



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"

**VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS
INDUSTRIALES**

PROGRAMA DE CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS

SAN CARLOS - VENEZUELA

**REDISEÑO DEL CANAL DE DRENAJE EN EL SECTOR MATA
ABDÓN III, MUNICIPIO RÓMULO GALLEGOS, ESTADO COJEDES.**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil

Gonzales, Omar C.I. 26.719.431
Rodríguez, Laurimar C.I. 27.013.894
Tutor: Msc. Roy Rincón C.I. 17.329.527

Abril, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
"EZEQUIEL ZAMORA"
VICE-RECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMAS DE CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Ciudadanos:
Miembros de la Comisión Asesora de Programas de Ciencias Básicas y Aplicadas.
UNELLEZ –San Carlos
Su despacho.-

Ante todo un cordial saludo, cumpliendo con el procedimiento administrativo exigido; hago de su conocimiento la **Aceptación Tutorial** del trabajo de grado de los participantes: González Omar y Rodríguez Laurimar, portadores de la cédula de identidad V-26.719.431 y V-27.013.894, correspondientemente, cursantes de la carrera **INGENIERIA CIVIL** titulado: REDISEÑO DEL CANAL DE DRENAJE DEL SECTOR MATA ABDÓN III, EN EL MUNICIPIO RÓMULO GALLEGOS, ESTADO COJEDES.

Sin más a que referirme y seguro de la objetiva diligencia, me suscribo.



ROY RINCÓN

C.I.: 17.329.527

TUTOR



Semestre Académico 2022-I:RG

ACTA DE PRESENTACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Hoy 18 de Mayo del dos mil veintidós, siendo las 11:00 am, reunidos en las instalaciones del Programa de Ciencias Básicas y Aplicada, ubicado en Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales, San Carlos, estado Cojedes, los Profesores ROY RINCÓN C.I: 17329527; EULICER LINERO C.I: 17593813 y Luis Chaon C.I: 24.013.821, Tutor y Jurados designados por la Comisión Asesora del Programa Ciencias Básicas y Aplicadas, en Resolución CAPCBA N°: 2022/099, Acta N° 447 Extraordinaria, Punto N°: 12 de Fecha: 07/03/2022; para evaluar la presentación oral y pública de la versión final del Trabajo de Grado titulado: **REDISEÑO DEL CANAL DE DRENAJE EN EL SECTOR MATA ABDÓN III, MUNICIPIO RÓMULO GALLEGOS, ESTADO COJEDES**, como requisito final Para optar al Título de **Ingeniero(a) civil** realizado por los bachilleres **OMAR GONZALEZ** C.I: **26.719.431** y **LAURIMAR RODRÍGUEZ** C.I: **27.013.894**

El tutor en su condición de coordinador del jurado examinador, inició el acto de presentación del Trabajo de Grado y seguidamente las bachilleres realizaron la exposición del mismo durante 30 minutos, puntualizando el problema, los objetivos, el marco teórico, los antecedentes, discusión de los resultados, las conclusiones y recomendaciones; respondiendo satisfactoriamente las observaciones y/o preguntas formuladas. Finalmente, el jurado deliberó para totalizar la calificación de la presentación, obteniéndose el siguiente resultado:

Expositor	Nota 1-100%	Nota Final 1-5
OMAR GONZALEZ C.I: 26.719.431	100	5,00
LAURIMAR RODRÍGUEZ C.I: 27.013.894	100	5,00

Tutor Metodológico

Por el jurado:

Eulicer Luján F C.I: 17593-813	C.I: 17329527	Luis Chaon C.I: 24.013.821	C.I:
Jurado Principal	Tutor (Coordinador)	Jurado Principal	Jurado Suplente

