

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE DRENAJE  
SUPERFICIAL DE AGUAS PLUVIALES EN EL URBANISMO  
EZEQUIEL ZAMORA, UBICADO EN CHAGUARAMAS,  
MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR LOS  
BACHILLERES MALARET  
M., YOLIMAR Y HERRERA  
S., RAFAEL E. PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL.**

**CIUDAD BOLÍVAR, ABRIL DE 2018**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este trabajo de grado, titulado: **“INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE AGUAS PLUVIALES EN EL URBANISMO EZEQUIEL ZAMORA, UBICADO EN CHAGUARAMAS, MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.”** Presentado por los bachilleres: **MALARET M., YOLIMAR y HERRERA S., RAFAEL E.**. Titulares de las cédulas de identidades No **21.110.393** y **24.239.546** ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y Apellido	Firmas
Profesor Dafnis J. Echeverría	
_____ (Asesor)	_____
_____ (Jurado)	_____
_____ (Jurado)	_____
_____ Prof. Pedro Gamboa Jefe de Depto. de Ing. Civil	_____ Prof. Francisco Monteverde Director de Esc. de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, Abril de 2018

## **DEDICATORIA**

A Dios por sus infinitas bendiciones, por guiarme e iluminarme en cada paso que doy, a mis padres Rosa Minghetti y Luis Malaret por todo su amor incondicional, apoyo, ayuda, esfuerzos, por llevarme y traerme durante toda la carrera hasta el último momento y siempre estar ahí para mi, a mi hermano Ubaldo Malaret por su paciencia, por aguantarme y ayudarme siempre en todo lo que necesito, a toda mi familia por su cariño, apoyo y estar presentes en cada momento de mi vida, a mi compañero de tesis Rafael Herrera, a mi prima Dariana Minghetti por motivarme durante toda la carrera, y siempre decirme que si puedo, a mi Nonno Ubaldo Minghetti por sus concejos y amor, y aunque siempre me decía que no me veía como ingeniera se que en donde este, está orgulloso de mi.

Yolimar Malaret

El presente trabajo de grado está dedicado a Dios y sus bendiciones, a mis familiares, padres y hermana, que con su granito de arena, fueron piezas fundamentales, a mi novia Graciela Ferreira por estar a mi lado en todo momento siento mi mayor apoyo y motivación, finalmente no menos importante a mis amigos, familia universitaria y futuros colegas, Laumarys Uzcategui, Daniela Monsalve, Mariana Barreto, Carlos Velázquez, Pedro Santaella, Carles Moreno, Luis Dimas, Yolimar Malaret y Edgar Luna, por el apoyo incondicional en todo momento, “recuerden siempre que sin amor no hay equipo”. (Frase de Lau).

Rafael Herrera

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias primeramente a Dios, por toda la fuerza y serenidad que me ha dado para seguir siempre adelante, culminar mi carrera y nuestro presente trabajo de grado, gracias a mis padres, hermano, y a toda mi familia, a todos mis amigos y compañeros de clase, Fernando Lezama, Benivel Díaz, Einemar Espinoza, María Becerra, Leonardo Saudin, Jesús Uceró, y a todos los que con su apoyo y cariño fueron parte de mi vida universitaria, a mi compañero de tesis Rafael Herrera, por su apoyo y valentía en cada momento, mil gracias a todos ustedes por su ayuda incondicional, a nuestro tutor académico Prof. Dafnis Echeverría, por su colaboración en la realización del presente trabajo de grado, por su orientación académica y sus aportes técnicos, a la Prof. Beatriz Echeverría por sus asesorías en el campo de la hidráulica, a la Universidad de Oriente por brindarnos un lugar de aprendizaje.

Yolimar Malaret

Agradezco primeramente a Dios por acompañarme en cada momento de mi vida y por sus infinitas bendiciones, a mis padres Vilma Salas y Rafael Herrera porque son mi ejemplo a seguir y un pilar fundamental que con mucho esfuerzo dedicación y apoyo hicieron que este trabajo de grado sea posible, a mi compañera Yolimar Malaret que con su esfuerzo incondicional, horas de risas y momentos únicos hizo de esta travesía completamente agradable. Finalmente agradecer a nuestro tutor de tesis Prof. Dafnis Echeverría y a su hija Prof. Beatriz Echeverría, por su paciencia, entrega y ética profesional al momento de instruirnos en el presente trabajo de grado.

Rafael Herrera

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación se basa en presentar la ingeniería básica de un sistema de drenaje superficial de aguas pluviales en el urbanismo Ezequiel Zamora, ubicado en Chaguaramas, municipio Sotillo, estado Monagas. El nivel de este estudio es de proyecto factible o proyectiva y el diseño de la misma es de carácter de campo, documental debido a que la información fue recopilada de datos tomados directamente del lugar donde ocurren los hechos en observación. Se realizó un estudio del área a tratar con la finalidad de saber qué medidas tomar para cumplir con el objetivo planteado; estimando los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona y la cantidad de agua que escurre a través de la misma, para determinar el caudal de diseño de la cuenca y subcuencas del urbanismo. Esto se llevó a cabo utilizando el método racional para el cálculo del caudal donde se consideró: el coeficiente de escorrentía necesario para cada tipo de área, la intensidad de lluvia para un periodo de retorno de 25 años y la cantidad de área de influencia. Los cálculos realizados en este proyecto condujeron al diseño de 6 canales superficiales centrales, 30 ramales secundarios y 6 terciarios de sección rectangular con caudales que van desde aproximadamente 3,300 m<sup>3</sup>/s hasta 6,780 m<sup>3</sup>/s en subcuencas captados en 3 puntos de descargas para su posterior descarga a través de torrenteras etc. El diseño de estos se efectuó considerando los cálculos de los caudales que pasarán por cada tramo de calle, verificando que las velocidades cumplieran con lo establecido por el Ministerio de Obras Públicas (M.O.P) y la Gaceta Oficial N° 5.318. Para culminar se analizaron los resultados arrojados y se llegó a la conclusión que era factible la propuesta, ya que cumplía con los objetivos establecidos.

# CONTENIDO

Página

<b>ACTA DE APROBACIÓN</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>CONTENIDO</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE APÉNDICES</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I.SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	4
1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.2 Objetivos de la investigación.....	7
1.2.1 Objetivo general.....	7
1.2.2 Objetivo específicos.....	8
1.3 Justificación de la investigación.....	8
1.4 Alcance de la investigación .....	9
<b>CAPÍTULO II.GENERALIDADES</b> .....	11
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio .....	11
2.2 Fauna y flora.....	13
2.3 Geología .....	17
2.3.1 Las Piedras, Formación Terciario (Mioceno Superior-Plioceno).....	18
2.3.2 Mesa, Formación Cuaternario (Pleistoceno) .....	20
<b>CAPÍTULO III.MARCO TEÓRICO</b> .....	22
3.1 Antecedentes de la investigación.....	22
3.2 Fundamentos Teóricos.....	24
3.2.1 Variables hidrometeorológicas .....	24
3.2.2 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) .....	25
3.2.3 Coeficiente de escorrentía.....	28
3.2.4 Tiempo de concentración de las aguas de escorrentía .....	29
3.2.5 Estimación del coeficiente de infiltración .....	30
3.2.6 Sistema de drenaje .....	31
3.2.7 Origen de las aguas en un sistema de drenaje.....	31

3.2.8 Componentes de un sistema de drenaje .....	32
3.2.9 Canales de drenajes.....	33
3.2.10 Canales abiertos .....	33
3.2.11 Clasificación de los canales según el material.....	34
3.2.12 Trazado de canales.....	35
3.2.13 Geometría del canal hidráulico .....	36
3.2.14 Elementos geométricos de un canal.....	38
3.2.15 Elementos hidráulicos de los canales abiertos.....	42
3.2.16 Flujo en un canal.....	43
3.2.17 Tipos de flujo en un canal.....	44
3.2.18 Estado del flujo .....	46
3.2.19 Efecto de viscosidad .....	46
3.2.20 Número de Reynolds .....	47
3.2.21 Efecto de la gravedad.....	48
3.2.22 Método racional .....	48
3.2.23 Limitaciones del método racional.....	50
3.3 Definición de términos básicos .....	51
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>55</b>
4.1 Tipo de investigación .....	55
4.2 Diseño de investigación.....	56
4.3 Población y muestra de la investigación .....	57
4.3.1 Población de la investigación .....	57
4.3.2 Muestra de la investigación .....	57
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	58
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	58
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos .....	60
4.5 Flujograma de la metodología de trabajo .....	60
4.5.1 Descripción de la metodología de trabajo .....	62
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
5.1 Caracterización climatológica del área de estudio .....	64
5.1.1 Precipitación .....	65
5.1.2 Evaporación .....	68
5.1.3 Temperatura.....	69
5.1.4 Insolación.....	71
5.1.5 Humedad relativa.....	72
5.1.6 Vientos.....	73
5.2 Parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación .....	74
5.2.1 Área (A).....	74

5.2.2	Perímetro (P).....	75
5.2.3	Longitud de la cuenca (L).....	75
5.2.4	Ancho de la cuenca (w) .....	75
5.2.5	Pendiente media de la cuenca (S) .....	75
5.2.6	Factor forma (F).....	76
5.2.7	Índice de compacidad (Kc).....	76
5.3	Determinación del caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio .....	77
5.4	Trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje .....	85
5.4.1	Trazado en planta de los canales de drenajes .....	85
5.4.2	Perfil longitudinal de los canales de drenajes.....	90
5.5	Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje .....	91
5.5.1	Canal principal 1.....	92
5.5.2	Canal principal 2.....	92
5.5.3	Canal principal 3.....	92
5.5.4	Canal principal 4.....	93
5.5.5	Canal principal 5.....	93
5.5.6	Canal principal 6.....	93
<b>CAPÍTULO VI.LA PROPUESTA.....</b>		<b>98</b>
6.1	Objetivo general .....	98
6.2	Desarrollo de la propuesta .....	98
6.3	Metodología de la propuesta .....	98
6.4	Justificación de la propuesta.....	99
6.5	Alcance de la propuesta.....	99
6.6	Dimensionamiento de los canales de drenajes .....	99
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>102</b>
Conclusiones .....		102
Recomendaciones.....		104
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>106</b>
<b>APÉNDICES.....</b>		<b>109</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación Nacional y Regional .....	13
3.1 Curva I-D-F de la región III (Arocha, 1983).....	26
3.2 Elementos geométricos de un canal (Rodríguez, 2008).....	41
4.1 Flujograma de la investigación .....	61
5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Upata (INAMEH, 2014) .....	66
5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Macagua (INAMEH, 2014) .....	67
5.3 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).....	67
5.4 Variación anual de la evaporación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014) .....	69
5.5 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014) .....	70
5.6 Variación anual de la insolación (horas de sol). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).....	72
5.7 Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014) .....	73
5.8 Variación anual de la velocidad del viento (m/s). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).....	74
5.9 Distribución de las calles en el urbanismo José María Vargas .....	79
5.10 Trazado en planta del canal de drenaje 1 .....	86
5.11 Trazado en planta del canal de drenaje 2 .....	87
5.12 Trazado en planta del canal de drenaje 3 .....	87
5.13 Trazado en planta del canal de drenaje 4 .....	88
5.14 Trazado en planta del canal de drenaje 5 .....	89
5.15 Trazado en planta del canal de drenaje 6 .....	89

## LISTA DE TABLAS

	Página
2.1	Coordenadas de ubicación de Chaguaramas ..... 12
3.1	Coeficientes de escorrentía (Arocha, 1983) ..... 28
3.2	Zonificación y coeficientes de escorrentía (Arocha, 1983) ..... 29
3.3	Elementos geométricos de secciones transversales (Ven Te Chow, 1982) ..... 38
3.4	Velocidades máximas admisibles según el material de los colectores (Gaceta Oficial N° 5318, 1999)..... 43
5.1	Características de las estaciones utilizadas (INAMEH, 2014)..... 64
5.2	Precipitación media mensual y anual (mm)-Período 1950-2011 (INAMEH, 2014) ..... 66
5.3	Evaporación media, mensual y anual (mm)-Período 1950-2011. (INAMEH, 2014) ..... 68
5.4	Temperatura máxima, media y mínima (°C) Período 1950-2011 (INAMEH, 2014) ..... 70
5.5	Insolación media mensual y anual (horas de sol). Período 1950-2011 (INAMEH, 2014)..... 71
5.6	Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1950-2011 (INAMEH, 2014) ..... 72
5.7	Velocidad media mensual y anual del viento (m/s) Período 1950-2011 (INAMEH, 2014)..... 73
5.8	Intensidad de lluvia de las subcuencas ..... 80
5.9	Intensidad de lluvia de los ramales secundarios y terciarios..... 80
5.10	Caudal de la subcuenca 1 y sus tramos contribuyentes..... 82
5.11	Caudal de la subcuenca 2 y sus tramos contribuyentes..... 82
5.12	Caudal de la subcuenca 3 y sus tramos contribuyentes..... 83
5.13	Caudal de la subcuenca 4 y sus tramos contribuyentes..... 83
5.14	Caudal de la subcuenca 5 y sus tramos contribuyentes..... 84
5.15	Caudal de la subcuenca 6 y sus tramos contribuyentes..... 84
5.16	Caudal total de la cuenca..... 85
5.17	Elementos geométricos e hidráulicos de los canales de drenajes principales .... 94
5.18	Elementos geométricos e hidráulicos de los canales de drenajes secundarios... 94
5.19	Dimensiones de los canales externos del urbanismo ..... 96
6.1	Características físicas de las secciones de los canales de drenajes ..... 98

## LISTA DE APÉNDICES

	Página
<b>A. SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS DE LOS CANALES DE DRENAJES .....</b>	<b>108</b>
A.1 Sección transversal típica del canal principal .....	109
A.2 Sección transversal típica de los canales secundarios.....	109
<b>B. PERFILES LONGITUDINALES DE LOS CANALES DE DRENAJES ..</b>	<b>110</b>
B.1 Perfil longitudinal del canal principal 1 .....	111
B.2 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-1 .....	112
B.3 Perfil longitudinal del canal derecho a-1 .....	113
B.4 Perfil longitudinal del canal principal 2 .....	114
B.5 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-2 .....	115
B.6 Perfil longitudinal del canal derecho a-2.....	116
B.7 Perfil longitudinal del canal izquierdo b-2 .....	117
B.8 Perfil longitudinal del canal derecho b-2 .....	118
B.9 Perfil longitudinal del canal izquierdo c-2 .....	119
B.10 Perfil longitudinal del canal derecho c-2.....	120
B.11 Perfil longitudinal del canal izquierdo d-2.....	121
B.12 Perfil longitudinal del canal derecho d-2 .....	122
B.13 Perfil longitudinal del canal izquierdo e-2 .....	123
B.14 Perfil longitudinal del canal derecho 6-2 .....	124
B.15 Perfil longitudinal del canal principal 3 .....	125
B.16 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-3 .....	126
B.17 Perfil longitudinal del canal derecho a-3.....	127
B.18 Perfil longitudinal del canal izquierdo b-3 .....	128
B.19 Perfil longitudinal del canal derecho b-3 .....	129
B.20 Perfil longitudinal del canal principal 4 .....	130
B.21 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-4 .....	131
B.22 Perfil longitudinal del canal derecho a-4.....	132
B.23 Perfil longitudinal del canal izquierdo b-4 .....	133
B.24 Perfil longitudinal del canal derecho b-4 .....	134
B.25 Perfil longitudinal del canal izquierdo c-4 .....	135
B.26 Perfil longitudinal del canal derecho c-4.....	136
B.27 Perfil longitudinal del canal principal 5 .....	137
B.28 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-5 .....	138
B.29 Perfil longitudinal del canal derecho a-5.....	139
B.30 Perfil longitudinal del canal izquierdo b-5 .....	140
B.31 Perfil longitudinal del canal derecho b-5 .....	141

B.32	Perfil longitudinal del canal izquierdo c-5 .....	142
B.33	Perfil longitudinal del canal derecho c-5.....	143
B.34	Perfil longitudinal del canal izquierdo d-5 .....	144
B.35	Perfil longitudinal del canal derecho d-5 .....	145
B.36	Perfil longitudinal del canal izquierdo e-5 .....	146
B.37	Perfil longitudinal del canal derecho e-5.....	147
B.38	Perfil longitudinal del canal izquierdo f-5.....	148
B.39	Perfil longitudinal del canal derecho f-5 .....	149
B.40	Perfil longitudinal del canal principal 1 .....	150
B.41	Perfil longitudinal del canal izquierdo a-6 .....	151
B.42	Perfil longitudinal del canal derecho a-6.....	152
<b>C.</b>	<b>UBICACIÓN DE LOS CANALES EXTERNOS AL URBANISMO.....</b>	<b>153</b>
C.1	Ubicación de las descargas A, B y C.....	154
<b>D.</b>	<b>COMPORTAMIENTO DEL AGUA DENTRO DEL URBANISMO .....</b>	<b>155</b>
D.1	Recorrido de las aguas a través de los canales de drenajes.....	156
<b>E.</b>	<b>PENDIENTES LONGITUDINALES DE LAS CALLES .....</b>	<b>157</b>
E.1	Pendientes longitudinales de las calles principales .....	158
E.2	Pendientes longitudinales de las calles secundarias .....	158

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las urbanizaciones crecientes, con construcciones de viviendas de diferentes tipos y tendido de carreteras, modifican el equilibrio natural haciendo necesaria la instalación de canales de drenajes para la conducción y encauce de las aguas pluviales o de lluvias.

Un canal de drenaje es aquel por donde se transportan los fluidos generalmente de agua y a diferencia de las tuberías, es abierto a la atmósfera.

Es por ello que este proyecto tiene como finalidad diseñar un sistema de drenaje que conduzca las aguas de lluvias mediante canales abiertos revestidos de concreto para brindar bienestar y salubridad al urbanismo Ezequiel Zamora, ubicado en Chaguaramas, estado Monagas.

Dentro del término “aguas pluviales” quedan comprendidas no solamente aquellas originadas por las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que provienen de otros sectores y discurren a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie

Ante lo mencionado cabe destacar que el agua que cae en forma de lluvia sobre la superficie terrestre se distribuye de tres formas: una parte se evapora por la acción del sol, otra se infiltra en el terreno que recorre y la última, escurre directamente sobre el terreno en busca de una corriente de agua.

El objetivo primordial o básico es evitar al máximo posible los daños que las aguas puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano. De la misma manera, debe garantizar el normal funcionamiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante y después de la ocurrencia de precipitaciones.

La función básica de un sistema de drenaje se define como el conjunto de acciones preventivas y correctivas encaminadas a cumplir los objetivos básicos y complementarios que conforman dicho sistema. Asimismo, pueden existir acciones comunes o acciones de una función que contribuyan a la otra. En referencia a las acciones preventivas podemos mencionar como ejemplo el pronóstico de una posible inundación en un área determinada y en relación a las correctivas, la construcción de un sumidero con su correspondiente colector, pues al mismo tiempo que contribuye al mejoramiento del tráfico de personas y vehículos retirando las aguas de las calles, ayuda a evitar daños a éstas y a sus propiedades.

De igual forma cabe señalar que la investigación se estructura en seis capítulos conformados de la siguiente manera:

Capítulo I. Situación a investigar: se plantea el problema en el cual se analiza la situación que el proyecto pretende mostrar, ubicando así un conjunto de procedimientos para alcanzar los objetivos planteados, referir aquellos motivos por medio de los cuales se refleja la necesidad de llevar a cabo la presente investigación, ubicando todos los puntos considerables relacionados con el tema a desarrollar, demarcando su importancia y trascendencia.

Capítulo II. Generalidades: representa las principales características del área donde se va a llevar a cabo la propuesta para el diseño del sistema de recolección, entre las cuales se encuentran; la ubicación geográfica del área de estudio, las

características hidrológicas pertinentes de la zona, una breve reseña del ámbito natural de ésta, la cual abarca; geografía, geología, litología, entre otras. Por otra parte también se tomó en cuenta la delimitación de la zona a tratar, y la edad del terreno.

Capítulo III. Marco teórico: incluye los antecedentes de los estudios previos relacionados con el tema, las bases teóricas, así como la definición de términos básicos.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: se muestra el marco metodológico, conformado por el tipo de investigación, diseño de la investigación y la población de estudio y muestra, seguidamente se encuentra las técnicas e instrumentos necesarios para la recolección de la información y el Flujograma de la investigación que indica los procesos que se llevarán a cabo para realizar dicha propuesta.

Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: se presentan y examinan los resultados previamente obtenidos mediante los objetivos logrados.

Capítulo VI. La propuesta: se expresa detalladamente la propuesta a considerar para la solución de la problemática planteada, basada en el análisis e interpretación de los datos obtenidos a través del proceso de investigación.

Por último, son indicadas las conclusiones y recomendaciones referidas al trabajo realizado, las cuales son el producto de un profundo análisis de los resultados obtenidos y procuran el mejoramiento del sistema aportando posibles soluciones a los problemas que sirven de base a futuras investigaciones vinculadas a esta importante tecnología.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial se observan los efectos producidos por las lluvias torrenciales que afectan distintos lugares del planeta provocando inundaciones, ya que estas se deben a las fuertes lluvias y al estado de los terrenos, pero en otros casos también son causadas por un desarrollo urbano desorganizado y falta de infraestructura.

El primer problema en el ámbito de las inundaciones se debe a que la falta de planeación de las actividades humanas ha alterado el entorno, y con ello, se han establecido condiciones que frecuentemente dan lugar a inundaciones más severas. Ante esta situación que parece estar incrementando debido también al cambio climático se deben implementar medidas estructurales de mitigación y medidas institucionales de prevención.

Cada vez se desarrollan más asentamientos humanos en zonas aledañas a los cuerpos de agua sin contar con una adecuada infraestructura de drenajes, trayendo consigo problemas de inundaciones cuando llueve en exceso o se desborda una corriente. Por otro lado, se ha incrementado el número de personas que viven o trabajan en zonas que originalmente formaban parte de algún cauce que ocasionalmente vuelve a llevar escurrimientos.

Captar y aprovechar el agua de lluvia también es una solución para mitigar inundaciones, ya que se puede controlar y almacenar el escurrimiento pluvial, evitando que se saturen drenajes y que aumenten el flujo de agua en zonas urbanas causando

los efectos que se repiten cada temporada de lluvia y que puede ser catastróficos para la población.

En el desarrollo de las infraestructuras de drenaje y saneamiento de una ciudad suelen identificarse varias fases. En primer lugar, se tendió a canalizar y controlar las aguas residuales; posteriormente, a encauzar las escorrentías producidas por las aguas de tormenta tendiendo a limitar el riesgo de sufrir inundaciones. Todo ello ha dado lugar a los sistemas convencionales de saneamiento y drenaje en las ciudades, basados en colectores cuyo objetivo primordial es evacuar lo antes posible las escorrentías generadas en tiempo de lluvia hacia el medio receptor.

En este sentido, se puede observar que en Venezuela se presentan graves casos de inundaciones y crecidas de los cursos naturales del agua cuando se suscitan ciclos de pluviosidad de relativa intensidad y duración que generalmente provoca el colapso de los sistemas de drenajes, los cuales o no están establecidos o simplemente no tienen la capacidad requerida para la disposición de las aguas producto de las precipitaciones. No obstante a ello, se ha podido observar que varias de sus ciudades se han visto afectadas por inundaciones y quedando sus calles obstruidas por las mismas, que al no contar con un sistema de drenaje disminuye la capacidad de desagüe de la red de drenaje de aguas pluviales y se incrementan los caudales extremos y el volumen de escorrentía.

El crecimiento urbanístico desaforado ha generado problemas con el transporte y destino del agua que circula sobre la superficie de calles, avenidas y autopistas del territorio venezolano. Según el drenaje tradicional, estas deberían evacuarse por medio de alcantarillas y canales que por falta de mantenimiento se encuentran obsoletos, lo que le impide drenar rápidamente la acumulación de enormes cantidades de agua.

En este orden de ideas se plantea la significación que tiene para los habitantes de estas poblaciones las dificultades que deben afrontar cuando comienza el ciclo de lluvias cada año. De hecho, aun cuando las lluvias sean de corta duración, las vías de circulación permanecen anegadas de agua, ya que no existen pendientes adecuadas en las cunetas que permiten el desagüe del agua que se acumula en las calles, producto de estas precipitaciones, lo que constituye una evidencia fehaciente del diseño y ejecución inadecuado de los sistemas de drenajes en estas áreas.

En la actualidad existe una evidente problemática en los sectores urbanizados del municipio Sotillo, específicamente en Chaguaramas, debido a que éste ha venido creciendo indiscretamente sin una planificación verdaderamente efectiva, pues en la mayoría de los casos, las construcciones de las viviendas no cumplen con las leyes y reglamentaciones indicadas por los organismos establecidos para ello, en este caso específico, con las reglamentaciones que están relacionadas con la recolección, conducción y disposición de las aguas de lluvia, por tal motivo se propone un sistema de recolección de aguas pluviales basado en canales superficiales.

El desarrollo urbano conlleva una serie de impactos que generan a su vez efectos negativos sobre los medios receptores. Por una parte se generan en los sistemas convencionales problemas de cantidad, cuando los índices de urbanización superan las planificaciones iniciales, y consecuentemente, las infraestructuras quedan infra-dimensionadas, dando lugar a inundaciones.

Lo planteado anteriormente nos lleva a las siguientes interrogantes:

¿Cuáles características se presentan en el área de estudio?

¿Cuáles son los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en dicha área de estudio?

¿Cómo determinar el caudal de la cuenca y subcuencas en el área de estudio?

¿Cómo definir el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales en el área de estudio?

¿Cuáles son los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje en la zona de estudio?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Proponer un sistema de drenaje superficial de aguas pluviales en el urbanismo Ezequiel Zamora, ubicado en Chaguaramas, municipio Sotillo, estado Monagas, Venezuela.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar climatológicamente el área de estudio.
2. Definir los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en el área de estudio.
3. Determinar el caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio.
4. Definir el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje previstos en la zona de estudio.

5. Elaborar a través de la ingeniería básica los parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje.

### **1.3 Justificación de la investigación**

Al objeto de solucionar los problemas de inundación existentes en una determinada zona urbana, y las tendentes a disminuir la escorrentía (aumentar la retención superficial y la infiltración). Además de estas actuaciones, es evidente que una correcta gestión de las infraestructuras y servicios relacionados con el servicio urbano puede ayudar a mejorar su eficacia, como por ejemplo, evitar las construcciones en zonas adyacentes a los mismos; debido que esto aumentaría la población y se vería afectado los canales ya que no tendrían el espacio ni el tamaño adecuado para cumplir su objetivo.

Puede decirse que los beneficios que arrojaría el sistema de drenaje óptimo y funcional para el urbanismo Ezequiel Zamora será de gran impacto, por cuanto se verá optimizado su estilo y calidad de vida, de manera que ante la presencia de ciclos lluviosos no estarán supeditados a las eventualidades relacionadas con el libre tránsito por ese sector, tanto para sus habitantes como para cualquier otra persona que transite por las vías internas de la urbanización.

### **1.4 Alcance de la investigación**

Lo primero que se llevará a cabo en esta investigación es el estudio climatológico del área a tratar, seguidamente se procederá a definir los parámetros hidráulicos de la zona, para así poder calcular el caudal total de la cuenca y subcuencas a fin de realizar el trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje previstos en la zona de estudio; y para finalizar se elaborará a través de la ingeniería básica el cálculo de los parámetros geométricos e hidráulicos de los

canales de drenaje para poder llegar a una adecuada solución que se encargue de solventar el problema que se está generando.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES**

#### **2.1 Ubicación geográfica del área de estudio**

El estado Monagas está ubicado al este de Venezuela, limita por el norte con el estado Sucre; al sur con el estado Bolívar; al este con el estado Delta Amacuro y el océano Atlántico; y al oeste con el estado Anzoátegui.

Chaguaramas se encuentra ubicado en el municipio Sotillo, ubicada estratégicamente, entre Maturín y Puerto Ordaz, está incluido en la zona de la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO). (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Coordenadas UTM de ubicación del área de estudio.

Vértices	Norte	Este
V-1	961000	522000
V-2	961000	525000
V-3	958000	522000
V-4	958000	525000

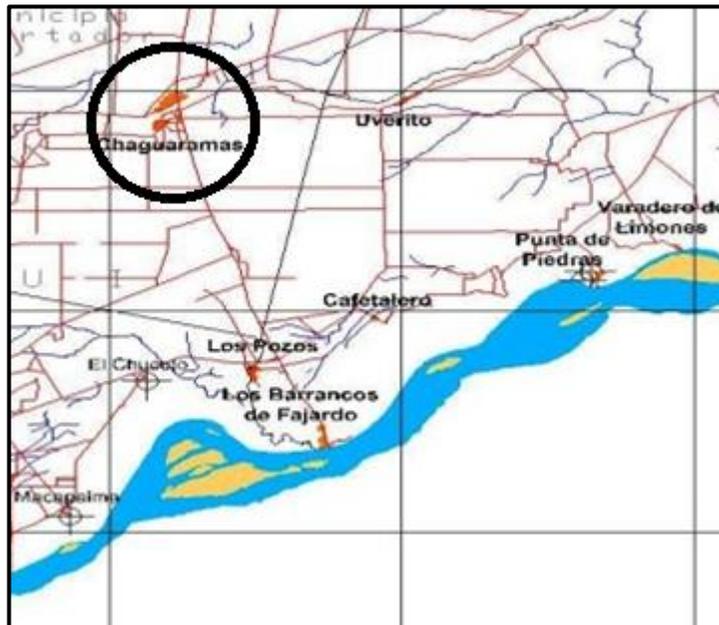


Figura2.1 Ubicación Nacional y Regional.

## 2.2 Fauna y flora

Su fauna lo constituye su gran variedad de aves, arrendajo, turpiales, pericos, loros, etc. Los animales de cacería que se encuentran en el municipio podemos nombrar: iguanas, chigüiros, venados, lapas, acures; aunque la casería indiscriminada mantienen a estos animales escasos en la zona. En cuanto a la flora la especie de árboles madereros, que más abundan es el aceite, pilón, algarrobo, roble, araguaney etc; y frutales tenemos el merey, mango, guácimo sarrapia, merecure, querebero, etc.

## 2.3 Geología

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela, publicado en (1970):

Los llanos de Venezuela Oriental presentan mayor diversidad geomorfológica por influencia de su geología. El manto pleistoceno (formación Mesa) ha sido

removido por erosión en gran parte de Guárico y en Anzoátegui suroriental, y las formaciones arcillosas del Mioceno así expuestas producen una topografía caracterizada por un drenaje más complejo, reticular y dendrítico y en consecuencia, mas disecada que las monótonas mesas del este-sureste de Anzoátegui y Monagas sus-central.

La zona erosionada termina hacia el este en una notable línea de farallones indentados que se extiende de sur a norte, desde la región de San Diego de Cabruta hasta cerca de Santa Rosa, estado Anzoátegui. Esta línea forma, de modo general, la divisoria generalizada entre los llanos centrales (principalmente Guárico) y los orientales (principalmente Monagas y Anzoátegui suroriental). En contraposición con los primeros, los llanos orientales se caracterizan por la presencia de mesas extensas y planas (entre los cuales se destacan las de Guanipa, Morichal Largo y Tigre), de unos 280 metros de altura sobre el nivel del mar, y 120 metros sobre el nivel de la llanura circundante, siempre mal drenadas, frecuentemente con drenaje centrípeto hacia una depresión central o axial. Estas suelen estar bordeadas por los farallones abruptos que constituyen el cauce mayor de los morichales o de los grandes ríos, de curso generalmente oeste-este. (p. 16-17)

### **2.3.1 Las Piedras, Formación Terciario (Mioceno Superior-Plioceno)**

Estado Monagas

#### **2.3.1.1 Consideraciones históricas**

Este nombre fue publicado por González de Juana, et. al. (1981) con sección tipo en el pozo las Piedras №1: Hedberg(1950-a) rectificó el intervalo de la sección tipo dentro del mismo pozo. De Sisto(1961-c) y por Salvador (1961-a), quien recomendó retener el nombre de “Formación las Piedras”. Entre los nombres

publicados para designar subdivisiones menores de la unidad principal, Salvador (1961-a) retuvo el nombre de “Cacaíto” y “Prespuntual” para designar miembros estrictamente locales; consideró el nombre “Formación campo Santo”, y señaló el empleo injustificado de “Formación Quiriquire” para designar la parte superior de la formación las piedras.

#### **2.3.1.2 Localidad tipo**

Designada por González de Juana (1946) en el pozo las Piedras № 1, distrito Maturín, Estado Monagas, entre 275 y 1280 metros. Hedberg(1950-a) lo restringió al intervalo entre 1.600 y 4.500 pies (488 a 1.235 metros).

#### **2.3.1.3 Extensión geográfica**

La unidad aflora en la mayor parte de los estados Monagas y Anzoátegui; en el subsuelo se extiende a Pedernales, territorio Delta Amacuro, y por debajo del Golfo De Paria, estado Sucre.

#### **2.3.1.4 Descripción litológica**

La unidad consiste principalmente de sedimentos finos, mal consolidados, que incluyen areniscas y limolitas más o menos carbonáceas, lutitas arcillosas, arcilitas abigarradas y lignitos.

#### **2.3.1.5 Espesor**

La formación alcanza su espesor máximo a lo largo del eje de la cuenca de Maturín y se adelgaza hacia los flancos, más rápidamente hacia el norte que hacia el

sur. Se deduce un espesor máximo superior a los 5.000 pies (1370 metros) mostrado en cortes transversales publicados de los campos petrolíferos en la cuenca.

#### **2.3.1.6 Edad**

Mioceno superior y Plioceno.

#### **2.3.1.7 Correlación**

Los equivalentes cronológicos de la formación en Trinidad meridional son de ambiente parcialmente marino de aguas someras; en Venezuela no se aprecia alteración a facies marina hacia el este, a menos que la parte superior extrema de la formación las Piedras grade lateralmente a la base de la formación Paria. (p. 358-360)

### **2.3.2 Mesa, Formación Cuaternario (Pleistoceno)**

Estados Anzoátegui y Monagas.

#### **2.3.2.1 Consideraciones históricas**

Hedberg y Pyre (1944), introdujeron este nombre para designar en términos generales a la formación que corona a la extensa mesa, fisiográficamente característica, en la cuenca de Venezuela oriental.

Los autores subsiguientes han adoptado el término sin modificaciones, González de Juana (1946) y Royo y Gómez (1956, *Léxico Estratigráfico de Venezuela*) proporcionaron descripciones detalladas.

### **2.3.2.2 Localidad tipo**

No se han designado sección tipo específica, ya que cualquiera de las mesas de cima plana de la región ofrece una sección representativa. Se menciona en especial la Mesa de Guanipa en Anzoátegui, las Mesas de Tonoro y Santa Bárbara en Monagas y los escarpados al este y noreste de Santa Rosa, estado Anzoátegui.

### **2.3.2.3 Extensión geográfica**

Los llanos orientales, estados Guárico, Anzoátegui, Monagas y Sucre.

### **2.3.2.4 Descripción litológica**

Depósitos horizontales deltaicos (aluviales) y palustres, con conglomerados que llegan a ser de peñones a lo largo del frente de montañas, pero de textura más fina en los llanos.

### **2.3.2.5 Espesor**

El espesor máximo mencionado es de 275 metros, en la Mesa de Maturín.

### **2.3.2.6 Edad**

Pleistoceno, posiblemente extendiéndose al Plioceno.

### **2.3.2.7 Correlación**

La formación Mesa se presume gradacional hacia el este a las capas arcillosas marinas marginales de la formación Paria. (p. 414)

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes de la investigación**

Quintal y Velásquez (2009), en su trabajo de grado titulado: “Estudio hidrológico para diseñar sistemas de drenajes transversales en el tramo vial las Cañas-Guanoco, municipio Benítez, estado Sucre” concluyeron que la delimitación de las cuencas con la cartografía en físico refleja líneas divisorias de acuerdo al comportamiento de las curvas de nivel, las cuales dan una idea de la dirección del flujo del agua hacia un punto de descarga que intercepta la trayectoria vial del tramo en estudio. Se considera de gran importancia este estudio y se relaciona con la presente investigación debido a que nos proporciona información acerca de cómo trabajar con la cartografía, mostrando así el comportamiento de las curvas de nivel.

Córcega Miguel, Flores Héctor, González Adán y Rodríguez Lisbeth (Mayo 1995), en su proyecto titulado: “Embaulamiento de la quebrada caño amarillo en el rincón de Caripito, municipio Bolívar”. Se destaca como objeto general: Diseñar un sistema de embaulamiento para la quebrada de caño Amarillo en el sector el rincón, el cual evite el estancamiento y desbordamiento permitiendo un mejor desarrollo urbano y social. El estudio guarda estrecha relación con la investigación ya que requiere el diseño de un sistema que evite el desbordamiento o colapso del agua y proporcione una mejor calidad de vida a la población cercana.

Morales y Ontón (2010) en su trabajo de grado titulado “Propuesta de mejoramiento de la red de drenajes de aguas pluviales adyacentes al canal de cintura existente desde la progresiva 1+235 hasta la 2+554 en Ciudad Bolívar, estado Bolívar”. Concluyeron que en las curvas I.D.F fueron posibles representar lluvias de

duraciones inferiores a 1 h, a pesar de que fueron elaboradas con datos de precipitaciones superiores a 1h (1,3,6,9,12 y 24)h, esto se debe a los métodos estadísticos aplicables a la hidrología, como fueron los métodos gráfico y analítico. La investigación antes mencionada se vincula con nuestro estudio debido a que proporciona conocimientos acerca de los sistemas de drenajes de aguas pluviales y las posibles consecuencias que pueden presentarse si no se le realiza un mantenimiento constante evitando la acumulación de desperdicios dentro de ellos.

Estas investigaciones se relacionan con la propuesta planteada debido a que se busca la construcción de un sistema que sirva para conducir las aguas de lluvias a puntos naturales, a fin de brindarle una mejor calidad de vida a la población y un libre flujo de personas dentro del urbanismo.

## **3.2 Fundamentos teóricos**

### **3.2.1 Variables hidrometeorológicas**

Según Méndez (2013), define a las variables hidrometeorológicas como:

La ciencia que estudia el ciclo del agua en la naturaleza. Abarca el estudio de las fases atmosféricas (evaporación, condensación y precipitación) y terrestre (intercepción de la lluvia, infiltración y derramamiento superficial) del ciclo hidrológico y especialmente de sus interrelaciones.

Comprende la observación, procesamiento y análisis del comportamiento de los elementos hídricos, fundamentalmente las descargas de los ríos y los volúmenes almacenados en embalses naturales y artificiales así como de los factores meteorológicos. Las principales son:

### **3.2.1.1 Evaporación**

Volumen de agua que se dispersa en la atmósfera, desde una superficie líquida, como el mar, un lago, un río, o desde un suelo sin vegetación. Generalmente se expresa en mm por unidad de superficie, por unidad de tiempo.

### **3.2.1.2 Humedad del aire**

Se expresa en %, es directamente influenciada por: la temperatura; la radiación solar; el viento; la disponibilidad de humedad en el suelo; el tipo de vegetación; la proximidad o no de grandes superficies líquidas como el mar.

### **3.2.1.3 Precipitación**

Generalmente se expresa en mm; es directamente influenciada por: los vientos; la topografía del área; presión atmosférica; presencia de frentes; temperatura.

### **3.2.1.4 Radiación solar**

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la radiación solar.

### **3.2.1.5 Temperatura**

Es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como energía cinética, que es

la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. (p.16)

### 3.2.2 Curvas Intensidad – Duración- Frecuencia (IDF)

Según Arocha S.,(1983): las curvas Intensidad –Duración– Frecuencia que serán utilizadas en la zona de estudio, se encuentran en la región III, la cual se muestra a continuación:

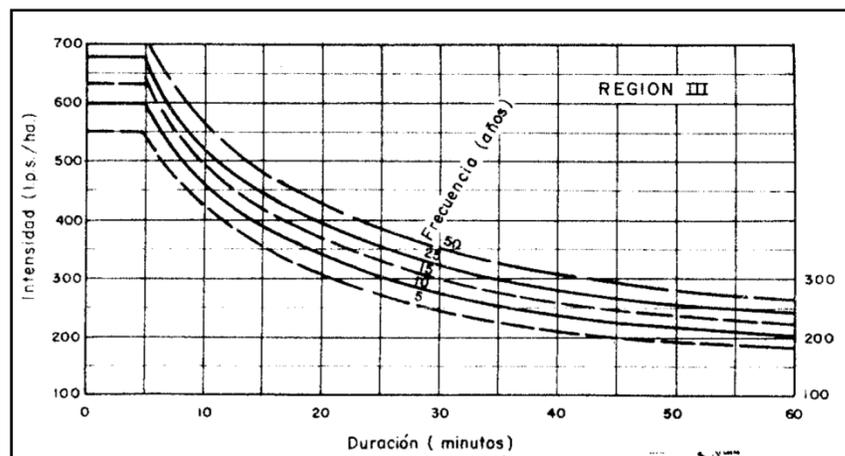


Figura 3.1 Curva I-D-F de la región III (Arocha, 1983).

Las características de las lluvias a considerar en el diseño dependen del grado de protección que se desee, lo cual, por razones económicas, se basa en la importancia del sector, en su densidad de población y en los inconvenientes de tránsito por ser arterias principales o secundarias.

