aguas de infiltración siempre están presentes en los sistemas de alcantarillado y dependen de varios factores como: cuidado en la construcción del sistema, tipo de suelo, altura de nivel freático, material de los colectores.

Con relación al contenido de agua en el suelo, tenemos dos sectores:

- Los sectores altos, cuyo contenido de agua en el subsuelo es limitada. Debido a la existencia de materiales finos y también porque su topografía pronunciada limita la infiltración de la escorrentía superficial.
- Los sectores bajos, son de topografía plana ubicados al margen de quebradas y ríos que cuentan con niveles freáticos elevados. Este tendrá una mayor infiltración.

Con respecto al material de los colectores, tenemos los de hormigón y termoplásticos, los de hormigón permiten una mayor infiltración que los de materiales termoplásticos.

3.2.6 Caudal de aguas ilícitas

Los caudales de aguas ilícitas son generados por las llamadas conexiones erradas, los cuales son todas aquellas contribuciones adicionales de caudal debido al aporte de aguas

pluviales en la red de aguas sanitarias, a través de diferentes puntos en la red, especialmente conexiones domiciliarias mal construidas o clandestinas.

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

$$Q_i = 80 \times PA$$

Donde:

Q_i= Caudal de aguas ílicitas (l/día).

PA= Población aportante (hab).

Resultando, este caudal igual a la unidad.

Tabla 6: Datos para el diseño

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

El dato de la dotación fue proporcionado por el Ing. Josué Larriva director de la tesis.

Tabla 7: Caudales de aportación a los nudos

Áreas de aporte	Qs-2010	Qs-2020	Qs-2030	M10	M20	M30	Long. Total
1	0.90	1.21	1.53	2.25	2.20	2.16	12303.89
2	0.17	0.23	0.29	2.54	2.48	2.44	3827.26
3	0.00	0.01	0.01	3.33	3.27	3.22	714.19
4	0.02	0.02	0.02	3.03	2.98	2.94	75.44
5	0.02	0.02	0.02	3.02	2.97	2.93	267.85
6	0.02	0.03	0.03	2.97	2.90	2.85	277.82
7	0.03	0.03	0.02	2.89	2.92	2.94	468.73
8	1.31	1.69	2.07	2.18	2.14	2.11	5193.31
9	0.76	0.90	1.06	2.27	2.24	2.22	563.93
10	0.34	0.43	0.53	2.41	2.37	2.34	6999.15
11	0.91	1.22	1.53	2.24	2.20	2.16	3558.31
12	0.00	0.01	0.01	3.33	3.26	3.20	1586.96
13	0.62	0.95	1.28	2.31	2.24	2.19	4483.26
14	0.11	0.18	0.25	2.62	2.52	2.47	141.72
15	0.01	0.01	0.02	3.19	3.07	3.00	99.72
16	0.00	0.01	0.01	3.36	3.24	3.17	4898.47
17	0.02	0.02	0.03	3.03	2.96	2.91	2700.83
18	0.02	0.03	0.03	2.95	2.91	2.87	633.66
19	0.14	0.17	0.21	2.58	2.53	2.50	210.38
20	0.15	0.19	0.24	2.57	2.52	2.48	74.76
21	0.00	0.00	0.00	3.54	3.49	3.45	212.76
22	0.10	0.12	0.15	2.65	2.60	2.56	216.14
23	0.05	0.06	0.07	2.77	2.73	2.70	-
24	0.19	0.22	0.27	2.52	2.49	2.45	134.06
25	2.29	2.81	3.33	2.10	2.07	2.04	430.76
26	3.79	4.84	5.89	2.02	1.98	1.96	1405.91
27	0.01	0.01	0.01	3.27	3.22	3.18	-
28	1.25	1.64	2.02	2.19	2.15	2.12	-

