

**INFORME DE PRÁCTICA EN LA MODALIDAD “SEMESTRE DE INDUSTRIA” PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA SANITARIA**

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA EMPRESA “AQUA CONSULTORÍA HIDRÁULICA  
S.A.S”, MUNICIPIO DE ENVIGADO**

**JUAN CAMILO RÍOS LONDOÑO**

**ASESOR EXTERNO  
OCTAVIO AGUILAR GÓMEZ**

**ASESOR INTERNO  
ROBERTO MEJÍA RUIZ**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA SANITARIA  
MEDELLÍN  
2018**



## CONTENIDO

1	RESUMEN .....	4
2	INTRODUCCIÓN .....	4
3	OBJETIVOS .....	5
3.1	Objetivo general: .....	5
3.2	Objetivos específicos:.....	5
4	MARCO TEÓRICO.....	5
5	METODOLOGÍA.....	7
5.1	Diseño hidráulico de estructuras de captación: .....	7
5.2	Diseño de redes externas de acueducto y alcantarillado: .....	7
6	PROYECTOS.....	8
6.1	CASA DE RETIROS FUNDACIÓN MONTE MARÍA .....	8
6.1.1	Desarrollo .....	9
6.2	CANALIZACIÓN DRENAJE SENCILLO INTERMITENTE .....	13
6.2.1	Canal 1 .....	14
	• <i>Datos de entrada</i> .....	18
	• <i>Resultados</i> .....	21
7	CONCLUSIONES.....	27
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Opciones hidráulicas Epanet.....	9
Figura 2.	Resultados de presión y diámetros – tubería de aducción.....	10
Figura 3.	<i>Localización general (Sistema de referencia MAGNA Colombia-Bogotá).....</i>	13
Figura 4.	<i>Vista en planta Canal 1 (Drenaje sencillo intermitente Las Brujas (DSI 1)).....</i>	14
Figura 5.	<i>Vista en planta cruce de Canal 1 con zona de Boxes. ....</i>	15
Figura 6.	<i>Vista en planta cruce de Canal 1 con muro de contención.....</i>	15
Figura 7.	<i>Perfil longitudinal Canal 1.....</i>	16
Figura 8.	<i>Sección transversal típica Canal 1. ....</i>	17
Figura 9.	<i>Modelo tridimensional Canal 1. ....</i>	18
Figura 10.	<i>Datos de entrada: Caudales para los diferentes periodos de retorno.....</i>	19
Figura 11.	<i>Datos de entrada: Condiciones de contorno. ....</i>	19
Figura 12.	<i>Condiciones de flujo. ....</i>	20
Figura 13.	<i>Datos de entrada: Coeficiente de Manning. ....</i>	20
Figura 14.	<i>Perfil longitudinal para un periodo de retorno, <math>Tr=2.33</math> .....</i>	21
Figura 15.	<i>Lámina de agua para un periodo de retorno, <math>Tr=2.33</math>. (Entrada al canal). ....</i>	22

<i>Figura 16. Perfil longitudinal para un periodo de retorno, <math>Tr=5</math> .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 17. Lámina de agua para un periodo de retorno, <math>Tr=5</math>. (Entrada al canal).....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 18. Perfil longitudinal para un periodo de retorno, <math>Tr=10</math> .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 19. Lámina de agua para un periodo de retorno, <math>Tr=10</math>. (Entrada al canal).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 20. Perfil longitudinal para un periodo de retorno, <math>Tr=25</math> .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 21. Lámina de agua para un periodo de retorno, <math>Tr=25</math>. (Entrada al canal).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 22. Perfil longitudinal para un periodo de retorno, <math>Tr=50</math> .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 23. Lámina de agua para un periodo de retorno, <math>Tr=50</math>. (Entrada al canal).....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 24. Perfil longitudinal para un periodo de retorno, <math>Tr=100</math> .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 25. Lámina de agua para un periodo de retorno, <math>Tr=100</math>. (Entrada al canal).....</i>	<i>27</i>

### LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Resultados de presión nodo a nodo – tubería de aducción.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. Caudales DSI Las Brujas.....</i>	<i>17</i>

## **1 RESUMEN**

En el presente trabajo de grado se presenta parte de la información de las actividades desarrolladas durante el periodo de práctica empresarial bajo el cargo de auxiliar de ingeniería en la empresa Aqua Consultoría Hidráulica S.A.S.. En dicho periodo se tuvo la posibilidad de participar y aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en proyectos de diseño de acueducto y alcantarillado en los procesos de viabilidad con EPM, así como en otros fuera de la jurisdicción de la Empresa de Servicios Públicos de Medellín, además de, proyectos de modelación hidráulica de canales.

Específicamente, en este informe se trata la problemática de una casa de retiros, la cual está ubicada en una vereda del municipio de la Ceja, Antioquia en donde no tiene cobertura de servicios de acueducto y alcantarillado, así como la canalización de un drenaje de agua superficial que atraviesa el lote donde se proyecta el Parque de Deportes a Motor y Ambiental del departamento de Antioquia.

Para la realización de las actividades desarrolladas en la práctica académica, fue de gran utilidad el manejo de software como Autocad, EpaCad, Epanet, Revit y bases de datos online tales como los geoportales de EPM.

## **2 INTRODUCCIÓN**

La empresa AQUA Consultoría Hidráulica S.A.S. es una asociación de profesionales con 30 años de experiencia en el diseño de redes hidrosanitarias, gas combustible, sistemas contra incendio y redes exteriores de acueducto y alcantarillado.

Comprende las necesidades de sus clientes, las condiciones del mercado y las normativas vigentes; por esto implementa procesos de mejora continua que le permiten adaptarse constantemente y ofrecer servicios con mayor valor agregado.

La empresa propone procesos de diseño que optimicen la comunicación y coordinación, para reducir los costos de los proyectos y evitar sobre costo en obra, por tal motivo es una de las empresas pioneras en implementar la metodología BIM en el campo del diseño de redes internas (redes hidrosanitarias, de gas, y redes contra incendio) en edificaciones.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 *Objetivo general:*

- Aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad mediante la realización de la práctica académica en la empresa “Aqua Consultoría Hidráulica S.A.S.”, apoyando las actividades relacionadas con el diseño de acueducto y alcantarillado y demás actividades asignadas por el asesor de la empresa.

#### 3.2 *Objetivos específicos:*

- Apoyar las visitas técnicas que se deban realizar a los proyectos.
- Apoyar los diseños hidráulicos de estructuras de captación.
- Apoyar los diseños de redes externas de acueducto.
- Apoyar los diseños de redes externas de alcantarillado de aguas residuales y aguas lluvias.
- Elaborar informes de cantidades de obra, para llevar a cabo la buena planificación de suministro requerido para cada uno de los proyectos.

### 4 MARCO TEÓRICO

- **Sistemas de acueducto:**  
Conjunto de elementos y estructuras cuya función es el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua potable con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión. (Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM, 2013)
- **Bocatoma:**  
Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto (MVCT, 2017).
- **Acometida de acueducto:**  
Derivación de la red de distribución que llega hasta el registro de corte de un usuario. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general. (Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM, 2013)

- **Sistemas de alcantarillado:**  
Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la captación, transporte y evacuación hacia las plantas de tratamiento y/o cuerpos receptores de agua, las aguas residuales y/o lluvias producidas en una ciudad o municipio. (Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM, 2013)
- **Acometida de alcantarillado:**  
Derivación que parte de la caja de inspección domiciliar y llega hasta la red pública de alcantarillado. (Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM, 2013)
- **Acometida múltiple:**  
Derivación que transporta las aguas residuales de múltiples usuarios, que va de la caja de inspección domiciliar y llega hasta la red pública de alcantarillado. (Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM, 2013)
- **Alcantarillado de aguas residuales:**  
Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales. (Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM, 2013)
- **Alcantarillado de aguas lluvias:**  
Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias. (Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM, 2013)
- **Alcantarillado de aguas combinado:**  
Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias. (Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM, 2013)
- **Tramo de empalme:**  
Es el tramo de alcantarillado por medio del cual se conectan una o varias edificaciones cuyas redes son privadas, a la red pública de alcantarillado que opera EPM.
- **Redes hidrosanitarias:**  
Conjunto de redes de acueducto y alcantarillado al interior de las edificaciones.

## 5 METODOLOGÍA

A continuación se describen las actividades necesarias para alcanzar los objetivos planteados.

### 5.1 *Diseño hidráulico de estructuras de captación:*

Para comenzar con los diseños de este tipo de estructuras, se solicita al cliente toda la información necesaria, la cual incluye:

- Resolución por parte de la autoridad ambiental donde se da a conocer las coordenadas del punto en el cual se permite construir la estructura, además de, el caudal concesionado.
- Estudio hidrológico de la fuente, caudales máximo y mínimo en el punto que se diseñará la estructura.
- Levantamiento topográfico de la zona, el cual debe incluir secciones transversales de la fuente.

Luego de tener la información anteriormente mencionada, se realiza la visita de campo respectiva y se verifica que el levantamiento topográfico si esté acorde a lo observado en la zona. Posterior a esto se procede con el cálculo hidráulico.

### 5.2 *Diseño de redes externas de acueducto y alcantarillado:*

Inicialmente, para el diseño de las redes externas de acueducto y alcantarillado en edificaciones se debe identificar el tipo de licencia que fue otorgado para la obra (licencia de construcción o licencia de urbanismo), esto con el fin de seleccionar el modelo de cálculo a utilizar para la solicitud de conexión ante EPM.

Para acueducto, se realiza el cálculo de dimensionamiento de acometida y medidor, con la hoja de cálculo dispuesta por EPM.

Si se requiere dimensionamiento de redes de acueducto, este se realiza mediante el software Epanet.

En el caso del alcantarillado, de acuerdo a la licencia otorgada al proyecto, se realiza el cálculo como tramo de empalme o un diseño completo de las redes de alcantarillado, ya sean de aguas residuales, lluvias o combinadas.

El paso a seguir, es solicitar al cliente los planos de localización general, urbanismo y topografía, para así identificar el sitio exacto donde será construido el proyecto y proceder

con la investigación de redes existentes en la zona. Además de estos, se coordina con el grupo encargado de los diseños hidrosanitarios para conocer los puntos de entrega de cada edificio.

Para finalizar se procede con el diseño de las redes de acueducto y alcantarillado tanto dentro del terreno propiedad de la obra, como en la zona pública, para posterior conexión a las redes existentes, de acuerdo a factibilidad otorgada por la empresa de servicios públicos.

De acuerdo a las necesidades del cliente se realiza el informe de cantidades de obra, teniendo en cuenta los diseños anteriormente mencionados.

## **6 PROYECTOS**

### **6.1 CASA DE RETIROS FUNDACIÓN MONTE MARÍA**

El proyecto “Casa de Retiros Fundación Monte María” se encuentra ubicado en la vereda El Tambo del municipio de la Ceja, departamento de Antioquia, en las coordenadas E:851.000 ; N:1.155.600, en el sistema de coordenadas Magna-Sirgas con origen Bogotá.