SC, 18/05/2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I	11
I.1. EL PROBLEMA	11
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
I.2. JUSTIFICACIÓN	14
I.3. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.....	16
I.3.1. Objetivo general	16
I.3.2. Objetivos específicos.....	16
I.4. ALCANCE Y LIMITACIONES	17
I.4.1. Alcances	17
I.4.2. Limitaciones	17
I.5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	18
I.6. INSTITUCIÓN, INVESTIGADORES, ASESOR METODOLÓGICO Y ASESOR ACADÉMICO	19
I.7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	19
CAPÍTULO II	21
II. MARCO TEÓRICO	21
II.1. Antecedentes de la investigación	21
II.2. BASES TEÓRICAS	23
II.2.1. Precipitación.....	23
II.2.2. Duración e intensidad de las precipitaciones	24
II.2.3. Análisis de frecuencia	25
II.2.4. Probabilidad de Ocurrencia.....	26
II.2.5. Escurrimiento superficial	26
II.2.6. Drenaje	27

II.2.7. Hidráulica de canales abiertos.....	27
II.2.8. Elementos geométricos de canales.....	28
II.2.9. Tipos de flujos en canales	29
II.2.10. Caracterización del flujo en canales abiertos	30
II.2.11. Diseño de canales para drenaje	30
II.2.12. Curvas en canales	32
II.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	33
II.4. BASES LEGALES	34
CAPÍTULO III.....	37
III. MARCO METODOLÓGICO.....	37
III.1. TIPO O DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	37
III.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	37
III.2.1. Paradigma de la investigación	37
III.2.2. Enfoque de la investigación.....	38
III.2.3. Nivel de la investigación.....	38
III.2.4. Modalidad de la investigación	38
III.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS.....	39
III.4. INSTRUMENTOS UTILIZADOS	49
CAPÍTULO IV	51
IV. ASPECTO ADMINISTRATIVO	51
IV.1. DIAGNÓSTICO QUE SUSTENTA LA PROPUESTA.....	51
IV.1.1. Información general de la zona	51
IV.1.2. Recolección de datos satelitales (geográficos y orográficos).....	52
IV.1.3. Recolección de datos pluviográficos.	55
IV.1.4. Recolección de datos de campo.....	57
IV.1.5. Cálculo de capacidad canal existente	57
IV.1.6. Cálculo y diagnóstico con los datos obtenidos.....	59
IV.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO	68
CAPÍTULO V.....	72
V. LA PROPUESTA.....	72

V.1. PRESENTACIÓN	72
V.2. JUSTIFICACIÓN	72
V.3. FUNDAMENTACIÓN	73
V.4. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA	74
V.4.1. Rediseño del canal	74
V.4.2. Recomendaciones para mejorar el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial	75
V.5. ADMINISTRACIÓN	77
V.6. FACTIBILIDAD.....	78
CAPÍTULO VI.....	79
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS	85
A.1. PLANILLAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	85
A.2. PLANOS DEL PROYECTO.	91