Áreas de aporte	Qilícitas-2010	Qilícitas-2020	Qilícitas-2030	Qinfiltración
1	0.45	0.60	0.76	12.30
2	0.08	0.11	0.15	3.83
3	0.00	0.00	0.00	0.71
4	0.01	0.01	0.01	0.08
5	0.01	0.01	0.01	0.27
6	0.01	0.01	0.02	0.28
7	0.01	0.01	0.01	0.47
8	0.65	0.85	1.04	5.19
9	0.38	0.45	0.53	0.56
10	0.17	0.22	0.26	7.00
11	0.46	0.61	0.76	3.56
12	0.00	0.00	0.00	1.59
13	0.31	0.48	0.64	4.48
14	0.06	0.09	0.12	0.14
15	0.00	0.01	0.01	0.10
16	0.00	0.00	0.00	4.90
17	0.01	0.01	0.01	2.70
18	0.01	0.01	0.02	0.63
19	0.07	0.09	0.11	0.21
20	0.07	0.10	0.12	0.07
21	0.00	0.00	0.00	0.21
22	0.05	0.06	0.07	0.22
23	0.03	0.03	0.04	-
24	0.09	0.11	0.13	0.13
25	1.15	1.40	1.66	0.43
26	1.90	2.42	2.95	1.41
27	0.00	0.00	0.00	-
28	0.62	0.82	1.01	-

Áreas de aporte	QTOTAL-2010	QTOTAL-2020	QTOTAL-2030
1	14.76	15.57	16.36
2	4.34	4.51	4.68
3	0.73	0.73	0.74
4	0.13	0.14	0.15
5	0.32	0.34	0.35
6	0.35	0.37	0.39
7	0.56	0.56	0.55
8	8.70	9.66	10.61
9	2.67	3.05	3.44
10	7.98	8.24	8.49
11	6.07	6.85	7.62
12	1.60	1.61	1.61
13	6.23	7.09	7.92
14	0.49	0.70	0.88
15	0.13	0.14	0.16
16	4.91	4.92	4.93
17	2.75	2.77	2.79
18	0.71	0.72	0.74
19	0.63	0.74	0.85
20	0.52	0.65	0.78
21	0.22	0.22	0.22
22	0.52	0.59	0.67
23	0.17	0.20	0.24
24	0.70	0.80	0.93
25	6.38	7.64	8.89
26	10.97	13.43	15.88
27	0.02	0.02	0.03
28	3.36	4.34	5.29

En la tabla 7 se indica los caudales de aportación que se calcula únicamente con las longitudes actuales, cada tabla esta numerada con el área de aporte respectiva las cuales son veinte y ocho áreas.

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

- En la columna 7 se muestra la longitud de tubería.
- En las columnas 8, 9 y 10 se muestran los caudales de aguas ilícitas para los años 2010, 2020, 2030 respectivamente.
- En la columna 11 se muestra el caudal de infiltración.
- En las columnas 12, 13 y 14 se muestran los caudales de totales para los años 2010, 2020, 2030 respectivamente.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Después de haber concluido con la modelación del interceptor sanitario, podemos analizar los siguientes resultados:

De acuerdo con la simulación hidráulica realizada mediante el método de la onda cinética para los caudales obtenidos, se pudo observar que el interceptor debería funcionar en buen estado, debido a que los caudales que van a circular por éste son menores a los del diseño del mismo actualmente y los proyectados futuros tampoco deberían superar este valor. Se analizaron tres diferentes escenarios, los cuales son horas picos comunes de nuestra ciudad de Cuenca, el primero a las 7:00 horas, el segundo 13:00 horas y el tercero 20:00 horas para los años 2010, 2020, 2030. De igual forma se pudo observar el correcto funcionamiento del mismo.



Figura 5: Perfil de la lámina de agua año 2010 hora 7:00 horas.



Figura 6: Perfil de la lámina de agua año 2010 hora 13:00 horas.