La recopilación de datos pluviográficos permite conocer la frecuencia con que ha ocurrido la lluvia de determinada intensidad; por tanto, cualquier previsión que hagamos estará basada en la información disponible; y si bien este es un fenómeno probabilístico, podrá existir un cierto rango de seguridad en cuanto a los daños o

inconvenientes esperados para una determinada lluvia que supere la que tomamos como base para el diseño. Importa por tanto, seleccionar una frecuencia de lluvias que estime las inversiones que esto involucra y el grado de protección que ofrece.

### 3.2.2.1 Frecuencia

El concepto de frecuencia está asociado al de probabilidad y se le llama también intervalo de recurrencia, y es el número de veces que un evento es igualado o excedido en un intervalo de tiempo determinado o en número de años.

La frecuencia se denota por tanto como:

$$f = \frac{\text{n}^\circ \text{ de años}}{\text{n}^\circ \text{ de veces}} \quad (3.1)$$

Las normas INOS establecen que para el cálculo del caudal de aguas de lluvia se estimen las frecuencias siguientes: a) para zonas residenciales, de 2 a 5 años, b) para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica, c) para obras de canalizaciones de cursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.

### 3.2.2.2 Intensidad

La intensidad de una lluvia se define como el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo, y generalmente se expresa en mm/h, mm/min, mm/s/ha o l/s/ha. En el diseño de alcantarillados, generalmente se utiliza la unidad l/s/ha, sin embargo, muchas estaciones pluviográficas reportan sus datos en mm/h, por lo cual conviene tener presente el factor de conversión.

$$1 \text{ mm/h} = 2,78 \text{ l/s/ha} \quad (3.2)$$

La intensidad de lluvia depende de la duración de ésta, existiendo generalmente una relación inversa entre ellas.

### **3.2.2.3 Duración**

La duración de la lluvia es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser del total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos.

La lluvia según su duración puede denominarse como corta, cuando la duración es menor de 120 minutos, y larga, cuando es mayor de 120 minutos.

Las normas INOS establecen en su artículo 3.14.1 lo siguiente: “El tiempo de duración que debe considerarse para la determinación de la intensidad de lluvia, no será inferior a 5 minutos.

En cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales”. (p. 207)

### **3.2.3 Coeficiente de escorrentía**

Las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias establecen los siguientes coeficientes de escorrentía:

Tabla 3.1 Coeficientes de escorrentía (Arocha, 1983).

<b>COEFICIENTES DE ESCORRENTIA</b>	
<b>Características de la superficie</b>	<b>Coefficientes de escorrentía</b>
Pavimentos de concreto.....	0,70 a 0,95
Pavimentos de asfalto .....	0,70 a 0,95
Pavimentos de ladrillo.....	0,70 a 0,85
Tejados y azoteas.....	0,75 a 0,95
Patios pavimentados.....	0,85
Caminos de grava.....	0,30
Jardines y zonas verdes.....	0,30
Praderas .....	0,20

Asimismo, establece el rango de variación de los coeficientes de acuerdo a la zonificación:

Tabla 3.2 Zonificación y coeficientes de escorrentía(Arocha, 1983).

<b>ZONIFICACION Y COEFICIENTES DE ESCORRENTIA</b>	
<b>Zona</b>	<b>Coefficientes de escorrentía</b>
Comercial, en el centro de la localidad ..	0,70 a 0,95
Comercial, en otra ubicación.....	0,50 a 0,70
Residencias unifamiliares .....	0,30 a 0,50
Residencial multifamiliar separada.....	0,40 a 0,60
Residencial multifamiliar agrupada .....	0,60 a 0,75
Residencias sub-urbanas.....	0,25 a 0,40
Zona industrial .....	0,50 a 0,80
Parques y cementerios.....	0,10 a 0,25
Parques de juego .....	0,20 a 0,35

Por razones prácticas, resulta útil la determinación de un coeficiente medio, bien sea por sectores o para toda la zona en proyecto, dependiendo de la extensión del mismo. Este coeficiente medio de escorrentía o de impermeabilidad, puede determinarse en función del área y de los coeficientes absolutos de cada una. (p. 204)

### 3.2.4 Tiempo de concentración de las aguas de escorrentía

El tiempo de concentración se define como el tiempo máximo que tarda la partícula más alejada del área, drenando hasta el punto de recolección. Para el diseño de los colectores de aguas de lluvia en zonas urbanas, este tiempo de concentración representa la suma de dos tiempos: a) el tiempo que tarda la partícula más alejada en escurrir sobre la superficie, b) el tiempo de traslado que existe en una cierta longitud de colector, comprendida entre dos sumideros consecutivos.

El primero, tiempo de escurrimiento en la superficie, a través de cunetas, canales o sobre las zonas de escurrimiento natural, puede ser estimado o calculado para las distintas características de la superficie. En el caso de cuencas rurales, tal determinación se hace basada en medidas hechas directamente sobre el terreno, determinando la mayor distancia o recorrido de la partícula más alejada o bien por mediciones hechas en planos topográficos. Se establece una ecuación que permite estimar el tiempo de concentración conocida:

$$T_c = 0,0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (3.3)$$

Donde:

L= La longitud del cauce más largo, en m.

H= La diferencia de elevación entre el punto más remoto de la cuenca y la salida de la misma, en metros. (p. 207-208)

### 3.2.5 Estimación del coeficiente de infiltración

Schosinsky y Losilla (2000) señalan:

El "Manual de instrucciones de estudios hidrológicos" realizado por las Naciones Unidas, propone la siguiente ecuación para el análisis del coeficiente de infiltración, que corresponde a la fracción de lluvia que aparentemente se infiltra:

$$C = K_p + K_v + K_{fc} \quad (3.4)$$

Donde:

C [tanto por uno]= Coeficiente de infiltración.

K<sub>p</sub> [tanto por uno]= Fracción que infiltra por efecto de pendiente.

K<sub>v</sub> [tanto por uno]= Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.

K<sub>fc</sub> [tanto por uno]= Fracción que infiltra por textura del suelo. (p. 44)

### **3.2.6 Sistema de drenaje**

Gustavo, A., (2003) plantea lo siguiente: en ingeniería y urbanismo un sistema de drenajes es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población.

Los sistemas de drenajes pluviales se conocen con este nombre debido a que conducen el agua de a lugares donde se organiza su aprovechamiento. Este drenaje funciona gracias a la gravedad. Las tuberías se conectan en ángulo descendente, desde el interior de los predios a la red municipal, desde el centro de la comunidad hacia el exterior de la misma. Cada cierta distancia se perfora pozos de registro o bocas de visitas verticales para permitir el acceso a la red con fines de mantenimiento.

Principalmente, el sistema de drenaje está compuesto por una red de canales que recogen y conducen las aguas a otra parte, fuera del área a ser drenada, impidiendo al mismo tiempo, la entrada de las aguas externas. Típicamente estos sistemas se hacen necesarios en los amplios estuarios de los grandes ríos y en los valles donde el drenaje natural es deficiente.

La red de canales debe ser periódicamente limpiada, eliminando el fango que se deposita en ellos y las malezas que crecen en el fondo y en los taludes, caso contrario el flujo del agua se modificaría y se perdería la eficiencia del sistema.

### **3.2.7 Origen de las aguas en un sistema de drenaje**

Las aguas destinadas a ser conducida por sistemas de drenaje provienen de: a) por escurrimiento superficial, la cual se produce cuando el caudal fluye sobre el terreno, pudiendo ser por aguas provenientes de las precipitaciones, b) por la elevación del nivel freático, causado por el riego, o por la elevación del nivel de un río próximo, c) directamente precipitadas en el área.

### **3.2.8 Componentes de un sistema de drenaje**

Cada uno de los elementos que constituyen los sistemas de drenajes varía según su función y ubicación.

#### **3.2.8.1 Canales interceptores**

Los canales interceptores reciben agua por una sola de sus orillas o márgenes. El caso más común es el de una ladera que vierte sus aguas de escorrentía sobre un área plana adyacente: el canal interceptor, trazado a lo largo de la divisoria entre la

vertiente inclinada y la zona plana, recibe las aguas de escorrentía y conserva el área plana libre de estos caudales. Para el diseño del canal interceptor el caudal se incrementa a lo largo del recorrido, de manera que las dimensiones del canal aumentan en la dirección hacia aguas abajo.

### **3.2.8.2 Canales recolectores**

Los canales recolectores reciben agua por sus dos márgenes; pueden ser corrientes naturales o canales artificiales. Los caudales de diseño y las capacidades de los canales se incrementan a lo largo del recorrido.

### **3.2.8.3 Cunetas, sumideros y alcantarillas**

Las cunetas son canales pequeños que se utilizan en combinación con los sumideros y las alcantarillas en los sistemas de drenaje de vías, aeropuertos, calles y patios. La localización de los sumideros limita las magnitudes de los caudales en las cunetas. Las alcantarillas son conductos cerrados, parcialmente llenos, que reciben los caudales de los sumideros en forma puntual a lo largo de su recorrido hasta el sitio de entrega del sistema de alcantarillado.

### **3.2.8.4 Estaciones de bombeo**

En casos especiales se utilizan equipos de bombeo para drenar áreas bajas; las aguas bombeadas se entregan luego a un sistema principal de drenaje en forma puntual.(p.65)

### **3.2.9 Canales de drenajes**

Gustavo, A., (2007) define los canales de drenajes como: conducciones a superficie libre que se utilizan en sistemas de suministro de agua y drenajes de aguas pluviales. Estos sistemas constan de un canal principal y una serie de ramales secundarios y terciarios que captan en sus recorridos los caudales de escorrentía que se generan en sus áreas de influencia. (p. 38)

### **3.2.10 Canales abiertos.**

Con respecto a los canales, Chow (2008) señala: un canal abierto es un conducto abierto en el cual el agua fluye con superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial.

#### **3.2.10.1 Canales naturales**

Gustavo, A., (2007) expone: también se conocen como corrientes naturales; toman los nombres de ríos, quebradas, arroyos, caños o zanjones de acuerdo con su importancia. Se caracterizan porque su caudal es variable, transportan material sólido como carga de fondo o en suspensión, están sometidos a procesos de socavación y de sedimentación, cambian de curso, forman brazos e islas, sufren continuos ataques de las corrientes contra las márgenes y pueden desbordarse generando inundaciones en las zonas aledañas.

#### **3.2.10.2 Canales artificiales**

Se diseñan y se construyen para conducir volúmenes de agua desde una fuente de suministro hasta un centro de consumo. Su funcionamiento está controlado y no deben estar sujetos a procesos de erosión y sedimentación.

En tramos de muy baja pendiente pueden ser excavados en el terreno natural y

no necesitan revestimiento; sin embargo, en la mayoría de los casos los canales son revestidos en arcilla, piedra pegada, losas de concreto, concreto reforzado o elementos prefabricados. (p. 19)

### **3.2.11 Clasificación de los canales según el material**

Existen diversos materiales que recubren la sección transversal de un canal hidráulico, a nivel general estos se clasifican en excavados y revestidos.

#### **3.2.11.1 Canales excavados**

El diseño de los canales excavados está limitado por las velocidades de flujo, la carga de sedimentos y las filtraciones hacia terrenos adyacentes a través del fondo y las orillas. En terrenos erosionables los canales excavados terminan siendo similares a las corrientes naturales al cabo del tiempo, porque pierden su geometría inicial por causa de algunos procesos.

#### **3.2.11.2 Canales revestidos**

Los canales revestidos permiten velocidades altas, disminuyen las filtraciones y requieren de secciones transversales más reducidas que los anteriores. Sin embargo, su costo y su duración dependen de la calidad del revestimiento y del manejo adecuado que se dé a las aguas sub superficiales. Los materiales de revestimiento pueden ser arcilla, suelo-cemento, ladrillo, losas de concreto simple o reforzado, piedra pegada, etc.

### **3.2.12 Trazado de canales**

La Dirección de estudios de proyectos Hidráulicos Multisectoriales (2010) propone:

Cuando se trata de trazar un canal o un sistema de canales es necesario recolectar la siguiente información básica:

1. Fotografías aéreas, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.
2. Planos topográficos y catastrales.
3. Estudios geológicos, salinidad, suelos y demás información que pueda conjugarse en el trazo de canales.

Una vez obtenido los datos precisos, se procede a trabajar en gabinete dando un trazo preliminar, el cual se replantea en campo, donde se hacen los ajustes necesarios, obteniéndose finalmente el trazo definitivo. En el caso de no existir información topográfica básica se procede a levantar el relieve del canal, procediendo con los siguientes pasos: a) reconocimiento del terreno, b) trazo preliminar y c) trazo definitivo.

Aquellos terrenos con pendiente transversal mayor a 25%, se recomienda escala de 1:500, caso contrario con pendiente transversal menor a 25%, se recomienda escalas de 1:1000 a 1:2000.

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande, y debe escogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía, es decir la curva no será hidráulicamente más eficiente, en cambio sí será más costoso al darle una mayor longitud o mayor desarrollo.

Una vez definido el trazo del canal, se proceden a dibujar el perfil longitudinal de dicho trazo, las escalas más usuales son de 1:1000 o 1:2000 para el sentido horizontal y 1:100 o 1:200 para el sentido vertical, normalmente la relación entre la escala horizontal y vertical es de 1 a 10. (p. 7-9)

### **3.2.13 Geometría del canal hidráulico**

Según Chow T, (1994) denota:

La sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y variable durante su recorrido.

Los canales artificiales generalmente se diseñan con formas geométricas regulares como la trapezoidal, rectangular, triangular y parabólica cuando se trata de secciones abiertas; cuando es cerrada la circular, rectangular y de herradura son las predominantes.

#### **3.2.13.1 Canal de sección trapecial**

El trapecio es la forma más común para canales con bancas en tierra sin recubrimiento, debido a que proveen las pendientes necesarias para estabilidad.

#### **3.2.13.2 Canal de sección rectangular**

El rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos con materiales estables, como mampostería, roca, metal o madera.

#### **3.2.13.3 Canal de sección triangular**

La sección triangular sólo se utiliza para pequeñas acequias, cunetas a lo largo de carreteras y trabajos de laboratorio.

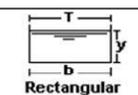
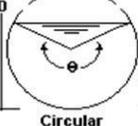
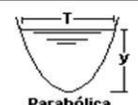
### 3.2.13.4 Canal de sección circular

El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas de tamaños pequeño y mediano.

### 3.2.13.5 Canal de sección parabólica

La parábola se utiliza como una aproximación a secciones de canales naturales de tamaños pequeño y mediano. (p.20-21)

Tabla 3.3 Elementos geométricos de secciones transversales  
(Ven Te Chow, 1982).

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$2/3 Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

### 3.2.14 Elementos geométricos de un canal

Según Chow T, (2004):

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial; los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, y los canales artificiales con aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano.

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo.

Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. A continuación se dan la definición de varios elementos geométricos.

#### **3.2.14.1 La profundidad del flujo ( $y$ )**

Es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre.

#### **3.2.14.2 El nivel**

Es la elevación o distancia vertical desde un nivel de referencia o datúm hasta la superficie libre.

Si el punto más bajo de la sección de canal se escoge como el nivel de referencia, el nivel es idéntico a la profundidad del flujo.

#### **3.2.14.3 El ancho superficial ( $T$ )**

Es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

#### **3.2.14.4 El área mojada (A)**

Es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección del flujo.

#### **3.2.14.5 El perímetro mojado (P)**

Es la longitud de la línea de intersección de la superficie de canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo.

#### **3.2.14.6 El radio hidráulico (R)**

Es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P}(3.5)$$

#### **3.2.14.7 La profundidad hidráulica (D)**

Es la relación entre el área mojada y el ancho de la superficie.

$$D = \frac{A}{T}(3.6)$$

#### **3.2.14.8 Factor de sección para el cálculo de flujo crítico (Z)**

Es el producto del área mojada y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica.

$$Z = A\sqrt{D} = A\sqrt{\frac{A}{T}}(3.7)$$

### 3.2.14.9 Factor de sección para el cálculo de flujo uniforme

Es el producto del área mojada y el radio hidráulico elevado a la 2/3. (p. 19-23)

Asimismo Rodríguez (2008), agrega los siguientes elementos geométricos:

### 3.2.14.10 Talud (m)

Es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral (se llama también talud de las paredes laterales del canal). Es decir “m” es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1, aplicando relaciones trigonométricas. Es la cotangente del ángulo de reposo del material ( $\theta$ ), es decir:

$$m = \frac{x}{d}(3.8)$$

El talud depende del tipo de material en que se construya el canal, a fin de evitar derrumbes.

Por ejemplo, cuando se dice que un canal tiene talud 1.5:1, quiere decir que la proyección horizontal de la pared lateral es 1.5 veces mayor que la proyección vertical que es 1, por lo tanto el talud  $m = 1.5$ , esto resulta de dividir la proyección horizontal que vale 1.5 entre la vertical que vale 1.

### 3.2.14.11 Coeficiente de rugosidad (n)

Depende del tipo de material en que se aloje el canal.

### 3.2.14.12 Pendiente (S)

Es la pendiente longitudinal de la rasante del canal.

### 3.2.14.13 Libre bordo (Lb)

Es la distancia que hay desde la superficie libre del agua hasta la corona del bordo, se expresa en m. (p. 5-6)

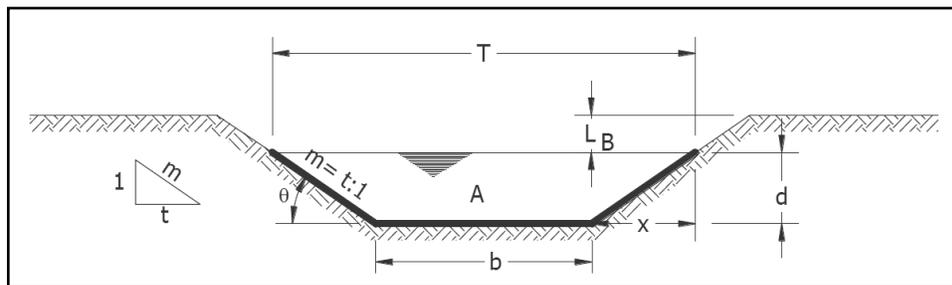


Figura 3.2 Elementos Geométricos de un canal, (Rodríguez, 2008).

### 3.2.15 Elementos hidráulicos de los canales abiertos

Son dos ecuaciones las que permiten el diseño de un canal, la ecuación de la continuidad y la fórmula de Manning.

La ecuación de la continuidad se expresa de la siguiente manera:

$$Q = V * A \quad (3.9)$$

Y la fórmula de Manning para calcular la velocidad de un canal, que es la más aplicable en la práctica:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}(3.10)$$

Por lo tanto:

$$Q = A * \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}(3.11)$$

Donde:

A = Área hidráulica en m<sup>2</sup>.

Q = Gasto en m<sup>3</sup>/s.

N = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio hidráulico en m.

S = Pendiente del canal.

V = Velocidad media en m/s.

La velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas servidas será de 0,60 m/s.

La velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas pluviales, será de 0,75 m/s. Colectores de alcantarillado, dependerá del material a emplearen los mismos.

La velocidad máxima a sección llena en colectores de alcantarillados, dependerá del material a emplear en los mismos.

Las velocidades máximas admisibles, según el material de los colectores serán las de la tabla 3.4 del decreto 5.318, Art. 3.24.

Tabla 3.4 Velocidades máximas admisibles según el material de los

colectores (Gaceta Oficial N° 5318, 1999)

Material de la tubería	Velocidad límite (m/s)
a) Concreto	
Rcc28 = 210 kg/cm <sup>2</sup>	5,00
Rcc28 = 280 kg/cm <sup>2</sup>	6,00
Rcc28 = 350 kg/cm <sup>2</sup>	7,50
Rcc28 = 420 kg/cm <sup>2</sup>	9,50
b) Arcilla vitrificada	6,00
c) PVC	4,50
d) Hierro fundido, acero	Sin límite

### 3.2.16 Flujo en un canal

Según Sotelo (2002):

El flujo en un canal se produce, principalmente, por la acción de la fuerza de gravedad y se caracteriza porque expone una superficie libre a la presión atmosférica, siendo el fluido un líquido. Por lo general agua. El movimiento de un líquido a superficie libre se ve afectado por las mismas fuerzas que intervienen en el flujo dentro de un tubo, a saber:

1. La fuerza de gravedad, como la más importante en el movimiento.
2. La fuerza de resistencia ocasionada en las fronteras rígidas por la fricción y la naturaleza casi siempre turbulenta del flujo.
3. La fuerza producida por la presión que se ejerce sobre las fronteras del canal, particularmente en las zonas donde cambia su geometría.
4. La fuerza debida a la viscosidad del líquido de poca importancia si el flujo es turbulento.

A estas se agregan, excepcionalmente, las siguientes: a) la fuerza de tensión superficial, consecuencia directa de la superficie libre, b) las fuerzas ocasionales debidas al movimiento de sedimento arrastrado. (p.18)

### **3.2.17 Tipos de flujo en un canal**

Según Chow (2004), define:

El flujo en canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y describirse de varias maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio.

#### **3.2.17.1 Flujo permanente y no permanente: tiempo como criterio**

Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. El flujo es no permanente si la profundidad cambia con el tiempo.

#### **3.2.17.2 Flujo uniforme y flujo variado: espacio como criterio**

Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad de flujos es la misma en cada sección del canal. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo.

#### **3.2.17.3 Flujo uniforme permanente**

Es el tipo de flujo fundamentalmente que se considera en la hidráulica de canales abiertos, la profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración. El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal. En efecto, esta es una condición prácticamente imposible.

El flujo es variado si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. El flujo variado puede ser permanente o no permanente.

#### **3.2.17.4 Flujo variado**

El flujo variado puede clasificarse además como rápidamente variado o gradualmente variado.

El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas; de otro modo es gradualmente variado. Un flujo gradualmente rápidamente variado también se conoce como fenómeno local; algunos ejemplos son el resalto hidráulico y la caída hidráulica. (p.5-6).

#### **3.2.18 Estado del flujo**

Chow (1994) afirma que:

El estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de la viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo.

La tensión superficial del agua puede afectar el comportamiento del flujo bajo ciertas circunstancias, pero no juega un papel significativo en la mayor parte de los problemas de canales abiertos que se presentan en ingeniería.

### **3.2.19 Efecto de viscosidad**

El flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia. Esta relación se define mediante el número de Reynolds. (p. 7)

#### **3.2.19.1 Flujo laminar**

Rodríguez (2008) expresa:

El flujo es laminar si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega un papel importante en determinar el comportamiento del flujo. En el flujo laminar las partículas de agua se mueven en trayectorias suaves definidas o líneas de corriente, y las capas de fluido con espesor infinitesimal parecen deslizarse sobre capas adyacentes.

#### **3.2.19.2 Flujo turbulento**

El flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles en relación con las fuerzas inerciales. En flujo turbulento, las partículas del agua se mueven en trayectorias irregulares, que no son suaves ni fijas, pero que en conjunto todavía representan el movimiento hacia delante de la corriente entera.

### 3.2.19.3 Flujo Transicional

Entre los estados de flujo laminar y turbulento existe un estado mixto o transicional. (p. 12)

### 3.2.20 Número de Reynolds

De acuerdo a Rocha (2002):

El efecto de la mayor o menor viscosidad del fluido sobre las condiciones del escurrimiento se expresa por el parámetro adimensional denominado número de Reynolds.

El número de Reynolds representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas y tiene por expresión:

$$R_e = \frac{VL}{\nu} \quad (3.12)$$

Dónde:

$R_e$ = Número de Reynolds.

$V$ = Velocidad media del escurrimiento (m/s).

$L$ = Longitud característica (m).

$\nu$ = Viscosidad cinemática que es igual a la relación entre la viscosidad dinámica o absoluta ( $\mu$ ) y la densidad del fluido ( $\rho$ ), ( $m^2/s$ ). (p. 13)

### 3.2.21 Efecto de la gravedad

Chow (1994) señala:

El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fueras gravitacionales. Esta relación está dada por el número de Froude:

#### 3.2.21.1 Número de Froude

El número de Froude está definido como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}} \quad (3.13)$$

Dónde:

F= Número de Froude.

V =Velocidad media del flujo (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

L = Longitud característica (m).

### 3.2.22 Método racional

Desarrollado en el año de 1889, pero por su sencillez todavía se sigue utilizando. Este método presenta una serie de limitaciones en la que muchos autores recomiendan su uso para áreas pequeñas, debido que su aplicación en áreas grandes da valores muy elevados con respecto al verdadero. Es por esta razón que es muy empleado en el diseño de colectores pluviales, además de su simplicidad, partir de los

resultados arrojados ofrece una dimensión segura para su funcionamiento, sin embargo, puede llegar a ocasionar sobre diseño, los cuales generarían costos excesivos.

Franceschi A, Luis (1984), recomienda:

La aplicación para el caudal de diseño de drenaje urbano y rural en cuencas cuyo valor no supere 200 ha, mientras la norma 5.318 (aplicada a la ingeniería civil) recomienda su uso hasta 500 ha para el diseño de colectores pluviales.

Arocha (1983) comenta:

La determinación del gasto de diseño para un sistema de recolección de aguas de lluvias en zonas pobladas atiende generalmente al método racional.

El método racional asume que el caudal máximo que se acumula en un determinado punto, como consecuencia de la esorrentía de aguas pluviales está expresado por la ecuación:

$$Q = C * I * A \text{ (l/s)} \text{ (3.14)}$$

Donde:

Q= Caudal en l/s.

C= Coeficiente de esorrentía.

I = Intensidad de lluvia (l/s/ha).

A = Área en ha.

El método considera la intensidad de lluvias, para una duración igual a el tiempo de concentración, ya que se estima que habrá un incremento de caudal a medida que se incrementa el área, puesto que la disminución en intensidad con el tiempo es compensado con el mayor incremento de área. Cuando toda el área ha contribuido, ésta permanece constante pero habrá disminución de intensidad a mayor tiempo, y por tanto el gasto disminuiría. (p. 209-210)

### **3.2.23 Limitaciones del método racional**

Bolinaga J, (1979) explica que el método racional tiene una serie de limitaciones a saber como lo son:

1. La lluvia es uniforme en el tiempo; es decir, su intensidad es constante, lo cual, en la práctica, es solo verdad para duraciones muy cortas.
2. La lluvia es uniforme en el espacio; es decir, tiene la misma intensidad al mismo tiempo sobre toda el área tributaria. Esto es prácticamente valido para áreas muy pequeñas.
3. Ignora el efecto de almacenamiento o retención temporal en las superficies, conductos, cauces, etc., el cual es mayor mientras menos impermeable sea el área.
4. El coeficiente de escorrentía es constante, lo cual es solo cierto para áreas impermeables.

Supone que el gasto calculado tiene la misma frecuencia de la precipitación, lo cual es más cierto en áreas impermeables, donde las condiciones previas de humedad del subsuelo no influyen significativamente en la escorrentía. (p.144).

### **3.3 Definición de términos básicos**

#### **3.3.1 Abrupto**

Dicho de un terreno escarpado, quebrado o de difícil acceso. (Real Academia Española, 2012).

#### **3.3.2 Áreas inundables**

Son aquellas superficies diferentes de las planicies inundables, que pueden ser ocupadas durante un tiempo prudencialmente largo, por aguas provenientes del escurrimiento superficial. (Bolinaga J, 1979).

#### **3.3.3 Canales de drenajes**

Es una cuneta que se encuentra ubicada en la orilla de la carretera para recoger y conducir el agua superficial para drenaje alejándola del lecho de la vía. (Carciente J, 1985).

#### **3.3.4 Cartografía**

Arte de trazar mapas geográficos. (Real Academia Española, 2012).

#### **3.3.5 Cavitación**

Formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que este experimenta en su presión. (Real Academia Española, 2012).

### **3.3.6 Climatología**

Tratado del clima, conjunto de las condiciones propias de un determinado clima. (Real Academia Española, 2012).

### **3.3.7 Coeficiente de escorrentía(C)**

Se denomina coeficiente de escorrentía al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso (lluvia neta), y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total). Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial. (Gustavo A, 2003).

### **3.3.8 Coeficiente de Manning(n)**

Es un valor adimensional utilizado en la ecuación de Manning en los cálculos de capacidades de colectores, tuberías o canales que funcionan a gravedad cuya cuantía depende del material. (Gustavo A, 2003).

### **3.3.9 Colectores**

Son los cauces naturales o los conductos construidos por el hombre (canales, tuberías, etc.) que transportan las aguas y que son drenajes primarios o secundarios, según sea el caso. (Bolinaga J, 1979).

### **3.3.10 Cota**

Altura de un punto sobre el nivel de otro plano de referencia. (Real Academia Española, 2012).

### **3.3.11 Cuenca**

Es un concepto geográfico e hidrológico que se define como el área de las superficie terrestre por donde el agua de lluvia escurre y transita o drena a través de una red de corrientes que fluyen hacia una corriente principal y por ésta hacia un punto común de salida que puede ser un almacenamiento de agua interior, como un lago, una laguna o el embalse de una presa, en cuyo caso se llama cuenca endorreica. Cuando sus descargas llegan hasta el mar se les denominan cuencas exorreicas. Normalmente la corriente principal es la que define el nombre de la cuenca. (Zinck A, 1977).

### **3.3.12 Cuenca hidrográfica**

El territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. (Zinck A, 1977).

### **3.3.13 Datum**

Cota tomada como base para graficar un perfil. (López, 1998).

### **3.3.14 Desnivel**

Diferencia de altura entre dos puntos. (Real Academia Española, 2012).

### **3.3.15 Embaulamiento**

Es un conducto artificial que sirve para llevar las aguas de lluvia, por lo general más eficientes hidráulicamente en la velocidad de las aguas, ya que poseen pendientes que incrementan los gastos máximos. (Carciente J, 1985).

### **3.3.16 Escorrentía**

Ocurre cada vez que la corriente de agua llega a un cauce superficial producto de haberse discurrido de los charcos y depresiones. (Carciente J, 1985).

### **3.3.17 Fluctuar**

Dicho de un cuerpo, vacilar sobre las aguas por el movimiento agitados de ellas. (Real Academia española, 2012).

### **3.3.18 Hidrología**

También llamada hidrografía es la ciencia de la naturaleza que estudia el agua dentro del planeta Tierra, tanto en los aspectos de ocurrencia como acumulación y circulación desde el punto de vista cualitativo, cuantitativo y estadístico. (Chow T, 1994).

### **3.3.19 Inundación**

Son producto de las fuertes lluvias que a causa de la acción indiscriminada del hombre en cuencas, cauces de los ríos y quebradas y el depósito de basura que taponan drenajes naturales, son algunas de las causas por la cuales se origina este fenómeno. (Gustavo A, 2007).

### **3.3.20 Meteorología**

Ciencia que trata de la atmósfera y los meteoros. (Real Academia española, 2012).

### **3.3.21 Pendiente**

Proporción entre la distancia de cotas entre dos puntos y su longitud. (López, 1998).

### **3.3.22 Perfil longitudinal**

Es la representación gráfica de la intersección del terreno con un plano vertical que contiene al eje longitudinal de nivelación, con esto se obtiene la forma altimétrica del terreno a la largo de la mencionada línea. (Bolinaga J, 1979).

### **3.3.23 Perfil transversal**

Es la representación gráfica de la intersección del terreno con un plano vertical perpendicular al eje longitudinal, este se realiza en cada uno de los puntos que definen al perfil longitudinal, es decir, se realiza en todos los puntos de cambio.(Bolinaga J, 1979).

### **3.3.24 Pluviómetro**

Aparato que sirve para medir la lluvia que cae en lugar y tiempo dados. (Real Academia española, 2012).

### **3.3.25 Zanjas**

Son canales abiertos que tienen como objeto recoger el agua que proviene de las plataformas de la vía. (Carciente J, 1985).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **4.1 Tipo de investigación**

La investigación será de proyecto factible o investigación proyectiva, por cuanto se diagnostica, se definen y describen los hechos para planificar las acciones y poder sanear hidráulicamente. La misma cuenta con todos los instrumentos y datos necesarios para ser llevada a cabo y dará soluciones a una problemática planteada.

Según Balestrini, M. (2002), “los proyectos factibles son aquellos estudios o investigaciones que proponen la formulación de modelos, sistemas, entre otros, que dan soluciones a una realidad o problemática planteada, la cual fue sometida con anterioridad a estudios de las necesidades a satisfacer”. (p.9)

La investigación según su propósito será Aplicada, ya que ésta busca la solución de problemas de índole importante para la mejora de calidad de vida de la sociedad con el fin de evitar cualquier tipo de problemas que le generen inconvenientes a los habitantes del urbanismo.

Para Tamayo y Tamayo (2006), “la forma de investigación aplicada se le denomina también activa o dinámica, se encuentra íntimamente ligada a la pura ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos; es el estudio o aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias o características concretas; esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no a el desarrollo de teorías”. (La investigación, p. 71)

Según el nivel de conocimiento será descriptiva, debido a que se presenta la realidad del hecho que se desea estudiar y se plantea de una manera correcta el funcionamiento de un canal abierto que permita la conducción y descarga de aguas pluviales hacia un punto específico.

Según Tamayo y Tamayo (2006), “el tipo de investigación descriptiva, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo, cosa, funciona en el presente; la investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentarnos una interpretación correcta”. (La investigación, p. 71).

#### **4.2 Diseño de investigación**

Se considera una investigación de campo, dado que es preciso que la información sea recopilada de datos tomados directamente del lugar donde ocurren los hechos en observación.

Según Arias, Fidias, (2012), “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carates de investigación no experimental. Claro está, en una investigación de campo también se emplea datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo, lo esenciales para el logro de los objetivos y la solución del problema planteado”. (p.31)

Esta investigación es documental, puesto que la información derivó de fuentes primarias a través de la aplicación de entrevistas con especialistas en el área, y por medio de la revisión de datos contenidos en libros, tesis de grado y todo material bibliográfico que esté relacionado con el estudio a realizar.

Para Arias, Fidias,. (2006), una investigación documental es: “Aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”. (p.49)

### **4.3 Población y muestra de la investigación**

#### **4.3.1 Población de la investigación**

Según lo señalado por Balestrini, M. (1997), se llama población “Un conjunto finito o infinito de personas, cosas o elementos que presentan características comunes y para el cual serán validadas las conclusiones obtenidas en la investigación”. (p.137)

En el presente caso, se considerará como población de la investigación toda la superficie de la zona que se desea urbanizar susceptible de captar aguas pluviales.

#### **4.3.2 Muestra de la investigación**

Chávez (1994), define la muestra como “Una porción representativa de la población, que permite generalizar sobre ésta los resultados de una investigación”. (p. 164).

La muestra de la investigación será considerada de igual tamaño que la población por disponer esta de dimensiones finitas y mensurables.

Hernández, Fernández y Baptista (1994), expresan “La muestra es, en esencia un subgrupo de la población. Digamos que es un subgrupo de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. (p.212)

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos pueden considerarse como la forma o procedimiento que utiliza el investigador para recolectar la información necesaria en el diseño de la investigación.

Así lo expresa Arias, Fidias,. (2006), “Son las distintas formas o maneras de obtener la información”. (p. 53)

Dada la naturaleza de esta investigación, y en función de los datos que se requerían, las técnicas que se utilizaron fueron:

##### **4.4.1.1 Revisión documental**

Para esta investigación se llevó a cabo la consulta de textos asociados, los cuales están representados por normativas, leyes, reglamentos y decretos, e información bibliográfica, etc., dado que son fuentes de información confiable y viable para el logro de los objetivos trazados durante el desarrollo de la investigación.

Según Arias, Fidias,. (2006),“Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por los otros investigadores en fuentes documentales:

impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos”. (p.27)

#### **4.4.1.2 Observación directa**

La observación directa consiste en el estudio de la situación en el mismo momento de su ocurrencia, mediante el uso de sus sentidos, el investigador deberá someter el resultado de estas observaciones a su interpretación y análisis para poder formular el problema planteado.

Conforme a Arias, Fidas,. (2006), define: “la observación, es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (p.69)

Según Hurtado (2008), la observación directa constituye un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información, para el cual el investigador se apoya en sus sentidos”. (p.459)

#### **4.4.1.3 Entrevistas no estructuradas**

Según Sabino (1992): “De un modo general, una entrevista no estructurada o no formalizada es aquella en que existe un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas”.(p.118)

Mediante esta técnica es posible captar información importante basada en la experiencia y conocimiento del entrevistado. La aplicación de la misma dentro de esta investigación implica la realización de preguntas orales sin una estructura definida al

personal involucrado y conocedor del tema (responsables de área, ingenieros, técnicos, supervisores, entre otros).

#### 4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se sirvieron de ayuda a la presente investigación fueron los siguientes: a) calculadora, b) computadora portátil, c) cámara fotográfica, d) GPS, e) internet e imágenes satelitales de la zona, f) cuaderno de notas, g) pendrives h) textos relacionados a el estudio expuesto.

#### 4.5 Flujograma de la investigación

En la figura 4.1 se presenta el Flujograma de la investigación.

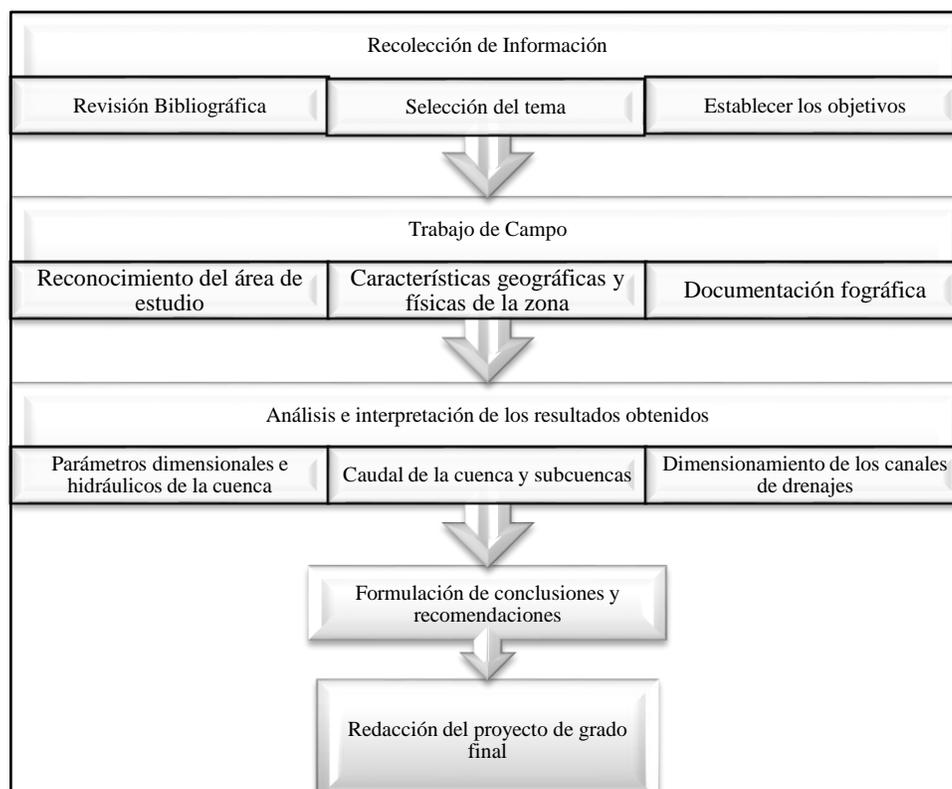


Figura 4.1 Flujograma de la investigación

## **4.5.1 Descripción de la metodología de trabajo**

### **4.5.1.1 Etapa I. Recolección de información**

Se basa en la búsqueda de información relacionada con la investigación, de manera de ampliar los conocimientos partiendo de fuentes bibliográficas como libros, planos, trabajos de investigación, entre otros, para proceder a la selección del tema de estudio enmarcándose en la problemática de mayor índole en hidráulica de canales como lo es la construcción de sistemas de drenajes que sirvan para captar aguas de lluvias y transportarlas a puntos de descargas a fin de brindarle bienestar a una determinada población. Al definir el tema de estudio se establecieron una serie de objetivos que ameritan ser dispuestos a cumplirse para alcanzar el objetivo general de la investigación.

### **4.5.1.2 Etapa II. Trabajo de campo**

Para poder identificar el área de estudio se realizó una visita técnica a nivel general de todo el proyecto y se determinó un área específica de trabajo, conociendo las características geográficas y físicas de dicha zona de estudio, por consiguiente, se recaudaron imágenes digitales para darle veracidad a la información expuesta.

### **4.5.1.3 Etapa III. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos**

Se procesaron los datos necesarios para realizar el análisis de los elementos a ser considerados y la información obtenida. Estos fueron expresados mediante gráficos, tablas y figuras, mencionando de esta manera los aspectos relevantes que presenten el área de estudio y las medidas utilizadas para alcanzar los objetivos planteados en cuanto al diseño del sistema de drenaje.

#### **4.5.1.4 Etapa IV. Formulación de conclusiones y recomendaciones**

Para cada objetivo específico se formuló una conclusión respectiva, lo cual conlleva a plantear una serie de recomendaciones para dar sustento a la información obtenida.

#### **4.5.1.5 Etapa V. Redacción del proyecto de grado final**

Al culminar con resultados exitosos cada una de las fases del tema planteado, se logró la elaboración y redacción del proyecto de grado.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 5.1 Caracterización climatológica del área de estudio

En el área de estudio se han estudiado las características del clima, con base en el análisis temporal de precipitación, evaporación, temperatura, insolación, humedad relativa y viento, para lo cual se utilizaron los datos de registrados en las estaciones dentro del perímetro o en su área de influencia inmediata.