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios y a todas las personas que contribuyeron de una u otra manera en nuestro proceso educativo, especialmente a aquellos que con su esfuerzo y dedicación nos orientaron a ser las personas que somos hoy en día.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de actividades.	20
Tabla 2. Principales secciones hidráulicas y sus características geométricas.	28
Tabla 3. Coeficiente de rugosidad de Manning.	31
Tabla 4. Coeficiente de escorrentía.	45
Tabla 5. Zonificación y coeficiente de escorrentía	46
Tabla 6. Coeficiente de escorrentía para zonas rurales.	46
Tabla 7. Datos del relieve obtenidos del tramo de interés.	55
Tabla 8. Metadata de la estación pluviográfica.	56
Tabla 9. Datos preseleccionados para la evaluación pluviográfica, INAMEH, estación de Las Vegas, Serial 2365.	56
Tabla 10. Resumen de observación de campo.	57
Tabla 11. Caudal soportado por el diseño existente, según sus dimensiones y la velocidad media.	58
Tabla 12. Cálculo de coeficiente de escorrentía ponderado para el área de aporte al punto A.	64
Tabla 13. Cálculo de coeficientes y caudales.	65
Tabla 14. Comparativa de caudales.	67
Tabla 15. Comparación de capacidades	68
Tabla 16. Comparación con distintas Intensidades.	69
Tabla 17. Análisis de máxima eficiencia hidráulica adaptado a dimensiones constructivas, y sumado el borde libre.	70
Tabla 18. Dimensiones sugeridas.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del canal de drenaje de Mata Abdón, Las Vegas, Rómulo Gallegos.....	18
Figura 2. Planilla de recolección de datos.....	41
Figura 3. Áreas y puntos de interés en Google Earth Pro.....	53
Figura 4. Relieve del área de interés en Global Mapper.....	54
Figura 5. Modelo de superficie en Civil 3D basado en las curvas exportadas de Global Mapper.	54
Figura 6. Área estimada de aporte de descarga al canal de drenaje de acuerdo a las curvas de nivel y reconocimiento de la zona.	60
Figura 7. Análisis de secciones con H canales.....	70
Figura 8. Desagüe de aguas residuales en el tramo D-E.....	71
Figura 9. Presupuesto para la ejecución de la obra.....	78
Figura 10. Punto A.....	85
Figura 11. Punto B.....	86
Figura 12. Punto B'.....	86
Figura 13. Punto C.....	87
Figura 14. Punto D.....	87
Figura 15. Punto E.....	88
Figura 16. Punto F.....	88
Figura 17. Punto G.....	89
Figura 18. Punto H.....	89
Figura 19. Punto I.....	90
Figura 20. Punto j.....	90
Figura 21. Detalle de dimensiones en secciones propuestas.....	91
Figura 22. Perfil del alineamiento en Civil 3D.....	92
Figura 23. Plano en planta del canal propuesto (1/2).....	93
Figura 24. Plano en planta del canal propuesto (2/2).....	94
Figura 25. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (1/5).	95
Figura 26. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (2/5).	96
Figura 27. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (3/5).	97
Figura 28. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (4/5).	98
Figura 29. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (5/5).	99



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS
INDUSTRIALES
PROGRAMA DE CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SAN CARLOS - VENEZUELA

**REDISEÑO DEL CANAL DE DRENAJE EN EL SECTOR MATA ABDÓN III,
MUNICIPIO RÓMULO GALLEGOS, ESTADO COJEDES**

Gonzales, Omar C.I. 26.719.431
Rodríguez, Laurimar C.I. 27.013.894
Tutor: Ing. Roy Rincón C.I. 17.329.527

RESUMEN

El presente trabajo se trata de: rediseño del canal de drenaje en el sector Mata Abdón III, Municipio Rómulo Gallegos, estado Cojedes. Un canal de drenaje pluvial es un sistema hidráulico que busca recolectar y desplazar las aguas de lluvia a zonas que no interfieran con la actividad humana y que no genere un riesgo para la población. El canal de drenaje de las Vegas ubicado principalmente en el linde de las comunidades Mata Abdón III y San Miguel II, tiene problemas en su funcionamiento debido a diversos factores. Por este motivo, se realizó un proyecto que buscó vislumbrar los motivos por los que el canal de drenaje no funciona óptimamente y rediseñarlo para hacerlo un sistema del todo funcional. Para ello, se realizó un estudio de campo de paradigma positivista, con enfoque cuantitativo y un nivel de investigación explicativo, abordando todos los factores requeridos en un proyecto factible. Gracias a esto, se consiguió realizar un rediseño del canal, además, de conocer distintos factores que deben ser mejorados para lograr un correcto funcionamiento; por lo que se concluye que la principal causa del desborde del canal es la poca capacidad portante en relación con el caudal reunido por el área de aporte, y además, la falta de mantenimiento y conciencia de la población respecto a mantener despejada el área hidráulica del canal, aunado a esto, un problema de diseño que falta a normas sanitarias. Por lo que se recomienda hacer un canal de proporciones mayores, cuya área hidráulica vaya en aumento, y tratar los factores antes mencionados con carácter de importancia para así lograr extender el tiempo útil del canal y mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona.