En la casa de retiros se desarrollan diferentes actividades como retiros espirituales, convivencias, conferencias, entre otros, para los cuales tendrá la capacidad de albergar aproximadamente 200 personas, por lo tanto, debe garantizar el buen servicio de acueducto y alcantarillado para la población participante de cada uno de los eventos que allí se presenten.

Dado a que en la zona en la cual se construye el proyecto no se cuenta con servicios básicos de acueducto y alcantarillado por parte del municipio o alguna asociación, la fundación realizó los trámites de concesión de agua y permiso de vertimientos ante la autoridad ambiental, en este caso, la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare, Cornare, para así dar cumplimiento a los servicios básicos.

De acuerdo con lo anterior, la Fundación Monte María, se puso en contacto con la empresa Aqua C.H. con el ánimo de que esta realice los diseños del sistema de captación y la red de aducción, así como las redes de alcantarillado externas de agua residual y aguas lluvia.

### 6.1.1 Desarrollo

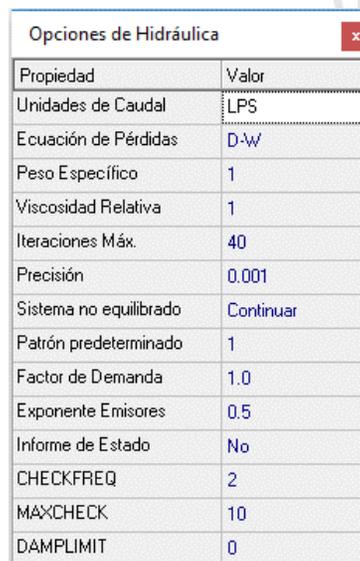
Inicialmente se solicitó a la Fundación Monte María la información correspondiente al proyecto, como planos topográficos, planos arquitectónicos, diseño geométrico de la vía, puntos de ubicación de las plantas de tratamiento tanto de agua potable como de aguas residuales, resoluciones expedidas por la autoridad ambiental.

Luego de la revisión de la información entregada por el cliente, se programó una visita de campo, en la cual, se reconoció el sitio en el cual se está realizando la construcción del proyecto, además de los sitios en los cuales se tienen proyectadas las plantas de tratamiento. En esta visita también se reconoció el punto en el cual la autoridad ambiental (Cornare), autorizó la concesión del caudal designado (0.292 l/s) y se realizó el recorrido por el terreno en el cual la fundación ya cuenta con las servidumbres necesarias para la instalación de la red de conducción de agua desde el desarenador hasta el sitio de la planta de tratamiento de agua potable.

Por último, ya recolectada la información necesaria, se realizó el trabajo de oficina para la obtención de los diseños solicitados.

#### 6.1.1.1 Línea de aducción

El dimensionamiento de la red de aducción se realizó bajo el software Epanet 2.0 vE, utilizando como modelo de cálculo la ecuación de pérdidas de Darcy-Weisbach, la cual, según la literatura, es el recomendado para diámetros inferiores a 4 pulgadas. A continuación se observa la configuración hidráulica del software utilizada para dicho modelo.



Propiedad	Valor
Unidades de Caudal	LPS
Ecuación de Pérdidas	D-W
Peso Específico	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones Máx.	40
Precisión	0.001
Sistema no equilibrado	Continuar
Patrón predeterminado	1
Factor de Demanda	1.0
Exponente Emisores	0.5
Informe de Estado	No
CHECKFREQ	2
MAXCHECK	10
DAMPLIMIT	0

Figura 1. Opciones hidráulicas Epanet

- *Parámetros de diseño*

Debido a que el proyecto no se encuentra cubierto por EPM, y que además es de carácter privado, se adoptaron algunos de los parámetros de diseño tratados por la resolución 0330 de 2017 del RAS, de los cuales cabe resaltar que la presión dinámica mínima en la tubería de aducción en los puntos topográficamente elevados no debe ser menor a 5 m.c.a. además de que la presión máxima admisible no debe de sobrepasar a la indicada por el fabricante de la tubería. En cuanto al caudal de diseño, la red se dimensionó con el caudal otorgado por la autoridad ambiental, 0.292 l/s.

- *Resultados*

Gracias al levantamiento topográfico suministrado por el cliente y a la visita de campo realizada, se definió el alineamiento óptimo de la tubería, en el cual se tuvo en la cuenta las servidumbres ya adquiridas por la fundación y en las zonas de espacio público su alineamiento es paralelo a las vía de la vereda, siguiendo así las recomendaciones de la resolución 0330 del año 2017, la cual menciona que la localización de la red en el espacio público se debe realizar por vías o senderos y evitando zonas de deslizamientos e inundaciones.

Como se observa en la Figura 2, a la hora de realizar la modelación se consideraron varios tamaños de diámetros internos para así poder escoger los diámetros óptimos de la tubería. Esta figura también presenta el resultado final de la modelación hidráulica.

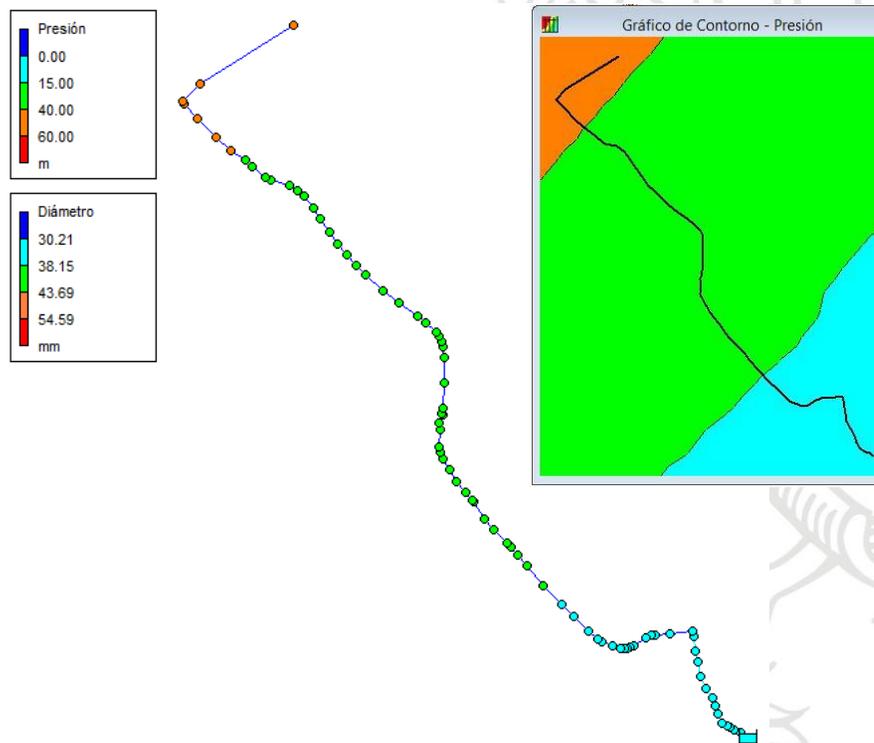


Figura 2. Resultados de presión y diámetros – tubería de aducción.

De la Figura 2 se tiene que los diámetros escogidos para la red son los de 30.21mm y 38.15mm, los cuales corresponden a tubería de diámetros nominales de 1" y 1 ¼" en material PVC RDE21. En cuanto a las presiones se refiere, se observa que no se alcanzan presiones superiores a los 60 m.c.a., lo cual es acorde a la normativa, pues la tubería PVC RDE21 tiene una presión de trabajo de aproximadamente 140 m.c.a..

Ya que los valores de presión en la Figura 2 se observan por rango, la Tabla 1 presenta los valores de presión nodo a nodo, en la cual se puede constatar que en los nodos cercanos al desarenador (n1 al n11) la presión es inferior a los 5 m.c.a., lo cual es de esperarse, pues, la cabeza hidráulica en el desarenador no alcanza el metro de altura y el desarrollo altimétrico en dicho recorrido no presenta variaciones considerables. Por otro lado, se tiene que la presión de llegada a la zona de la planta de tratamiento es de 40.88 m.c.a. (n81), lo que indica que el sistema cuenta con una buena presión de servicio y el diseñador de la planta de tratamiento de agua potable podrá tener varias alternativas, las cuales no contemplen grandes excavaciones y disminuyan costos.

Tabla 1. Resultados de presión nodo a nodo – tubería de aducción

ID Nudo	Cota m	Piezométrica m	Presión m
n1	2272.4172	2272.42	0
n2	2271.6334	2272.4	0.77
n3	2271.3033	2272.38	1.08
n4	2270.7494	2272.37	1.62
n5	2270.7373	2272.37	1.63
n6	2270.3298	2272.35	2.02
n7	2270.492	2272.33	1.84
n8	2269.6208	2272.31	2.69
n9	2269.2834	2272.29	3.01
n10	2268.2359	2272.26	4.03
n11	2267.374	2272.24	4.86
n12	2266.3321	2272.2	5.87
n13	2265.8808	2272.18	6.3
n14	2264.7825	2272.15	7.36
n15	2265.0103	2272.13	7.12
n16	2263.8017	2271.97	8.17
n17	2263.7074	2271.88	8.17
n18	2263.7293	2271.85	8.12
n19	2263.4905	2271.81	8.32
n20	2262.0681	2271.71	9.64
n21	2261.8698	2271.69	9.82
n22	2261.7757	2271.67	9.89
n23	2261.6718	2271.65	9.97
n24	2261.7499	2271.62	9.87

ID Nudo	Cota m	Piezométrica m	Presión m
n25	2262.1264	2271.57	9.44
n26	2261.8671	2271.49	9.62
n27	2261.3586	2271.46	10.1
n28	2259.9082	2271.37	11.46
n29	2258.2567	2271.23	12.97
n30	2257.0147	2271.11	14.1
n31	2254.9945	2270.93	15.94
n32	2253.0461	2270.76	17.71
n33	2251.7746	2270.66	18.89
n34	2250.7998	2270.59	19.79
n35	2250.3079	2270.56	20.25
n36	2247.5179	2270.42	22.91
n37	2245.6232	2270.33	24.7
n38	2242.5324	2270.19	27.65
n39	2242.3135	2270.17	27.86
n40	2241.6246	2270.11	28.48
n41	2240.6199	2270.01	29.39
n42	2239.5729	2269.91	30.34
n43	2238.8613	2269.83	30.97
n44	2238.9071	2269.79	30.88
n45	2239.1621	2269.74	30.58
n46	2240.425	2269.62	29.2
n47	2241.05	2269.58	28.53
n48	2241.595	2269.53	27.93