Para establecer las características del clima se efectuó un análisis cuantitativo, con base en los datos de los promedios mensuales y anuales de los parámetros registrados en las estaciones meteorológicas Upata, Macagua y Puerto Ordaz cuyos datos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones mencionadas.

Tabla 5.1 Características de las estaciones utilizadas (INAMEH, 2014).

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (MSNM)	Organismo
Upata		8730	07°58'54''	62°19'43''	376	INAMEH
Macagua		8106	08°17'29''	62°39'21''	79	CORPOELEC
Puerto Ordaz		3813	08°19'00''	62°43'00''	51	INAMEH

El área del proyecto se enmarca en la zona de vida Bosque seco Tropical (Bs-T), según la clasificación climática de Holdridge.

En el área de estudio se recibe una pluviosidad promedio alrededor de los 1088 mm anuales, la temperatura media anual oscila alrededor de los 27°C y su evaporación promedio supera los 2.200 mm por año.

De acuerdo con esto, el área se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5°C.

### 5.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 1088 mm, el cual fue estimado a partir de los promedios anuales de las estaciones localizadas alrededor del área de estudio. En la tabla 5.2, se muestran los promedios mensuales y el total anual de precipitación para el período 1950-2011; con base en ellos se elaboraron las figuras 5.1, 5.2 y 5.3.

El régimen pluviométrico es de tipo unimodal, es decir, se registra un solo tope de lluvia durante el año. Este ocurre en los meses del verano astronómico (junio, julio y agosto), lo cual corresponde con la época de mayor actividad de la convergencia intertropical, responsable directa de la distribución temporal de las lluvias en el territorio venezolano. En estos tres meses se recoge más del 54% del volumen total de precipitación anual. El valor más bajo de precipitación se registra en los tres primeros meses del año (enero, febrero y marzo).

Tabla 5.2 Precipitación media mensual y anual (mm)-Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Upata	34,9	22,8	22,9	34	114,2	123,1	139,3	136,4	87,1	81,2	92,3	61,3	949,3
Macagua	47,2	41,5	23,3	31,3	130	232,7	242,2	181,1	97,1	110	111,8	90,5	1317
Puerto Ordaz	36,4	27,3	21,5	28,7	89,9	179,3	162,6	133,9	83,7	81,6	83,2	69,3	997,4

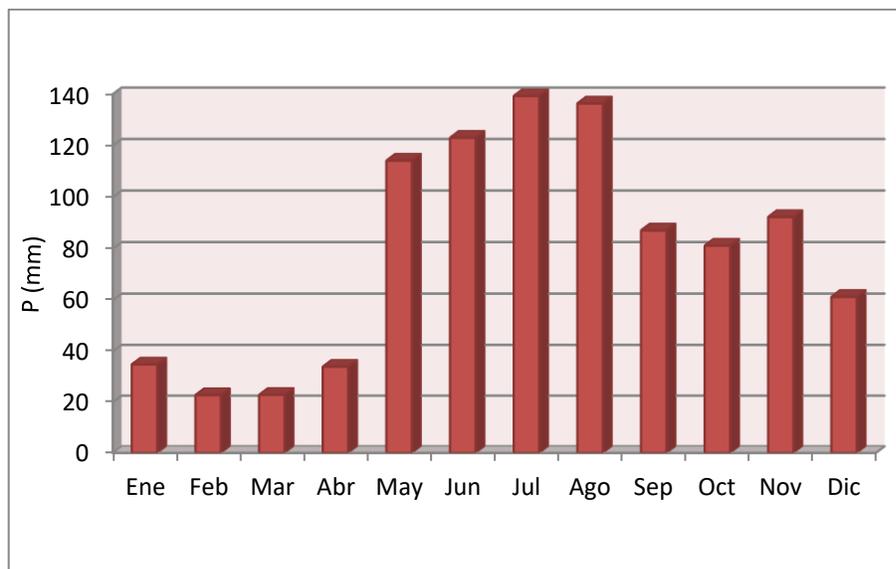


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Upata(INAMEH, 2014).

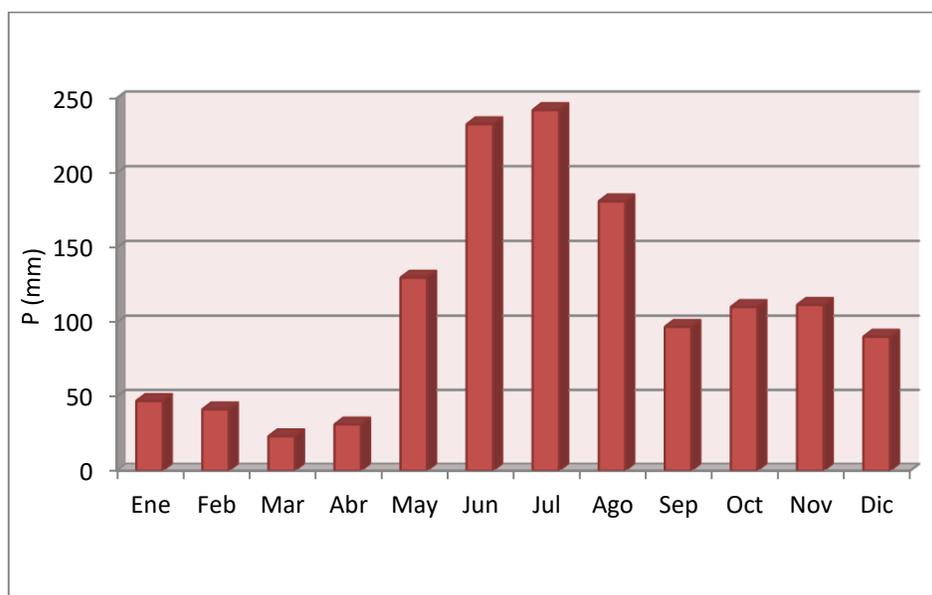


Figura 5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Macagua (INAMEH, 2014).

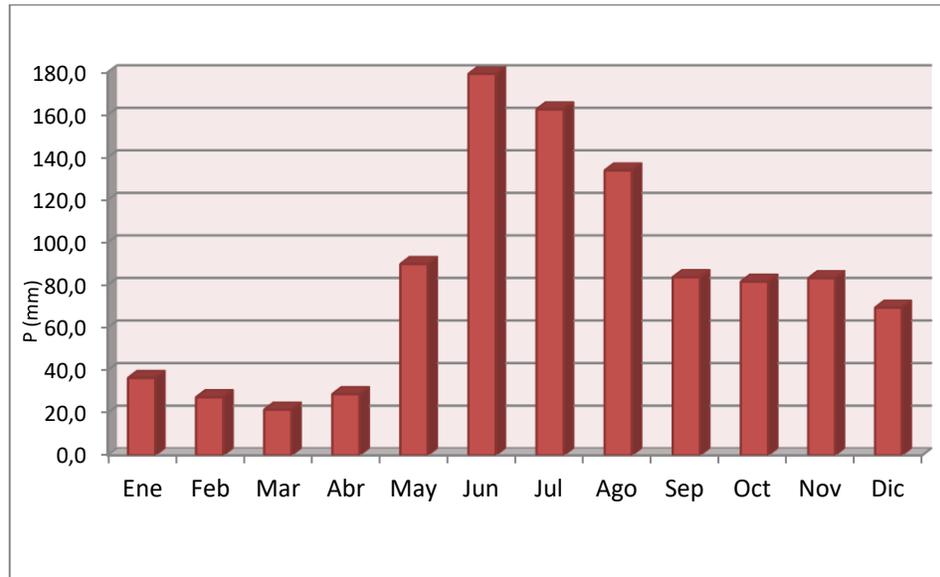


Figura5.3 Distribución anual de la precipitación (mm).Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

### 5.1.2 Evaporación

La evaporación promedio anual en la zona es bastante elevada, según la estación Puerto Ordaz, se registra un valor alrededor de los 2200mm por año. Esta variable climática no tiene una variación anual de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos épocas donde ocurren los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de equinoccio de primavera y otoño.

En estos meses (marzo y octubre) ocurren altas temperaturas, mayor cantidad de horas de brillo solar, baja humedad relativa, así como un aumento de la velocidad del viento. Por otra parte, la evaporación registra sus valores más bajo durante los meses de julio y diciembre, es decir en las épocas de mayor pluviosidad y menor temperatura respectivamente.

En la tabla 5.3, se indican los promedios mensuales, así como el valor total medio anual de la estación Puerto Ordaz y la figura 5.4 muestra el comportamiento anual de dicha variable.

Tabla 5.3 Evaporación media, mensual y anual (mm)-Período 1950-2011.(INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	175	196	251	254	212	162	159	162	184	192	162	155	2249

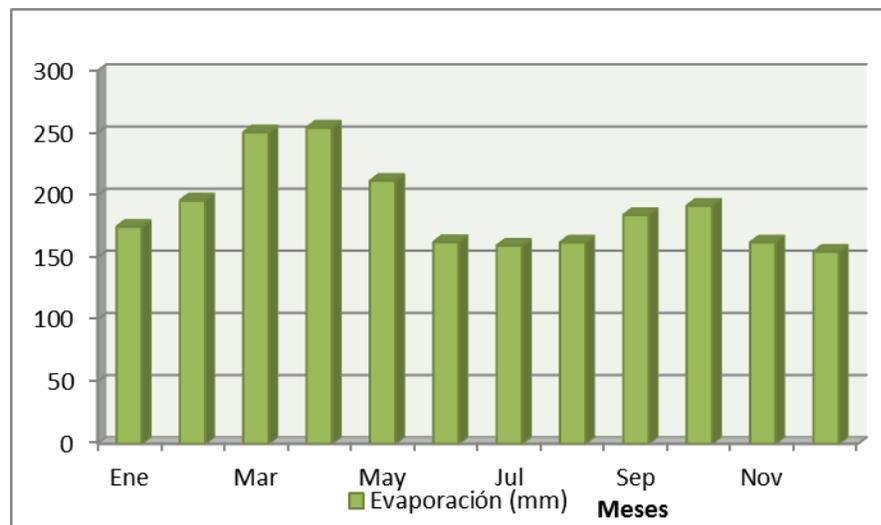


Figura 5.4 Variación anual de la evaporación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

### 5.1.3 Temperatura

En la zona, la estación más cercana (Puerto Ordaz) registra 28,3 °C respectivamente en promedio mensual.

Por encontrarse en la zona tropical, se cumple la condición de isoterminia, es decir, la diferencia de los valores de temperatura entre el mes más cálido y el más frío no supera los 5 °C.

En la tabla 5.4, se indican los valores medios de temperatura para la estación Puerto Ordaz. Con base en dichos valores se elaboró el gráfico que se muestra en la figura 5.5 que muestra el comportamiento anual en la estación mencionada.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C) Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	Máxima Media	33,8	34,4	35,6	36,4	36,2	34,2	33,4	34,5	35	35,1	34,8	33,5	34,7
	Media	26,2	26,8	28,9	29,2	27,5	26,9	26,5	27	28,9	27,9	27,3	27,3	27,4
	Mínima Media	18,7	18,8	19,4	20,3	20,8	20,6	20,5	20,6	20,7	20,4	20,5	19,5	20,1

La distribución anual de la temperatura, al igual que la evaporación es de tipo bimodal. Se observa que las mayores temperaturas ocurren en la primavera astronómica, marzo – abril, con un máximo secundario en septiembre – octubre (otoño astronómico).

Las temperaturas más bajas se registran en el lapso diciembre – febrero (invierno astronómico) y en el mes de junio, coincidiendo con la época de máxima pluviosidad. Por otra parte, la amplitud térmica anual promedio es de 2,2°C, lo que ratifica la condición de isoterminia del clima del área.

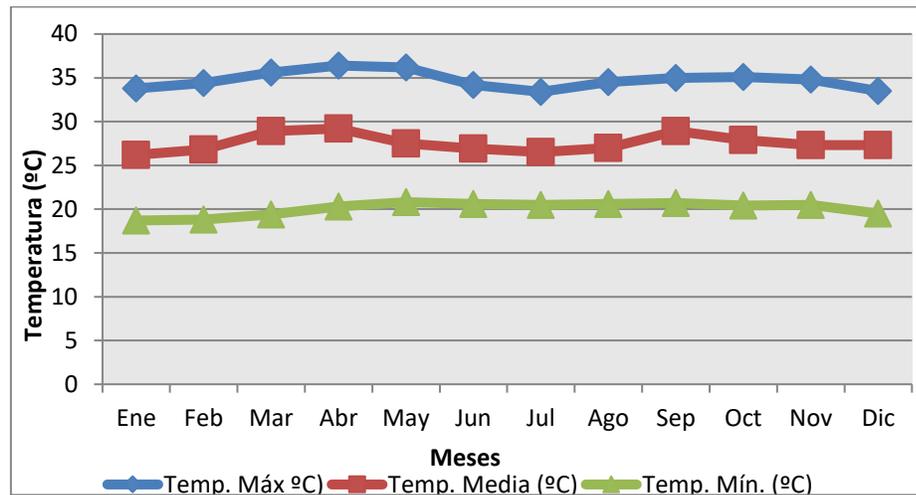


Figura 5.5 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

#### 5.1.4 Insolación

La variación temporal de la insolación depende del movimiento anual aparente del sol, de la nubosidad, las precipitaciones y el estado de transparencia de la atmósfera.

La estación Puerto Ordaz es la que registra datos de este parámetro. Con base en ello se estima que el área del proyecto recibe una insolación media anual alrededor de 7,1 horas de sol.

Los valores más altos ocurren en los meses de enero a marzo y un segundo pico menos importante ocurre en los meses de septiembre y octubre. Los menores valores de brillo solar ocurren durante los meses junio y diciembre, lo que demuestra la alta nubosidad presente en la zona en dichos meses, por la temporada de lluviosa. (tabla 5.5 y figura 5.6).

Tabla 5.5 Insolación media mensual y anual (horas de sol). Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	6,7	7,5	7,6	7,4	6,9	5,7	6,4	7	7,9	7,8	7,4	6,9	7,1

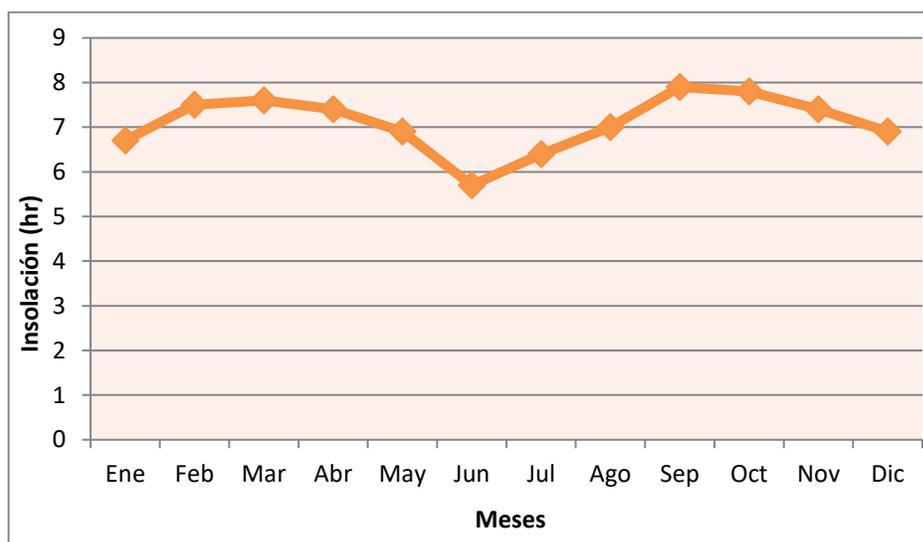


Figura 5.6 Variación anual de la insolación (horas de sol). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

### 5.1.5 Humedad relativa

La humedad relativa media anual está por el orden del 75 %, según los datos de la estación Puerto Ordaz. En la tabla 5.6, se presentan los valores medios mensuales y anuales de humedad relativa para dicha estación y en la figura 5.7 se muestra su distribución en el año. De acuerdo a ello, se observa que la humedad relativa media mensual alcanza su mayor valor (82%), en el mes de máxima precipitación (julio), y el mínimo durante el mes de marzo (66%).

Tabla 5.6 Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	76	72	66	63	71	80	82	80	77	76	79	80	75

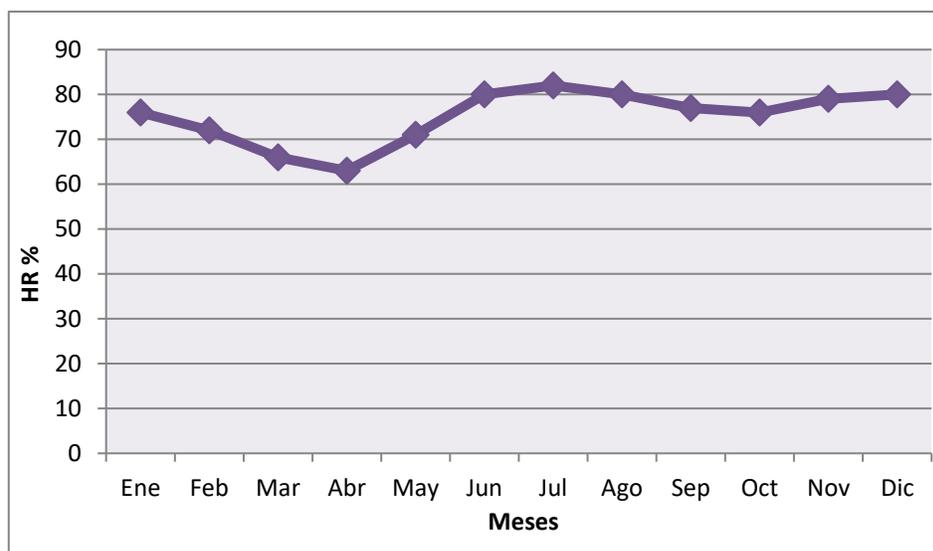


Figura 5.7 Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

### 5.1.6 Vientos

La velocidad media anual del viento, estimada para la zona, está cerca de los 1,8 km/h, con dirección prevaleciente este-noreste (ENE), mayor en abril y más baja en agosto. En la tabla 5.7, se muestran los datos de las estaciones del área y en el gráfico que se muestra en la figura 5.8 se presenta su distribución anual.

Tabla 5.7 Velocidad media mensual y anual del viento (m/s) Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	2,2	2,7	2,5	2,9	2,1	1,4	1,2	1,1	1,3	1,4	1,4	1,7	1,8

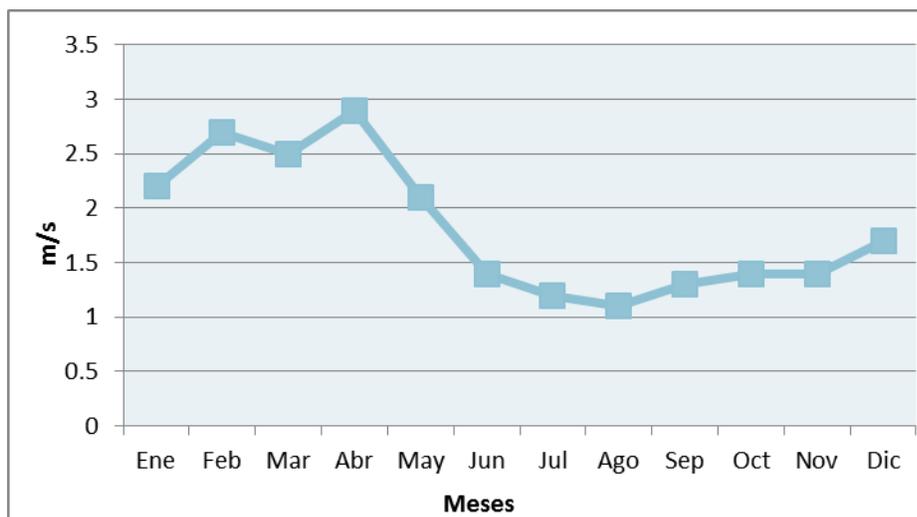


Figura 5.8 Variación anual de la velocidad del viento (m/s). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

## 5.2 Parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona de captación en el área de estudio

Se llevó a cabo el estudio cuantitativo de las características físicas de la cuenca, lo cual se utilizó para analizar la red de drenajes, las pendientes y la forma de la cuenca a partir del cálculo de los valores numéricos. Cabe destacar que para poder lograr este objetivo se contó con la información hidrográfica y topográfica necesaria. Los parámetros morfométricos de la cuenca son los siguientes:

### 5.2.1 Área (A)

El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de esorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauca natural. El área de interés para la realización del estudio hidrológico comprende una superficie de 132,524 ha localizada en una zona perteneciente al municipio Sotillo del estado Monagas y esta se determinó a partir del plano mediante el programa AutoCAD 2014.

### 5.2.2 Perímetro (P)

El perímetro es la longitud sobre un plano horizontal que recorre la divisoria de agua. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en m o km. El perímetro calculado en el área de estudio es de 6481,19 m.

### 5.2.3 Longitud de la cuenca (L)

La longitud es la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca. El valor de longitud viene dado por la medición mediante el plano topográfico en el programa AutoCAD y expresa 1534,02 m.

### 5.2.4 Ancho de la cuenca (w)

Viene dado por la relación entre el área y longitud de la cuenca.

$$w = \frac{1.325.240 \text{ m}^2}{1534,02 \text{ m}} = 863,90 \text{ m}$$

El ancho de la cuenta es de 863,90 m.

### 5.2.5 Pendiente media de la cuenca (S)

Es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la cuenca. La pendiente de la cuenca es la relación del desnivel que existe entre los extremos de la cuenca, siendo la cota mayor y la cota menor, y la proyección horizontal de su longitud, siendo el lado más largo de la cuenca.

$$S = \frac{26 \text{ m} - 23,703 \text{ m}}{1534,02 \text{ m}} = 0,00150 = 0,15\%$$

La pendiente media de la cuenca es de 0,15 %.

### 5.2.6 Factor forma (F)

Es la relación entre el ancho promedio (w) y la longitud (L).

$$F = \frac{863,90 \text{ m}}{1534,02 \text{ m}} = 0,56$$

Por lo tanto, con  $F < 1$  se dice que la forma de la cuenca es alargada.

### 5.2.7 Índice de compacidad (Kc)

Designado por Kc e igualmente propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Kc se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parte aguas que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

La ecuación viene dada por:

$$k_c = 0,28 \times \frac{6481,19 \text{ m}}{\sqrt{1.325.240 \text{ m}^2}} = 1,58$$

Por lo tanto, un Kc de 1,58 pertenece al grupo Kc3, cuyo valor se encuentra en el rango de 1,5 a 1,75 denominando así la forma de la cuenca como oval – alargada a alargada.

El grado de aproximación de este índice a la unidad indica la tendencia a concentrar fuerte volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuando más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea  $K_c$  mayor será la concentración de agua.

### **5.3 Determinación del caudal de la cuenca y subcuencas del área de estudio**

Para lograr delimitar los caudales que deberán escurrir en las calles del urbanismo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Las curvas de nivel fijadas en el plano del área en estudio realizado en AutoCAD presentan valores de cotas por cada (1) metro de elevación aproximadamente, lo cual indican los límites donde la trayectoria de las aguas concurren y disgregan; por su parte, las pendientes del relieve en observación de campo muestran la diferencia de elevación entre las partes más bajas y más altas de la superficie que pueden deducir la dirección de las aguas pluviales. La frecuencia de lluvias es una medida de la probabilidad de suceso la cual está asociada a cada período de retorno.

Para poder establecer estos parámetros se partió de una serie de datos asociados a los datos pluviométricos de la zona y a la importancia de la misma. Para un sector cuyo riesgo es mayor se debe considerar mayores períodos de retorno los cuales se asocian a los eventos de mayor dimensión, sin embargo, cabe aclarar que a mayor período de retorno la frecuencia será de menor magnitud lo cual implica menor probabilidad de suceso. Los datos necesarios para la estimación de frecuencia de lluvias fueron tomados de las curvas I.D.F de la región hidrológica III – (ver figura 3.1).

La nomenclatura que se muestra a continuación especifica los nombres de las distintas calles que conforman la poligonal de estudio, denotando así la distribución de las mismas existentes en el urbanismo. Las subcuencas se denotaron por números y los ramales secundarios que desembocan en ellas, por letras y números, indicándose con el número correspondiente a la calle principal en la cual van a drenar.

El urbanismo se constituye por 6 calles principales y 18 calles secundarias como se representa en la figura 5.9 las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

1. El color amarillo indica la calle principal N°1 y el ramal a-1.
2. El color azul denota la calle principal N°2 y los ramales secundarios a-2, b-2, c-2, d-2 y e-2.
3. El color magenta indica la calle principal N°3 de la cual divergen los ramales a-3 y b-3.
4. El color rojo designa la calle principal N°4 y a su vez a los ramales a-4, b-4 y c-4.
5. El color gris denota la calle principal N°5 y los ramales secundarios a-5, c-5 y f-5 y los terciarios b-5, d-5 y e-5.
6. El color verde finalmente indica la calle principal N°6 y el ramal a-6.

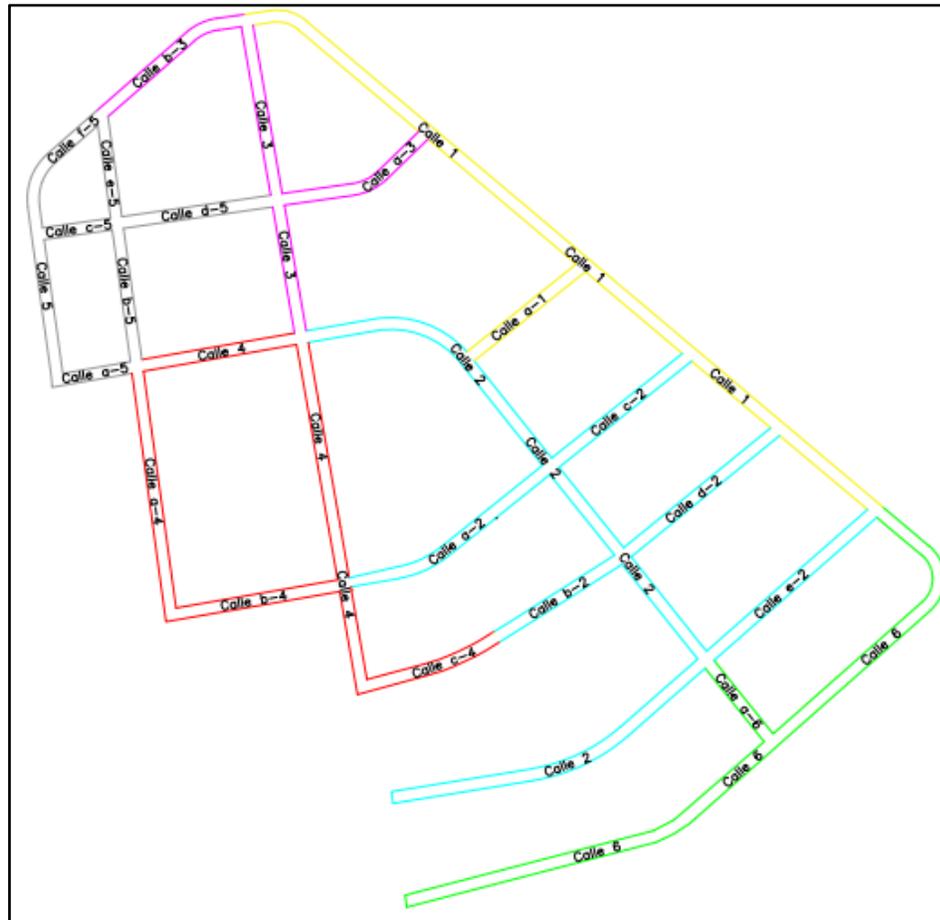


Figura 5.9 Distribución de las calles en el urbanismo Ezequiel Zamora.

Para la estimación de los caudales se utilizó el método racional, definido por el coeficiente de escorrentía de acuerdo al tipo de superficie, la intensidad de lluvia para un cierto período de retorno y el área de influencia. El coeficiente de escorrentía se estableció mediante las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias las cuales establecen coeficientes de escorrentía para distintas zonas y para distintas superficies presentes en la zona de estudio. El cálculo de la intensidad se hizo para cada una de las calles, mediante las curvas IDF, adoptando un tiempo de retorno de 25 años.

En la tabla 5.8 y 5.9 se presentan las intensidades de lluvias para un periodo de retorno de 25 años y un tiempo de concentración determinado:

Tabla 5.8 Intensidad de lluvia de las subcuencas.

Calle	Longitud (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	H (m)	Tc (min)	I (Lps/ha)
						25 años
1	1363,07	26,000	24,206	1,794	64,965	248
2	1505,33	26,223	23,490	2,733	61,957	248
3	566,20	26,223	24,206	2,017	22,512	380
4	885,42	27,450	24,592	2,858	32,992	310
5	697,78	27,450	25,000	2,450	26,589	445
6	1283,02	26,000	22,141	3,859	45,108	270

Tabla 5.9 Intensidad de lluvia de los ramales secundarios y terciarios.

Calle	Longitud (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	H (m)	Tc (min)	I (Lps/ha)
						25 años
a-1	282,17	25,490	24,635	0,855	14,014	455
a-2	384,17	25,700	24,600	1,100	18,164	415
b-2	289,45	25,350	23,980	1,370	12,037	490
c-2	324,19	24,931	24,600	0,331	23,707	375
d-2	364,73	26,000	23,980	2,020	13,538	460
e-2	403,09	26,000	24,471	1,529	16,915	430
a-3	299,81	25,144	24,941	0,203	26,146	350
b-3	296,91	25,000	24,206	0,794	15,292	445
a-4	406,76	27,450	26,085	1,365	17,856	410
b-4	298,01	26,085	25,700	0,385	20,294	390
c-4	194,53	25,350	24,592	0,758	9,553	525
a-5	157,41	27,450	27,437	0,013	35,788	300
b-5	244,79	27,450	24,753	2,697	7,642	590
c-5	156,07	24,753	24,205	0,548	8,392	550
d-5	275,27	24,941	24,753	0,188	24,401	355
e-5	214,95	25,000	24,753	0,247	16,508	410
f-5	205,78	25,000	23,703	1,297	8,289	550
a-6	200,04	24,471	24,000	0,471	11,850	500

A continuación procederá al cálculo del caudal de la subcuena 1 por el método racional.

El coeficiente ponderado se determinó de la siguiente manera:

$$Cp = \frac{((11,295 \text{ ha} \times 0,6) + (1,533 \text{ ha} \times 0,825) + (20,305 \text{ ha} \times 0,3))}{33,133} = 0,4266$$

La intensidad de lluvia establecida para un tiempo de concentración de 64,96 min es de 248 Lps/ha tomando como referencia 60 min en las curvas IDF y un periodo de retorno de 25 años.

Seguidamente se estimaron las áreas que drenan en cada subcuena y ramales secundarios y terciarios por medio del programa AutoCAD 2014 definiendo así las variables necesarias para el cálculo del caudal máximo de diseño. El área a drenar en la calle N°1 es de 33,133 ha que comprenden un total de pavimento, vegetación y zona residencial como se muestra en la tabla 5.10.

Por último se calculó el caudal de diseño que circulará por la calle 1:

$$Q = 0,4266 \times 248 \frac{\text{Lps}}{\text{ha}} \times 33,133 \text{ ha} = 3505 \text{ Lps}$$

$$Q = 3505 \text{ Lps} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 3,505 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$Q = 3,505 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} + 0,0785 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} = 3,584 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

El procedimiento anterior es aplicado para el cálculo de los demás caudales de las subcuencas y ramales presentes en el urbanismo. En las tablas 5.10 - 5.15se resumen los caudales de las subcuencas correspondientes a cada tramo contribuyente.

Tabla 5.10 Caudal de la subcuenca 1y sus tramos contribuyentes.

Calle	Canal	Tipo de Área	Área a drenar		I Lps/ha	Coeficiente de escorrentía	Caudal de la calle (Q)		Caudal de diseño (Qd)	
			m <sup>2</sup>	Ha			L/seg	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s
1	Principal Central	Residencial	112954,28	11,295	248	0,6	3505,218	3,505	3583,599	3,584
		Pavimento	15334,53	1,533		0,825				
		Vegetación	203052,92	20,305		0,3				
a-1	Izq	Pavimento	1044,04	0,104	455	0,825	78,382	0,078	39,191	0,039
	Der	Pavimento	1044,04	0,104		0,825			39,191	0,039

El caudal total a drenar en la subcuenca 2 se muestra en la tabla 5.11 con un área total de 36,169 ha conformada por pavimento y zona residencial.

Tabla 5.11 Caudal de la subcuenca 2 y sus tramos contribuyentes.

Calle	Canal	Tipo de Área	Área a drenar		I Lps/ha	Coeficiente de escorrentía	Caudal de la calle (Q)		Caudal de diseño (Qd)	
			m <sup>2</sup>	Ha			L/seg	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s
2	Principal Central	Residencial	247639,4	24,764	248	0,6	4076,547	4,077	6784,155	6,784
		Pavimento	19143,34	1,914		0,825				
a-2	Izq	Residencial	21099,22	2,110	415	0,6	1607,500	1,608	690,227	0,690
		Pavimento	4815,08	0,482		0,825				
	Der	Residencial	28378,13	2,838		0,6			917,273	0,917
		Pavimento	6152,84	0,615		0,825				
b-2	Izq	Residencial	22230,68	2,223	490	0,6	791,902	0,792	748,609	0,749
		Pavimento	2350,70	0,235		0,825			43,293	0,043
	Der	Pavimento	1070,95	0,107		0,825				
c-2	Izq	Pavimento	1199,52	0,120	375	0,825	74,220	0,074	37,110	0,037
	Der	Pavimento	1199,52	0,120		0,825			37,110	0,037
d-2	Izq	Pavimento	1349,50	0,135	460	0,825	102,427	0,102	51,214	0,051
	Der	Pavimento	1349,50	0,135		0,825			51,214	0,051

e-2	Izq	Pavimento	1854,23	0,185	430	0,825	131,558	0,132	65,779	0,066
	Der	Pavimento	1854,23	0,185		0,825			65,779	0,066

El caudal total a drenar en la subcuena 3 se muestra en la tabla 5.12 con un área total de 14,031 ha conformada por pavimento y zona residencial.

Tabla 5.12 Caudal de la subcuena 3 y sus tramos contribuyentes.

Calle	Canal	Tipo de Área	Área a drenar		I Lps/ha	Coeficiente de escorrentía	Caudal de la calle (Q)		Caudal de diseño (Qd)	
			m <sup>2</sup>	Ha			L/seg	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s
3	Principal Central	Residencial	129810,27	12,981	380	0,6	3115,878	3,116	3298,241	3,298
		Pavimento	4982,59	0,498		0,825				
a-3	Izq	Pavimento	1289,19	0,129	350	0,825	74,451	0,074	37,225	0,037
	Der	Pavimento	1289,19	0,129		0,825			37,225	0,037
b-3	Izq	Pavimento	1469,68	0,147	445	0,825	107,911	0,108	53,956	0,054
	Der	Pavimento	1469,68	0,147		0,825			53,956	0,054

El caudal total a drenar en la subcuena 4 se muestra en la tabla 5.13 con un área total de 17,862 ha conformada por pavimento y zona residencial.

Tabla 5.13 Caudal de la subcuena 4 y sus tramos contribuyentes.

Calle	Canal	Tipo de Área	Área a drenar		I Lps/ha	Coeficiente de escorrentía	Caudal de la calle (Q)		Caudal de diseño (Qd)	
			m <sup>2</sup>	Ha			L/seg	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s
4	Principal Central	Residencial	82786,32	8,279	310	0,6	1821,830	1,822	4635,488	4,635
		Pavimento	11026,57	1,103		0,825				
a-4	Izq	Pavimento	33907,74	3,391	410	0,825	1323,726	1,324	1146,929	1,147
	Der	Pavimento	5226,82	0,523		0,825			176,797	0,177
b-4	Izq	Pavimento	29783,55	2,978	390	0,825	993,763	0,994	2105,215	2,105
	Der	Pavimento	1102,64	0,110		0,825			212,274	0,212
c-4	Izq	Pavimento	719,77	0,072	525	0,825	496,168	0,496	31,175	0,031
	Der	Residencial	12211,09	1,221		0,6			464,993	0,465
		Pavimento	1854,98	0,185		0,825				

El caudal total a drenar en la subcuena 5 se muestra en la tabla 5.14 con un área total de 13,518 ha conformada por pavimento y zona residencial.

Tabla 5.14 Caudal de la subcuena 5 y sus tramos contribuyentes.

Calle	Canal	Tipo de Área	Área a drenar		I Lps/ha	Coeficiente de escorrentía	Caudal de la calle (Q)		Caudal de diseño (Qd)	
			m <sup>2</sup>	Ha			L/seg	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s
5	Principal Central	Residencial	8851,41	0,885	445	0,6	357,940	0,358	3749,623	3,750
		Pavimento	3312,44	0,331		0,825				
a-5	Izq	Pavimento	692,61	0,069	300	0,825	34,284	0,034	17,142	0,017
	Der	Pavimento	692,61	0,069		0,825			17,142	0,017
b-5	Izq	Pavimento	1254,55	0,125	590	0,825	122,131	0,122	61,065	0,061
	Der	Pavimento	1254,55	0,125		0,825			61,065	0,061
c-5	Izq	Residencial	35139,33	3,514	550	0,6	1220,500	1,220	2676,655	2,677
		Pavimento	671,09	0,067		0,825			139,643	0,140
	Der	Pavimento	671,09	0,067		0,825				
d-5	Izq	Residencial	62432,33	6,243	355	0,6	1399,142	1,399	1364,475	1,364
		Pavimento	1183,67	0,118		0,825			34,667	0,035
	Der	Pavimento	1183,67	0,118		0,825				
e-5	Izq	Pavimento	1101,63	0,110	410	0,825	74,525	0,075	37,263	0,037
	Der	Pavimento	1101,63	0,110		0,825			37,263	0,037
f-5	Izq	Residencial	13595,85	1,360	550	0,6	541,101	0,541	494,882	0,495
		Pavimento	1018,60	0,102		0,825			46,219	0,046
	Der	Pavimento	1018,60	0,102		0,825				

El caudal total a drenar en la subcuena 6 se muestra en la tabla 5.15 con un área total de 17,601 ha conformada por pavimento, vegetación y zona residencial.

Tabla 5.15 Caudal de la subcuena 6 y sus tramos contribuyentes.

Calle	Canal	Tipo de Área	Área a drenar		I Lps/ha	Coeficiente de escorrentía	Caudal de la calle (Q)		Caudal de diseño (Qd)	
			m <sup>2</sup>	Ha			L/seg	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s

6	Principal Central	Residencial	61487,05	6,149	270	0,6	1503,548	1,504	3897,539	3,898
		Pavimento	15588,67	1,559		0,825				
		Vegetación	19780,26	1,978		0,3				
a-6	Izq	Residencial	77434,25	7,743	500	0,6	2393,991	2,394	2358,509	2,359
		Pavimento	860,16	0,086		0,825				
	Der	Pavimento	860,16	0,086		0,825			35,482	0,035

El caudal total de la cuenca viene determinado por toda la superficie del urbanismo ubicando 3 puntos externos a ella, que captarán las aguas de escorrentía provenientes de las subcuencas a través de disipadores de energía en este caso torrenteras para depositarlas fuera del área. En la tabla 5.16, se muestra el caudal total de la cuenta.

Tabla 5.16 Caudal total de la cuenca.

Descarga	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Caudal total de la cuenca(m <sup>3</sup> /s)
<b>A</b>	3,750	25,949
<b>B</b>	6,882	
<b>C</b>	15,317	

## 5.4 Trazado en planta y perfil longitudinal de los canales de drenaje

### 5.4.1 Trazado en planta de los canales de drenajes

El trazado de este urbanismo está compuesto de alineaciones rectas y curva; las alineaciones rectas permiten un movimiento uniforme del caudal en los canales de drenaje mientras que en las curvas se procuró que no tuviesen un impacto negativo a la hora de la construcción de los canales. En el trazado en planta se representan cada una de las subcuencas que están constituidas por canales superficiales ubicados en el

centro de la vialidad y tramos o ramales secundarios y terciarios contribuyentes a los mismos (canales ubicados a los lados de la vía).

La delimitación de los canales se hizo a través de un reconocimiento del terreno para la representación de un eje probable de trazo, conociendo así el punto inicial y punto final de los canales principales.

Las flechas azules que se encuentran en el modelo de los trazados indican el sentido que toman las aguas drenadas en el urbanismo. En el Apéndice D se muestra el recorrido de las aguas dentro del urbanismo.