Palabras clave: canal de drenaje, precipitaciones, rediseño, drenaje pluvial, caudal.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, no es un secreto que existen muchas obras de ingeniería que con el paso de los años se han deteriorado, sin conseguir un proyecto de rediseño o mantenimiento para alargar su vida útil; un canal de drenaje pluvial tiene la función de recolectar las aguas de lluvia que escurren por el terreno para acumularse y ser desplazadas sin que estas causen problemas, económicos o sociales. Adherente a esto, se debe entender que el crecimiento poblacional genera superficies de escurrimiento de menor infiltración como suelos de concreto, techos o asfalto lo que produce un tiempo de concentración menor y aumenta el caudal de agua en el área útil del canal, que si no tiene la capacidad suficiente, se desbordará generando problemas en el área circundante.

Las razones por las que un canal no posea la capacidad suficiente pueden ser varias, desde el crecimiento poblacional hasta el descuido en lo respectivo a los mantenimientos y limpiezas del mismo. Para conseguir que un canal de drenaje vuelva a tener la capacidad hidráulica necesaria para funcionar óptimamente se deben realizar varios estudios sobre la hidrología y la condición física del mismo, para así vislumbrar las razones que conllevan a la falla del sistema y plantear, analizando la información obtenida, cuáles son las problemáticas que deben ser reparadas o modificadas.

Es por todo lo anteriormente expuesto que se planteó realizar un proyecto para estudiar las razones que conllevan al mal funcionamiento del canal de Mata Abdón III en el municipio Rómulo Gallegos, estado Cojedes, para descubrir los puntos claves en el rediseño para el funcionamiento del canal. Este proyecto, se constituyó de seis capítulos, en conformidad con lo establecido en las normas para la realización de trabajo especial de grado, en su modalidad, proyecto factible.

El primer capítulo, el problema, trata sobre el problema existente en las comunidades por el desbordamiento y estancamiento de las aguas, justificación del proyecto, alcance y limitaciones que deben evaluarse en la búsqueda de los objetivos del estudio, los cuales se centran en la evaluación de las condiciones físicas y geográficas del canal, para de esta forma poder conocer las dimensiones necesarias para un rediseño. El segundo capítulo, del marco teórico, como su nombre lo indica, teoriza sobre los puntos esenciales a tratar en la búsqueda de soluciones usando las investigaciones y teorías de diversos autores especialistas en el área de hidrología e hidráulica de canales, a su vez, se tratan también el marco legal por el cual se permite la realización de un proyecto de canal de drenaje pluvial.

En el tercer capítulo, se especifica la metodología de investigación a usar. Un modelo de investigación de campo, con paradigma positivista bajo un enfoque cuantitativo, que a través de los cálculos numéricos, encentra las soluciones sobre la capacidad del canal en comparación con la necesaria para el área de estudio evaluada, persiguiendo con esto, estudio técnico y de campo una profundidad de investigación a nivel explicativo.

Para el cuarto capítulo, se realiza el reconocimiento de campo y con esto la evaluación satelital, hidrológica y numérica para finalmente proponer, en el quinto capítulo, las dimensiones geométricas para el funcionamiento óptimo del canal. Y finalmente, en el sexto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el proceso de elaboración de este trabajo especial de grado.

CAPÍTULO I

I.1. EL PROBLEMA

I.1. Planteamiento del problema

Según Arocha (1983), el desarrollo de zonas urbanas, tanto las dotaciones de servicio como la recolección de aguas de lluvia, debe realizarse de forma tal, que se tomen en cuenta todas las variables necesarias para la determinación del gasto de agua acumulable, aunque la realidad es que, en poblaciones pequeñas y con recursos limitados, los proyectos son privados de tener un amplio rango de posibilidad de ocurrencia, por lo que con el pasar los años resulta en un escaso desempeño del sistema, lo que produce incomodidades a las comunidades.