ID	Cota	Piezométrica	Presión
Nudo	m	m	m
n49	2241.6993	2269.51	27.81
n50	2241.8745	2269.47	27.6
n51	2242.9423	2269.31	26.36
n52	2243.0384	2269.13	26.1
n53	2242.7004	2269.06	26.36
n54	2242.6669	2269.02	26.35
n55	2242.5235	2268.98	26.46
n56	2242.378	2268.94	26.57
n57	2241.7725	2268.85	27.08
n58	2241.3815	2268.78	27.39
n59	2241.1287	2268.62	27.49
n60	2240.1773	2268.49	28.31
n61	2238.656	2268.33	29.67
n62	2237.2183	2268.24	31.02
n63	2235.4348	2268.14	32.71
n64	2233.7093	2268.05	34.34
n65	2231.9915	2267.95	35.96
n66	2231.0333	2267.84	36.8

ID	Cota	Piezométrica	Presión
Nudo	m	m	m
n67	2230.8	2267.75	36.95
n68	2230.6582	2267.65	36.99
n69	2230.5893	2267.59	37
n70	2230.4814	2267.53	37.05
n71	2229.3695	2267.4	38.03
n72	2229.1692	2267.35	38.18
n73	2228.7312	2267.24	38.51
n74	2228.228	2267.17	38.95
n75	2226.5564	2267.06	40.5
n76	2225.4109	2266.93	41.52
n77	2223.1504	2266.74	43.59
n78	2222.4486	2266.61	44.16
n79	2222.0324	2266.59	44.56
n80	2221.4769	2266.42	44.94
n81	2224.7897	2265.67	40.88
Embalse B1	2272.42	2272.42	0

### 6.1.1.2 Sistema de alcantarillado

Para los sistemas de alcantarillado de aguas residuales como aguas lluvias, el cliente se encargó de suministrar los insumos principales como lo son la topografía, las salidas de la red interna de alcantarillado residual doméstica y los planos de cubiertas y diseños geométricos de vía para el diseño del alcantarillado de aguas lluvia.

Tanto el alcantarillado de aguas residuales domésticas como el de aguas lluvias, fueron diseñados en base a la normativa de Empresas Públicas de Medellín (EPM) a petición del cliente.

La modelación hidráulica de estos sistemas se realizó mediante la hoja de cálculo de EPM, la cual tiene colgada en su sitio web de forma gratuita y que está adaptada a los parámetros de diseño presentados en su norma.

A petición de la empresa, la información desarrollada sobre estos sistemas no será mostrada en este informe.

## 6.2 CANALIZACIÓN DRENAJE SENCILLO INTERMITENTE

Se le denomina drenaje sencillo a un flujo de agua superficial que depende de la precipitación pluvial y/o afloramiento de aguas subterráneas y va a desembocar en otra corriente, en una laguna o en el mar (IGAC).

El presente documento contiene las memorias de cálculo hidráulico para la canalización de uno de los drenajes sencillos intermitentes (DSI) que llegan al lago Tulio Ospina, que se encuentra ubicado en el Lote F del predio Tulio Ospina (Figura 3), en el municipio de Bello y en el cual se plantea la construcción del Parque de Deportes a Motor y Ambiental para el departamento de Antioquia.

Los drenajes sencillos intermitentes mencionados anteriormente son dos, los cuales, en el estudio hidrológico de la zona son denominados DSI Las Brujas y DSI Sin Nombre. De dicho estudio hidrológico se obtuvo la información de caudales para la simulación hidráulica.

La modelación hidráulica se realizó con el programa HEC-RAS versión 5.0.5, el cual es de uso libre y fue desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center.

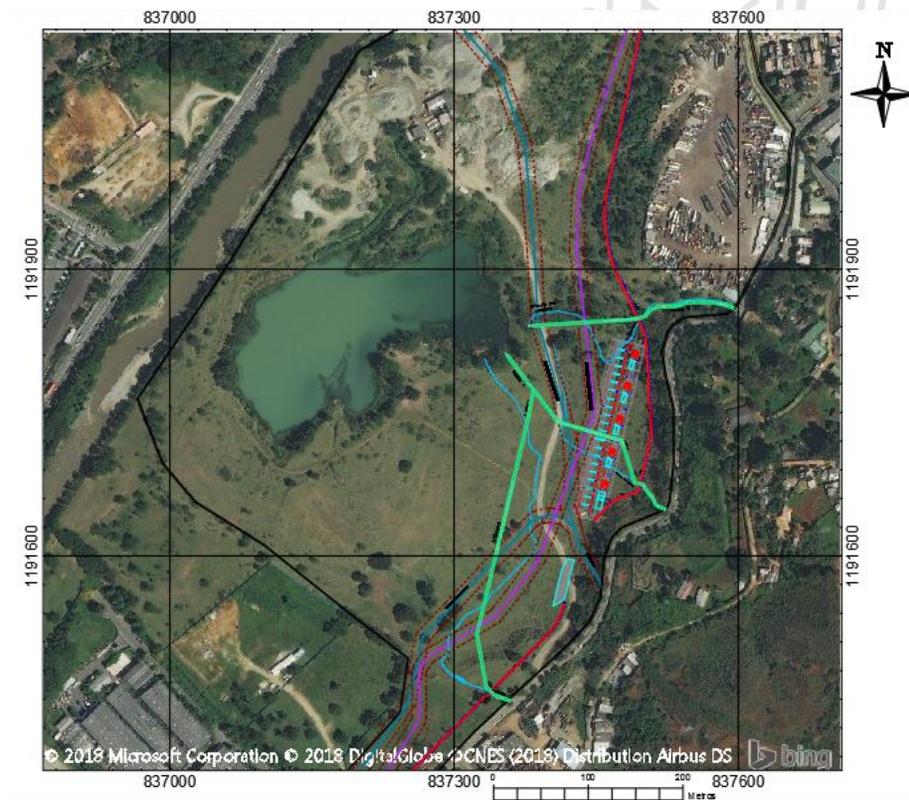


Figura 3. Localización general (Sistema de referencia MAGNA Colombia-Bogotá)

## 6.2.1 Canal 1

Con el Canal 1 se pretende canalizar las aguas que llegan al lote provenientes del drenaje sencillo intermitente Las Brujas (Figura 4) y conducir las al Lago Tulio Ospina ubicado dentro del predio. Dado a que en el predio se encuentra infraestructura perteneciente a EPM (tubería de conducción de agua potable y tubería de gas) y se proyectan estructuras propias del proyecto, sus alineamientos tanto horizontal como vertical fueron determinados por esta serie de condicionantes, además de, la topografía del terreno.

### 6.2.1.1 Alineamiento

En la Figura 4 se presenta la vista en planta general del Canal 1 en el predio del proyecto, el cual tiene una longitud en planta de 249.09m. En esta se observa que el canal atraviesa el muro de contención, el edificio de boxes, la pista (estructuras propias del proyecto) y las tuberías de gas y agua potable pertenecientes a EPM.



Figura 4. Vista en planta Canal 1 (Drenaje sencillo intermitente Las Brujas (DSI 1)).

Las Figuras *Figura 5* y *Figura 6* muestran con más detalle los cruces del Canal 1 con las estructuras de boxes y el muro de contención respectivamente. Se observa que el canal atraviesa la edificación por la zona del Box12 y no se presentan interferencias con las columnas de la misma. En cuanto al muro de contención, el canal pasa entre las pilas P8 y P9.

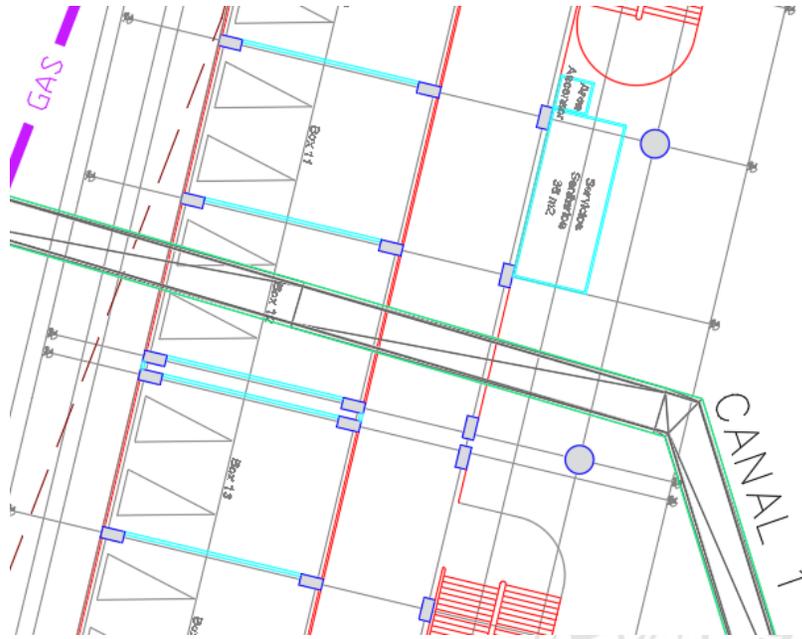


Figura 5. Vista en planta cruce de Canal 1 con zona de Boxes.

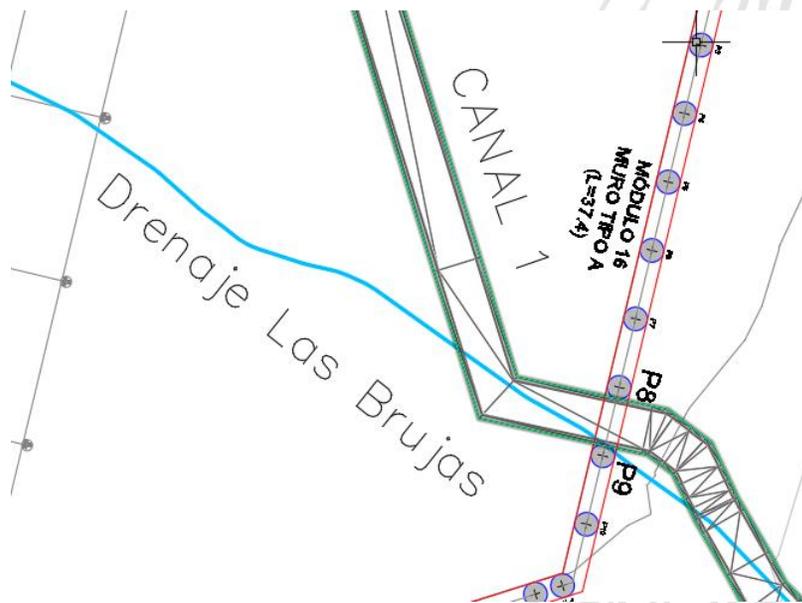


Figura 6. Vista en planta cruce de Canal 1 con muro de contención.

En relación a las redes de acueducto y gas existentes en el predio, el cliente fue el encargado de recolectar y responsable de la información de profundidades de dichas redes. En el punto del cruce de la tubería de conducción con el Canal 1, la cota clave de la tubería es 1418.64 msnm y para el cruce de la tubería de gas con el Canal 1, la cota clave es de 1416.77msnm.