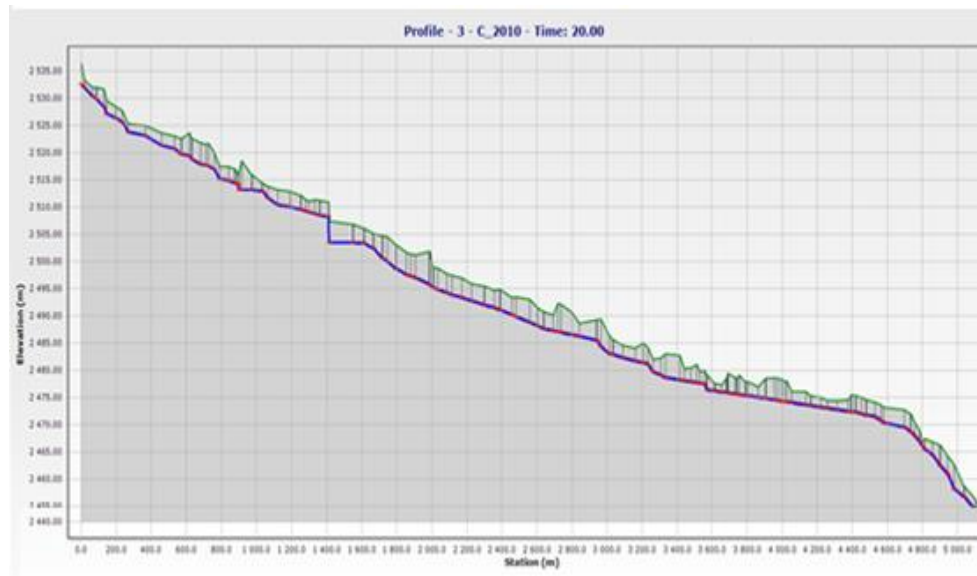


Figura 7: Perfil de la lámina de agua año 2010 hora 20:00 horas.



Figura 8: Perfil de la lámina de agua año 2020 hora 7:00 horas.



Figura 9: Perfil de la lámina de agua año 2020 hora 13:00 horas.



Figura 10: Perfil de la lámina de agua año 2020 hora 20:00 horas.



Figura 11: Perfil de la lámina de agua año 2030 hora 7:00 horas.

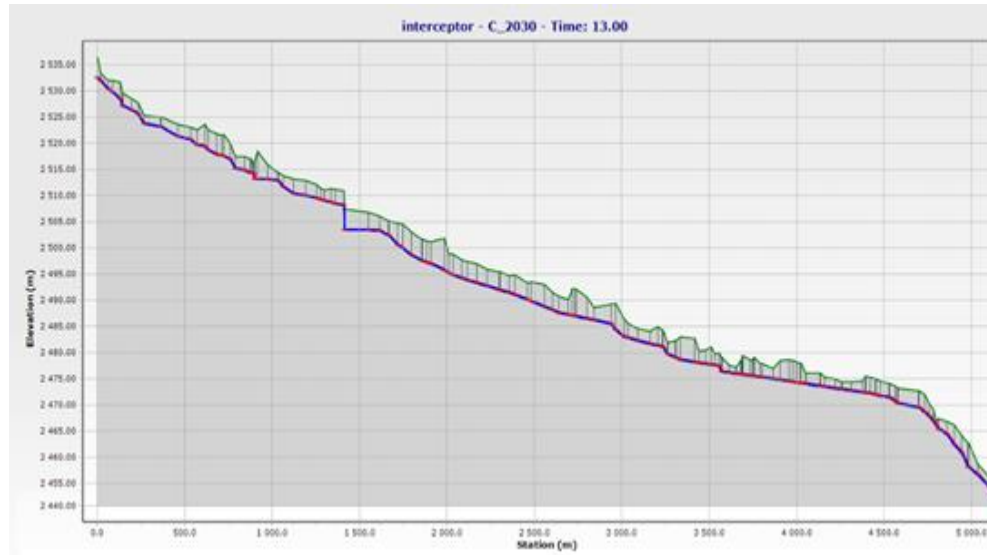


Figura 12: Perfil de la lámina de agua año 2030 hora 13:00 horas.