La calidad de vida de los habitantes de cualquier pueblo o ciudad, se encuentra determinado por distintos factores y uno, de gran importancia, es el sistema de drenaje, el cual cumple la función de captar las aguas de lluvia y alcantarillado, en este caso, canalizándolos hacia una zona en la cual dichas aguas no tengan efectos negativos sobre la calidad de vida de sus habitantes.

Un canal, tal como lo describe Villón (2007), es una obra hidráulica donde el agua circula por gravedad y se encuentra en contacto con la atmósfera. Es decir, un canal de drenaje pluvial es aquel que puede circular dentro de una comunidad ya que no contiene residuos tóxicos para los habitantes de la zona, también, se entiende que su función es recolectar aguas de lluvia para evitar los estancamientos y la inundación de zonas en las comunidades; lo cierto es que, en el área de la presente investigación no cumple con este objetivo de forma eficaz.

En cuanto a las consecuencias indirectas del estancamiento de las aguas, se puede mencionar que en 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) publicó

cifras alarmantes sobre el contagio de enfermedades debido a vectores, se puede resumir que anualmente se producen más de 700.000 muertes debido a estas enfermedades, entre las cuales están el dengue, la malaria, la chikungunya, el paludismo, el zika, entre otros. Así pues, queda claro que las enfermedades de transmisión debido a los mosquitos podrían llegar a constituir un problema ya que el poco mantenimiento del sistema ocasiona el estancamiento de aguas pluviales, lo cual empeora la situación debido a las afecciones que pueda padecer la comunidad por el mal funcionamiento del canal.

En Venezuela existen localidades que presentan la problemática anteriormente mencionada, y el estado Cojedes no es una excepción, encontrándose el caso en comunidades como el sector Mata Abdón III del municipio Rómulo Gallegos. En dicho sector, existe un canal que actualmente no cumple con su funcionamiento de forma adecuada ya que, en épocas de lluvias las medianas y fuertes precipitaciones generan el desbordamiento del mismo causando molestia a los habitantes de las zonas circundantes. A pesar de haber cumplido con su propósito por aproximadamente 30 años, con el crecimiento poblacional y por ende del número de viviendas construidas en la zona, así como también la pavimentación de calles, y el establecimiento de nuevos sectores adyacentes, paulatinamente ha venido perdiendo la capacidad de cumplir su función de manera óptima, ya que al existir mayor área de superficies impermeables aumenta el caudal concentrado y el agua que se escurre en la zona es mayor a la planificada en su diseño.

Es de resaltar que, el canal de drenaje viene con distintas problemáticas ya que la sección de concreto termina al sur de sector Mata Abdón III y luego de ese punto el terreno cuenta con una zanja que se extiende por el oeste del sector San Miguel II. Esta línea no provee un soporte para el caudal máximo del canal y esto, en épocas de lluvias, genera estancamiento e inundaciones en la zona., sumado al hecho de que sectores como lo son Mata Abdón III y San Miguel II, los más afectados por las condiciones mencionadas anteriormente, ya que cuentan con una pequeña porción de

calles pavimentadas, siendo las demás de granzón y el paso de vehículos generan una degradación constante de estas vías favoreciendo el estancamientos de agua en múltiples puntos.

Aunado a la problemática anterior, también se debe mencionar la falta de pavimentación de calles adyacentes en algunas zonas del canal, produce una contribución a la acumulación de tierra, escombros y desechos dentro de las secciones del canal, lo cual ocasiona obstrucciones en el flujo y no permite la descarga de una cantidad de las aguas contenidas, lo anteriormente expuesto deja vislumbrar que el canal requiere mantenimiento con mayor frecuencia que otros canales para conservar su capacidad de recolección de aguas.

Es importante mencionar que el sector Mata Abdón III posee aproximadamente 1830 habitantes, siendo solo una de las 5 comunidades afectadas por el mal drenaje. Como se ha mencionado, este canal fue diseñado para transportar aguas pluviales y, aunque no existen registros de su construcción, fue construido en una etapa muy temprana de la fundación de Las Vegas.