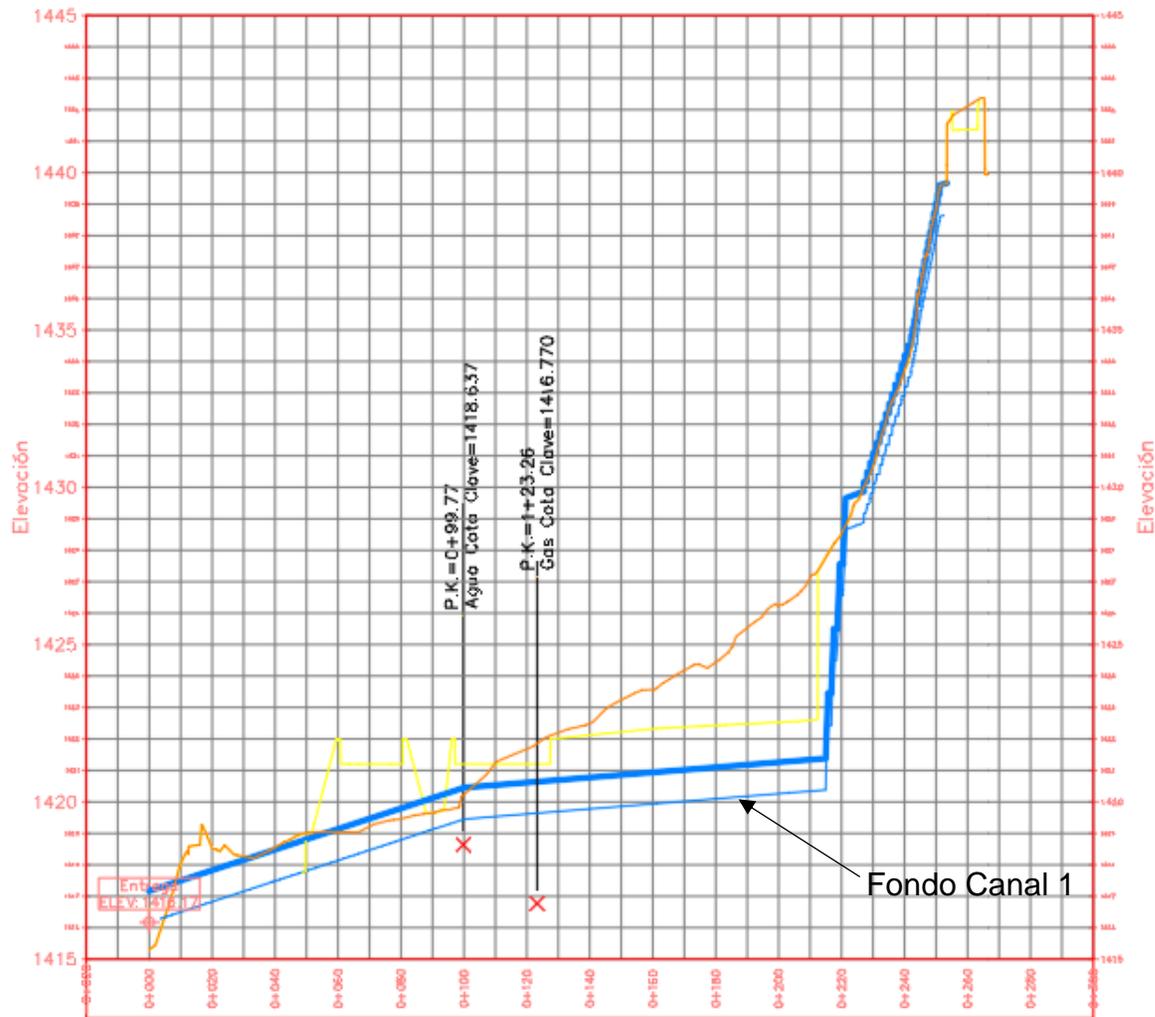


Figura 7. Perfil longitudinal Canal 1.

El perfil presentado en la Figura 7 tiene como eje el Canal 1 y en él están representados el terreno original (línea naranja), el terreno modificado (línea amarilla) y el fondo y la altura de muros del canal (líneas azules). En este perfil se observa que el fondo del canal está a una distancia vertical de 0.8m (cumple con el retiro vertical a este tipo de redes) y 2.87m de las tuberías de acueducto y gas respectivamente, además la cota de entrega del canal al lago es 1416.17 msnm, cota superior a la cota normal del nivel de lámina de agua en el lago (1415 msnm).

### 6.2.1.2 Sección hidráulica

De acuerdo al estudio hidrológico realizado por la empresa Hidrológica Ingeniería S.A.S (el cual ha sido suministrado por el cliente) sobre el drenaje sencillo intermitente Las Brujas se tienen los siguientes caudales para diferentes periodos de retorno:

Tabla 2. Caudales DSI Las Brujas

Tr (Años)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
2.33	2.80
5	3.80
10	4.67
25	5.99
50	7.08
100	8.29

Dadas las limitaciones anteriormente mencionadas y los caudales de la *Tabla 2*, se evalúa inicialmente una sección transversal de canal como la que se muestra en la *Figura 8*, la cual tiene 1m de altura y un ancho de 2m, para el caudal de 8.29 m<sup>3</sup>/s. En este pre-dimensionamiento se asumió una pendiente de 0.8% (inferior a la de la superficie) y un coeficiente de Manning  $n=0.013$ , el cual corresponde a concreto. Dado a que en estas condiciones no se presenta desbordamiento, se tomó esta sección para la modelación hidráulica del canal bajo el software Hec-Ras.

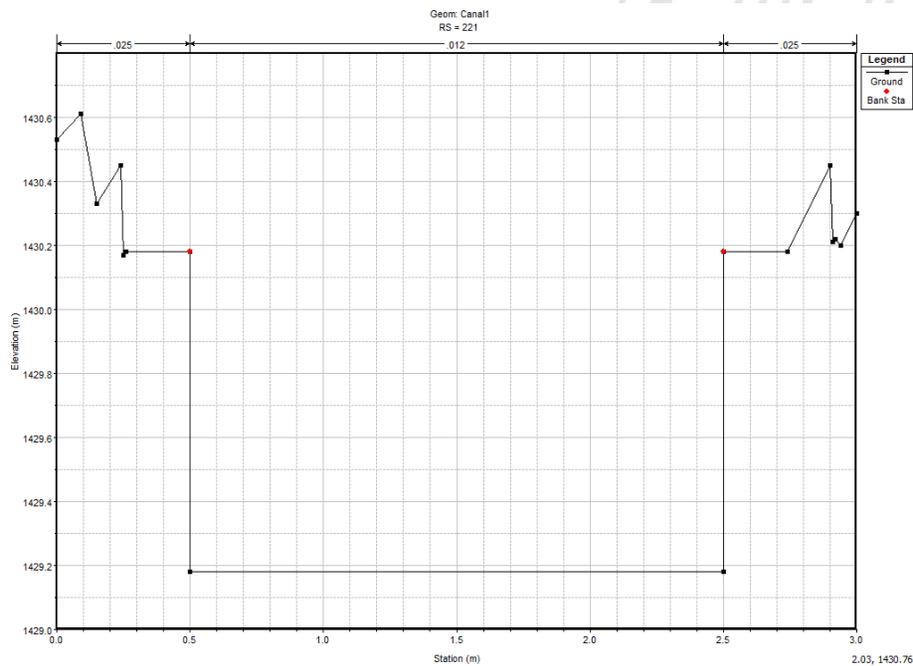


Figura 8. Sección transversal típica Canal 1.

Ya que en la zona en la que inicia el canal el terreno presenta altas pendientes, es necesario un desarrollo en el canal con escalones, los cuales ayudan a la reducción de la energía y a tener un mayor control en el flujo. La *Figura 9* muestra el modelo tridimensional del canal para una sección transversal rectangular de 1m de alto x 2m de ancho, además, se pueden observar dichos escalones.

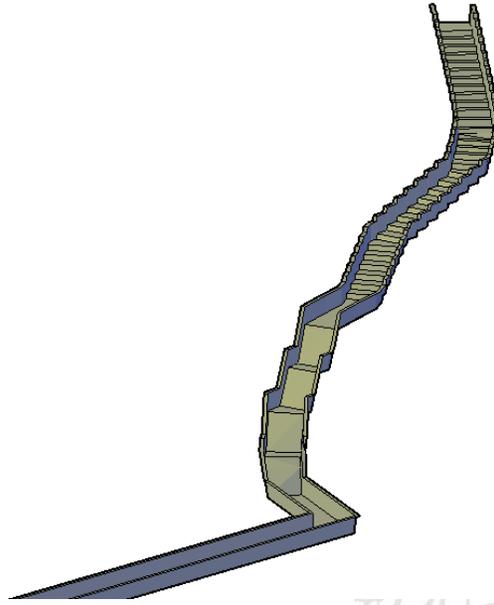


Figura 9. Modelo tridimensional Canal 1.

#### 6.2.1.3 Modelación hidráulica

La modelación hidráulica para el Canal 1 se realizó con el programa HEC-RAS versión 5.0.5, el cual es de uso libre y fue desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center.

- *Datos de entrada*

Para los datos de entrada necesarios para la modelación, se toman secciones transversales cada 20cm, teniendo así bien definidos los escalones de la parte inicial del canal hasta que llega al muro de contención. Además, se ingresan los caudales correspondientes a cada periodo de retorno (*Figura 10*). Como condiciones de frontera se utiliza la profundidad normal, en la cual se ingresa el valor de la pendiente de energía o del fondo del canal. Aunque aguas arriba del canal la pendiente es de 2.11% se introduce una pendiente del 1%, adoptando así un factor de seguridad, ya que esto incrementa la altura de la lámina de agua en el canal; para aguas abajo se ingresa una pendiente de 3.28% (*Figura 11*).

Debido a que no se conoce el comportamiento del flujo a lo largo del canal, se procede al cálculo bajo un régimen de flujo mixto (*Figura 12*).