El canal principal 1 tiene un recorrido de 1363,07 m y se constituye de un ramal secundario a-1. El trazado de este canal se muestra en la figura 5.10

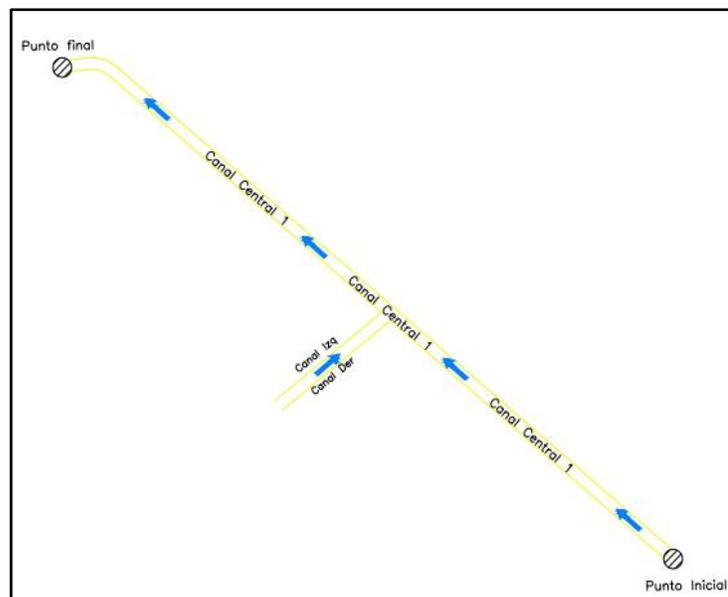


Figura 5.10 Trazado en planta del canal de drenaje 1.

Por otra parte el canal principal 2 mide alrededor de 1505,32 m y está representado por una serie de ramales secundarios como se muestra en la figura 5.11.

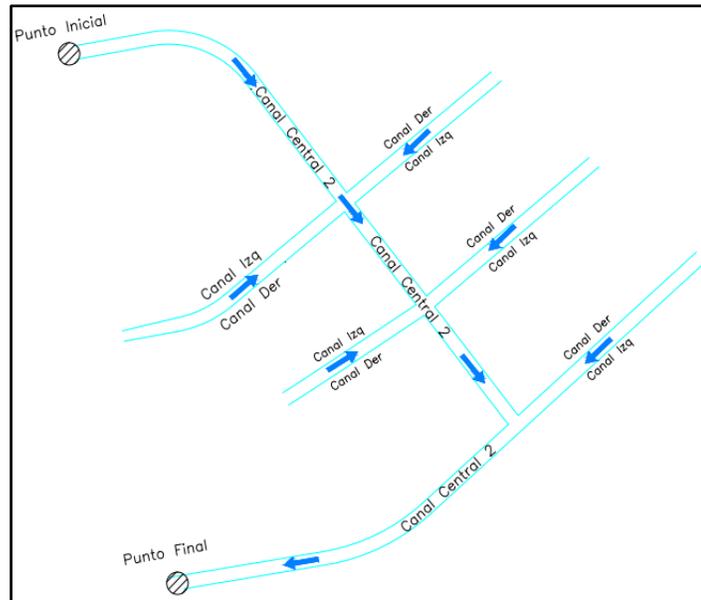


Figura 5.11 Trazado en planta del canal de drenaje 2.

La longitud del canal 3 es de 566,20 m siendo este un canal principal constituido por 2 ramales secundarios a-3 y b-3, como se define en la figura 5.12.

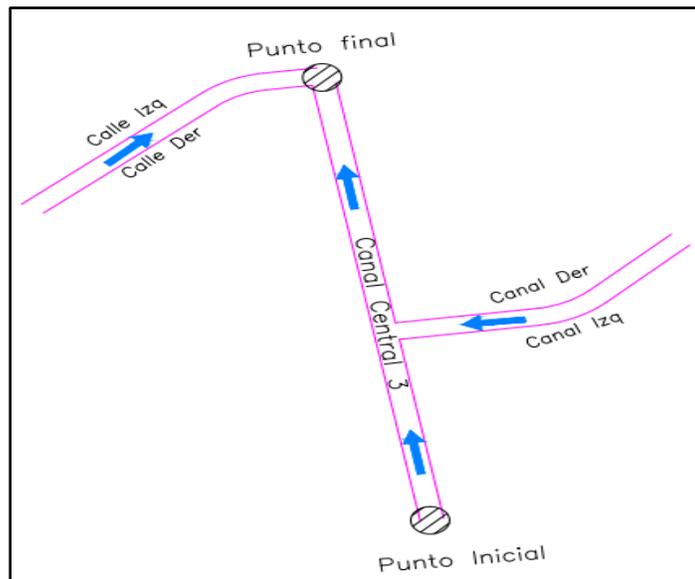


Figura 5.12 Trazado en planta del canal de drenaje 3.

La figura 5.13 muestra el trazo del canal principal 4 representando así una trayectoria de 885,42 m en toda su extensión.

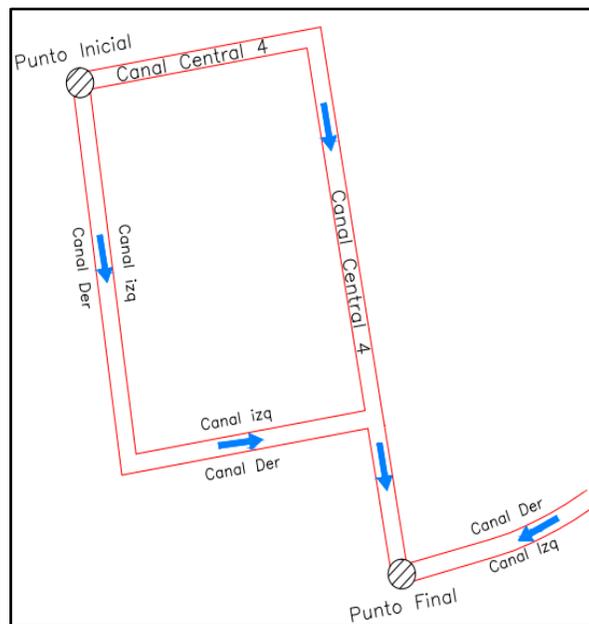


Figura 5.13 Trazado en planta del canal 4.

El canal 5 se diferencia de los anteriores por ser uno de los canales con más ramales secundarios en el urbanismo, el mismo constata una extensión que comprende los 334,58 m. En la figura 5.14 se encuentra el trazo respectivo a dicho canal.

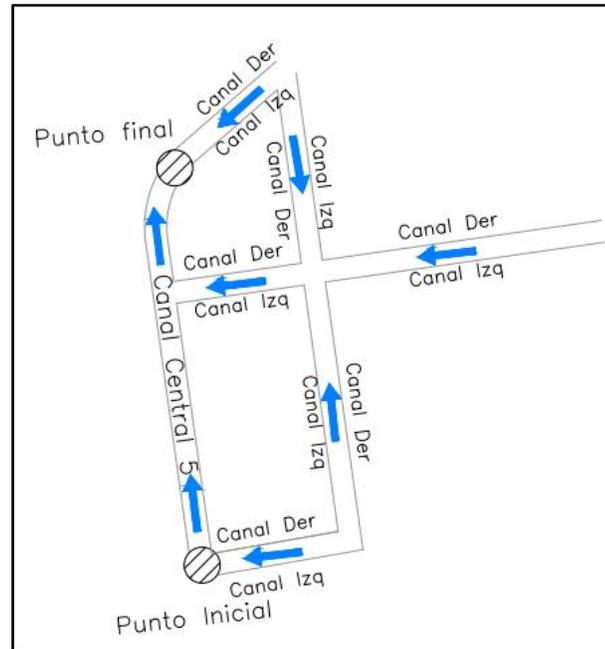


Figura 5.14 Trazado en planta del canal 5.

Por último con una longitud de 1283,01 m se define el canal 6 el cual se muestra en la figura 5.15

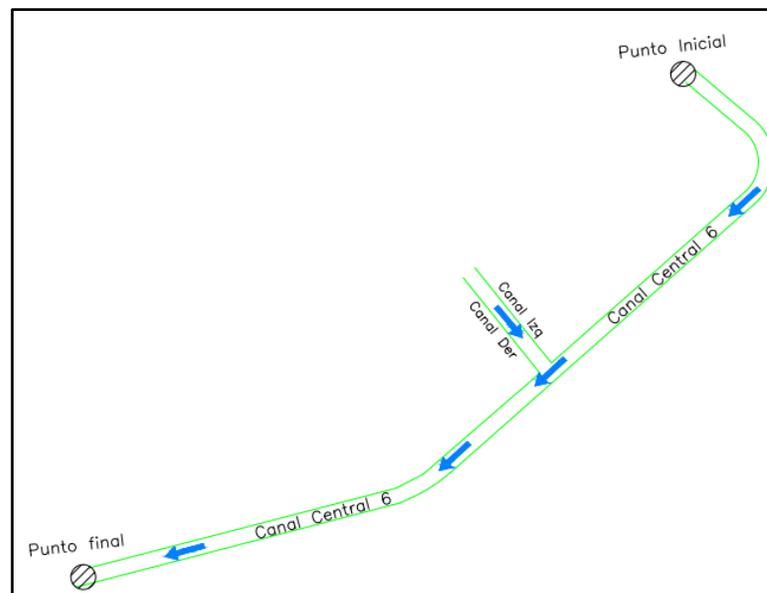


Figura 5.15 Trazado en planta del canal 6.

#### **5.4.2 Perfil longitudinal de los canales de drenajes**

Utilizando el programa AutoCAD, se dibujó en formato digital la trayectoria en planta de los canales de drenajes y sus perfiles con la información obtenida a partir del levantamiento topográfico realizado en el área de estudio y de los planos existentes. Los perfiles longitudinales fueron elaborados partiendo de dos ejes, el eje horizontal conformado por la longitud de los canales superficiales y el eje vertical denotado por las cotas del terreno.

En algunos casos se tomó la misma pendiente de la calle para el diseño de los canales mientras que en otros fue necesario modificarla, debido a que si se utilizaba la misma la velocidad del caudal se veía afectada de manera negativa y por consiguiente no cumplía con los parámetros geométricos e hidráulicos establecidos para la perfecta construcción de los canales. La pendiente del canal se mantuvo constante en todos los canales a lo largo de su recorrido desde el punto inicial hasta el final del canal.

Al realizar todos los pasos se verificó que cada elemento que forma parte de este conjunto cumpliera con los caracteres establecidos. Por tal motivo por cada uno de los canales podrá circular su respectivo caudal de manera eficiente, cumpliendo con el propósito de su objetivo.

En el Apéndice B se muestran los perfiles longitudinales que comprenden los 6 canales principales y los 36 secundarios del urbanismo, compuestos de líneas que delimitan las cota de la vía; las cotas de la rasante mejorada, la cual se utiliza en los casos donde fue necesario hacer cambios de pendientes con respecto la vía y la cota del lecho del canal, siendo esta el nivel de superficie del fondo del canal.

## 5.5 Parámetros geométricos e hidráulicos de los canales de drenaje

Para poder establecer la capacidad de los canales de drenajes y el gasto que estos pueden generar, fué necesario el cálculo de los parámetros más precisos según sea el caso tomando en cuenta una sección ideal, es decir, asumiendo las secciones del canal bajo condiciones de limpieza, puesto que la presencia de desechos sólidos imposibilita la función del mismo.

Para la elaboración de los parámetros geométricos e hidráulicos a través de la ingeniería básica fue necesario modificar las pendientes del terreno en algunos casos, ya que estas impedían cumplir con los requisitos para la elaboración de los canales de drenajes, dado que modificaban de manera significativa la velocidad del flujo; aumentando o disminuyendo la misma.

Este urbanismo consta de 6 canales centrales ubicados en las calles principales y 36 canales laterales ubicados en las calles secundarias. La elaboración de los mismos fue necesaria debido a que la capacidad hídrica de la vía no se daba abasto para soportar la cantidad de agua que circularía a través de las calles de todo el sector.

La geometría de los canales se hizo de sección rectangular con bases que oscilan entre 1,20 m y 2,00m para canales principales y 0,30 m a 1,20 m en canales secundarios y profundidades que van desde 1,50 m a 2,30 m y 0,40m a 1,50 m respectivamente.

En el ámbito hidráulico los parámetros fueron calculados a través de las fórmulas de Manning, el caudal que circula por cada canal principal varía entre 3,298 m<sup>3</sup>/s y 6,784 m<sup>3</sup>/s, diseñando de esta manera canales con capacidades mayores para evitar el desborde de los mismos; tomando como parámetros establecidos rangos de

velocidades que cumplieran con la velocidad máximas y mínimas para el diseño de canales de drenajes según la Gaceta Oficial N° 5318, Art. 3.24.

A continuación se especifican algunas características de diseño de los canales de drenajes principales:

#### **5.5.1 Canal principal 1**

Se trata de un canal de forma rectangular de concreto armado tapado con rejillas, con pendiente constante en todo su recorrido de 0,14% que comprende una longitud total de 1363,06 m. Sus dimensiones hasta la última progresivason de base 1,60 m y profundidad de 2,00 m diseñado para una capacidad de 6,637 m<sup>3</sup>/s con un área de 2,40 m<sup>2</sup> y una velocidad de flujo de 1,52 m/s.

#### **5.5.2 Canal principal 2**

Comprende una extensión total de 1505,32 m y pendiente de 0,14%. Sus dimensiones en todo el recorrido del canal son de base 2,00 m y profundidad de 2,30 m el cual abarca un área de 3,50 m<sup>2</sup> con una velocidad de recorrido de 1,97 m/s y calculado para una capacidad de 6,637 m<sup>3</sup>/s.

#### **5.5.3 Canal principal 3**

Este canal tiene un recorrido de 566,20 m, en cuanto a los parámetros geométricos e hidráulicos comprende una pendiente longitudinal de 0,35%, base de 1,30 m y profundidad de 1,50 m diseñado para un área de 1,63 m<sup>2</sup>, una velocidad de 2,12 m/sy un caudal de 3,440 m<sup>3</sup>/s.

#### **5.5.4 Canal principal 4**

Posee una distancia total de 885,41 m con una pendiente longitudinal de 0,32%. La base a lo largo de todo el canal de 1,60 m y profundidad de 1,80 m, con un área de 3,50 m<sup>2</sup> y con una velocidad de 2,24 m/s para una capacidad de 4,847 m<sup>3</sup>/s.

#### **5.5.5 Canal principal 5**

Se trata de un canal pendiente constante de 1,11% y una longitud total de 334,58 m. Sus dimensiones establecen una base de 1,20 m y profundidad de 1,30 m para la cual se calcula un área de 1,20 m<sup>2</sup> y velocidad de flujo de 3,43 m/s diseñado para una capacidad de 4,120 m<sup>3</sup>/s.

#### **5.5.6 Canal principal 6**

La extensión de este canal expresa una longitud de 1283,01 m con una pendiente constante en todo su trayecto de 0,32 %. La base es de 1,70 m y profundidad de 1,50 m para un área determinada de 1,87m<sup>2</sup>, velocidad de 2,18 m/s y una capacidad del canal de 4,082 m<sup>3</sup>/s.

En la tabla 5.17y 5.18 se muestrande manera detallada el diseño de los elementos geométricos e hidráulicos de los canales de drenajes principales y secundarios respectivamente.

Tabla 5.17 Elementos geométricos e hidráulicos de los canales de drenajes principales.

Calle	Canal	Caudal de diseño (Qd)		Coeficiente de rugosidad (n)	Pendiente Longitudinal (So)	Base (m)	Profundidad (m)	Borde Libre (BL)	Y+BL	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Radio hidráulico (m)	Velocidad (m/s)	Capacidad del Canal (m <sup>3</sup> /s)
		(Lts/seg)	(m <sup>3</sup> /s)											
1	Principal	3583,599	3,584	0,016	0,00140	1,60	1,50	0,50	2,00	2,4	4,60	0,52	1,52	3,637
2	Principal	6784,155	6,784	0,016	0,00182	2,00	1,75	0,58	2,30	3,50	5,50	0,64	1,97	6,904
3	Principal	3298,241	3,298	0,016	0,00356	1,30	1,25	0,42	1,50	1,63	3,80	0,43	2,12	3,440
4	Principal	4635,488	4,635	0,016	0,00323	1,60	1,35	0,45	1,80	2,16	4,30	0,50	2,24	4,847
5	Principal	3749,623	3,750	0,016	0,01116	1,20	1,00	0,33	1,30	1,20	3,20	0,38	3,43	4,120
6	Principal	3897,539	3,898	0,016	0,00325	1,70	1,10	0,37	1,50	1,87	3,90	0,48	2,18	4,082

Tabla 5.18 Elementos geométricos e hidráulicos de los canales de drenajes secundarios.

Calle	Canal	Caudal de diseño (Qd)		Coeficiente de rugosidad (n)	Pendiente Longitudinal (So)	Base (m)	Profundidad (m)	Borde Libre (BL)	Y+BL	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Radio hidráulico (m)	Velocidad (m/s)	Capacidad del Canal (m <sup>3</sup> /s)
		(Lts/seg)	(m <sup>3</sup> /s)											
a-1	Izq	39,191	0,039	0,016	0,00350	0,40	0,30	0,10	0,40	0,12	1,00	0,12	0,90	0,108
	Der	39,191	0,039	0,016	0,00350	0,40	0,30	0,10	0,40	0,12	1,00	0,12	0,90	0,108
a-2	Izq	690,227	0,690	0,016	0,00286	0,70	0,80	0,27	1,00	0,56	2,30	0,24	1,30	0,730
	Der	917,273	0,917	0,016	0,00286	0,70	1,00	0,33	1,30	0,70	2,70	0,26	1,36	0,952
b-2	Izq	748,609	0,749	0,016	0,00473	0,70	0,70	0,23	1,00	0,49	2,10	0,23	1,63	0,799
	Der	43,293	0,043	0,016	0,00473	0,30	0,35	0,12	0,50	0,11	1,00	0,11	0,96	0,100
c-2	Izq	37,110	0,037	0,016	0,00229	0,40	0,45	0,15	0,60	0,18	1,30	0,14	0,80	0,144
	Der	37,110	0,037	0,016	0,00229	0,40	0,45	0,15	0,60	0,18	1,30	0,14	0,80	0,144
d-2	Izq	51,214	0,051	0,016	0,00554	0,30	0,30	0,10	0,40	0,09	0,90	0,10	1,00	0,090
	Der	51,214	0,051	0,016	0,00554	0,30	0,30	0,10	0,40	0,09	0,90	0,10	1,00	0,090

Continuación de la Tabla 5.18.

e-2	Izq	65,779	0,066	0,016	0,00379	0,30	0,35	0,12	0,50	0,105	1,00	0,11	0,86	0,090
	Der	65,779	0,066	0,016	0,00379	0,30	0,35	0,12	0,50	0,105	1,00	0,11	0,86	0,090
a-3	Izq	37,225	0,037	0,016	0,00130	0,60	0,75	0,25	1,00	0,45	2,10	0,21	0,81	0,363
	Der	37,225	0,037	0,016	0,00130	0,60	0,75	0,25	1,00	0,45	2,10	0,21	0,81	0,363
b-3	Izq	53,956	0,054	0,016	0,00267	0,40	0,40	0,13	0,50	0,16	1,20	0,13	0,84	0,135
	Der	53,956	0,054	0,016	0,00267	0,40	0,40	0,13	0,50	0,16	1,20	0,13	0,84	0,135
a-4	Izq	1146,929	1,147	0,016	0,00336	0,90	0,85	0,28	1,10	0,77	2,60	0,29	1,60	1,225
	Der	176,797	0,177	0,016	0,00336	0,50	0,40	0,13	0,50	0,20	1,30	0,15	1,04	0,208
b-4	Izq	2105,215	2,105	0,016	0,00129	1,20	1,40	0,47	1,80	1,68	4,00	0,42	1,26	2,117
	Der	212,274	0,212	0,016	0,00129	0,60	0,80	0,27	1,20	0,48	2,20	0,22	0,81	0,391
c-4	Izq	31,175	0,031	0,016	0,00390	0,30	0,30	0,10	0,40	0,09	0,90	0,10	0,84	0,076
	Der	464,993	0,465	0,016	0,00390	0,60	0,65	0,22	0,80	0,39	1,90	0,21	1,36	0,529
a-5	Izq	17,142	0,017	0,016	0,0019	0,50	0,45	0,15	0,60	0,23	1,40	0,16	0,81	0,181
	Der	17,142	0,017	0,016	0,0019	0,50	0,45	0,15	0,60	0,23	1,40	0,16	0,81	0,181
b-5	Izq	61,065	0,061	0,016	0,01102	0,30	0,25	0,08	0,40	0,08	0,80	0,09	1,35	0,102
	Der	61,065	0,061	0,016	0,01102	0,30	0,25	0,08	0,40	0,08	0,80	0,09	1,35	0,102
c-5	Izq	2676,655	2,677	0,016	0,00351	1,20	1,15	0,38	1,50	1,38	3,50	0,39	1,99	2,748
	Der	139,643	0,140	0,016	0,00351	0,40	0,40	0,13	0,50	0,16	1,20	0,13	0,97	0,155
d-5	Izq	1364,475	1,364	0,016	0,00500	0,80	0,95	0,32	1,30	0,76	2,70	0,28	1,90	1,443
	Der	34,667	0,035	0,016	0,00500	0,40	0,30	0,10	0,40	0,12	1,00	0,12	1,08	0,129
e-5	Izq	37,263	0,037	0,016	0,00250	0,40	0,45	0,15	0,60	0,18	1,30	0,14	0,84	0,151
	Der	37,263	0,037	0,016	0,00250	0,40	0,45	0,15	0,60	0,18	1,30	0,14	0,84	0,151
f-5	Izq	494,882	0,495	0,016	0,00630	0,70	0,50	0,17	0,70	0,35	1,70	0,21	1,73	0,606
	Der	46,219	0,046	0,016	0,00630	0,40	0,25	0,08	0,40	0,10	0,90	0,11	1,15	0,115
a-6	Izq	2358,509	2,359	0,016	0,00235	1,20	1,25	0,42	1,50	1,5	3,70	0,41	1,66	2,489
	Der	35,482	0,035	0,016	0,00235	0,40	0,45	0,15	0,60	0,18	1,30	0,14	0,81	0,146

Las dimensiones de los canales externos se encuentran especificadas en la tabla 5.19.

Tabla 5.19 Dimensiones de los canales externos del urbanismo.

Descarga	Q (m <sup>3</sup> /s)	n	So	Base (m)	Y (m)	BL (m)	Y+BL	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Radio hidráulico (m)	V (m/s)	Dh (m)
<b>A</b>	3,750	0,016	0,02	2,00	0,50	0,10	0,60	1,20	3,20	0,38	4,43	0,60
<b>B</b>	6,882	0,016	0,01	2,50	0,60	0,10	0,70	1,75	3,90	0,45	4,27	0,70
<b>C</b>	15,317	0,016	0,01	3,00	0,9	0,10	1,00	3,24	5,00	0,60	4,92	1,08

## **CAPÍTULO VI**

### **LA PROPUESTA**

#### **6.1 Objetivo general**

Propuesta de un sistema de recolección de aguas pluviales mediante canales abiertos en el urbanismo Ezequiel Zamora, ubicado en Chaguaramas, municipio Sotillo, estado Monagas, Venezuela.

#### **6.2 Desarrollo de la propuesta**

En este proyecto se plantea la instalación de un sistema de captación de aguas pluviales que se encargue de llevar las aguas a puntos de descargas establecidos. El sistema de drenaje está conformado por 6 subcuencas o canales abiertos ubicados en la parte central de la vía, 30 ramales secundarios y 6 terciarios ubicados a los laterales de las calles. Los canales tienen longitudes que varían desde 334,58 m hasta 1505,32 m, para un total de área drenada de 132,524 ha. Por los canales principales circularán caudales de diseños que oscilan entre 3,298 m<sup>3</sup>/s y 6,784 m<sup>3</sup>/s, transportados hasta sus respectivos puntos de descargas utilizando torrenteras que se encarguen de disipar la energía. En el punto A descarga el canal principal 5, en el punto B los canales 1 y 3, y en el C los canales 2, 4, 6.

#### **6.3 Metodología de la propuesta**

Visita de inspección a la zona, delimitación de la cuenca y subcuencas de estudio, recopilación de la información necesaria y del material bibliográfico relacionado con los sistemas de drenajes, así como indagar acerca de las características climáticas, físicas, geográficas e hidrológicas presentes en el lugar.

Para la estimación del caudal de diseño se procedió a la aplicación del Método racional. Una vez determinado el gasto de diseño y las áreas, tiempo de concentración e intensidades de lluvia de la zona, se procedió al diseño de 6 subcuencas que conducirán las escorrentías superficiales hacia tres puntos de descargas finales, tomando en cuenta las especificaciones y normas para la construcción de los mismos.

#### **6.4 Justificación de la Propuesta**

Se basa en aportar una solución para las inundaciones presentadas en este sector, y así facilitar y mejorar la forma de vida de cada habitante de esta población. Los beneficios que presentará la colocación de un sistema de captación de aguas pluviales en el urbanismo Ezequiel Zamora serán muy notables, dado que cuando se presenten ciclos de lluvias ya los habitantes no tendrían problemas a la hora de trasladarse, también se evitaría inundaciones de cualquier tipo y enfermedades ocasionadas por las mismas.

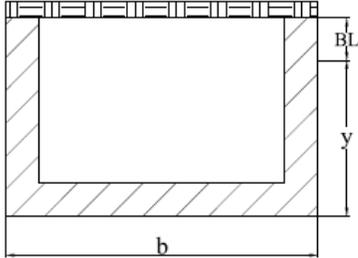
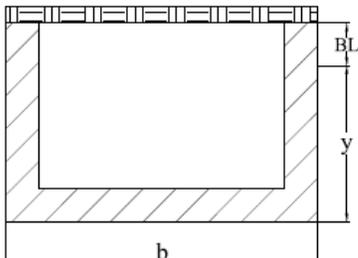
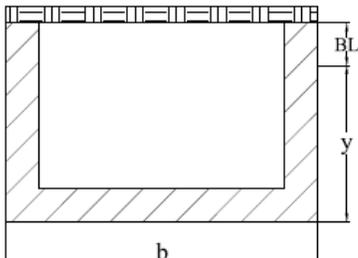
#### **6.5 Alcance de la Propuesta**

Planificar, evaluar y proyectar un sistema de captación de aguas pluviales que sea apto para manejar y transportar las aguas de lluvias que se presenten en el sector, y sea capaz de trasladar dicha escorrentía superficial hasta su sitio de descarga.

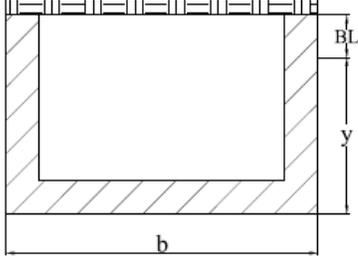
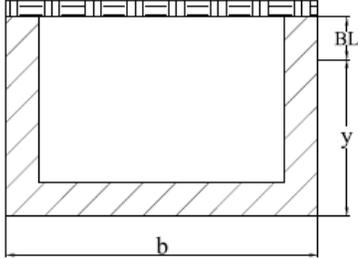
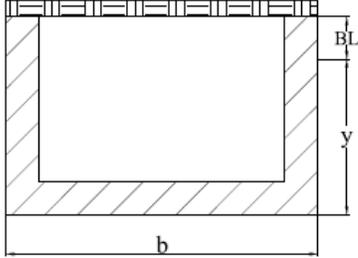
#### **6.6 Dimensionamiento de los canales**

Todos los canales se construyeron de sección rectangular, por motivos de escaso espacio disponible en las vialidades, con un revestimiento de concreto de 0,15m. En la tabla 6.1 se presentan las características de los canales de drenajes.

Tabla 6.1 Características físicas de las secciones de los canales de drenajes.

	<p><b>Canal principal 1</b> Sección rectangular revestida en Concreto</p> <p>Longitud = 1363,09 m So = 0,140% b = 1,60m BL = 0,50m y = 1,50m</p>
	<p><b>Canal principal 2</b> Sección rectangular revestida en Concreto</p> <p>Longitud = 1505,32 m So = 0,182% b = 2,00m BL = 0,55m y = 1,75m</p>
	<p><b>Canal principal 3</b> Sección rectangular revestida en Concreto</p> <p>Longitud = 566,20 m So = 0,356% b = 1,30m BL = 0,25m y = 1,25m</p>

Continuación de la tabla 6.1.

	<p><b>Canal principal 4</b> Sección rectangular revestida en Concreto</p> <p>Longitud = 885,41 m So = 0,323 % b = 1,60 m BL = 0,45 m y = 1,35 m</p>
	<p><b>Canal principal 5</b> Sección rectangular revestida en Concreto</p> <p>Longitud = 334,58 m So = 1,116 % b = 1,20 m BL = 0,30 m y = 1,00 m</p>
	<p><b>Canal principal 6</b> Sección rectangular revestida en Concreto</p> <p>Longitud = 1283,01 m So = 0,325 % b = 1,70 m BL = 0,40 m y = 1,10 m</p>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. El área del proyecto se enmarca en la zona de vida Bosque seco Tropical, según la clasificación climática de Holdridge. En el área de estudio se recibe una pluviosidad promedio alrededor de los 1088 mm anuales, con una temperatura media anual que oscila alrededor de los 27°C y evaporación promedio que supera los 2.200 mm por año. De acuerdo con esto, el área se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico, caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C. La humedad relativa media anual está por el orden del 75 %, según los datos de la estación Puerto Ordaz y la velocidad media anual del viento, estimada para la zona, está cerca de los 1,8 km/h, con dirección prevaleciente este-noreste.
2. Los parámetros morfométricos de la cuenca corresponden a un área enmarcada dentro de la población de Palital con una superficie de 132,524 ha. Dentro de los límites del área se obtuvo en los cálculos una pendiente media de categoría suave cuyo rango está de 0 a 2% en toda su extensión y que fue dividida en seis (6) subcuencas donde se diseñaron seis (6) canales principales centrales.
3. La determinación de la Intensidad de diseño se hizo para un periodo de retorno de 25 años, ya que el proyecto se encuentra en la zona rural de nuestro país; es por esto que se determinó un periodo lo suficientemente grande para no incurrir al rediseño del sistema de drenaje de aguas de lluvias. Para esto se utilizaron las curvas IDF correspondiente a la región hidrológica III que permitieron el análisis para duraciones inferiores a 1 hora, es por eso, que en algunos casos con tiempos de concentraciones mayores a 60 min se igualaron a dicho tiempo.

4. La capacidad hidráulica de la vía es menor a el caudal que circulará a través de la misma, por lo tanto fue necesario la construcción de canales de drenajes en todas las calles del urbanismo. Los caudales máximos de diseño se obtuvieron mediante el método racional, con caudales de subcuencas que corresponden a valores que oscilan entre  $3,298 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $6,784 \text{ m}^3/\text{s}$ . La cuenca está conformada por 3 puntos de descarga por donde circularán caudales de  $3,750 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $6,882 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $15,317 \text{ m}^3/\text{s}$  respectivamente.
5. Los perfiles longitudinales de los canales principales fueron creados mediante el programa AutoCAD con pendientes que oscilan entre  $0,140\%$  y  $1,116\%$ . Todos estos canales tienen un sentido predominante que va de norte a sur, siguiendo el mismo trazado de la vialidad principal. En el trazado en planta se pueden observar los 6 canales principales que conforman la cuenca ubicada dentro de la poligonal de estudio y ramificados a ellos los canales diseñados a ambos lados de las calles que las integran.
6. Los canales diseñados fueron efectuados según una sección rectangular debido al escaso espacio disponible en las vialidades, con anchos que varían entre  $0,30\text{m}$  y  $2,00\text{m}$ ; y profundidades que van desde  $0,40\text{m}$  hasta  $2,30\text{m}$ , cumpliendo así con los parámetros establecidos de velocidades mínimas y máximas.

### **Recomendaciones**

1. Por la envergadura de este proyecto, siempre se desea una mejora continua del mismo; por lo tanto se recomienda limpiar periódicamente los canales, eliminando el fango que se deposita y las malezas que crecen en el fondo, caso contrario muy fácilmente el flujo del agua se modificaría y se perdería la eficiencia del sistema.

2. Se recomienda la revegetalización ya que incrementa la infiltración y reduce la escorrentía. La vegetación ofrece protección física al suelo frente al impacto de la lluvia y la escorrentía reduce la velocidad del agua, al aumentar la resistencia hidráulica del terreno, disminuye la capacidad erosiva del agua.
  
3. Se debe crear conciencia mediante jornadas, charlas entre otros a los habitantes de la zona con respecto a la mala disposición de desechos sólidos que generan obstrucciones en el sistema vial y en el sistema de drenaje.

## REFERENCIAS

Arocha, Simón. (1983). **CLOACAS Y DRENAJES, TEORÍA Y DISEÑO**. Ediciones Vega s.r.l, Caracas, Venezuela, (pp. 21-210).

Balestrini, M. (1997). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial BL Consultores asociados, Caracas, Venezuela, (p. 137).

Balestrini, M. (2002). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial BL Consultores asociados, Caracas, Venezuela, (p. 9).

Bolinaga, Juan. (1979). **DRENAJE URBANO**. Instituto nacional de obras sanitarias, Caracas, Venezuela, (p. 144).

Carciente, Jacob. (1985). **CARRETERAS, ESTUDIO Y PROYECTO**. Ediciones Vega, Caracas, Venezuela, (p. 215).

Chow, Ven Te. (1982). **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Editorial Diana, Colombia.

Chow, Ven Te. (1994). **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Editorial McGRAW-HILL, Santafé de Bogotá, Colombia, (pp. 7-21).

Chow, Ven Te. (2004). **HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS**. Editorial Nomos S.A, Bogotá, Colombia, (pp. 5-23).

Diccionario de la lengua castellana. (2012). **REAL ACADEMIA ESPAÑOLA**, Edición Madrid.

Fidias, Arias. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, (pp. 27-69).

Fidias, Arias. (2012). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, (p. 31).

Franceschi, L. (1984). **DRENAJE VIAL**. Editorial del Colegio de Ingenieros, Caracas, Venezuela.

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (1994). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Mc.Graw Hill, México, (p. 212).

Hurtado de Barrera. (2008). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Magisterio, Bogotá, Colombia, (p. 459).

Instituto Nacional de Obras Sanitarias. (1999). **NORMAS E INSTRUCTIVOS PARA EL PROYECTO DE ALCANTARILLADOS**. Gaceta Oficial N°5318 extraordinaria, Caracas, Venezuela.

López, Luís. (1998). **CARTILLA DE URBANISMO**. Editores Presa Peyran editores, Caracas, Venezuela.

Ministerio de Minas e Hidrocarburos. (1970). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Segunda edición. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela, (pp. 16-414).

Ministerio de Obras Públicas. (1967). **MANUAL DE DRENAJE**. Caracas, Venezuela, (pp. 91-96).

Rocha, A. (2002). **HIDRÁULICA DE TUBERÍAS Y CANALES**. 1ª Edición, Lima, Perú, (p. 13).

Sabino, C. (1992). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo, Caracas, (p. 118).

Schosinsky, G., Losilla, M. (2000). **MODELO ANALÍTICO PARA DETERMINAR LA INFILTRACIÓN CON BASE EN LA LLUVIA MENSUAL**. Revista geológica de América central, 10 de noviembre del 2014, [<http://www.latindex.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/viewFile/8579/8102>].

Tamayo y Tamayo, M. (2006). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Editorial Limusa, Distrito Federal, México, (p. 71).

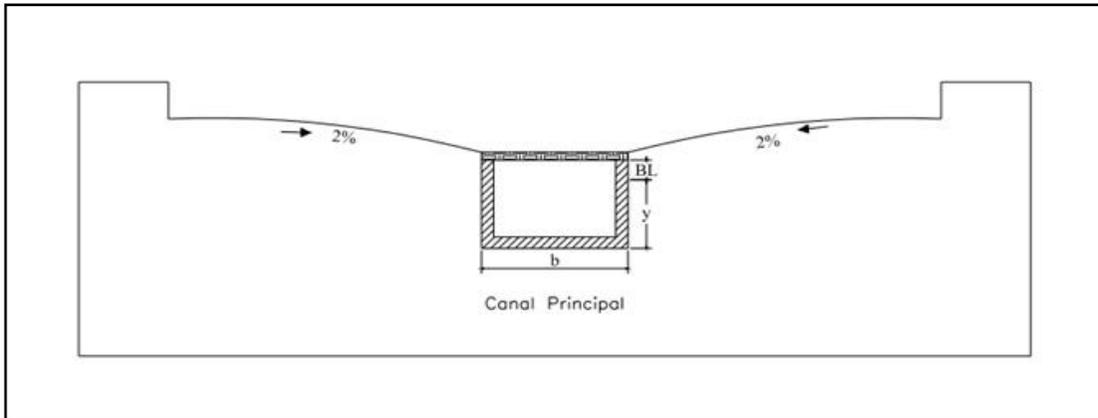
Universidad de Oriente. (2011). **MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO**, Ciudad Bolívar, Venezuela, (pp. 1-36).

Zinck, Alfred. (1977). **LOS RÍOS DE VENEZUELA**. Cuadernos Lagoven, Caracas, Venezuela.

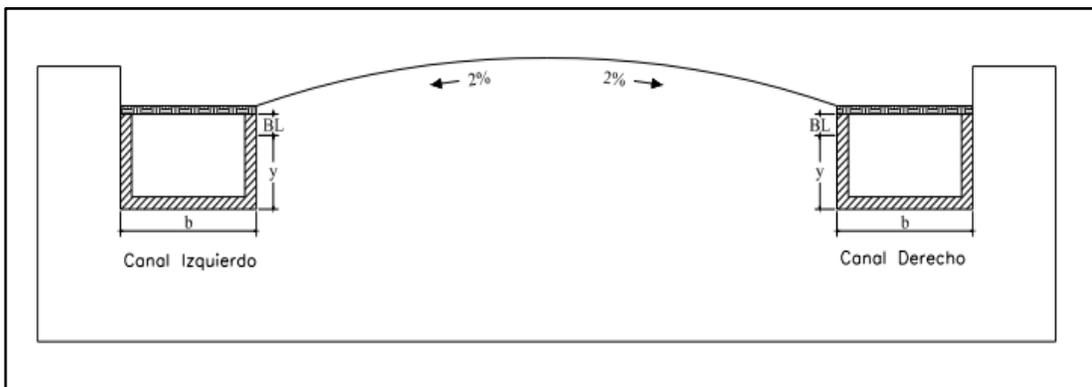
## **APÉNDICES**

## **APÉNDICE A**

### **Secciones transversales típicas de los canales de drenajes**



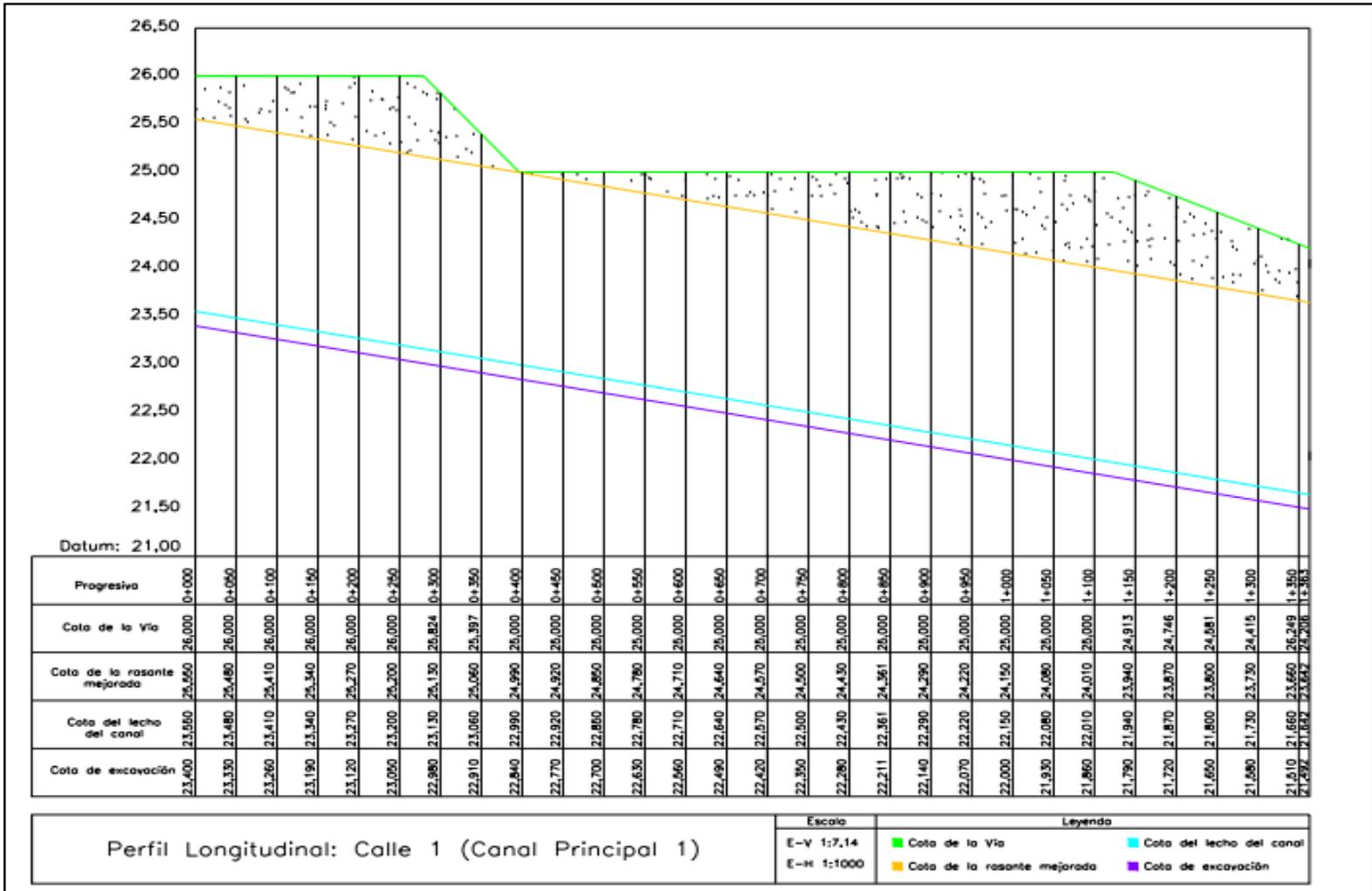
A.1 Sección transversal típica del canal principal.