La problemática que presentan las comunidades por el mal funcionamiento del drenaje fluvial es una realidad, que va desde tener zonas totalmente inundadas por las fuertes lluvias haciendo que sus calles sean intransitables, lo que ocasiona que para realizar sus actividades cotidianas tengan que recorrer grandes distancias para poderse desplazar de un lado a otro. La necesidad de una mejor gestión es claramente primordial para optimizar la calidad de vida de los habitantes.

Como puntos a considerar, existen fallas en redes de aguas servidas de sectores como San José, las cuales son vertidas al canal, por tanto, las aguas que corren a través de él están contaminadas, esto ha incentivado el uso del canal como lugar para deshacerse de desechos como basura y animales muertos. Considerando que estas aguas terminan corriendo sobre el terreno natural, generan contaminación del suelo y

de las aguas subterráneas creando peligros potenciales para la población ya que, debido al limitado desarrollo urbano de comunidades como lo son San Miguel II y Mata Abdón III existen familias que hacen uso de pozo profundo como fuente de agua potable de manera intermitente.

Ante los motivos expuestos, se estima que un nuevo diseño que aumente la capacidad de descarga del canal será de un gran beneficio tanto para el sector Mata Abdón III como para otros sectores adyacentes, como lo son el sector San José, Mata Abdón I, Mata Abdón II, San Miguel I y San Miguel II. Es necesario evaluar el canal de drenaje y estudiar las posibilidades de rediseño que eviten el desbordamiento y mejoren la calidad de vida de los habitantes de las comunidades que se valen de su servicio en el municipio Rómulo Gallegos del estado Cojedes.

Debido a lo anteriormente expuesto se plantea las siguientes interrogantes de investigación: ¿En qué estado físico se encuentra el canal de drenaje y qué factores presentan una problemática en su funcionamiento? ¿Cuáles es el caudal que realmente debe transportar el canal? Y, ¿Cómo debe rediseñarse para lograr tener un funcionamiento eficiente?

I.2. Justificación

Las obras de drenaje fluvial son elementos estructurales importantes que influyen directamente en la durabilidad de caminos, carreteras, carreteras y otras vías terrestres de comunicación, así como de la infraestructura de edificaciones. Tienen como objetivo principal captar las aguas que corren sobre el terreno natural, o que una u otra forma llegan a él, y transportarlas a cuerpos de aguas o zonas de cultivos aprovechándolas como riego.

En el tramo de estudio del canal del sector de Mata Abdón III se busca analizar el diseño actual de dicho colector para presentar una alternativa de mejora teniendo en

cuenta las normativas de diseño y construcción de sistemas de drenaje, debido a que se encuentra en condiciones de deterioro debido a falta de mantenimiento, manejo inadecuado de las aguas servidas y efectos del deterioro de la infraestructura vial adyacente, creando inseguridad en materia urbanística, ecológica y de salud social. Por esto se plantea una alternativa que cumpla con las normas y descripciones técnicas de diseño, principalmente que involucre minimizar costos de operación y mantenimiento.

Es competencia del estado, en materia de vialidad, mantener la revisión continua de las obras de drenaje, realizando su limpieza, reparación y construcción para asegurar su estado de eficiencia óptimo evitando la acumulación de agua en las vías, permitir el paso a través de las mismas y en general evitar el deterioro de sus componentes por la acumulación de aguas superficiales y acumulamiento de las subterráneas; según la Gaceta Oficial Número 38715 sobre los “Lineamientos para la conservación, administración y aprovechamiento de la infraestructura vial”.

Así también, en la Ley de Aguas publicada en Gaceta Oficial número 351.688, establece en sus títulos I y III que la gestión integral del agua tiene como objetivo prevenir y controlar el efecto negativo de las aguas sobre la población y sus bienes; de igual forma establece que la prevención de los posibles efectos negativos se llevará a cabo mediante la construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias.