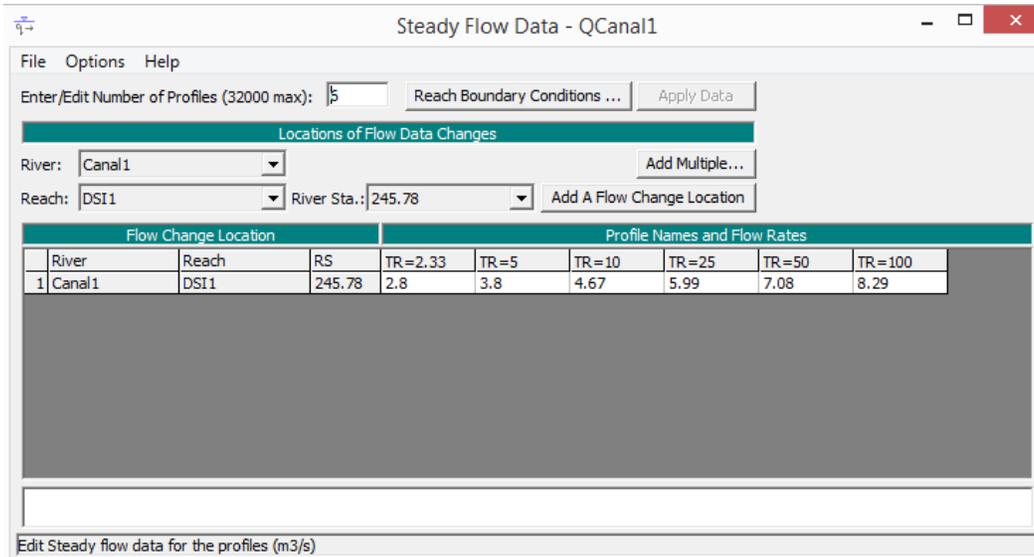


Figura 10. Datos de entrada: Caudales para los diferentes periodos de retorno.

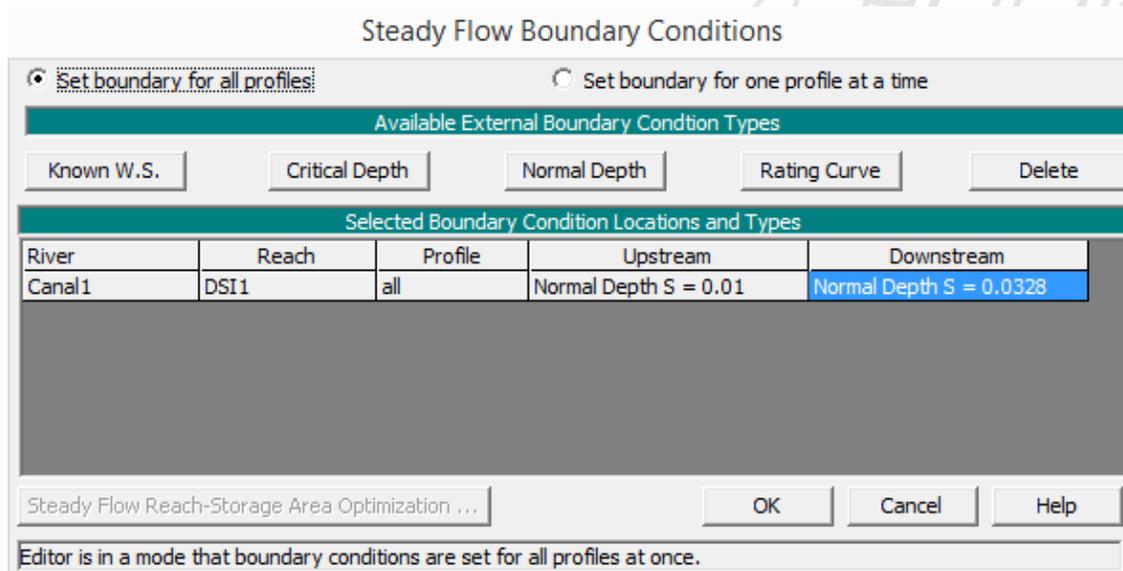


Figura 11. Datos de entrada: Condiciones de contorno.

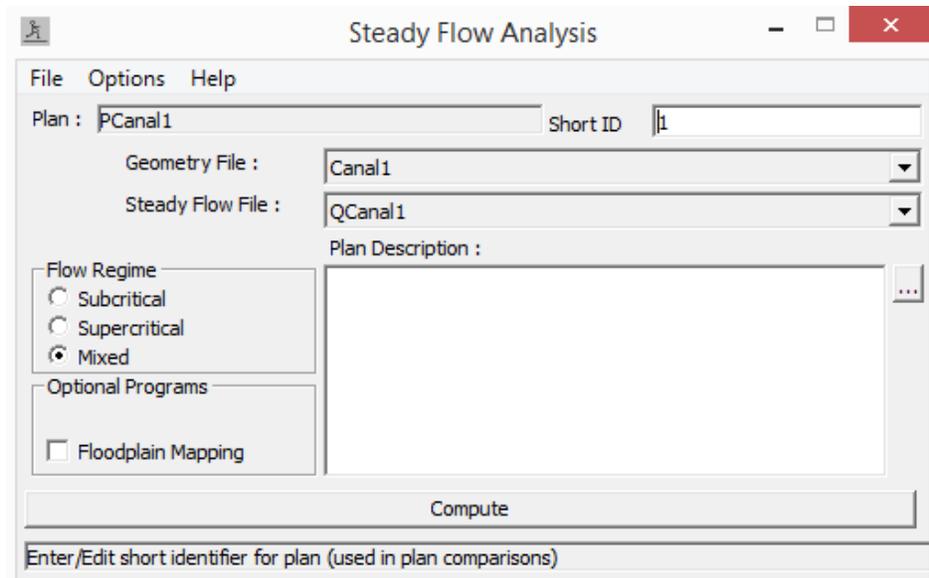


Figura 12. Condiciones de flujo.

Adicionalmente se ingresan los valores del coeficiente de Manning para cada una de las secciones, asignando así un valor de  $n=0.013$  para el canal principal y de  $n=0.025$  para las zonas fuera de este, tal como se muestra a continuación.

Edit Manning's n or k Values

River: Canal 1    Edit Interpolated XS's    Channel n Values have a light green background

Reach: DSI1    All Regions

Selected Area Edit Options: Add Constant ...    Multiply Factor ...    Set Values ...    Replace ...    Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	245.78	n	0.025	0.013	0.025
2	245.6	n	0.025	0.013	0.025
3	245.4	n	0.025	0.013	0.025
4	245.2	n	0.025	0.013	0.025
5	245	n	0.025	0.013	0.025
6	244.8	n	0.025	0.013	0.025
7	244.66	n	0.025	0.013	0.025
8	244.6	n	0.025	0.013	0.025
9	244.4	n	0.025	0.013	0.025
10	244.2	n	0.025	0.013	0.025
11	244.16	n	0.025	0.013	0.025
12	244	n	0.025	0.013	0.025
13	243.8	n	0.025	0.013	0.025
14	243.6	n	0.025	0.013	0.025
15	243.4	n	0.025	0.013	0.025
16	243.2	n	0.025	0.013	0.025
17	243	n	0.025	0.013	0.025
18	242.8	n	0.025	0.013	0.025
19	242.6	n	0.025	0.013	0.025
20	242.4	n	0.025	0.013	0.025
21	242.2	n	0.025	0.013	0.025
22	242	n	0.025	0.013	0.025
23	241.8	n	0.025	0.013	0.025
24	241.6	n	0.025	0.013	0.025

OK    Cancel    Help

Figura 13. Datos de entrada: Coeficiente de Manning.

- *Resultados*

Las figuras de la 14 a la 25 presentan los resultados tanto en perfil, como en la sección transversal a la entrada del canal (en donde la altura de la lámina de agua es mayor para este canal) para los caudales correspondientes a cada uno de los periodos de retorno.

En estas se observa que para los caudales determinados en el estudio hidrológico, el canal diseñado cumple para transportar dicha cantidad de agua ( $8.29 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de  $Tr=100$ ) ya que en las imágenes de la sección transversal, la lámina de agua no alcanza a sobrepasar la altura del canal.

En los perfiles se muestra que para cada uno de los caudales, los escalones cumplen con la función de reducir la energía, pues se ve claramente que la altura de línea de energía (línea verde en los perfiles) disminuye de forma “radical” al salir de la zona de escalones, es allí en donde comienza el boxculvert, en donde se normaliza al encontrarse pendientes relativamente constantes a lo largo de este.