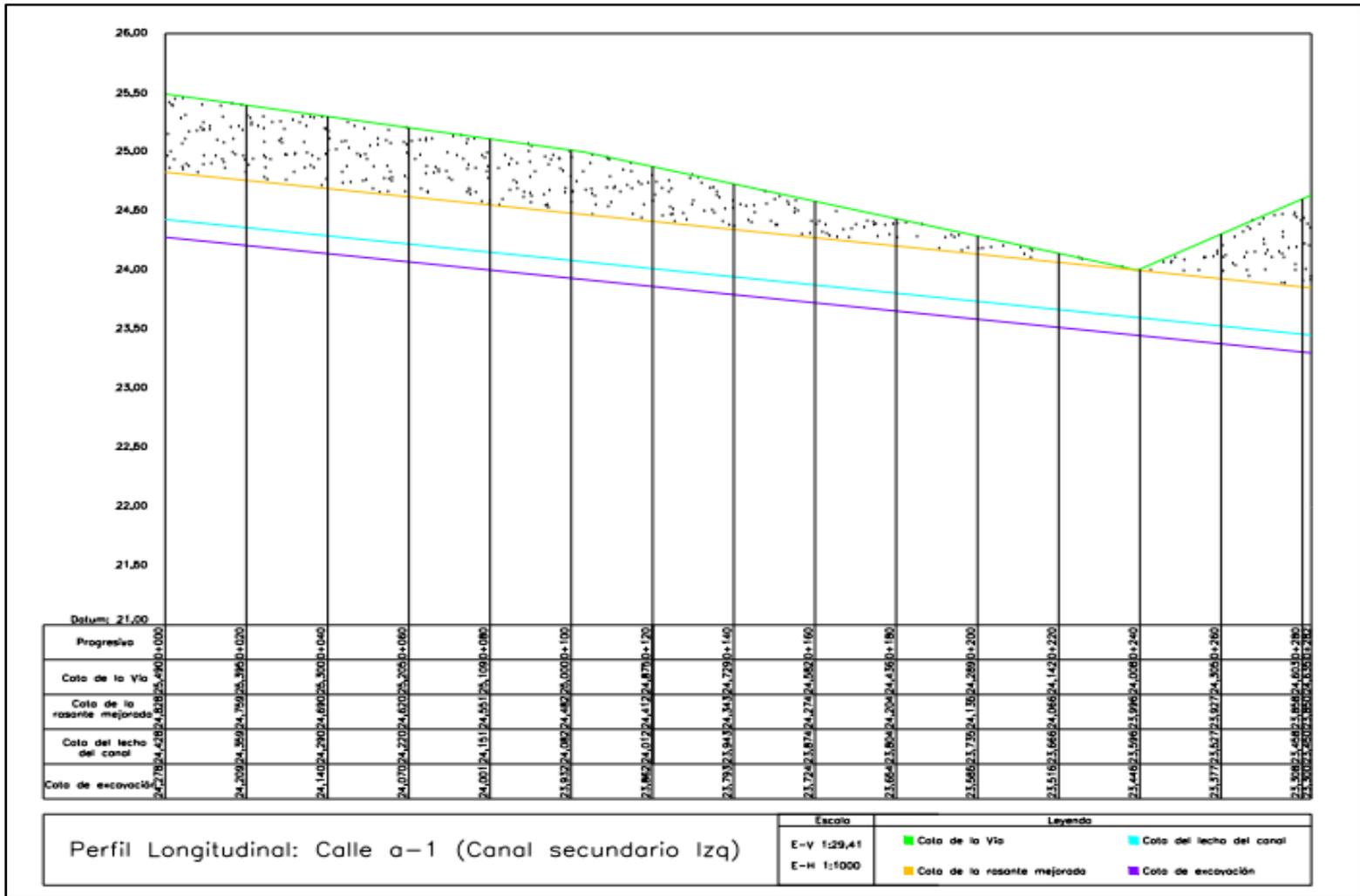
A.2 Sección transversal típica de los canales secundarios.

## **APÉNDICE B**

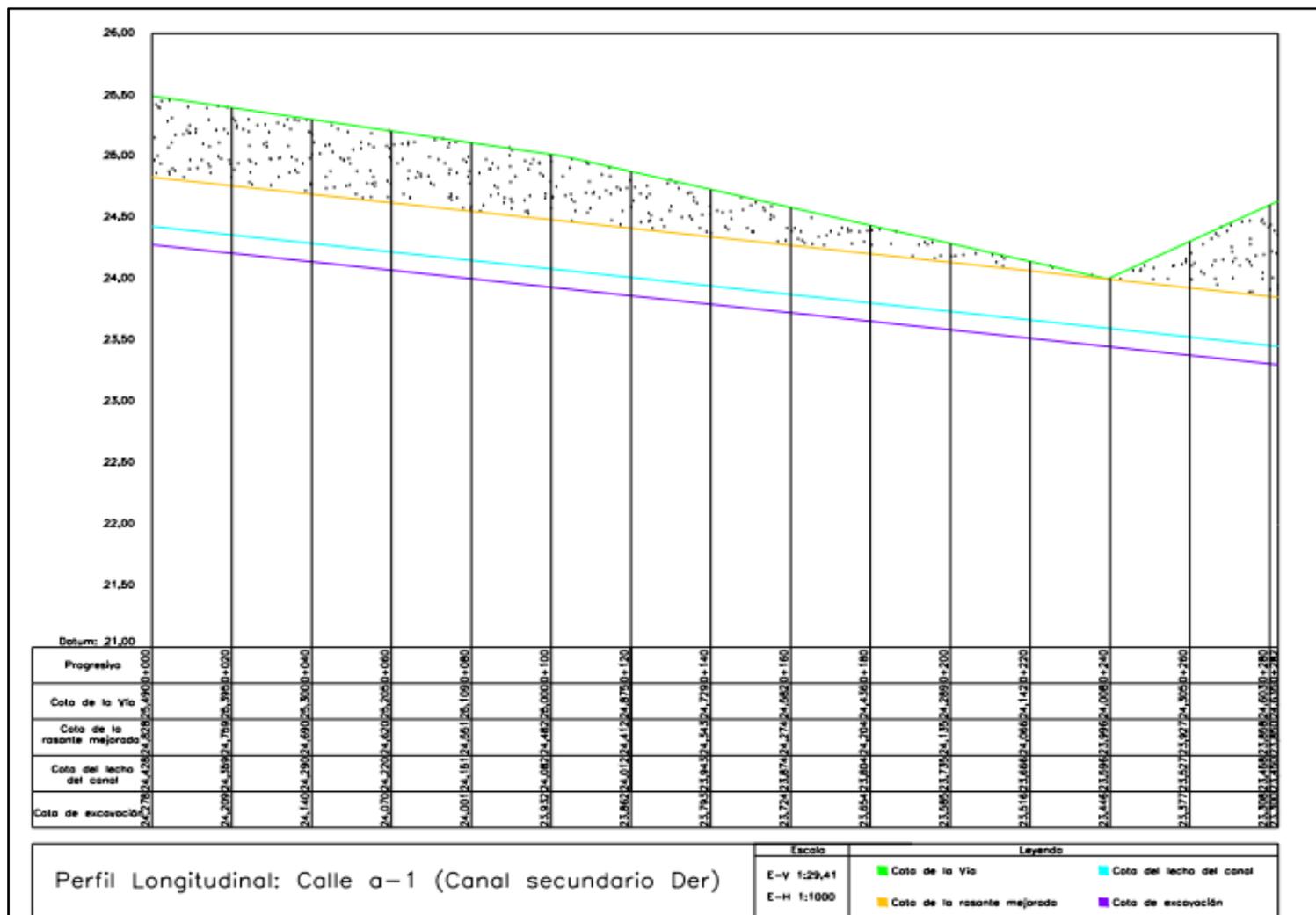
### **Perfiles longitudinales de los canales de drenajes**



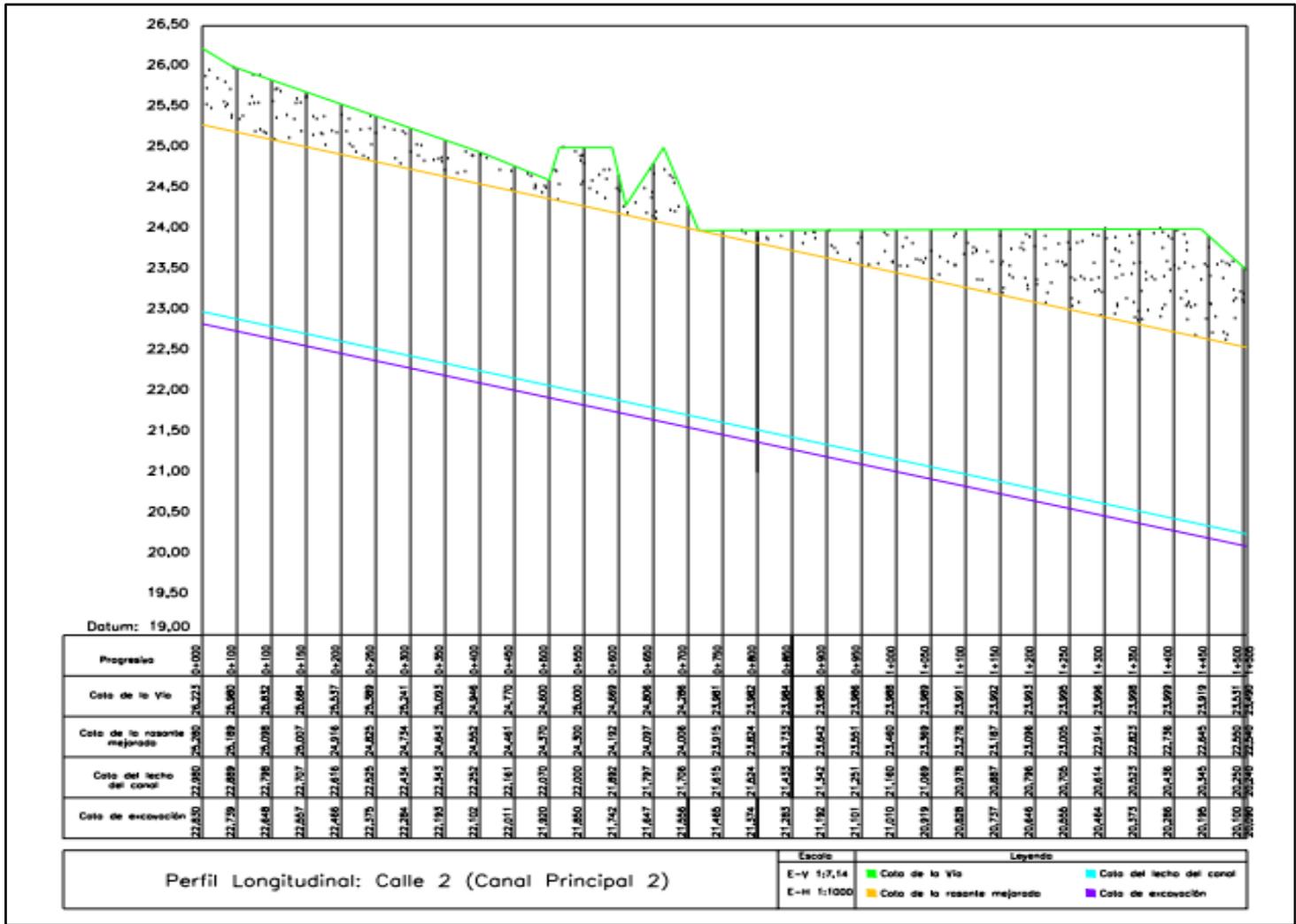
B.1 Perfil longitudinal del canal principal 1.



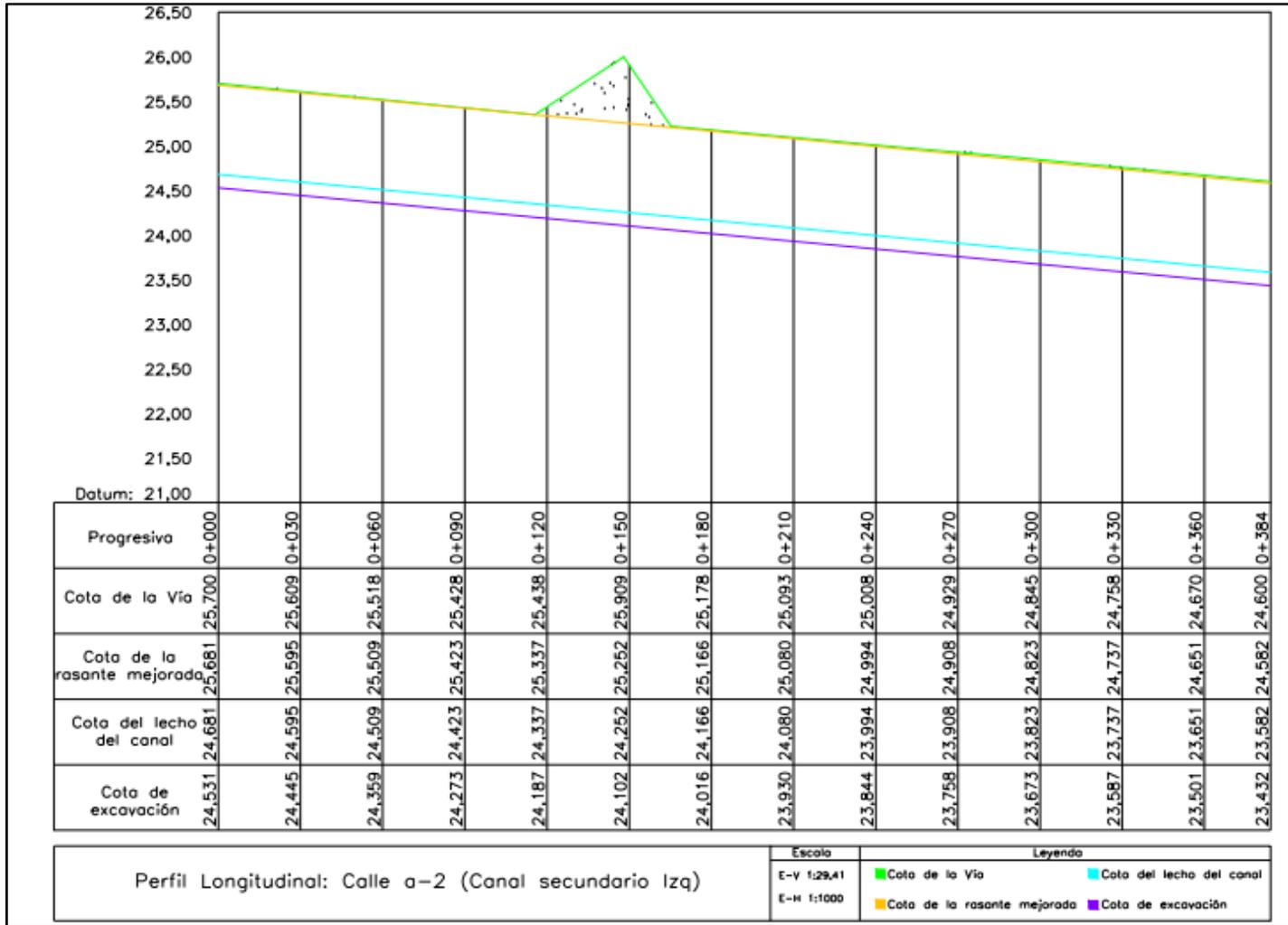
B.2 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-1.



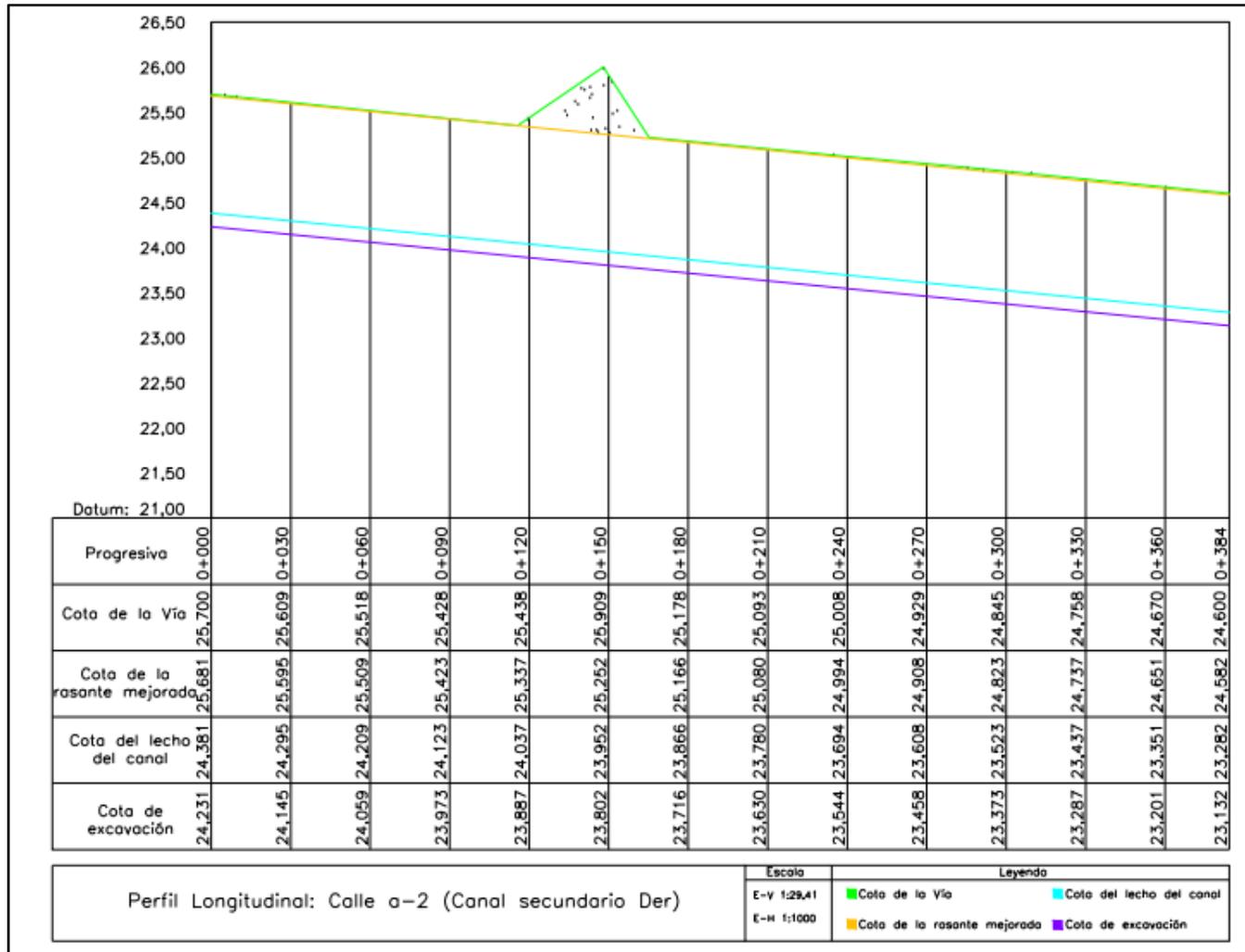
B.3 Perfil longitudinal del canal derecho a-1.



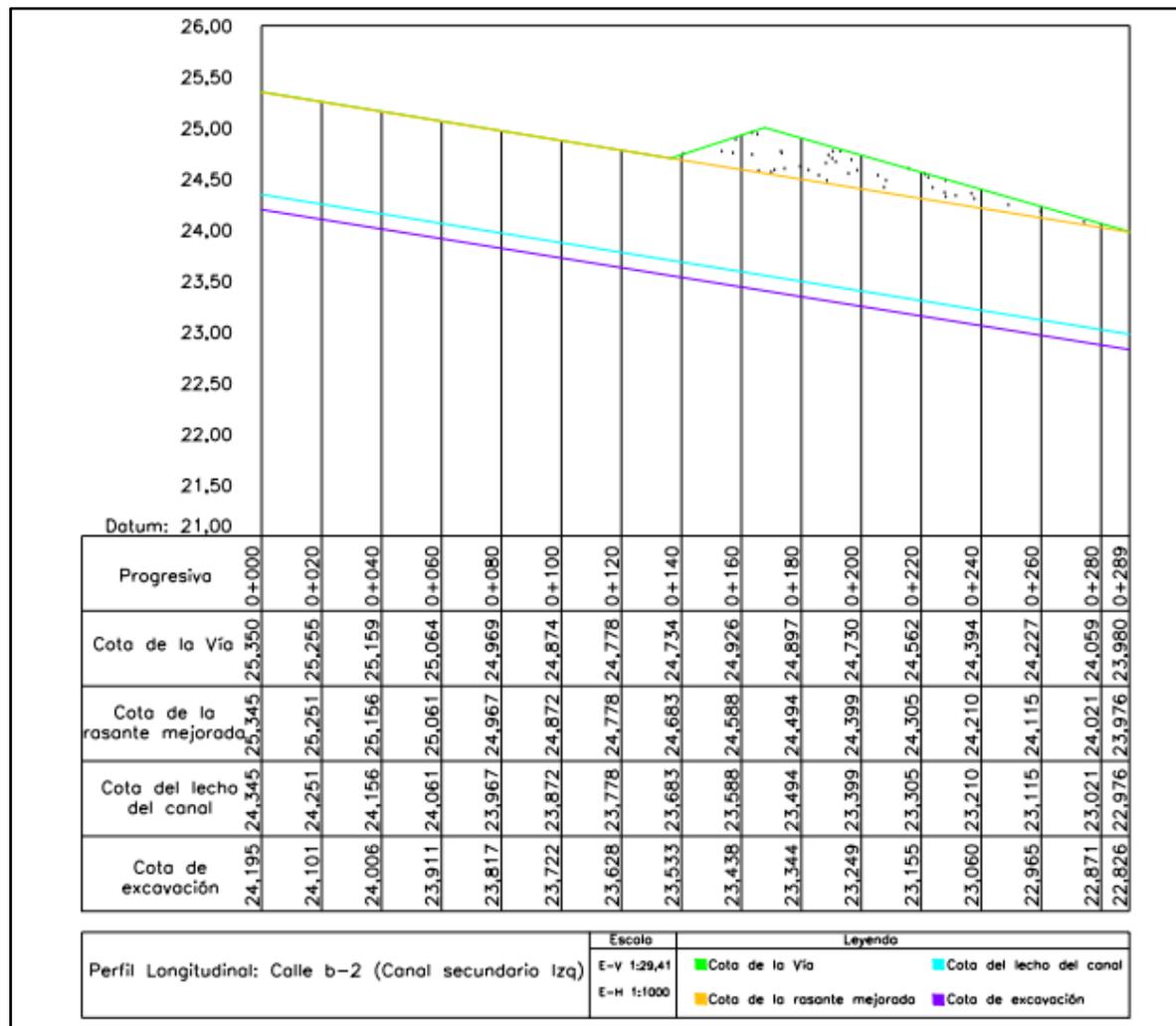
B.4 Perfil longitudinal del canal principal 2.



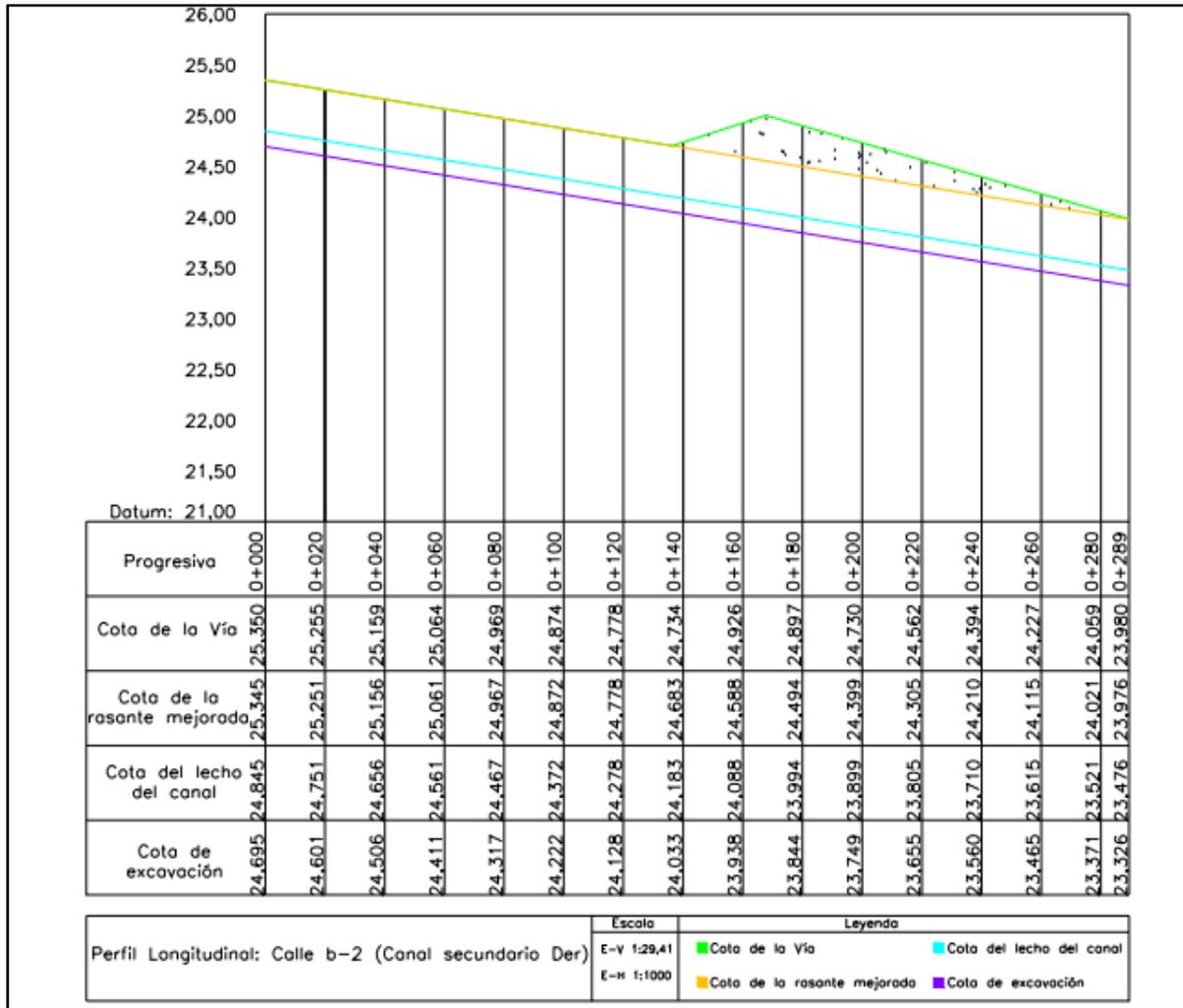
B.5 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-2.



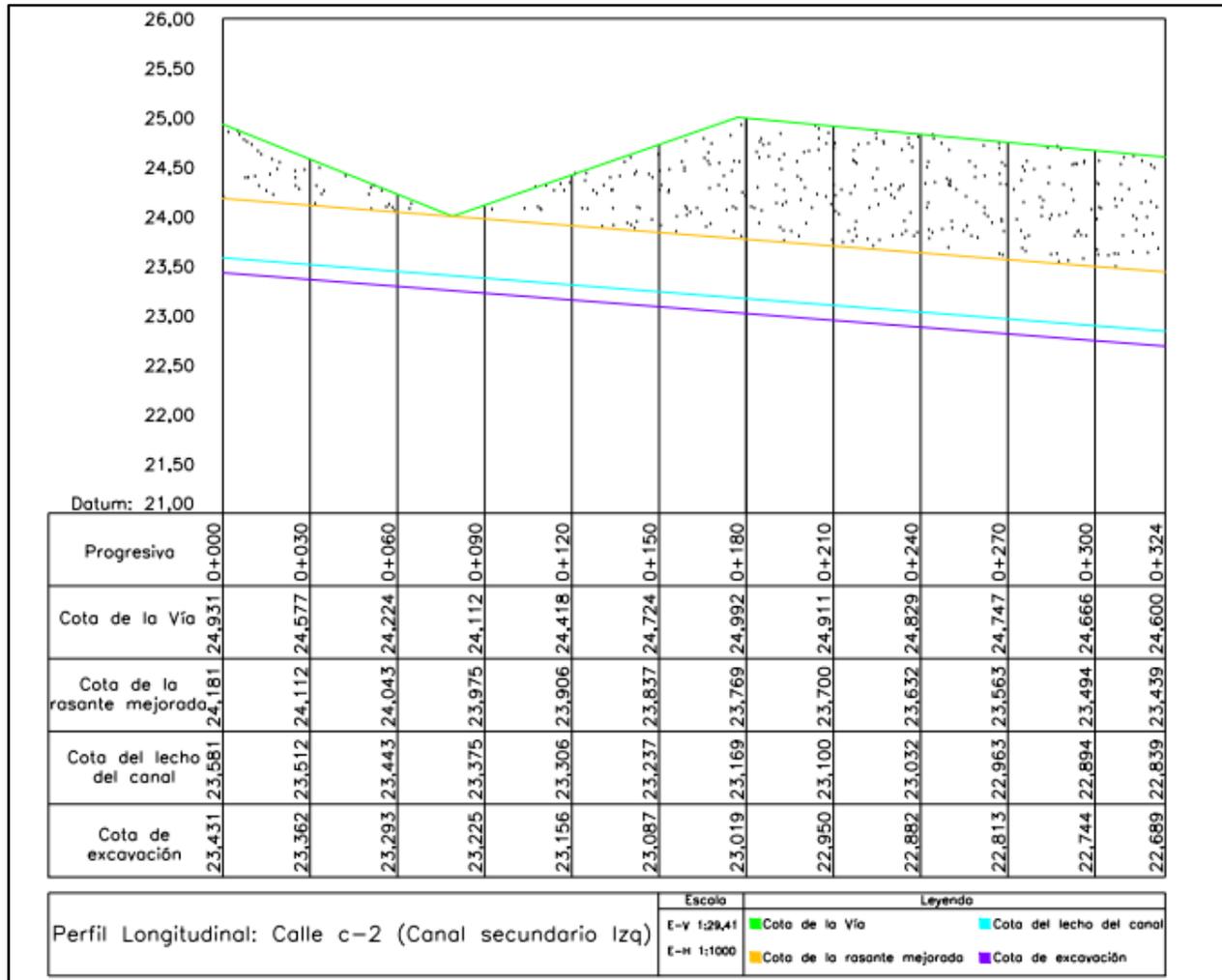
B.6 Perfil longitudinal del canal derecho a-2.



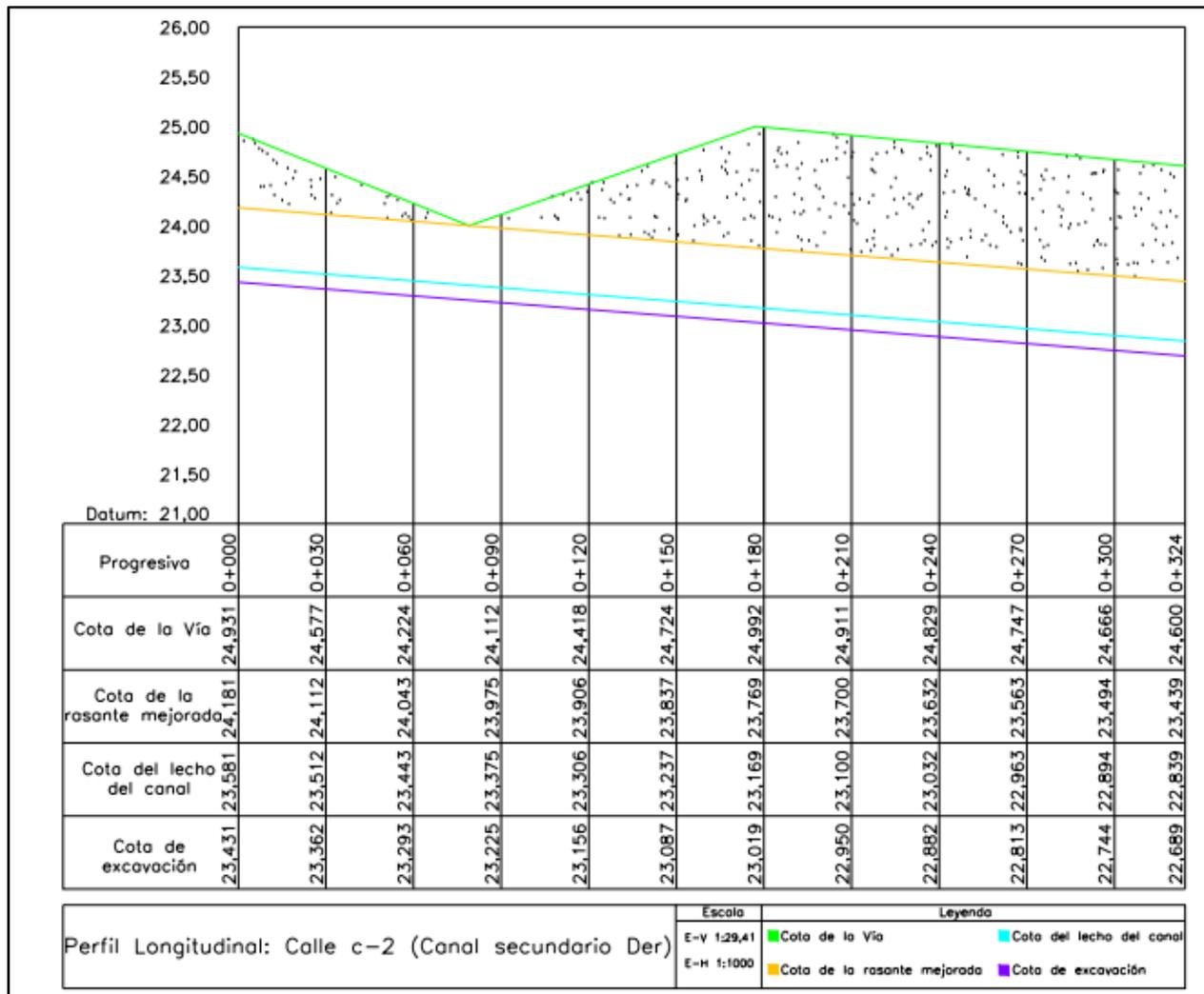
B.7 Perfil longitudinal del canal izquierdo b-2.



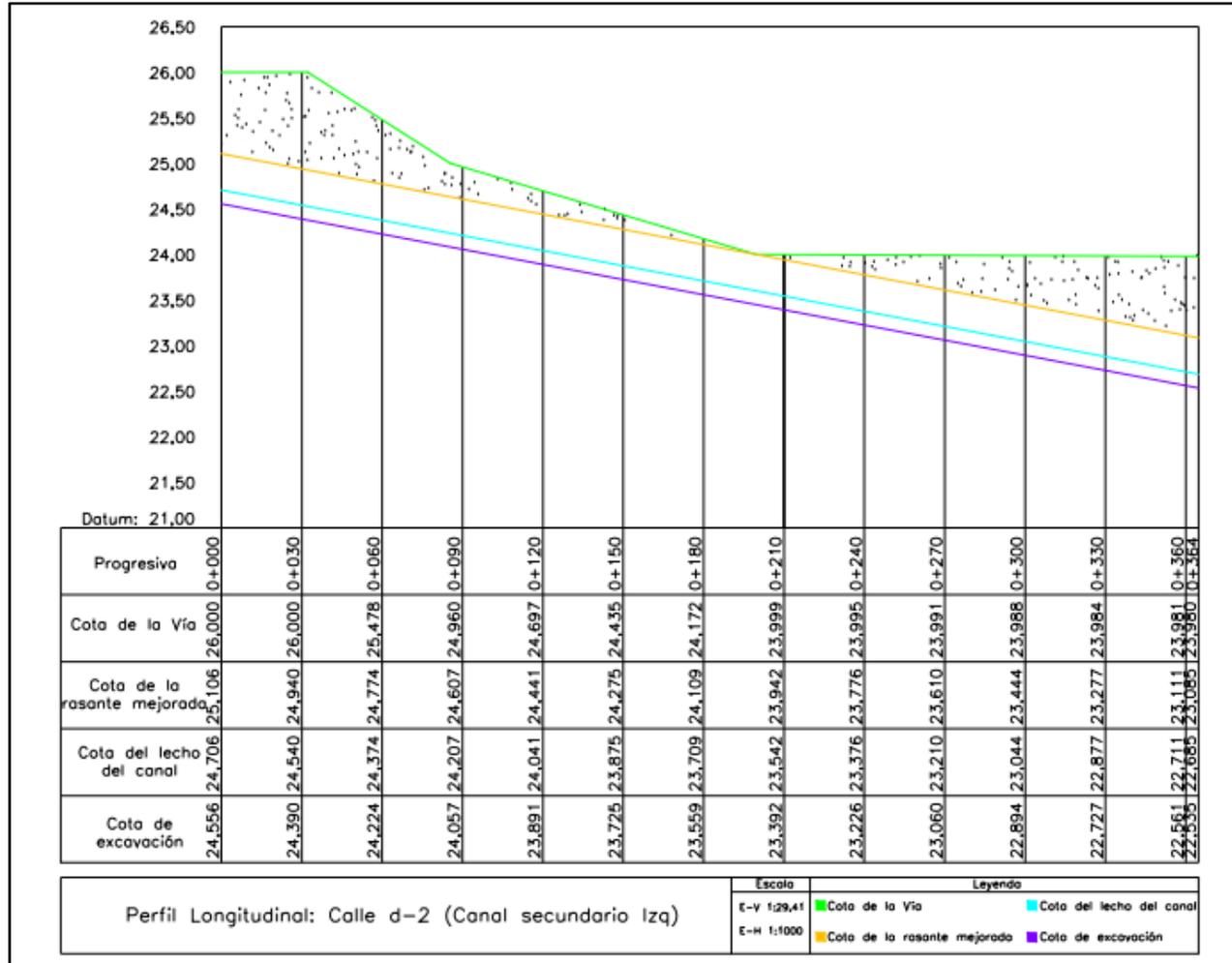
B.8 Perfil longitudinal del canal derecho b-2.



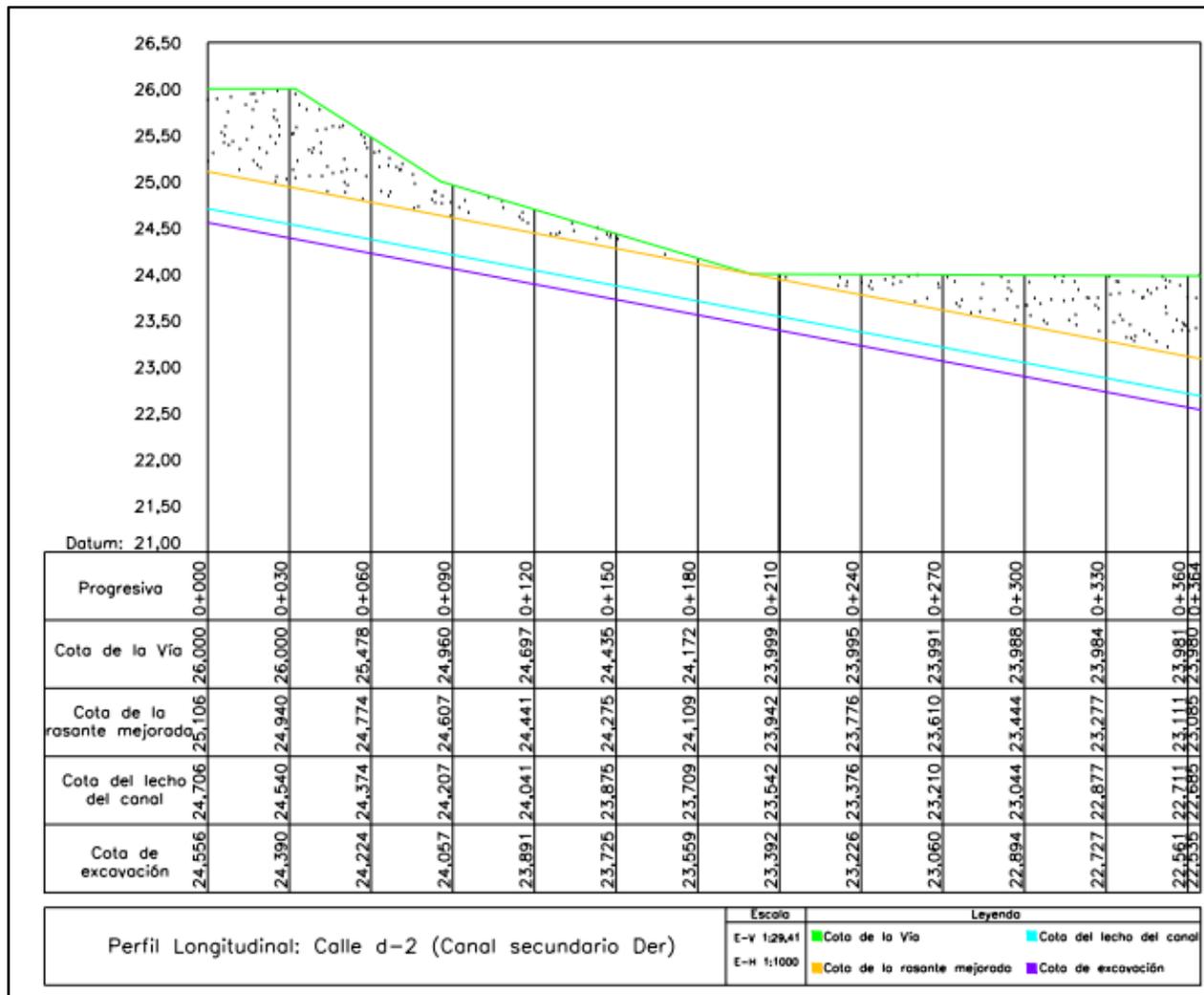
B.9 Perfil longitudinal del canal izquierdo c-2.