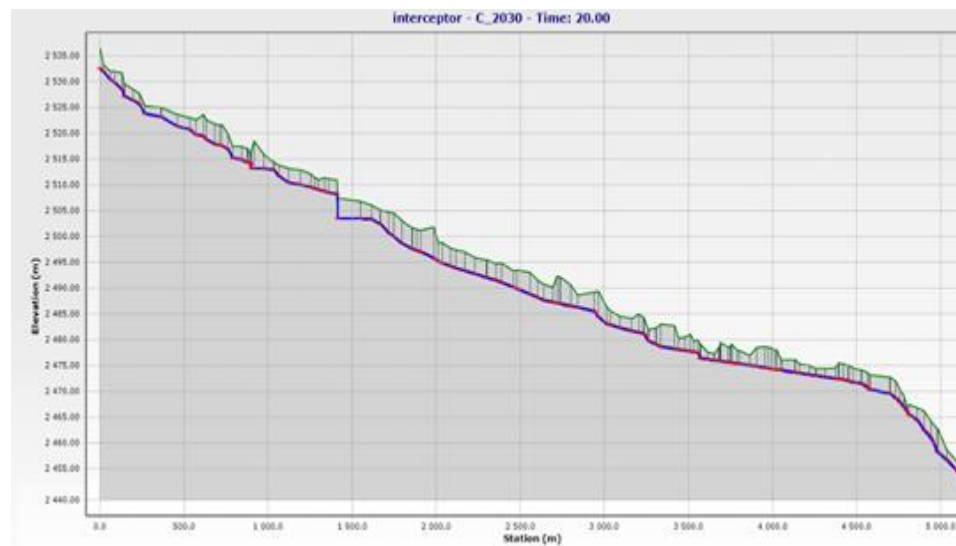


Figura 13: Perfil de la lámina de agua año 2030 hora 20:00 horas

En el anexo número 7 se adjunta los resultados de todos los tramos de tuberías analizadas en la parte superior.

Los resultados obtenidos no son compatibles con las observaciones realizadas en campo, ya que en el tramo final del interceptor este funciona aparentemente a sección llena.

Como se puede apreciar en los cálculos y simulaciones realizadas la tubería tiene la capacidad hidráulica suficiente para llevar el caudal sanitario y de infiltración que se generaría en toda el área de aporte del mismo, por lo que se podría inferir que el exceso de agua que se observa debe tener otro tipo de origen, como sistemas pluviales, sumideros de vías o sistemas de riego que pudieran estar conectados de manera errónea al interceptor.

Por ello se recomienda que ETAPA EP realice el seguimiento de los alcantarillados conectados a este interceptor, además de verificar el funcionamiento de los pozos derivadores para asegurar que el agua que no sea de origen sanitario sea dirigida hacia los cursos naturales del sector.

CONCLUSIONES

Una vez que se ha realizado la evaluación hidráulica y el modelamiento del interceptor sanitario de la quebrada de El Salado, se ha podido llegar a las siguientes conclusiones:

- El uso de herramientas informáticas y software de cálculo posibilitan elaborar modelos hidráulicos que permiten valorar el comportamiento hidráulico que deben tener los sistemas a lámina libre como los colectores de alcantarillado o interceptores sanitarios. En el presente trabajo la elaboración del modelo para el interceptor de la Quebrada de El Salado indica que sus tuberías y pozos deberían funcionar a su capacidad normal.
- En los resultados obtenidos también se pudo observar los beneficios del uso de softwares de cálculo para determinar valores tan importantes como la posición de la línea piezométrica en un colector, la misma que no puede determinarse por métodos de cálculo tradicionales. En el caso de estudio se pudo verificar mediante este método la capacidad que tiene cada uno de los pozos analizados, observando el flujo del agua.
- Se determinó que el interceptor tendría capacidad hidráulica para llevar los caudales sanitarios y de infiltración hasta el año 2030 y por tanto los problemas de caudal que se observan actualmente podrían obedecer a la presencia de conexiones erradas al mismo, como aguas de origen pluvial o de riego.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que ETAPA EP realice el seguimiento de los alcantarillados conectados a este interceptor, además de verificar el funcionamiento de los pozos derivadores para asegurar que el agua que no sea de origen sanitario sea dirigida hacia los cursos naturales del sector y así asegurar la vida útil del proyecto.
- La empresa podría utilizar esta metodología de evaluación para valorar otros interceptores que se encuentren sobrecargados y así determinar si dicha sobrecarga corresponde a un problema de falta de capacidad o como en el presente caso a la posible presencia de conexiones erradas al mismo.

BIBLIOGRAFÍA

SALDARRIAGA, J. (2010). Hidráulica en tuberías a presión. (s.f.). Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/HIDRAULICA2013.pdf>

MAGNE, F. (2008). Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria I. Cochabamba - Bolivia. Recuperado el 2014

RANALD, G. (1994). Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. Schawn.

SEGARRA, G. (2003). Monografía del Cantón Sígsig. Recuperado el 2014

STREETER, V. L. (1999). Mecánica de Fluidos. Mc Graw Hill.

TIXE, S. (2004). Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural. Lima: Cosude.

ANEXOS

En esta parte se detallan todos los planos y documentos de cálculo que se realizaron para la evaluación y modelación hidráulica del interceptor sanitario.

Planos

Anexo 1 – Plano del interceptor sanitario.

Anexo 2 – Perfiles por tramos.

Documentos

Anexo 3 – Pozos y tuberías

Anexo 4 – Áreas de aporte

Anexo 5 – Longitud de las tuberías por cada área de aporte

Anexo 6 – Base poblacional

Anexo 7 – Resultados.