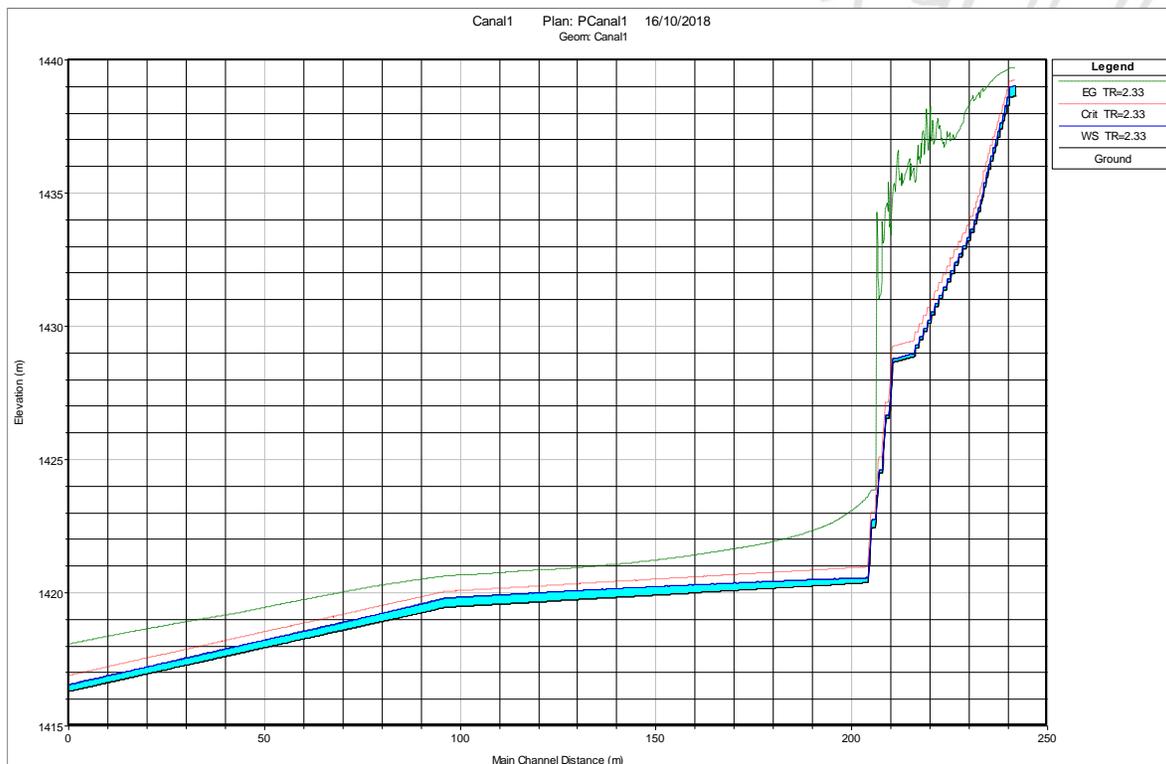


Figura 14. Perfil longitudinal para un periodo de retorno,  $Tr=2.33$

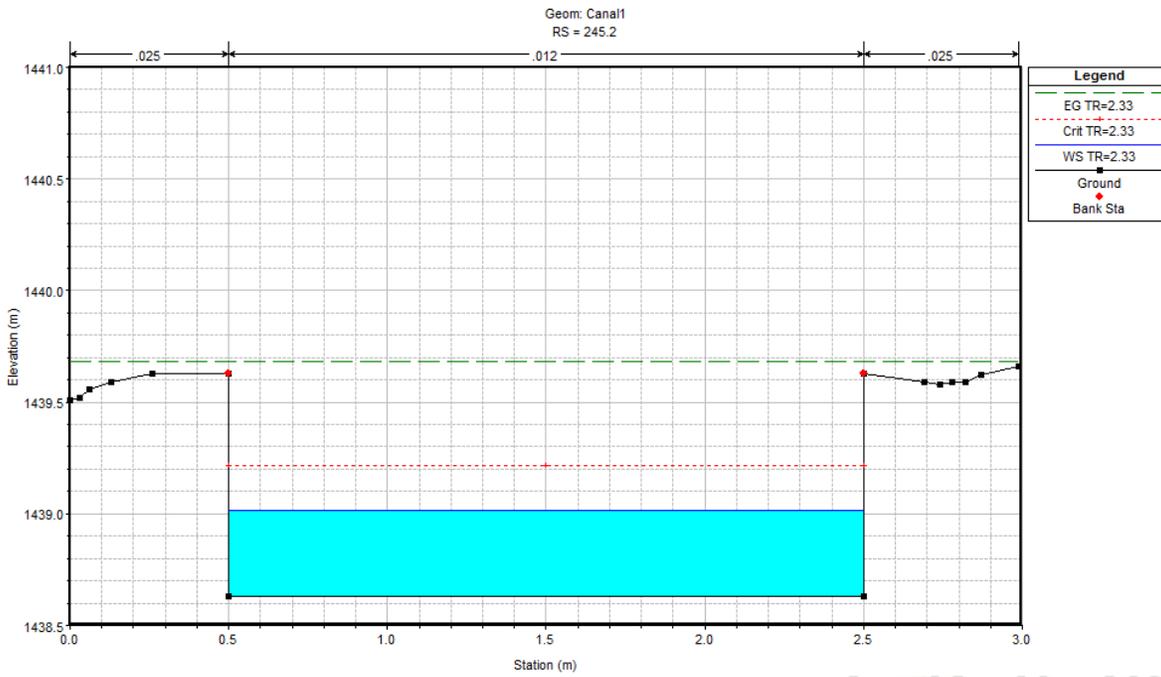


Figura 15. Lámina de agua para un periodo de retorno,  $Tr=2.33$ . (Entrada al canal).

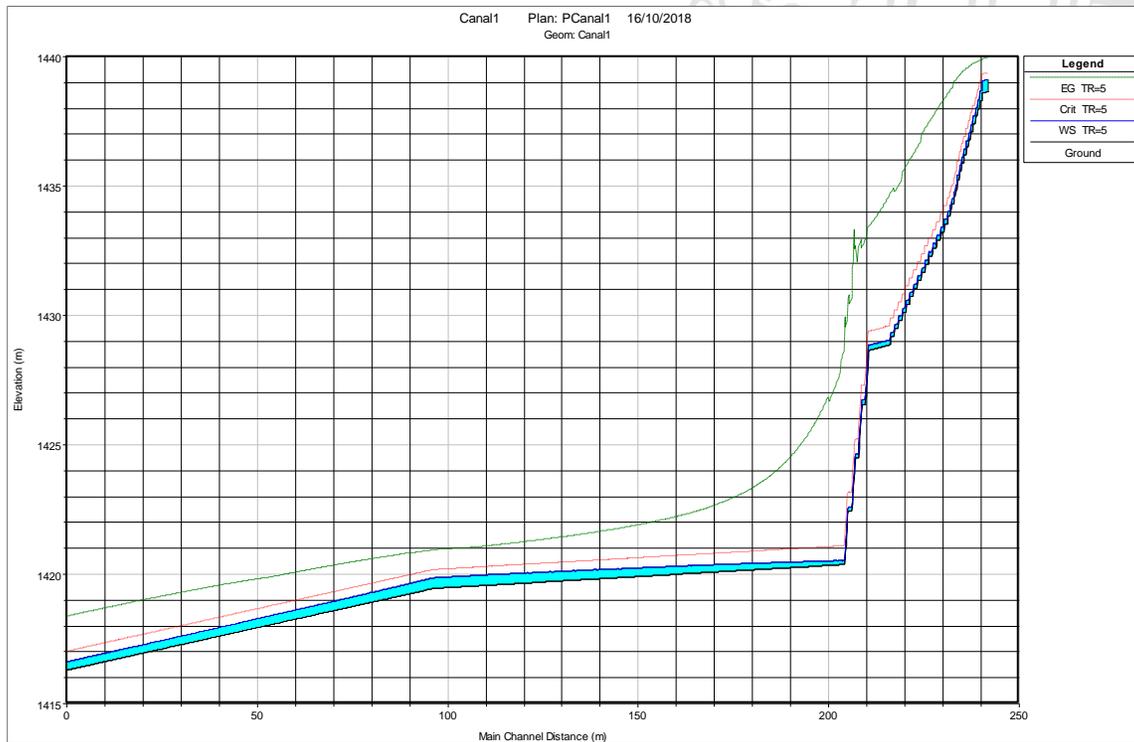


Figura 16. Perfil longitudinal para un periodo de retorno,  $Tr=5$

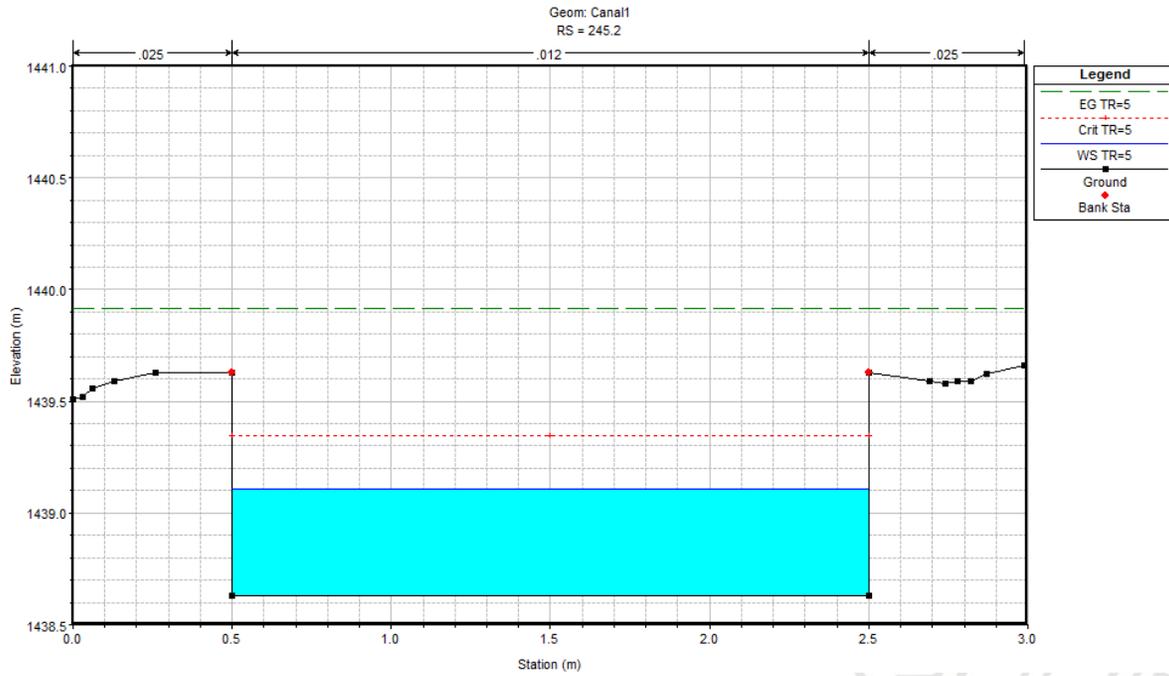


Figura 17. Lámina de agua para un periodo de retorno,  $Tr=5$ . (Entrada al canal).