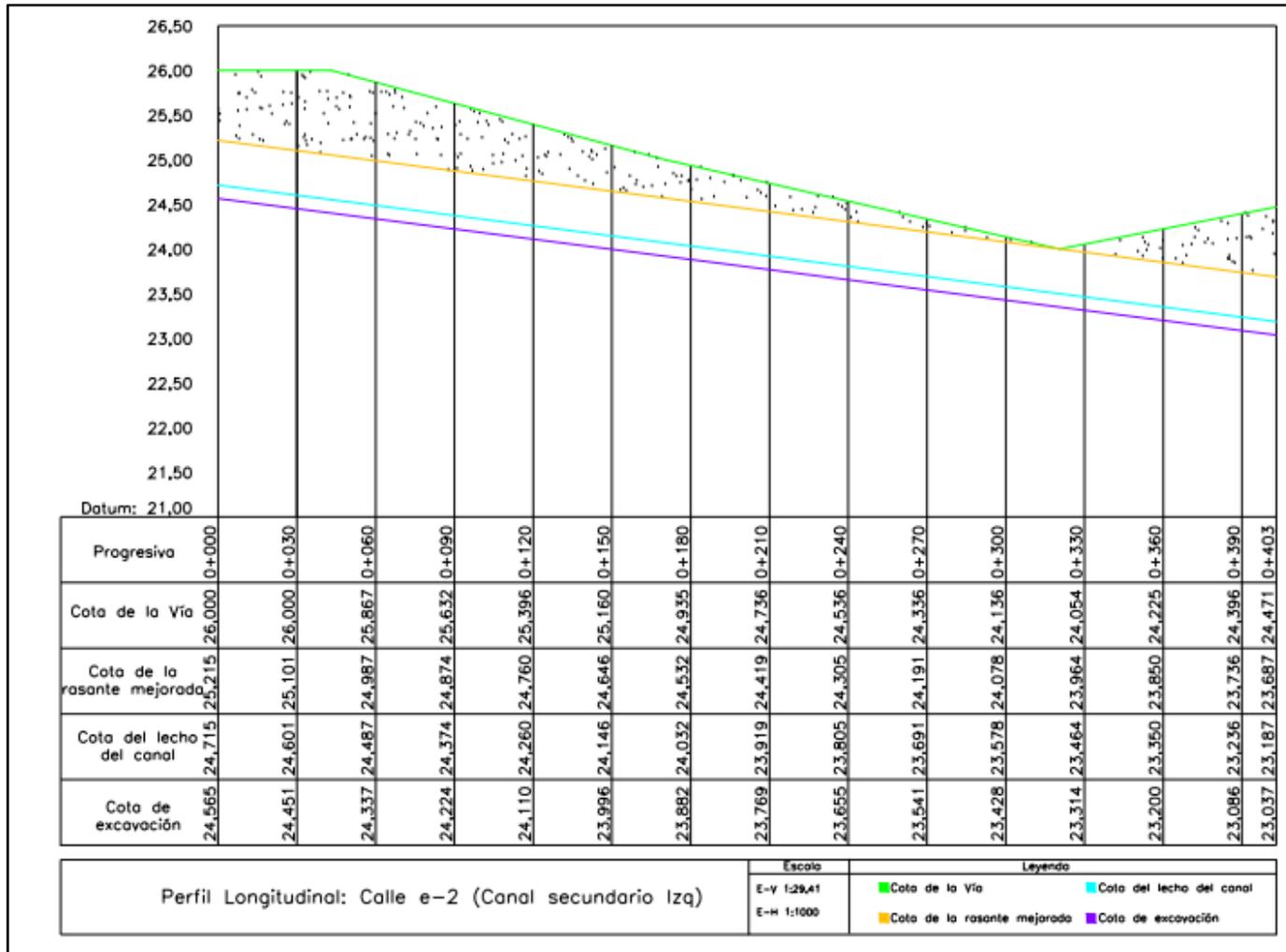
B.10 Perfil longitudinal del canal derecho c-2.



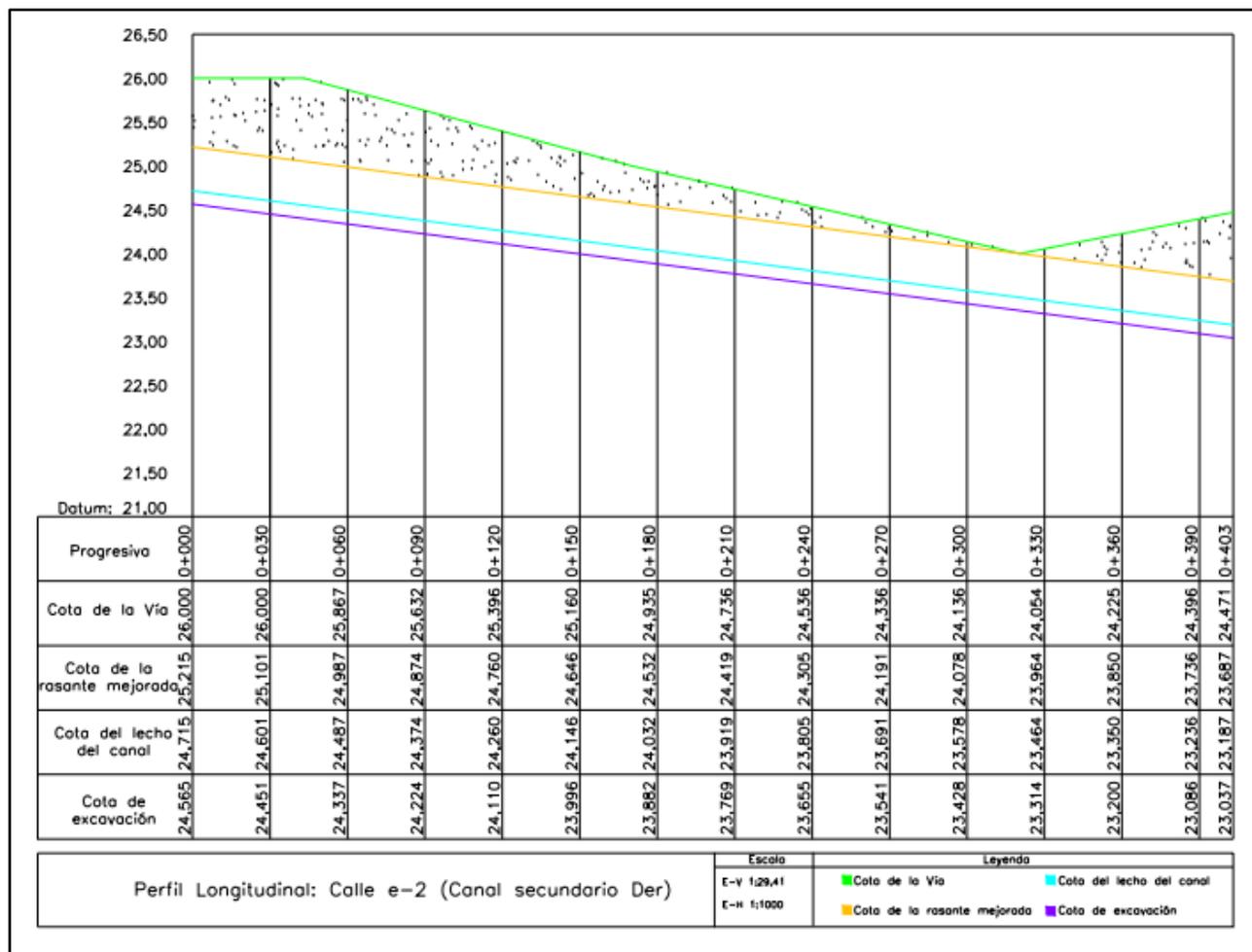
B.11 Perfil longitudinal del canal izquierdo d-2.



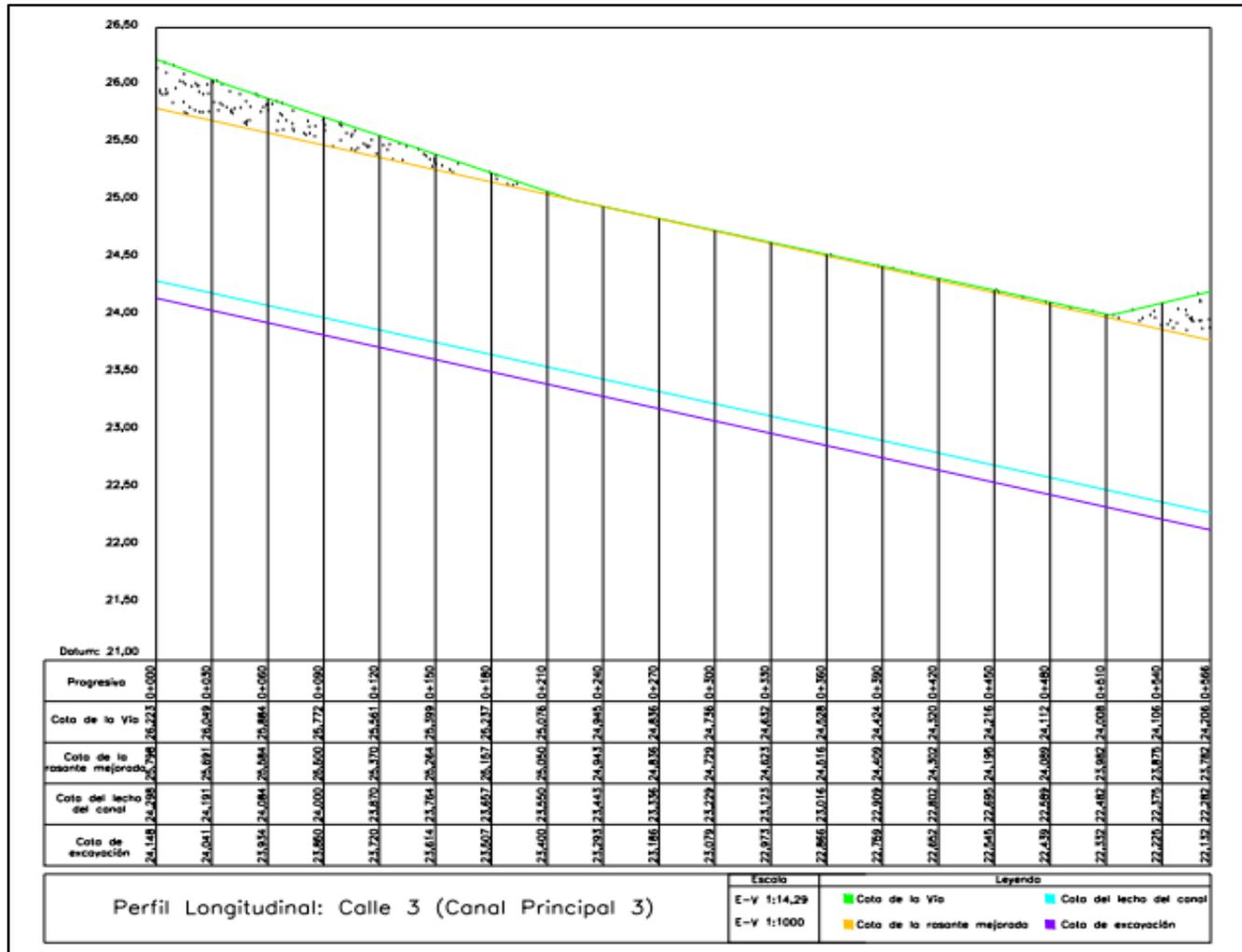
B.12 Perfil longitudinal del canal derecho d-2.

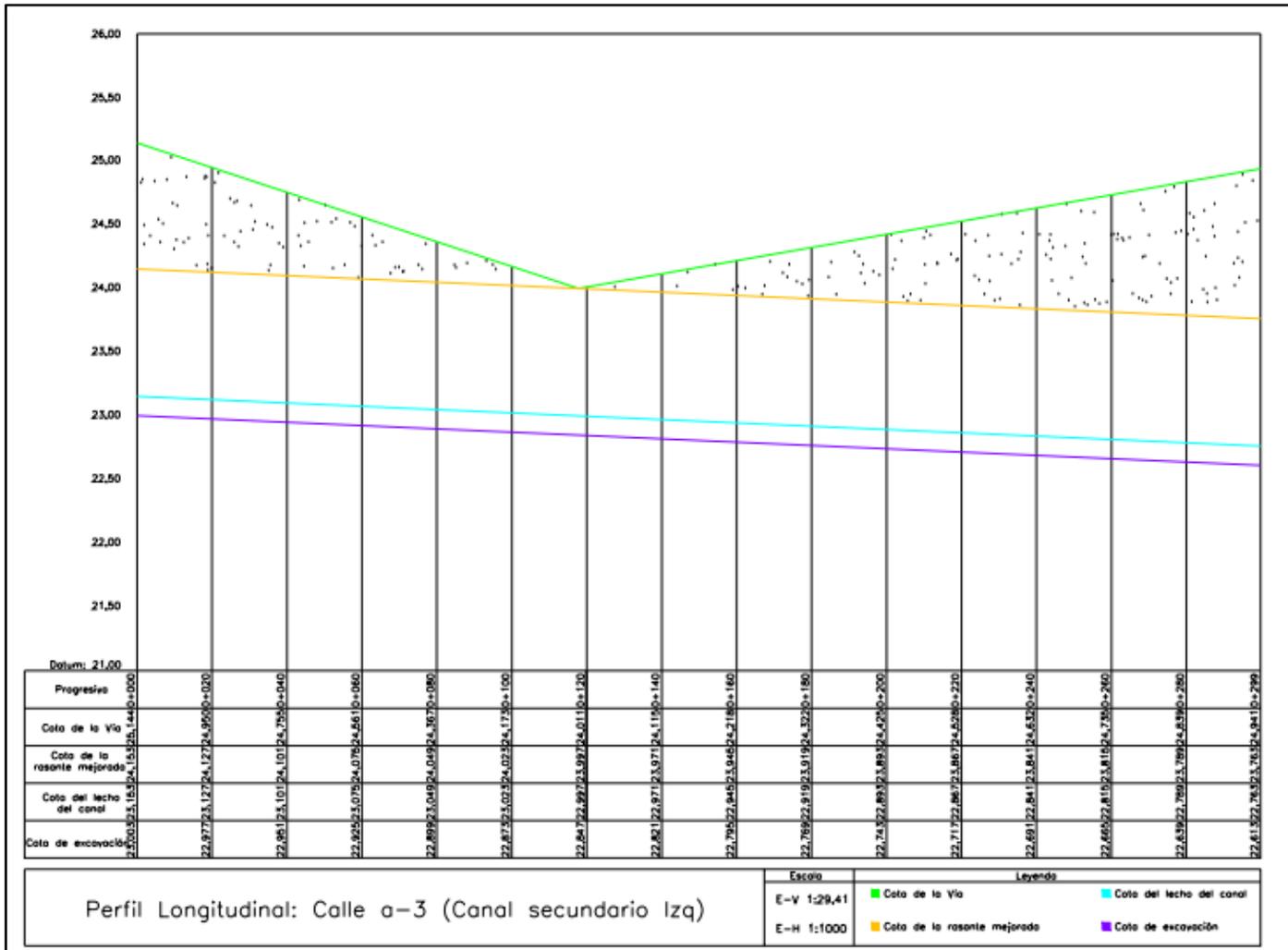


B.13 Perfil longitudinal del canal izquierdo e-2.

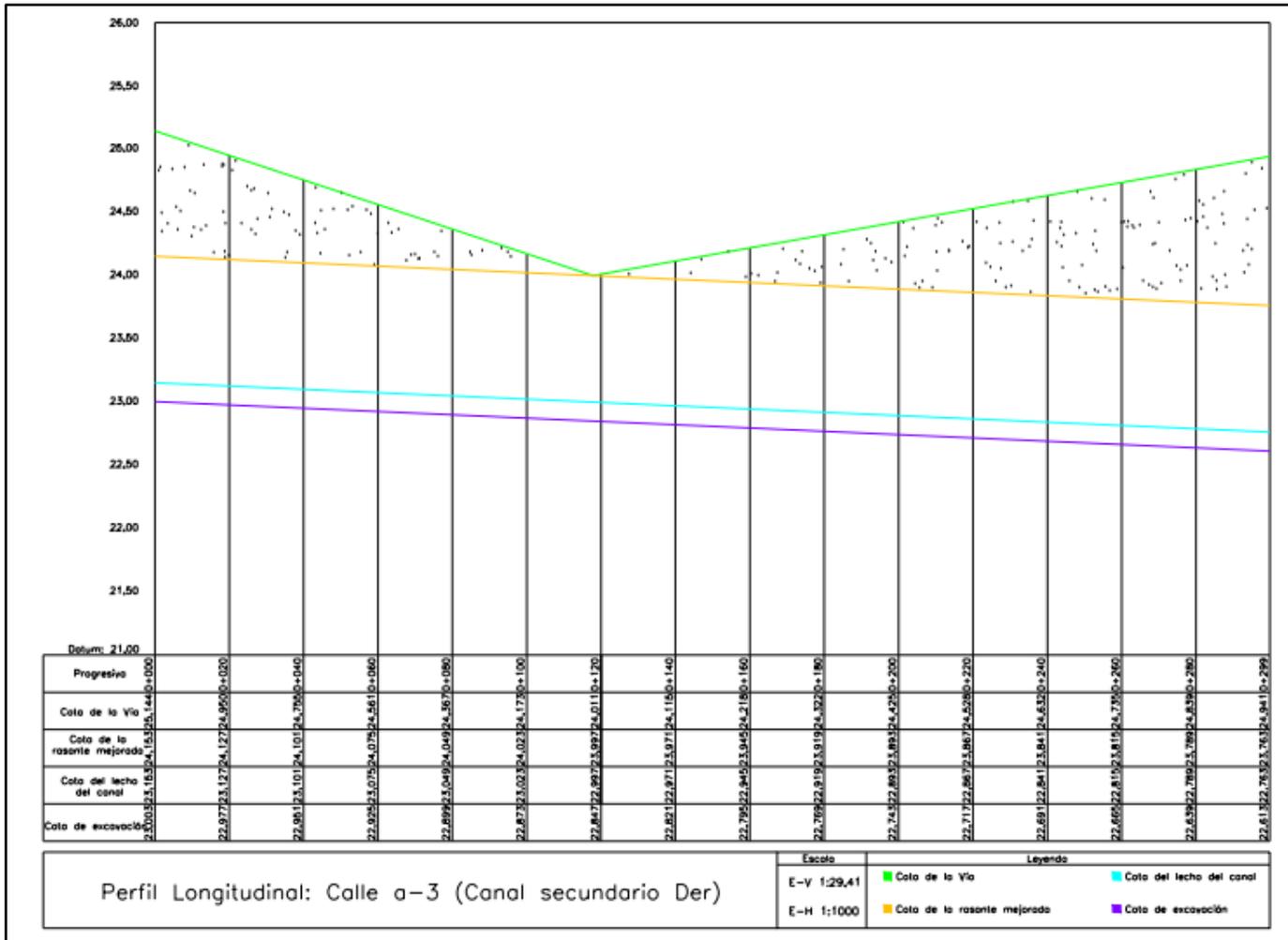


B.14 Perfil longitudinal del canal derecho e-2.

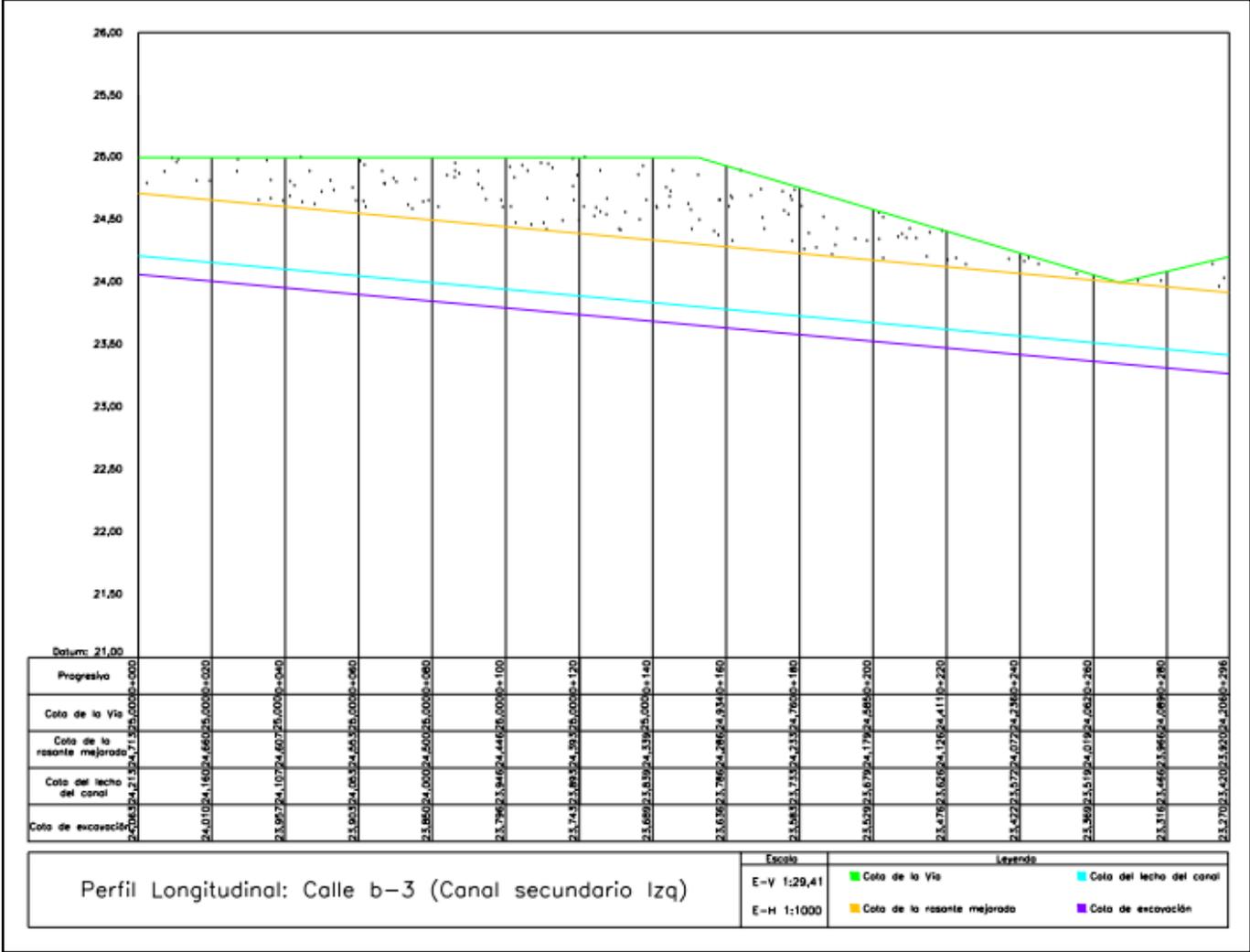




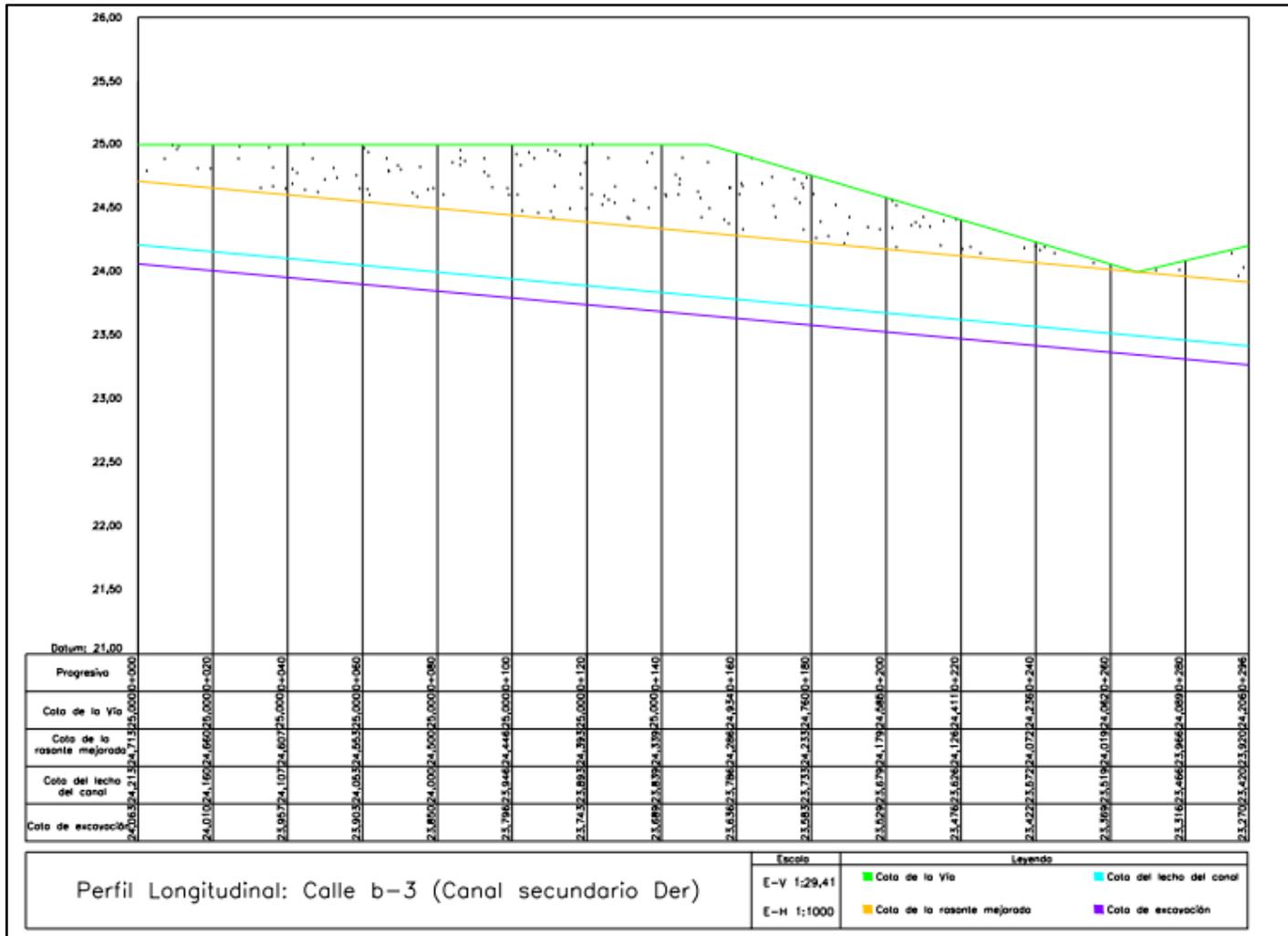
B.16 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-3.



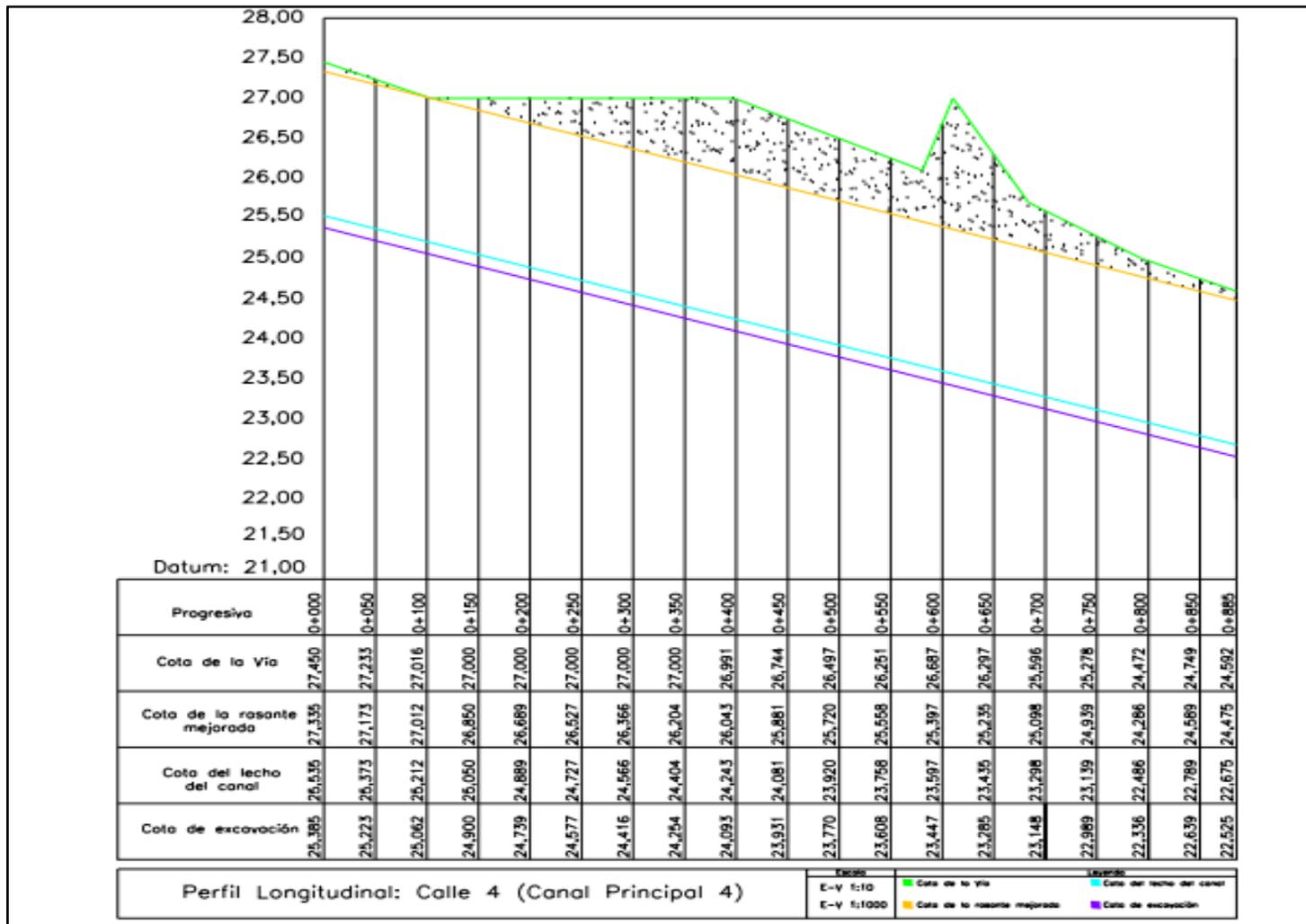
B.17 Perfil longitudinal del canal derecho a-3.



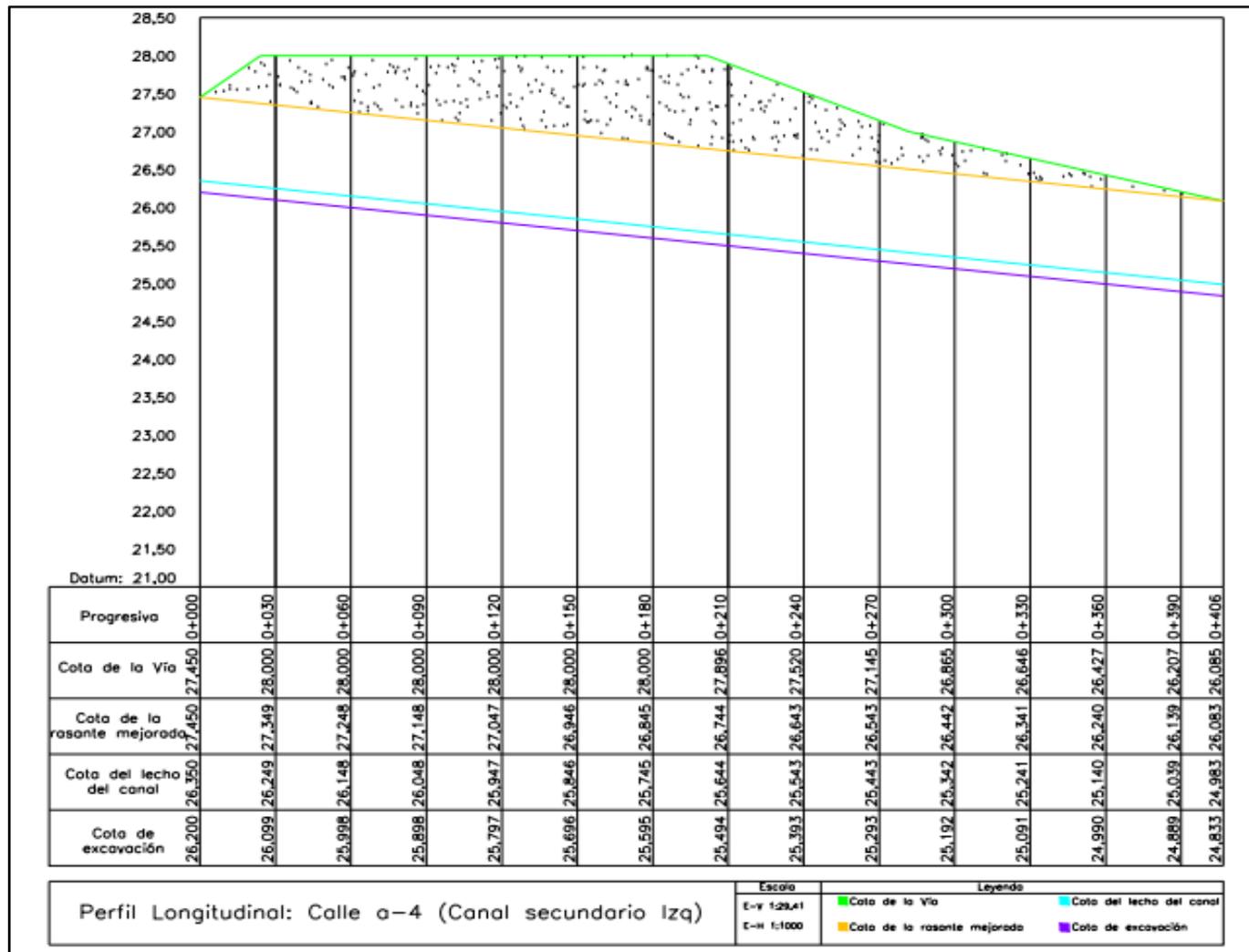
B.18 Perfil longitudinal del canal izquierdo b-3.



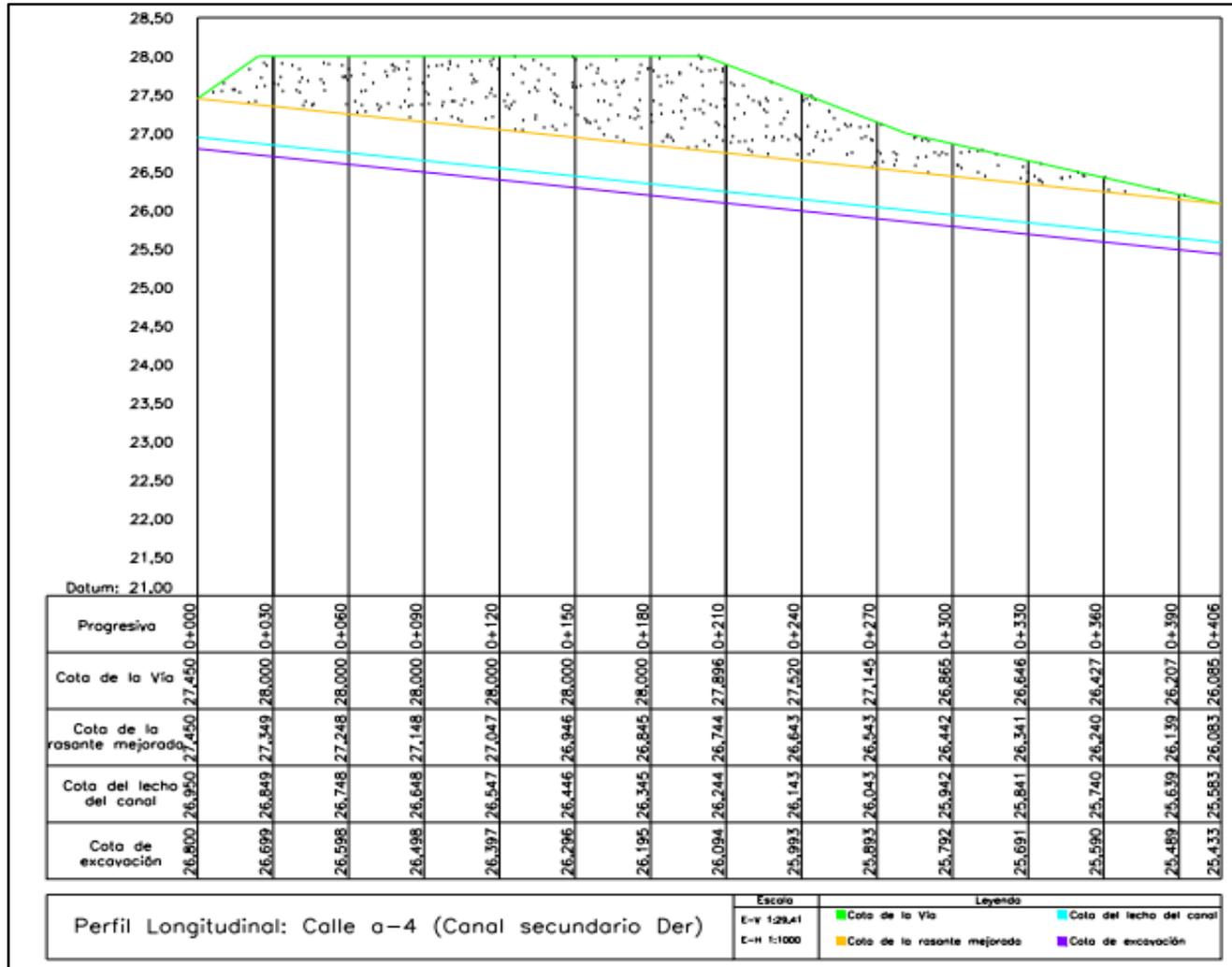
B.19 Perfil longitudinal del canal derecho b-3.



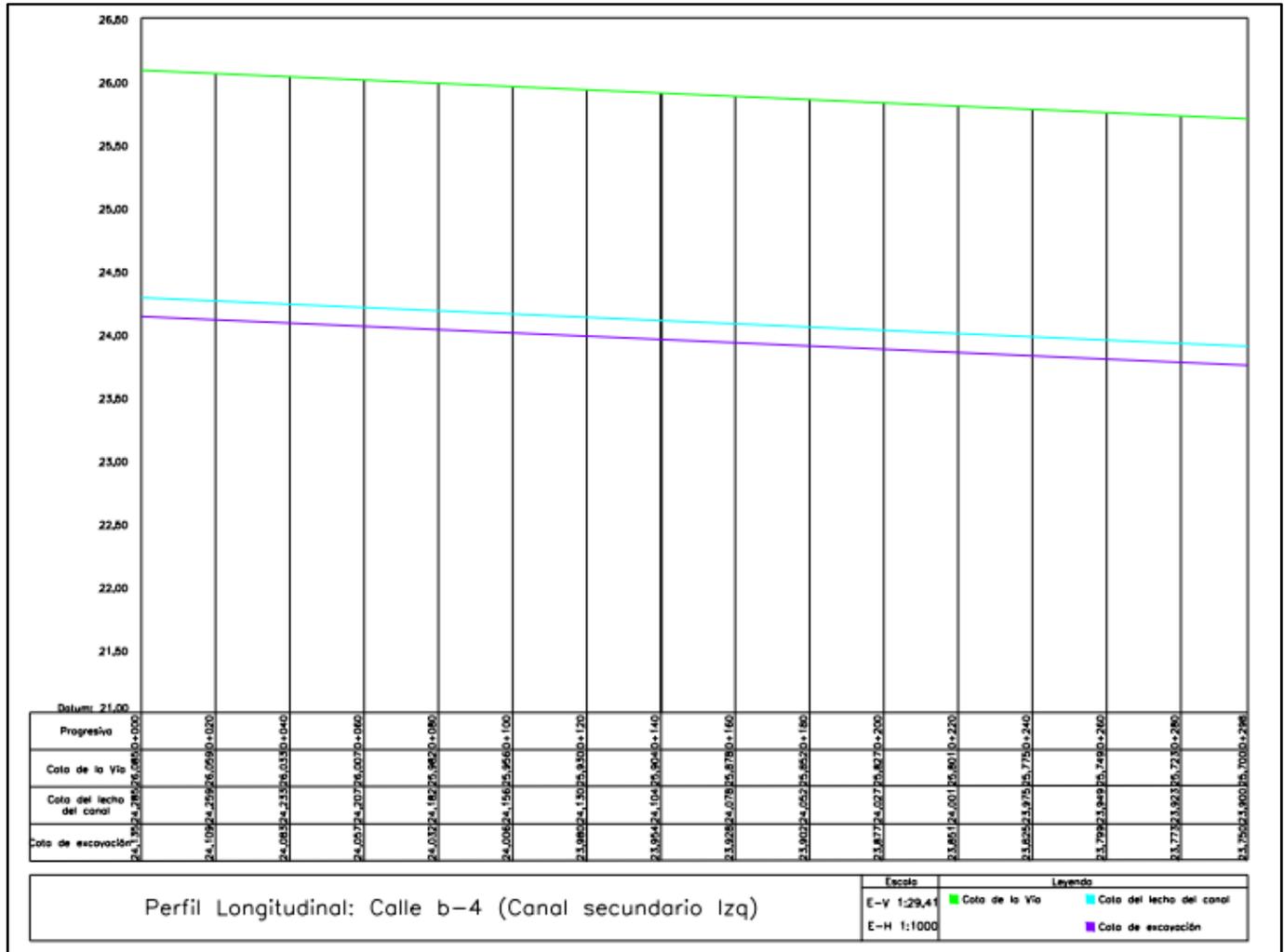
B.20 Perfil longitudinal del canal principal 4.