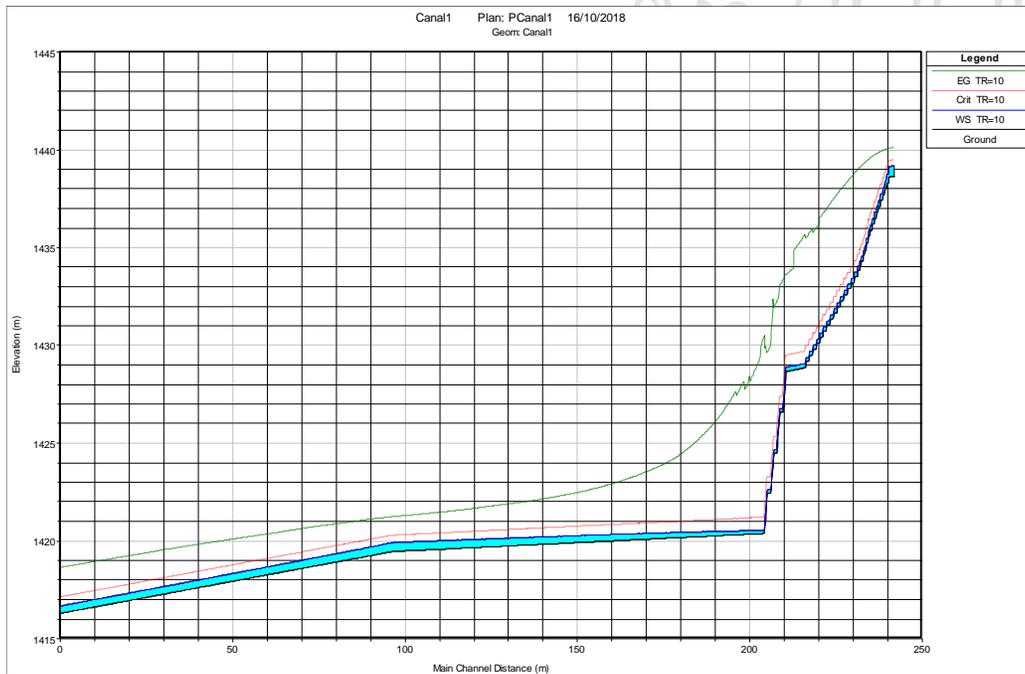


Figura 18. Perfil longitudinal para un periodo de retorno,  $Tr=10$

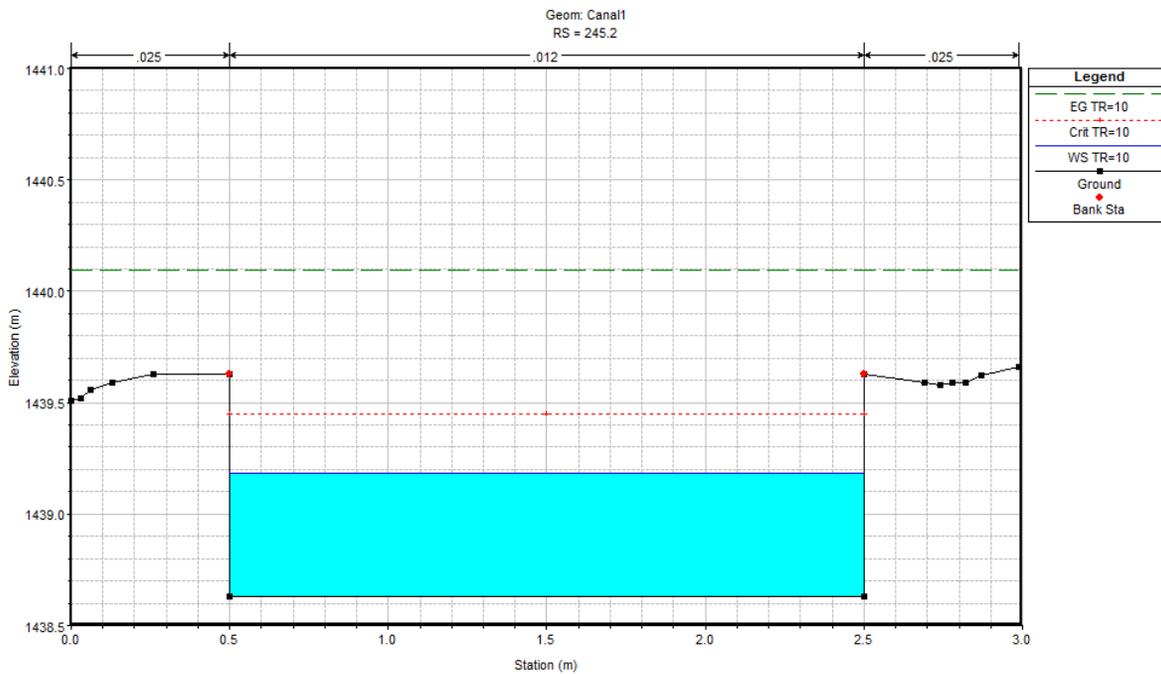


Figura 19. Lámina de agua para un periodo de retorno,  $Tr=10$ . (Entrada al canal).

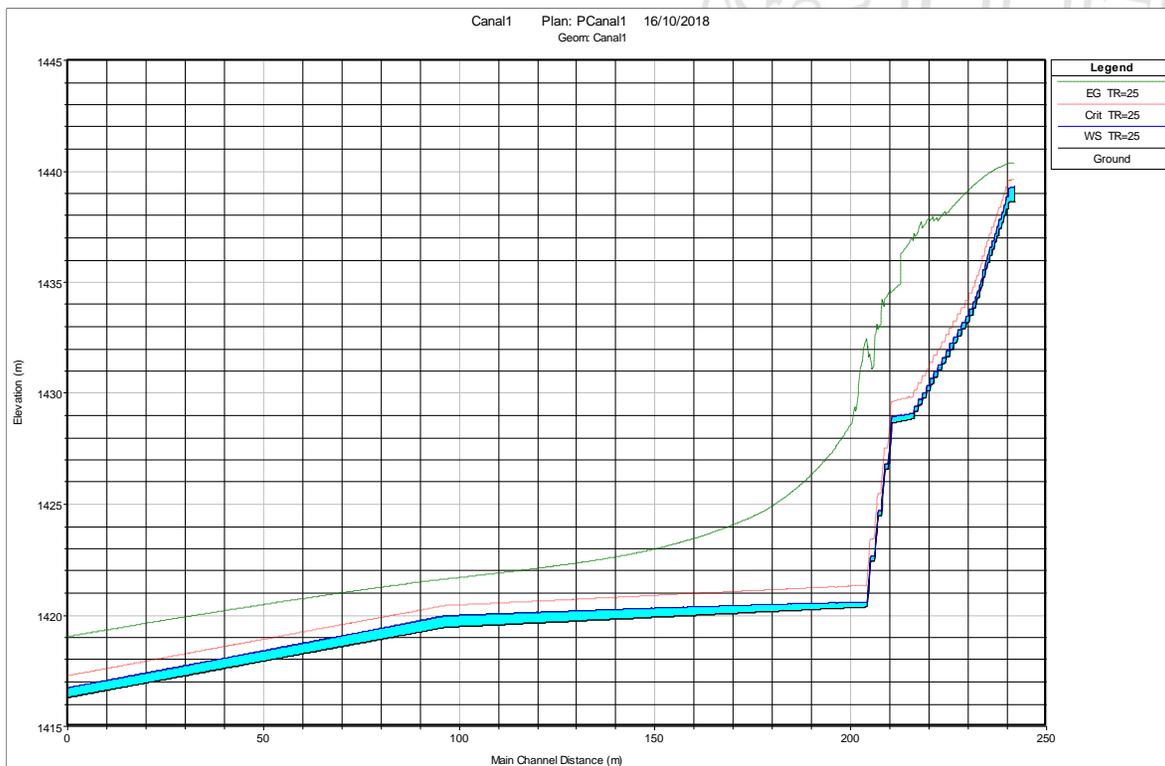


Figura 20. Perfil longitudinal para un periodo de retorno,  $Tr=25$

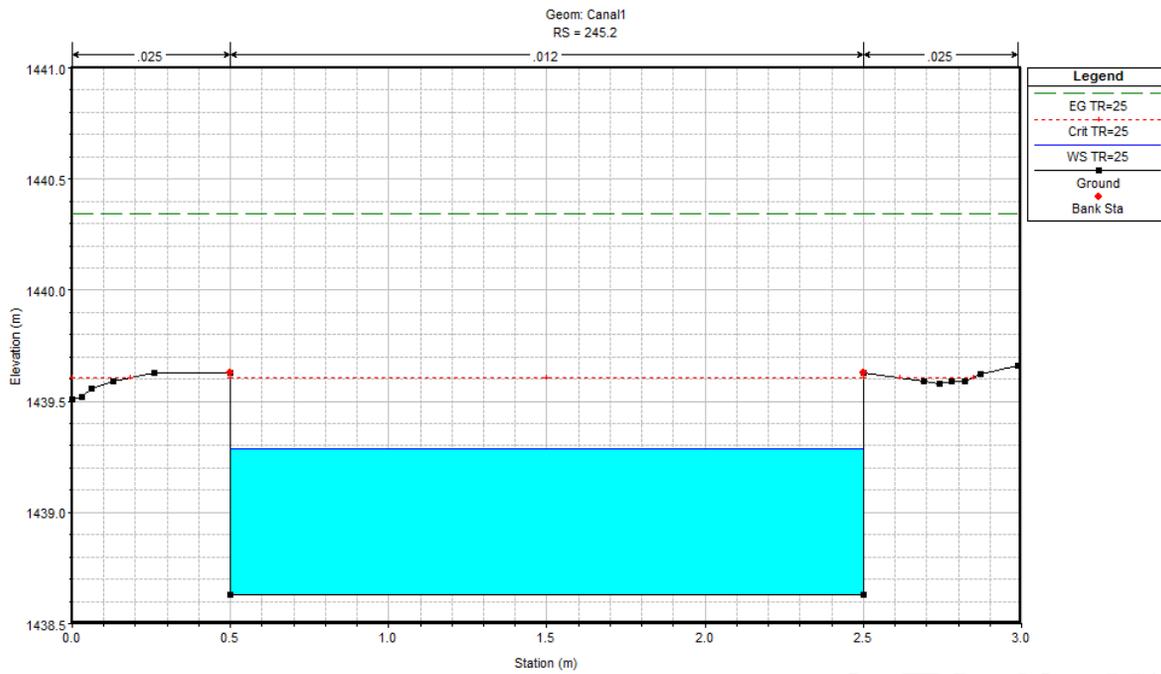


Figura 21. Lámina de agua para un periodo de retorno,  $Tr=25$ . (Entrada al canal).

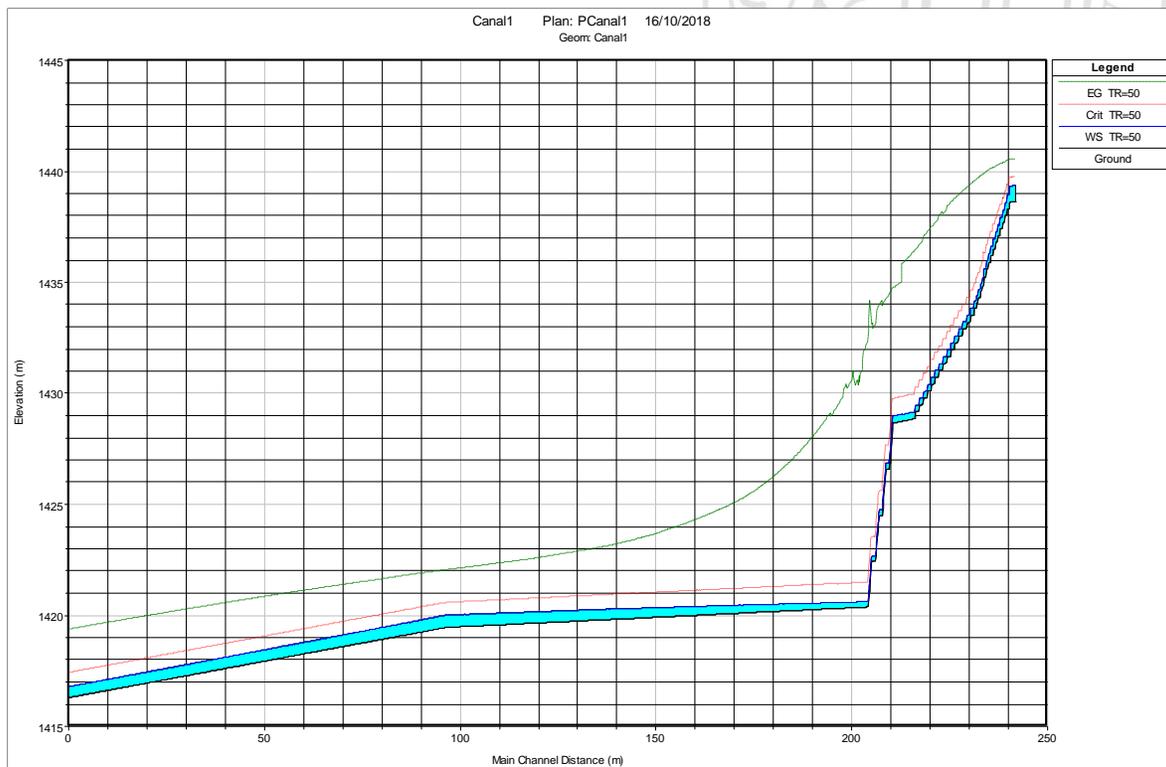


Figura 22. Perfil longitudinal para un periodo de retorno,  $Tr=50$

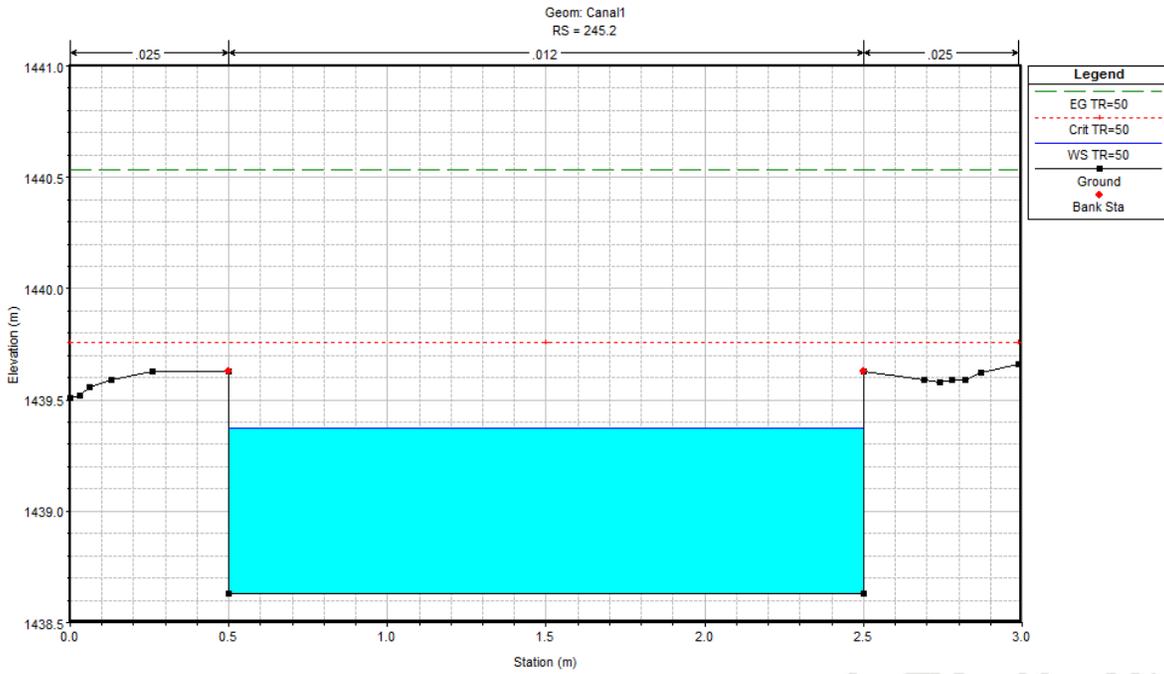


Figura 23. Lámina de agua para un periodo de retorno,  $Tr=50$ . (Entrada al canal).

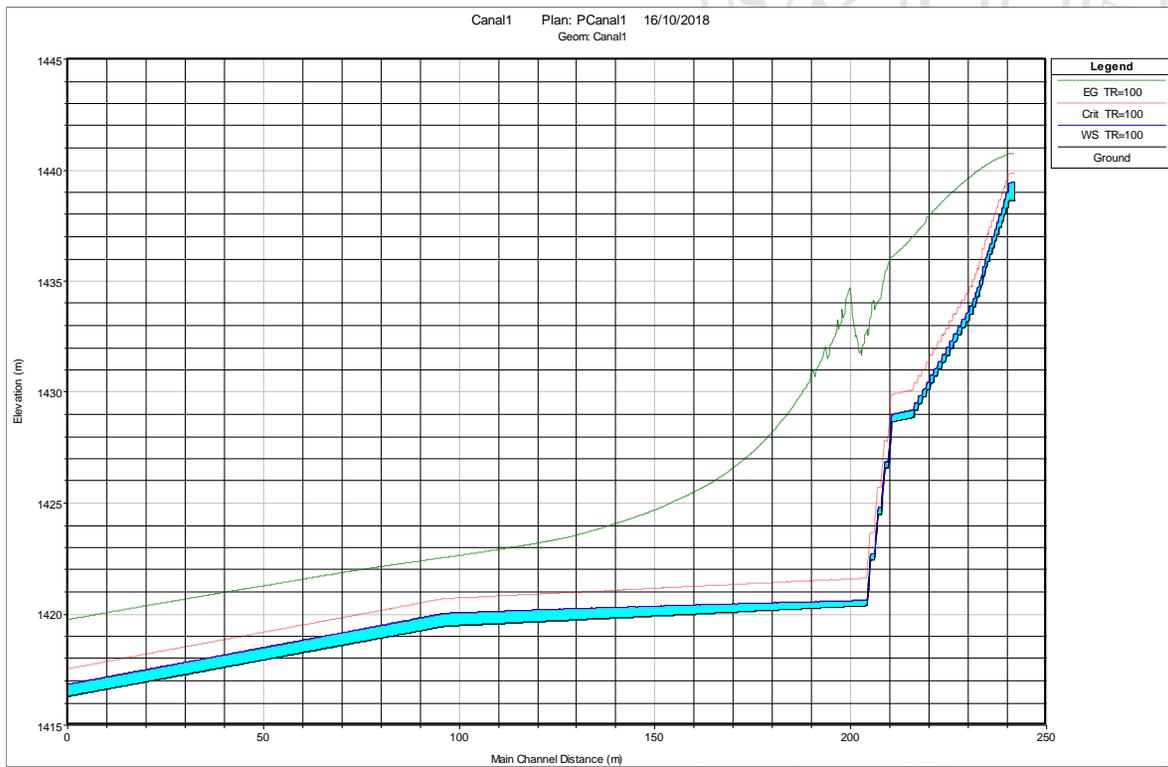


Figura 24. Perfil longitudinal para un periodo de retorno,  $Tr=100$

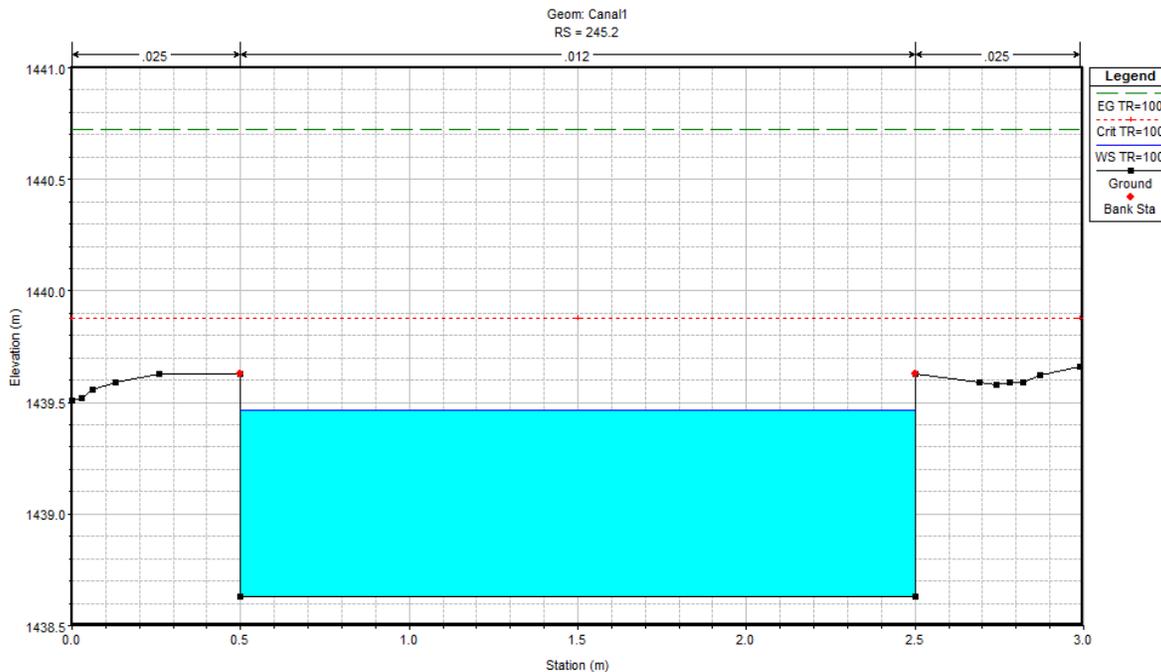


Figura 25. Lámina de agua para un periodo de retorno,  $Tr=100$ . (Entrada al canal).

## 7 CONCLUSIONES GENERALES DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

- Los conocimientos adquiridos durante la carrera académica fueron aplicados durante el desarrollo de la práctica académica en la empresa Aqua Consultoría Hidráulica S.A.S., los cuales también fueron de vital importancia a la hora de tener una comunicación precisa y acertada con el grupo de ingenieros diseñadores en cabeza del asesor por parte de la empresa.
- Debido a la buena aplicación de los conocimientos fue posible participar en diferentes salidas de campo y comités técnicos de los proyectos en los cuales se tuvo la oportunidad de apoyar el diseño.
- Gracias al manejo de diferentes herramientas informáticas se optimizaron procesos en los diseños de sistemas de acueducto y alcantarillado, así como en los proyectos en los que era necesario el diseño de canales para el transporte del agua. También se han empezado a implementar algunas de estas herramientas para el diseño de redes contra incendio.
- Pese a que no fue posible su implementación en este informe, se apoyó en la elaboración de memorias de cantidades de obra de algunos proyectos y se

adquirió nuevo conocimiento respecto a la elaboración y presentación de las mismas.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Empresas Públicas de Medellín (2013). *Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto*.  
[https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro\\_de\\_documentos/normatividad\\_y\\_legislacion/agua/Norma\\_Diseno\\_Acueducto\\_2013.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/normatividad_y_legislacion/agua/Norma_Diseno_Acueducto_2013.pdf)

Empresas Públicas de Medellín (2013). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado*.  
[https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro\\_de\\_documentos/normatividad\\_y\\_legislacion/agua/Norma\\_Diseno\\_Acueducto\\_2013.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/normatividad_y_legislacion/agua/Norma_Diseno_Acueducto_2013.pdf)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2000). *Título A “Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico”*.  
[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710\\_ras\\_titulo\\_a\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf).

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010). *Título B “Sistemas de acueducto”*.  
[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO\\_B%20030714.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO_B%20030714.pdf)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010). *Título D “Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias”*.  
[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO\\_D.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO_D.pdf)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). *Resolución 0330 “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y saneamiento Básico – RAS y se derogan las Resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”*.  
<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>.

IGAC (2017), Drenaje sencillo.  
[http://datos.igac.gov.co/datasets/b80a5060d68e4de0b2e13daab3e64a69\\_0](http://datos.igac.gov.co/datasets/b80a5060d68e4de0b2e13daab3e64a69_0)