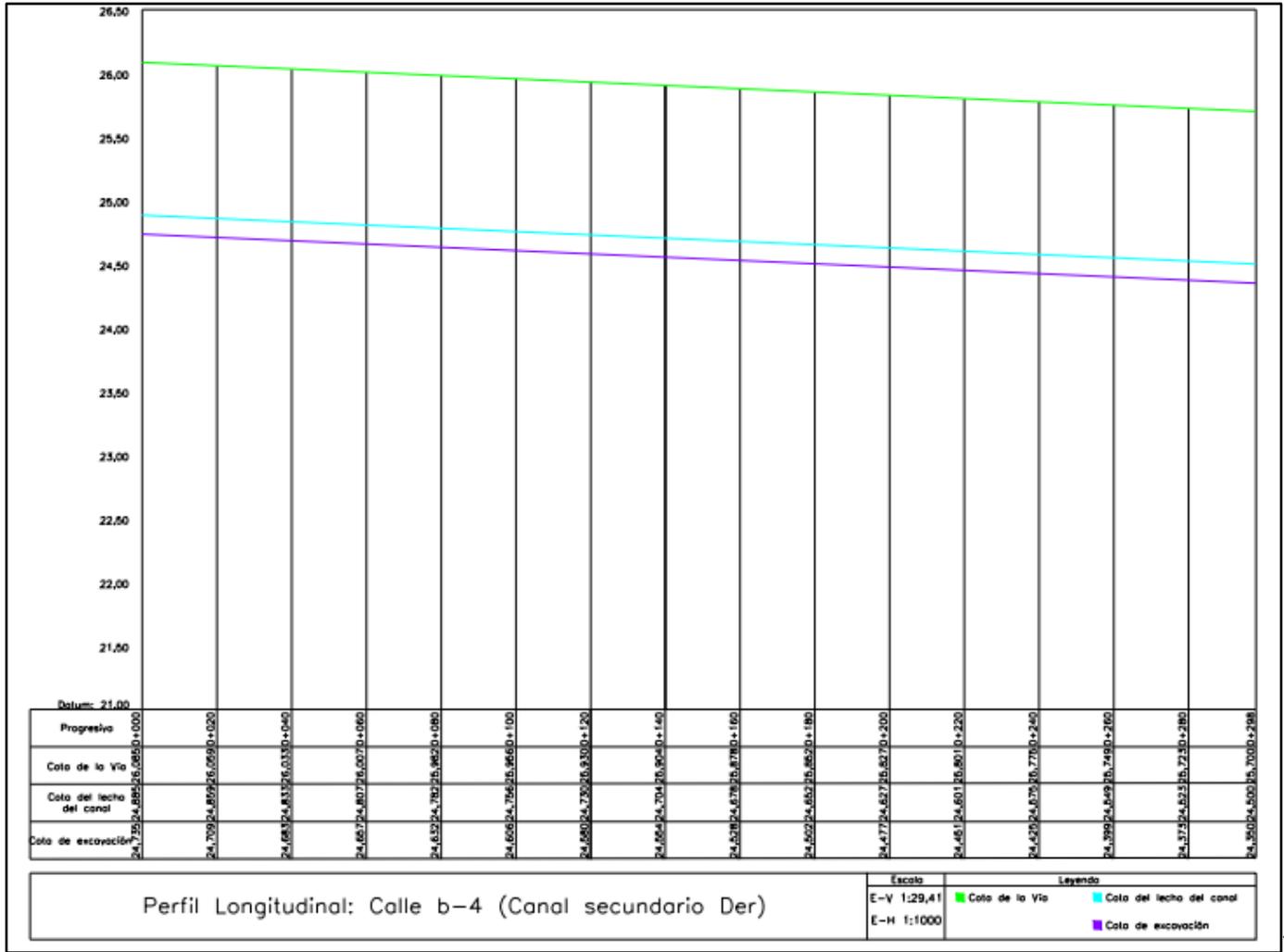
B.21 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-4.

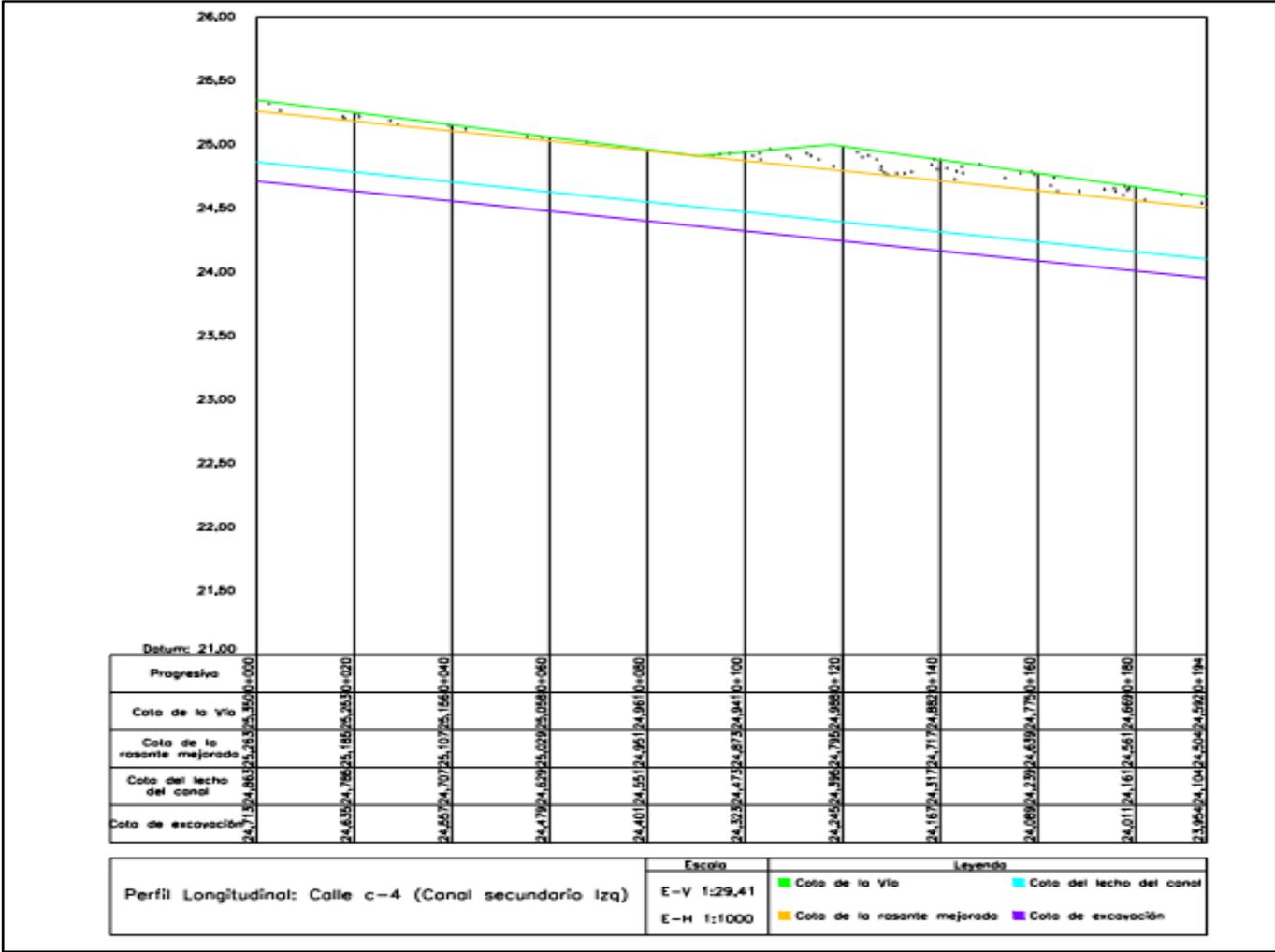


B.22 Perfil longitudinal del canal derecho a-4.

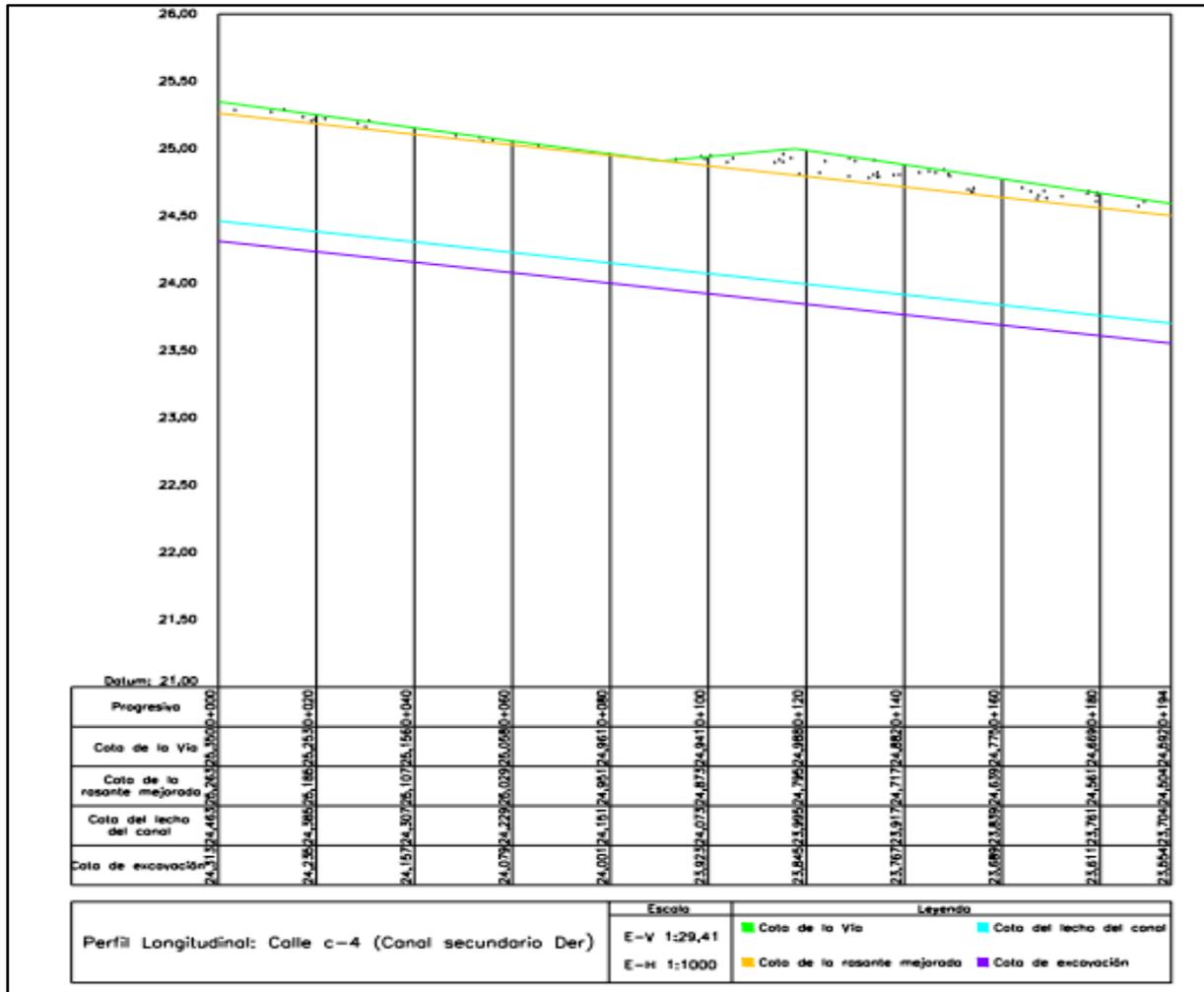


B.23 Perfil longitudinal del canal izquierdo b-4.

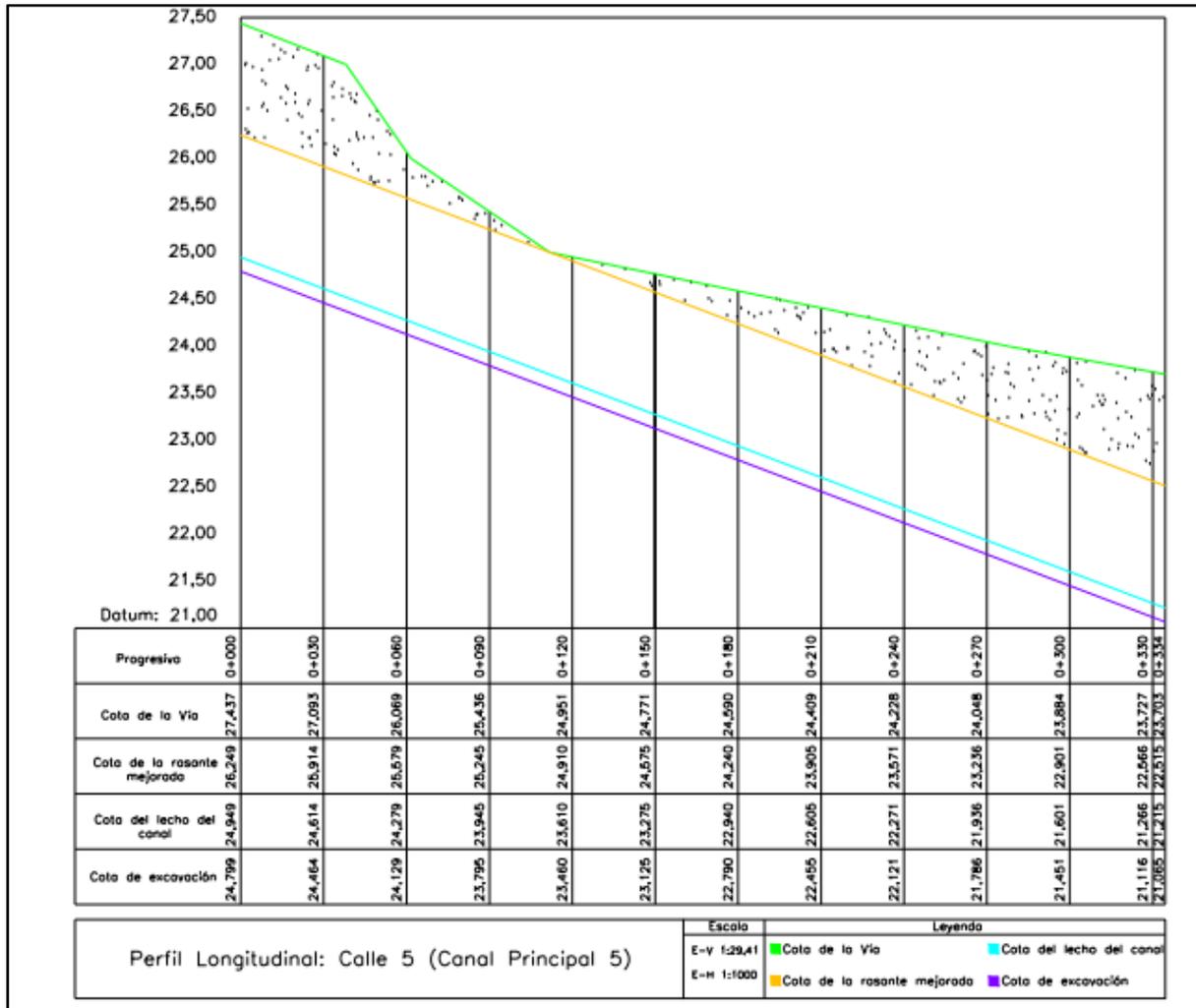




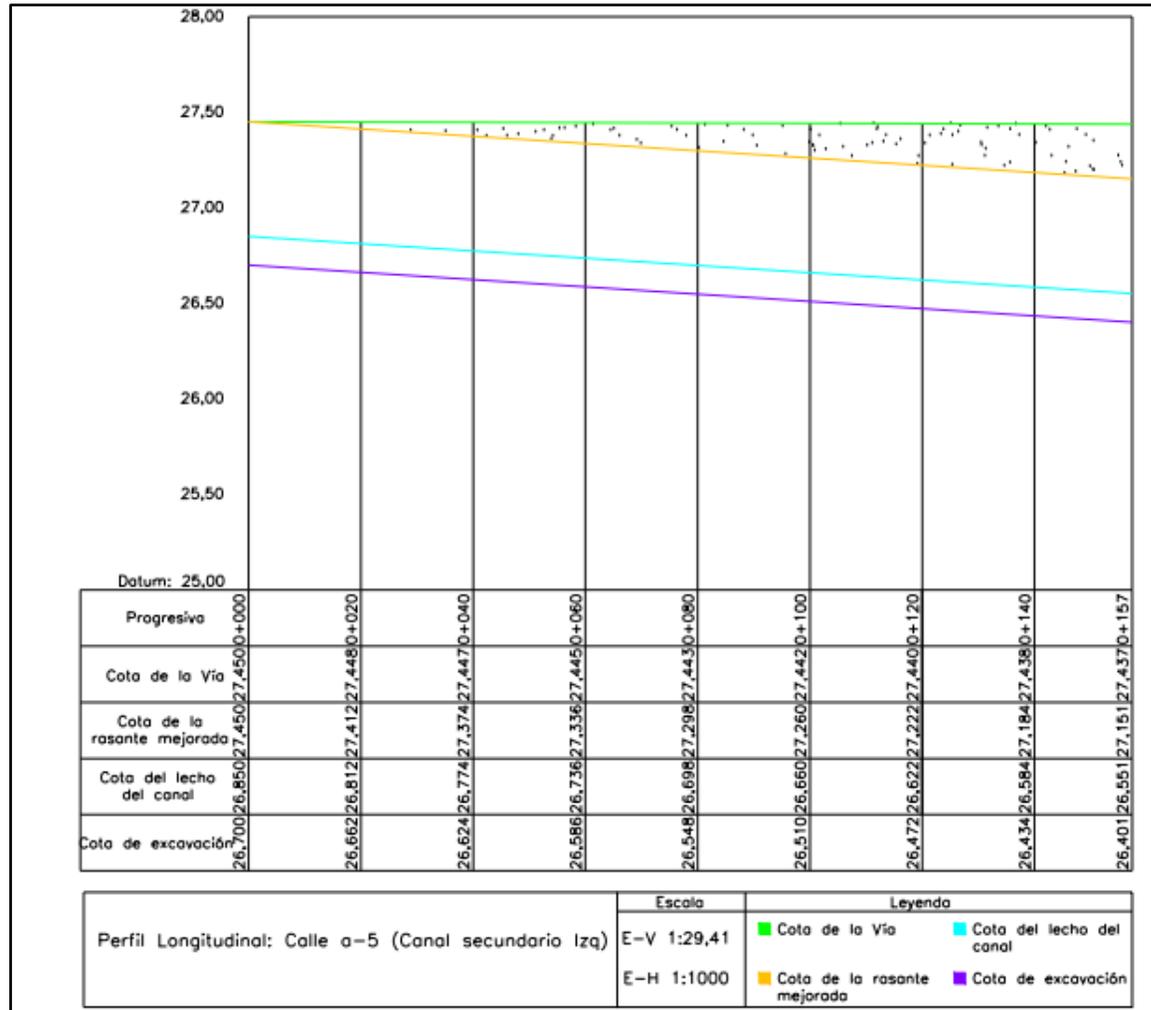
B.25 Perfil longitudinal del canal izquierdo c-4.



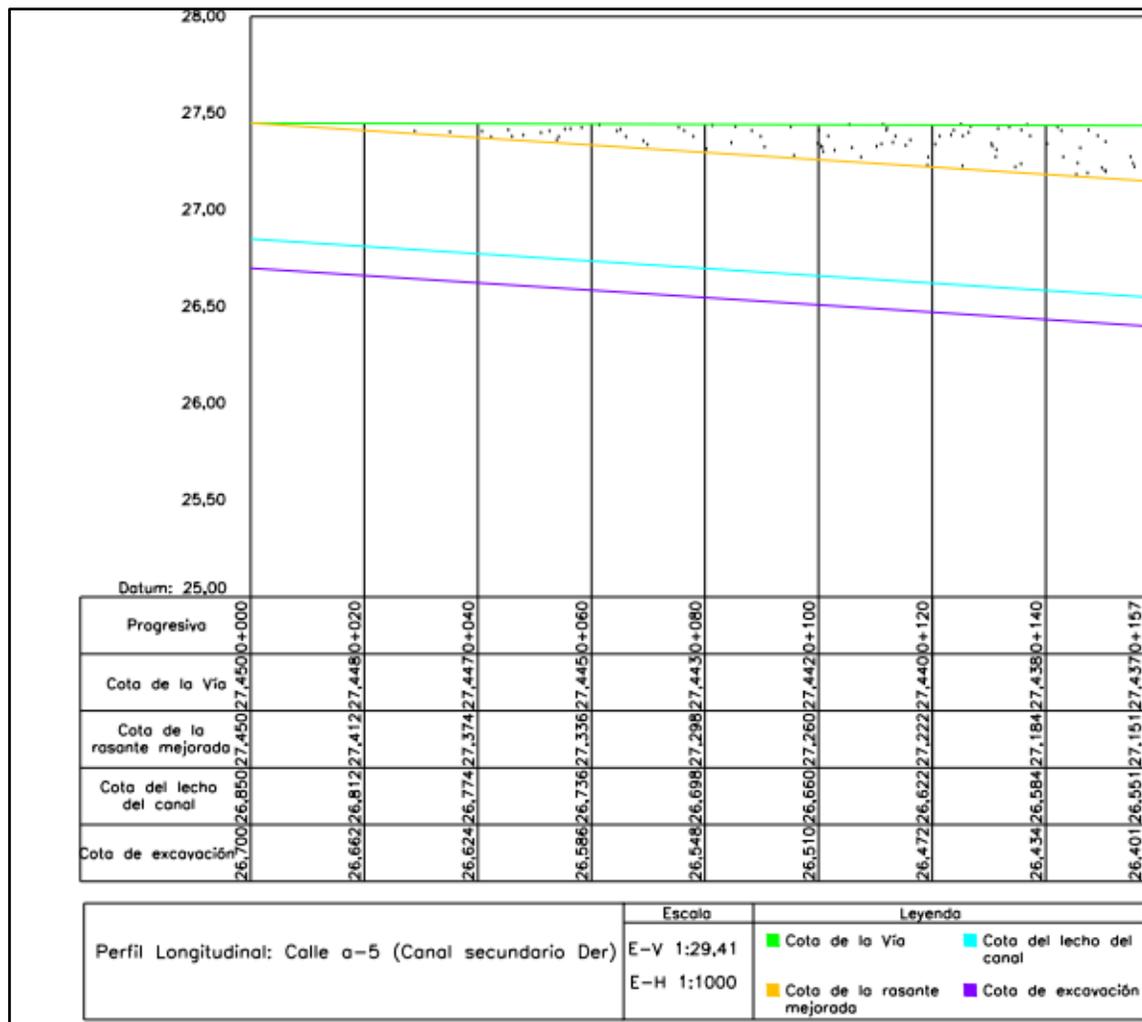
B.26 Perfil longitudinal del canal derecho c-4.



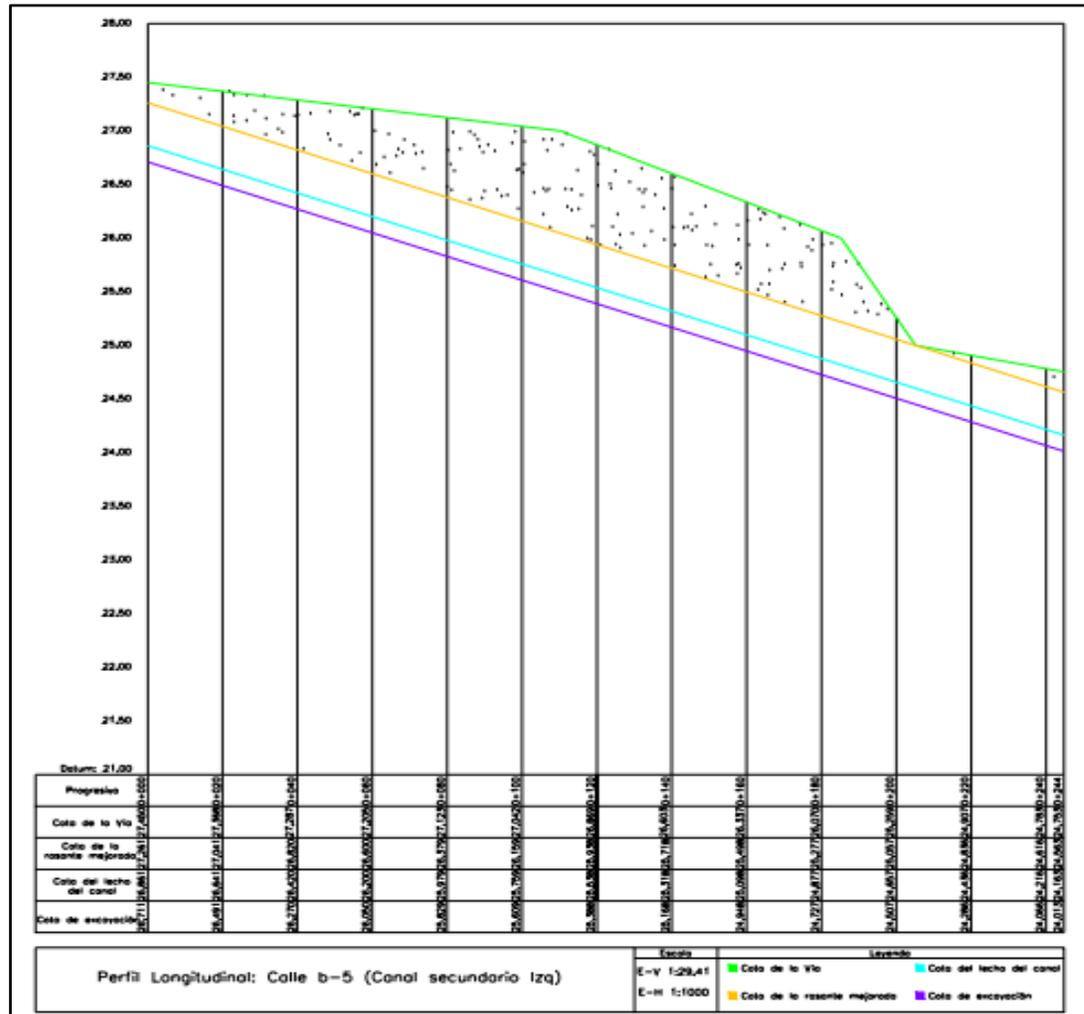
B.27 Perfil longitudinal del canal principal 5.



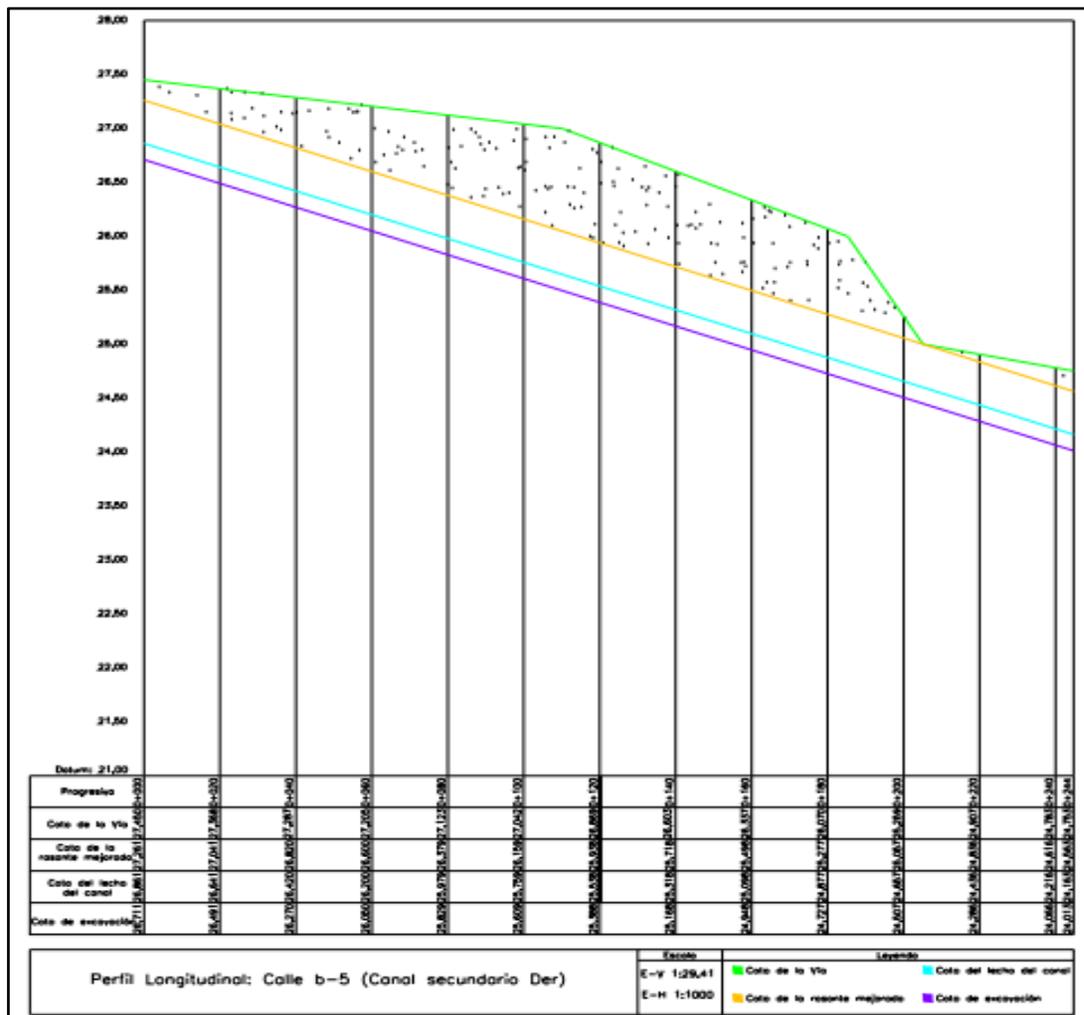
B.28 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-5.



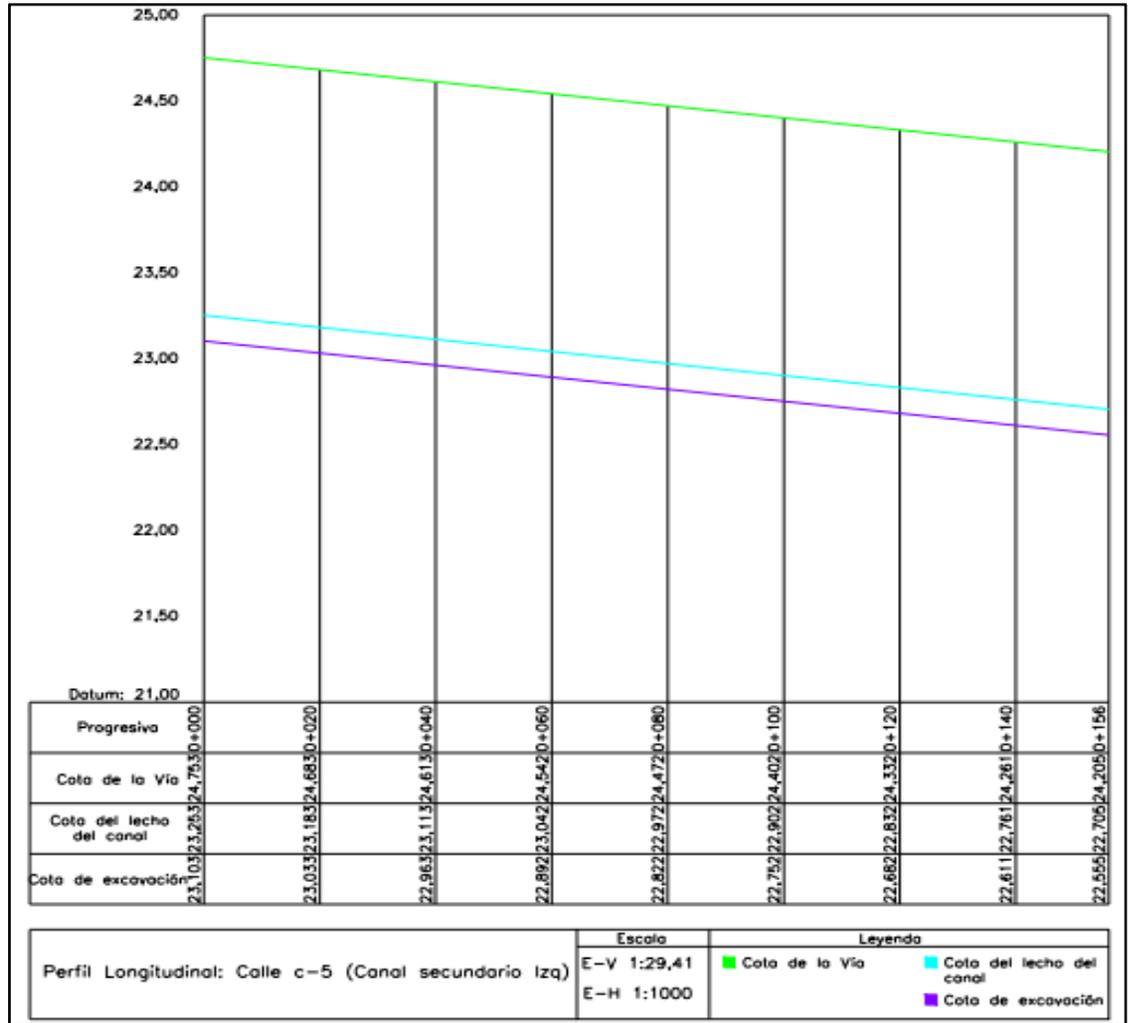
B.29 Perfil longitudinal del canal derecho a-5.



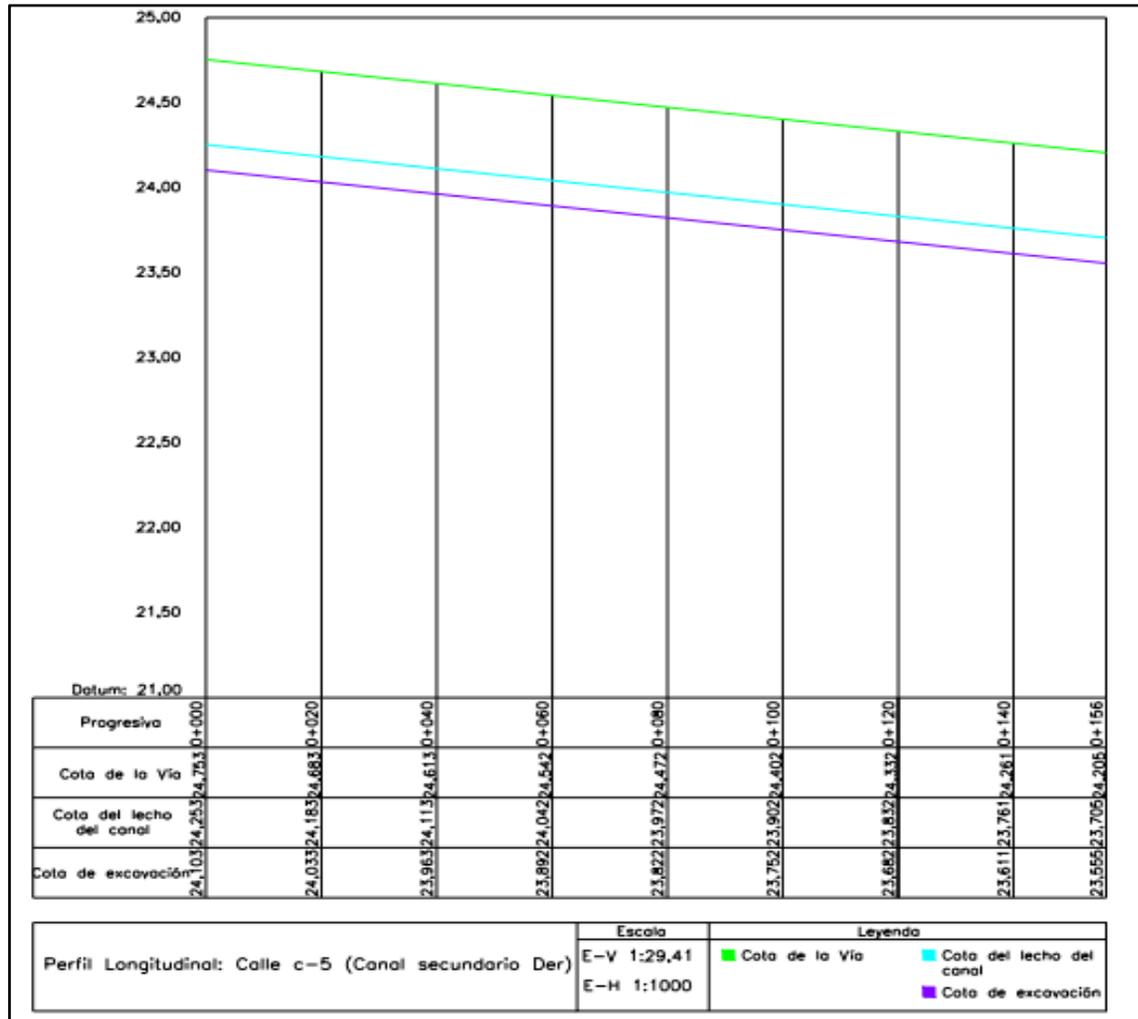
B.30 Perfil longitudinal del canal izquierdo b-5.



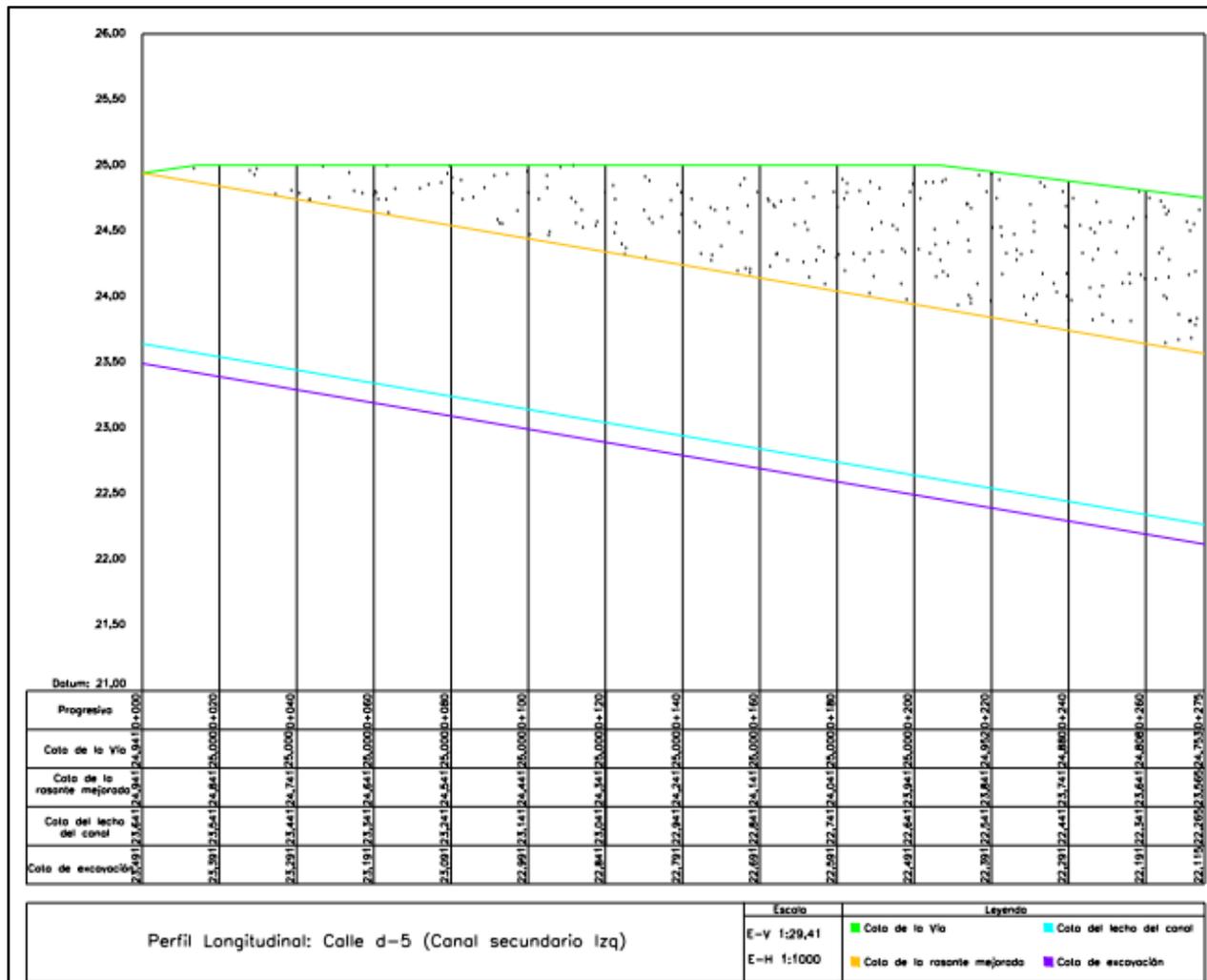
B.31 Perfil longitudinal del canal derecho b-5.



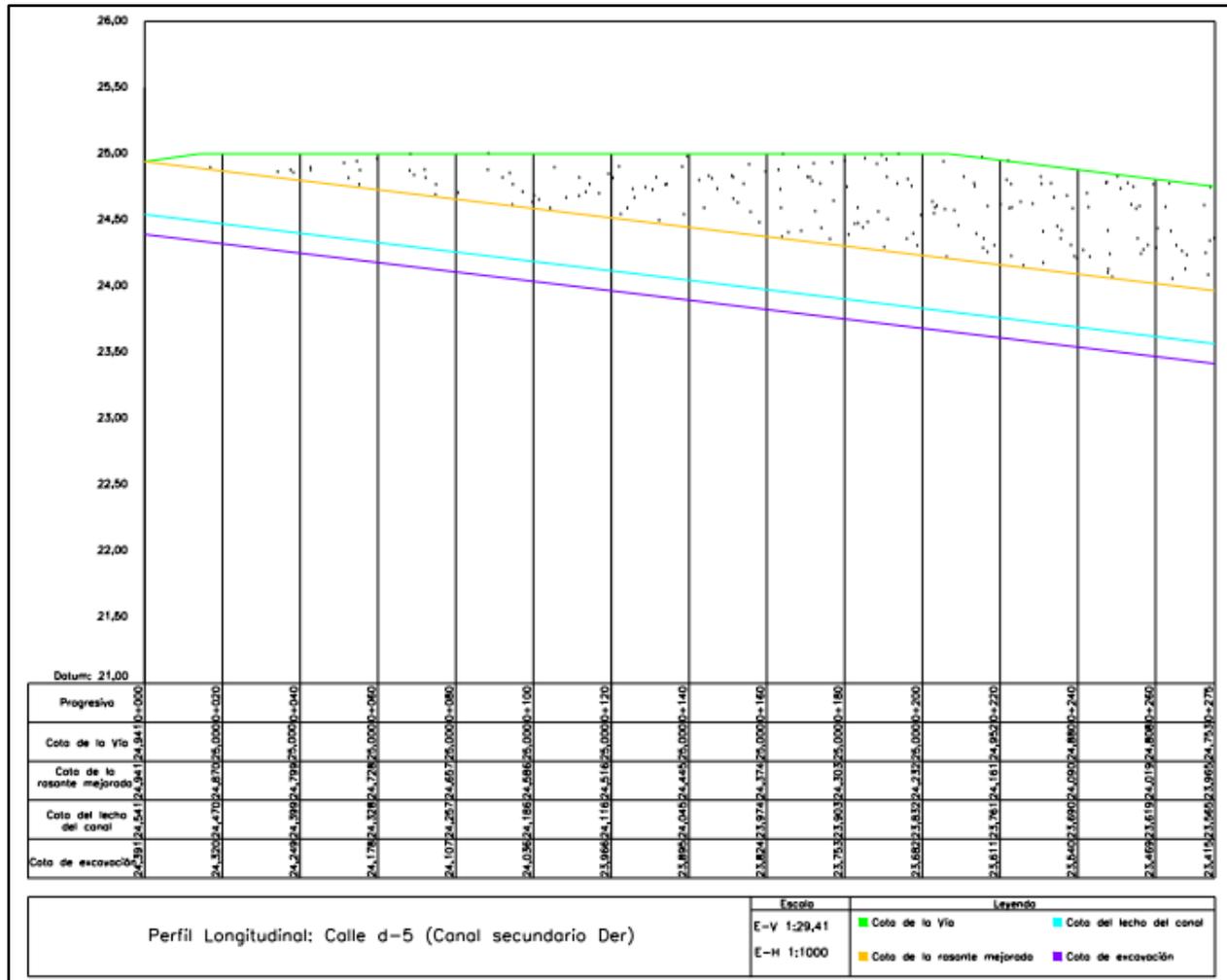
B.32 Perfil longitudinal del canal izquierdo c-5.



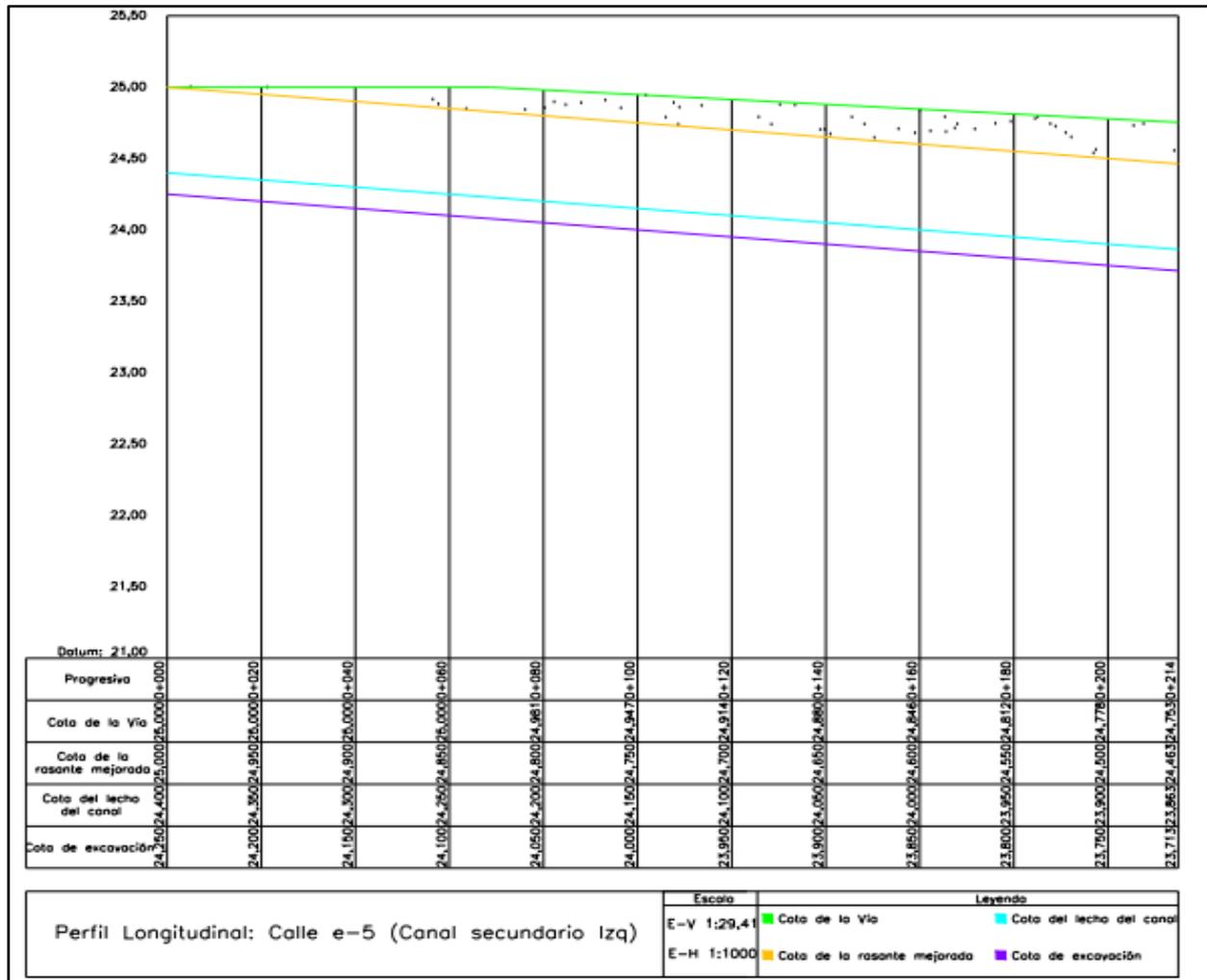
B.33 Perfil longitudinal del canal derecho c-5.



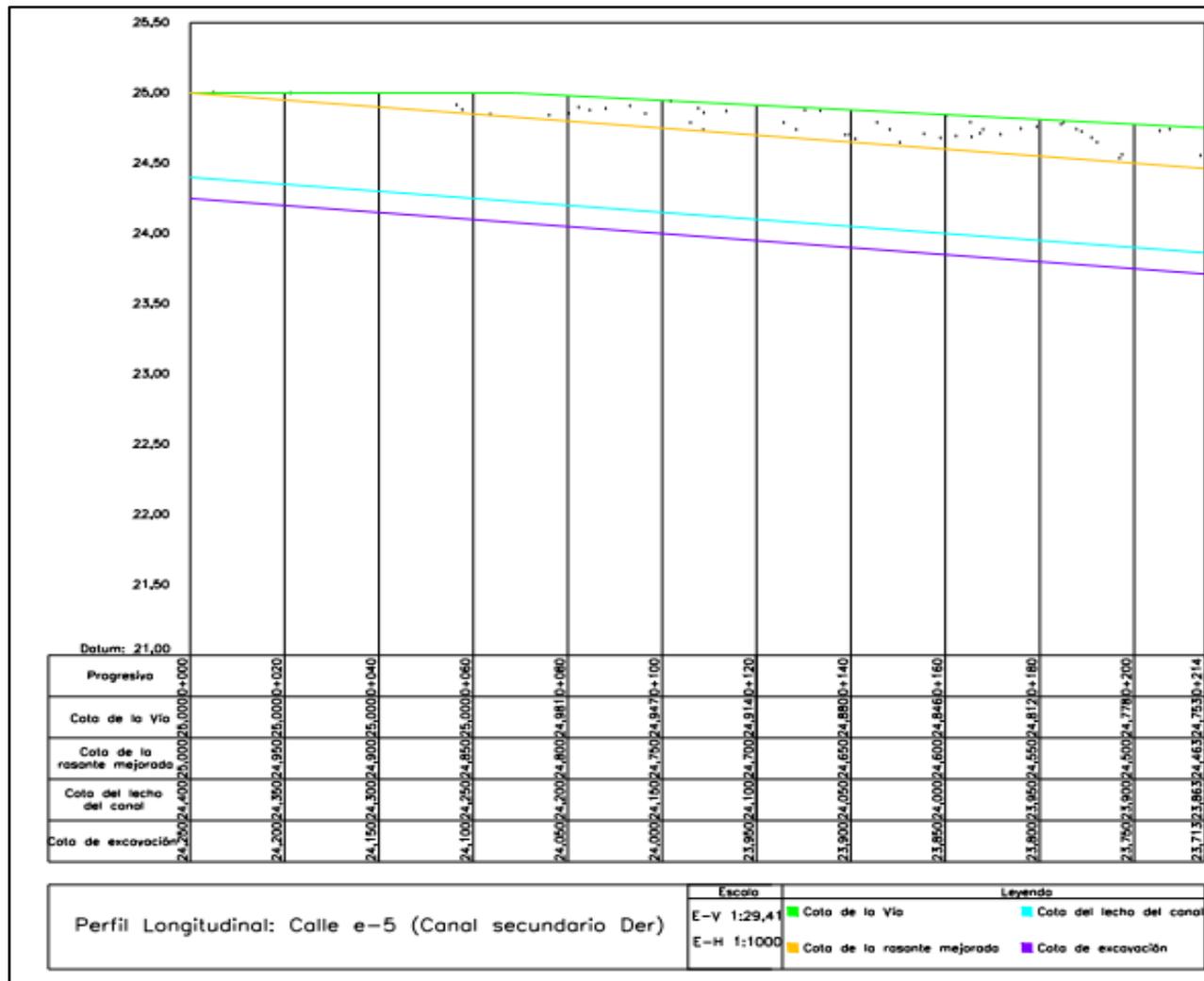
B.34 Perfil longitudinal del canal izquierdo d-5.



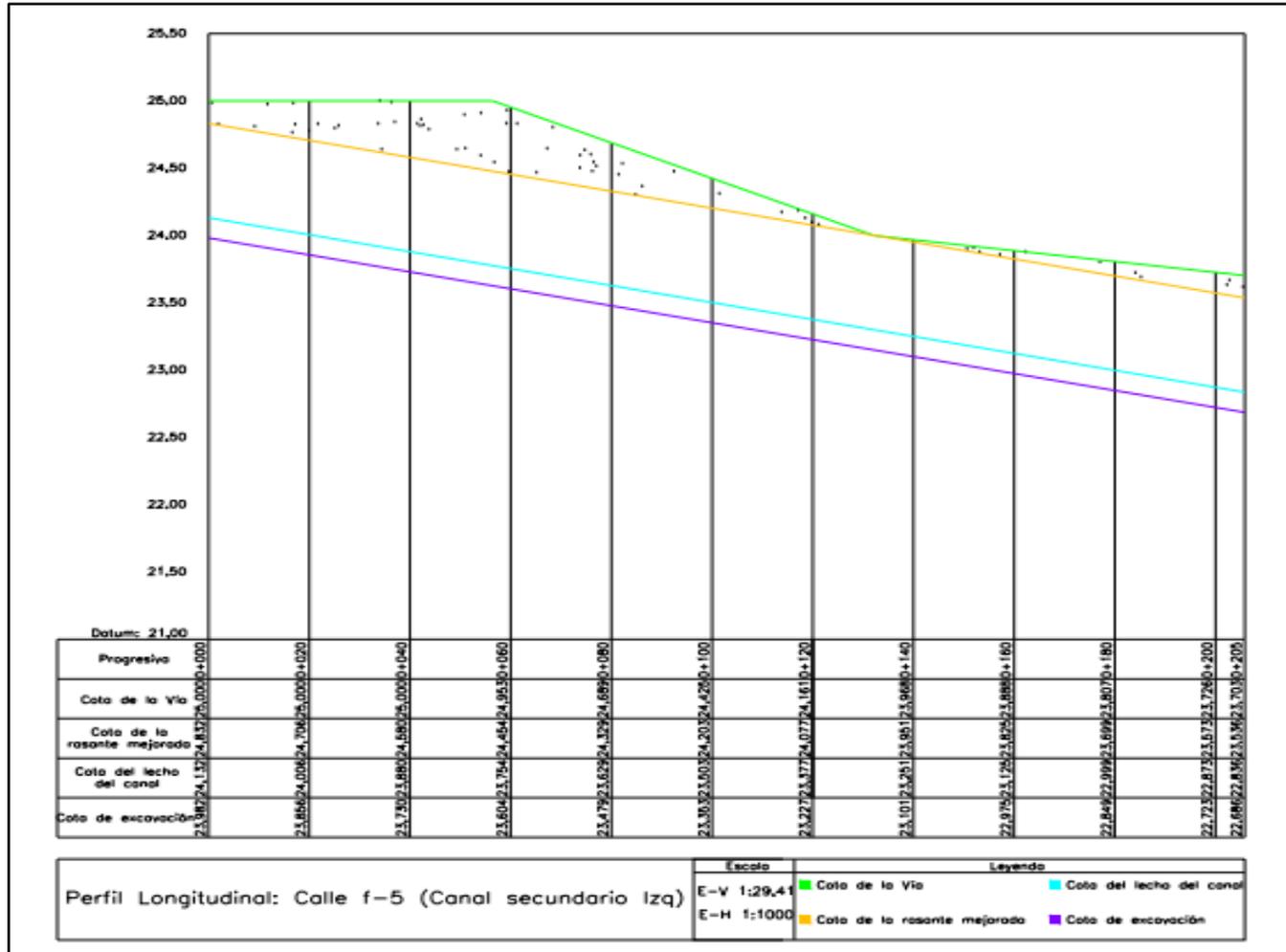
B.35 Perfil longitudinal del canal derecho d-5.



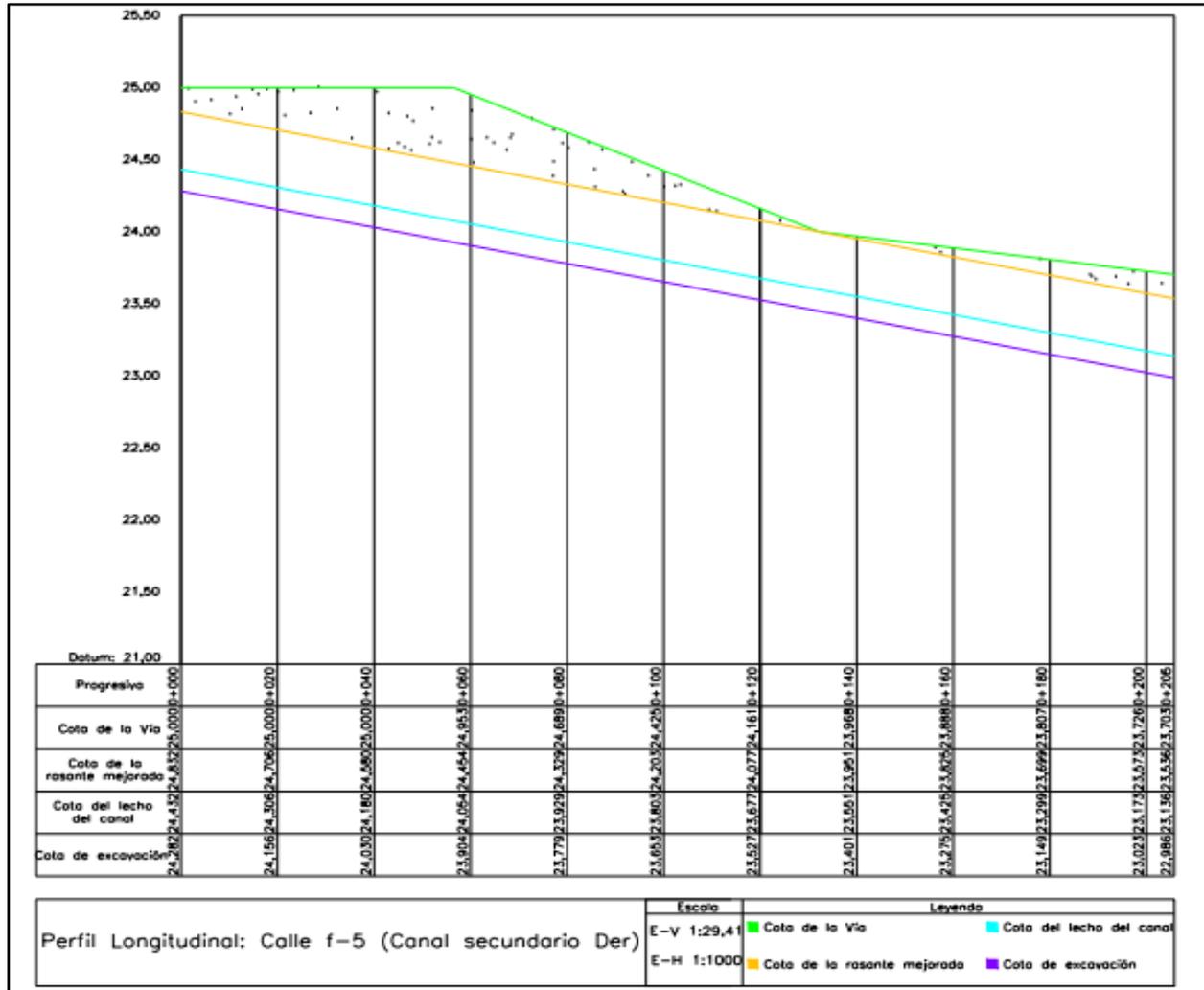
B.36 Perfil longitudinal del canal izquierdo e-5.



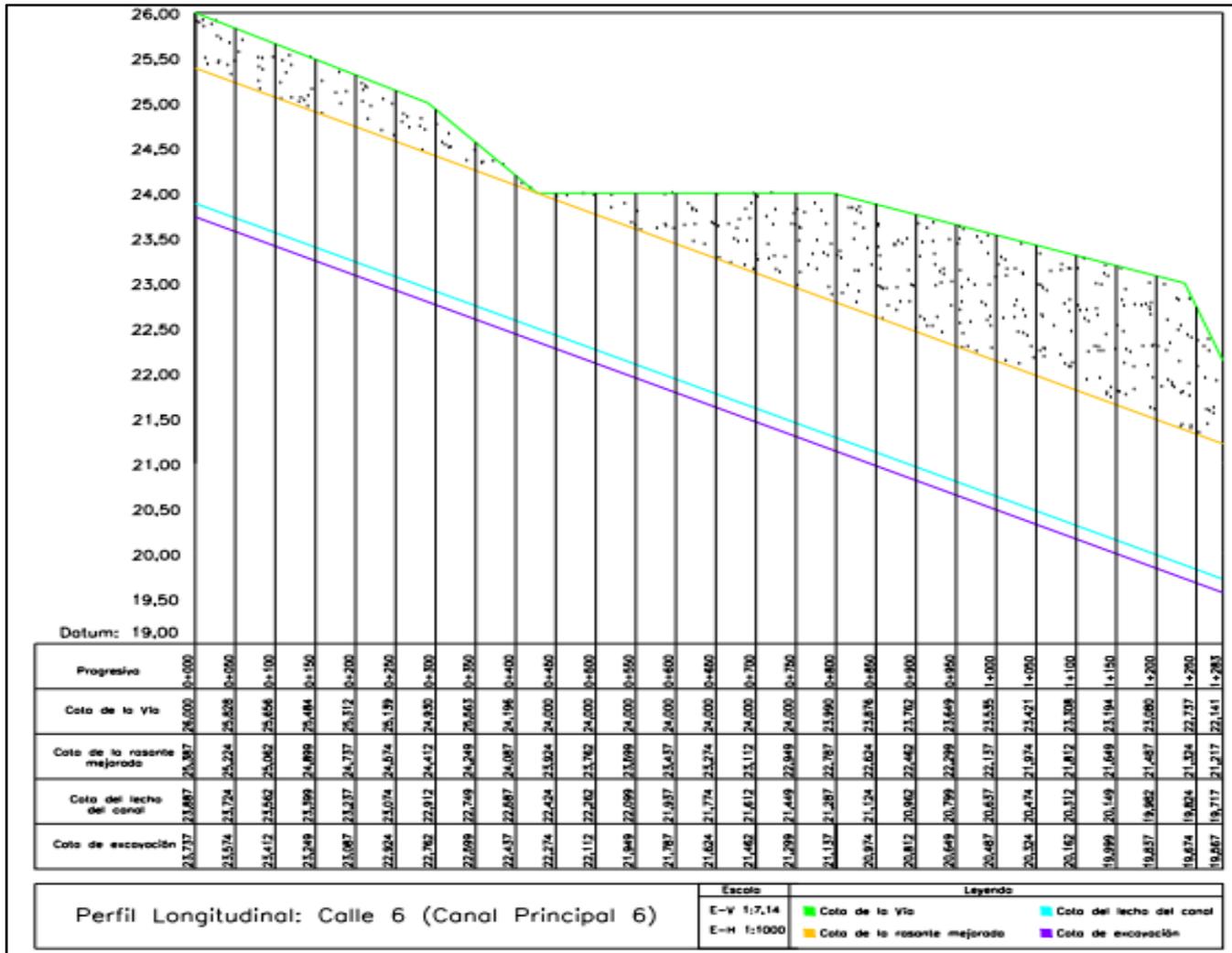
B.37 Perfil longitudinal del canal derecho e-5.



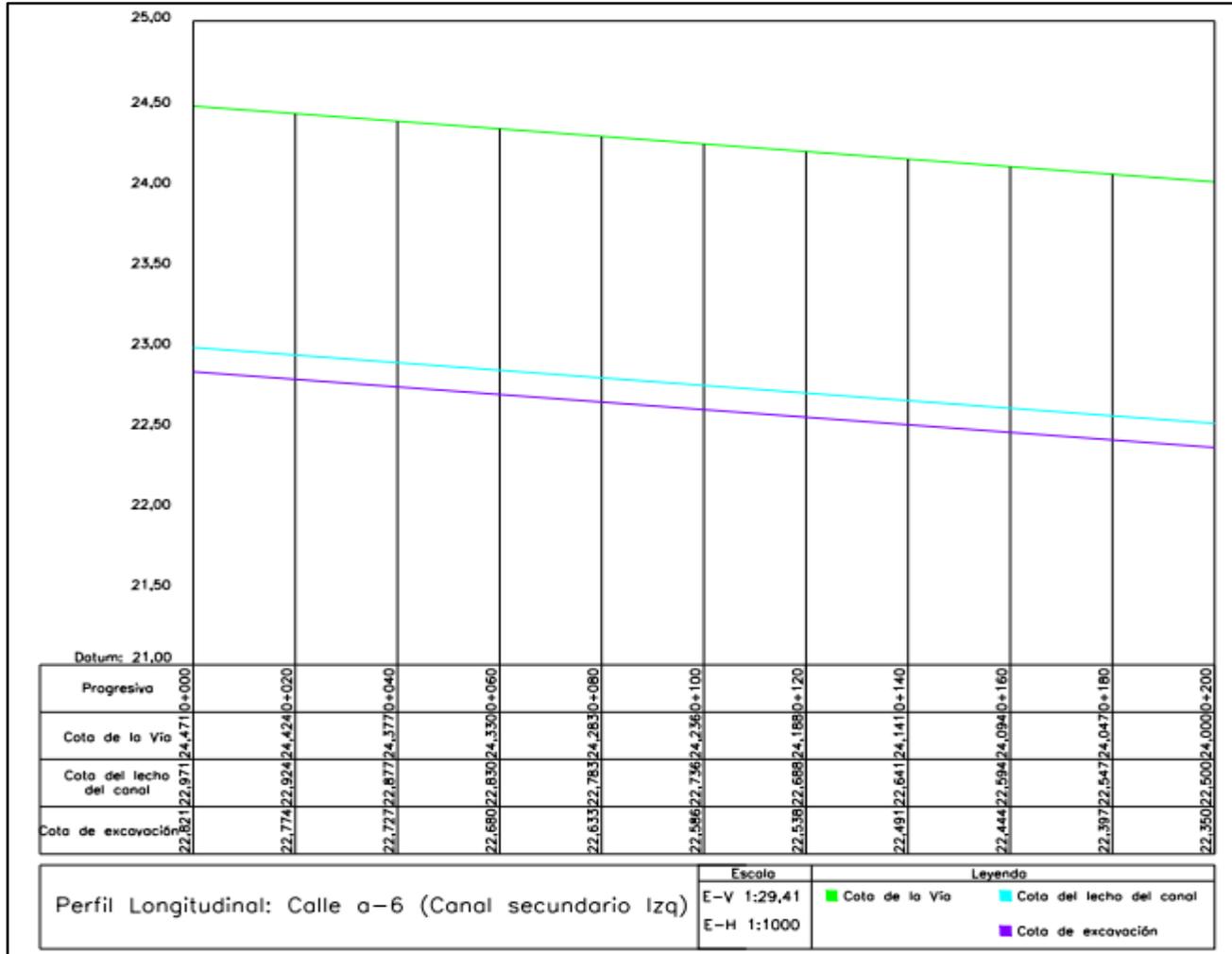
B.38 Perfil longitudinal del canal izquierdo f-5.



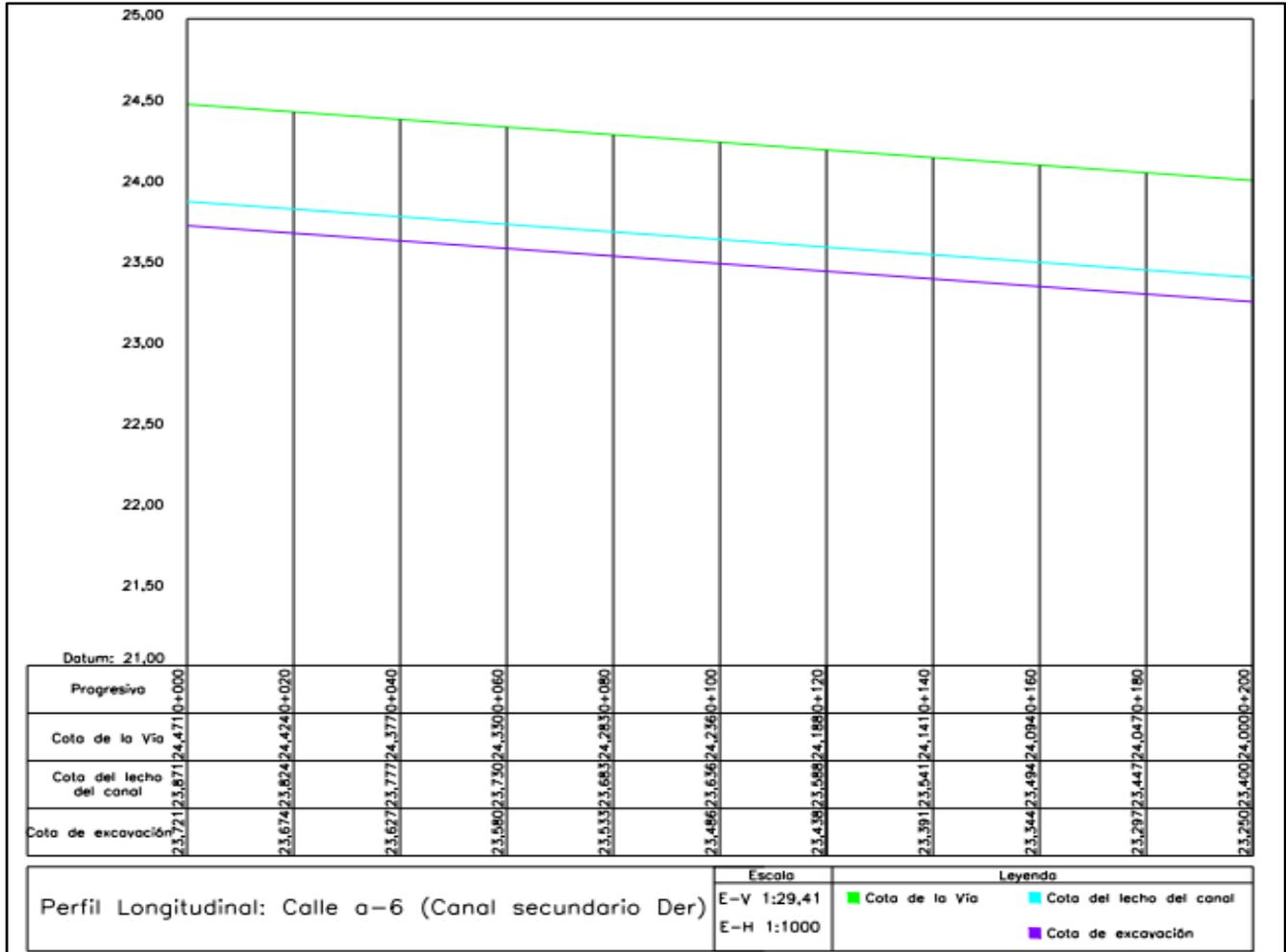
B.39 Perfil longitudinal del canal derecho f-5.



B.40 Perfil longitudinal del canal principal 6.



B.41 Perfil longitudinal del canal izquierdo a-6.



B.42 Perfil longitudinal del canal derecho a-6.

## **APÉNDICE C**

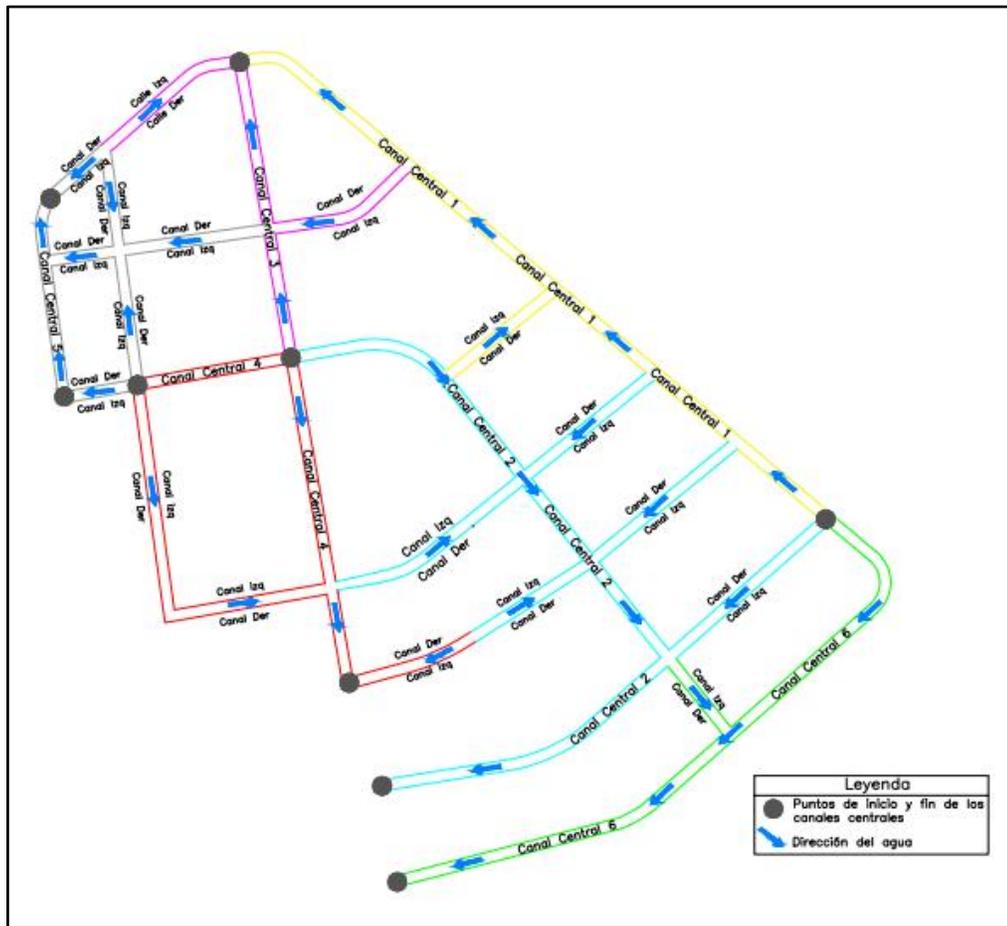
### **Ubicación de los canales externos al urbanismo**



C.1 Ubicación de las torrenteras A, B y C.

## **APÉNDICE D**

### **Comportamiento del agua dentro del urbanismo**



D.1 Recorrido de las aguas a través de los canales de drenajes.

## **APÉNDICE E**

### **Pendientes longitudinales de las calles**

E.1 Pendientes longitudinales de las calles principales.

Calle	Longitud (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	H (m)	S (%)	S
1	1363,0691	26,000	24,206	1,794	0,132	0,00132
2	1505,3270	26,223	23,490	2,733	0,182	0,00182
3	566,2029	26,223	24,206	2,017	0,356	0,00356
4	885,4187	27,450	24,592	2,858	0,323	0,00323
5	334,5895	27,437	23,703	3,734	1,116	0,01116
6	1283,0178	26,000	22,141	3,859	0,301	0,00301

E.2 Pendientes longitudinales de las calles secundarias.

Calle	Longitud (m)	Cota Inicial (m)	Cota Final (m)	H (m)	S (%)	S
a-1	282,1740	25,490	24,635	0,855	0,303	0,00303
a-2	384,1697	25,700	24,600	1,100	0,286	0,00286
b-2	289,4468	25,350	23,980	1,370	0,473	0,00473
c-2	324,1943	24,931	24,600	0,331	0,102	0,00102
d-2	364,7296	26,000	23,980	2,020	0,554	0,00554
e-2	403,0944	26,000	24,471	1,529	0,379	0,00379
a-3	299,8127	25,144	24,941	0,203	0,068	0,00068
b-3	296,9056	25,000	24,206	0,794	0,267	0,00267
a-4	406,7563	27,450	26,085	1,365	0,336	0,00336
b-4	298,0098	26,085	25,700	0,385	0,129	0,00129
c-4	194,5332	25,350	24,592	0,758	0,390	0,00390
a-5	157,4112	27,450	27,437	0,013	0,008	0,00008
b-5	244,7911	27,450	24,753	2,697	1,102	0,01102
c-5	156,0683	24,753	24,205	0,548	0,351	0,00351
d-5	275,2725	24,941	24,753	0,188	0,068	0,00068
e-5	214,9517	25,000	24,753	0,247	0,115	0,00115
f-5	205,7778	25,000	23,703	1,297	0,630	0,00630
a-6	200,038	24,471	24,000	0,471	0,235	0,00235

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE AGUAS PLUVIALES EN EL URBANISMO EZEQUIEL ZAMORA, UBICADO EN CHAGUARAMAS, MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA.
<b>Subtítulo</b>	

### Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
MALARET MINGHETTI YOLIMAR	<b>CVLAC</b>	21.110.393
	<b>e-mail</b>	ymalaret@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
HERRERA SALAS RAFAEL ENRIQUE	<b>CVLAC</b>	24.239.546
	<b>e-mail</b>	rafaelhs30@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

Caracterización climatológica
Parámetros dimensiones e hidráulicos
Caudales de cuenca y sub cuencas
Trazado en planta y perfil longitudinal
Parámetros geométricos e hidráulicos

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

## Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería Sanitaria	Diseño de drenaje pluvial
Hidráulica	Caracterización climatológica

## Resumen (abstract):

El objetivo principal de esta investigación se basa en presentar la ingeniería básica de un sistema de drenaje superficial de aguas pluviales en el urbanismo Ezequiel Zamora, ubicado en Chaguaramas, municipio Sotillo, estado Monagas. El nivel de este estudio es de proyecto factible o proyectiva y el diseño de la misma es de carácter de campo, documental debido a que la información fue recopilada de datos tomados directamente del lugar donde ocurren los hechos en observación. Se realizó un estudio del área a tratar con la finalidad de saber qué medidas tomar para cumplir con el objetivo planteado; estimando los parámetros dimensionales e hidráulicos de la zona y la cantidad de agua que escurre a través de la misma, para determinar el caudal de diseño de la cuenca y subcuencas del urbanismo. Esto se llevó a cabo utilizando el método racional para el cálculo del caudal donde se consideró: el coeficiente de escorrentía necesario para cada tipo de área, la intensidad de lluvia para un periodo de retorno de 25 años y la cantidad de área de influencia. Los cálculos realizados en este proyecto condujeron al diseño de 6 canales superficiales centrales, 30 ramales secundarios y 6 terciarios de sección rectangular con caudales que van desde aproximadamente 3,300 m<sup>3</sup>/s hasta 6,780 m<sup>3</sup>/s en subcuencas captados en 3 puntos de descargas para su posterior desagüe a través de torrenteras etc. El diseño de estos se efectuó considerando los cálculos de los caudales que pasarán por cada tramo de calle, verificando que las velocidades cumplieran con lo establecido por el Ministerio de Obras Públicas (M.O.P) y la Gaceta Oficial N° 5.318. Para culminar se analizaron los resultados arrojados y se llegó a la conclusión que era factible la propuesta, ya que cumplía con los objetivos establecidos.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

### Contribuidores:

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>ROL / Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>Echeverría, Dafnis</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>4.506.408</b>
	<b>e-mail</b>	<b>dafnisecheverria2807@gmail.com</b>
	<b>e-mail</b>	
<b>Echeverría, Beatriz</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>21.013.748</b>
	<b>e-mail</b>	<b>echeverriabcc@gmail.com</b>
	<b>e-mail</b>	
<b>Devera, Stefany</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>23.551.572</b>
	<b>e-mail</b>	<b>stefany devera@hotmail.com</b>
	<b>e-mail</b>	
	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Fecha de discusión y aprobación:

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Día</b>
<b>2018</b>	<b>06</b>	<b>20</b>

**Lenguaje** Spa

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

## Archivo(s):

Nombre de archivo
<b>INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL DE AGUAS PLUVIALES</b>

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \_ - .

## Alcance:

**Espacial:** \_\_\_\_\_

**Temporal:** \_\_\_\_\_

## Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero civil

## Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

## Área de Estudio:

Ingeniería Civil

## Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR <i>Martínez</i>
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,

*Juan A. Bolanos Curvelo*  
**JUAN A. BOLANOS CURVELO**  
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

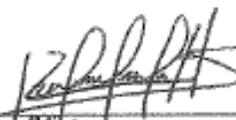
Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización."



**AUTOR**  
Yolimar Malaret  
C.I.:21.110.393



**AUTOR**  
Rafael Herrera  
C.I.:24.239.546



**TUTOR**  
Profesor Dafnis Echeverría  
C.I.:4.506.408