Un nuevo diseño para el canal solventaría las problemáticas mencionadas anteriormente las cuales afectan el desarrollo urbanístico de la zona, transitabilidad de las vías terrestres, calidad de vida de la población, de los suelos y del agua, cumpliendo con el objetivo número V del Plan de la Patria 2019-2025 de contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana; debido a que el drenaje pluvial pertenece al sector de servicio público de drenajes y alcantarillados, se sigue la línea de creación intelectual de la UNELLEZ, numeral 23,

establecida según las líneas de acción del plan patria 2019-2025, para garantizar el funcionamiento de los servicios públicos.

En resumen, hacer un estudio para el rediseño del drenaje pluvial de la zona es necesario para encontrar alternativas útiles en el mejoramiento del mismo, dichas alternativas evitarían problemas que se han generado y mantenido a lo largo de los años y que, con el pasar del tiempo y el crecimiento poblacional se verán agravadas a futuro. De esta manera se entiende que, las mejoras realizadas con el rediseño del canal, favorecen a toda la población adyacente, así como a toda comunidad de las Vegas en materia de infraestructura, vialidad y salud siendo un beneficio para la calidad de vida de sus habitantes, además, de ser una importante línea de investigación referida al área de la ingeniería civil en materia de obras hidráulicas.

I.3. Formulación de objetivos

I.3.1. Objetivo general

Rediseñar el canal de drenaje en el sector Mata Abdón III, municipio Rómulo Gallegos, estado Cojedes.

I.3.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar las características meteorológicas, orográficas y geográficas de la zona utilizando información satelital.
2. Determinar las soluciones de cálculo para el diseño del canal de drenaje existente.
3. Diseñar un sistema eficiente a partir de los datos obtenidos en el análisis de las condiciones actuales del canal de drenaje de Mata Abdón III, en las Vegas Estado Cojedes.

I.4. Alcance y limitaciones

I.4.1. Alcances

Este proyecto tiene como alcance realizar el levantamiento del canal de drenaje y el cálculo de la descarga por el método racional para determinar el caudal medio que debe dirigir el canal y, comparando la capacidad del diseño actual, se propondrá un nuevo diseño que maneje de manera eficiente la descarga evitando las inundaciones de los sectores adyacentes por el desbordamiento del mismo.

Para llevarlo a cabo se hizo uso del software QGIS y Google Earth Pro para la determinación de la distribución y áreas de aporte, H Canales para el cálculo de las geometrías de sección más eficientes, Microsoft Excel para la realización de los cálculos y tanto Global Mapper como Autodesk Civil 3D para el cálculo de los volúmenes de excavación presentado un presupuesto de ejecución elaborado en IP-3 Control de Obras considerando el canal existente.

I.4.2. Limitaciones

Las limitantes en la realización de este proyecto fueron:

- No existen registros del diseño y construcción de canal de drenaje actual y tampoco una planificación urbanística para el desarrollo de la zona por lo cual, parte de la información utilizada se basa en el conocimiento de los habitantes y la exploración de la localidad.
- La información meteorológica disponible de la zona es antigua por lo tanto se encuentra desactualizada y el uso de información satelital para el estudio del relieve, son lo suficientemente precisos para hacer estimaciones pero, no reflejan de manera detallada la información en campo y presenta limitantes debido a la perspectiva.

- El presente trabajo se limita a la presentación del nuevo diseño sin considerar soluciones para el aporte de aguas servidas y el destino de las aguas canalizadas.

I.5. Ubicación geográfica

El canal de estudio tiene una amplia extensión contando con distintas secciones en su trayecto, a pesar de esto, el estudio se centrará en una zona crítica que cubre y divide parte de los sectores Mata Abdón II y Centro I, Mata Abdón III y los sectores San José, San Miguel I y San Miguel II de Las Vegas, municipio Rómulo Gallegos (Figura 1).

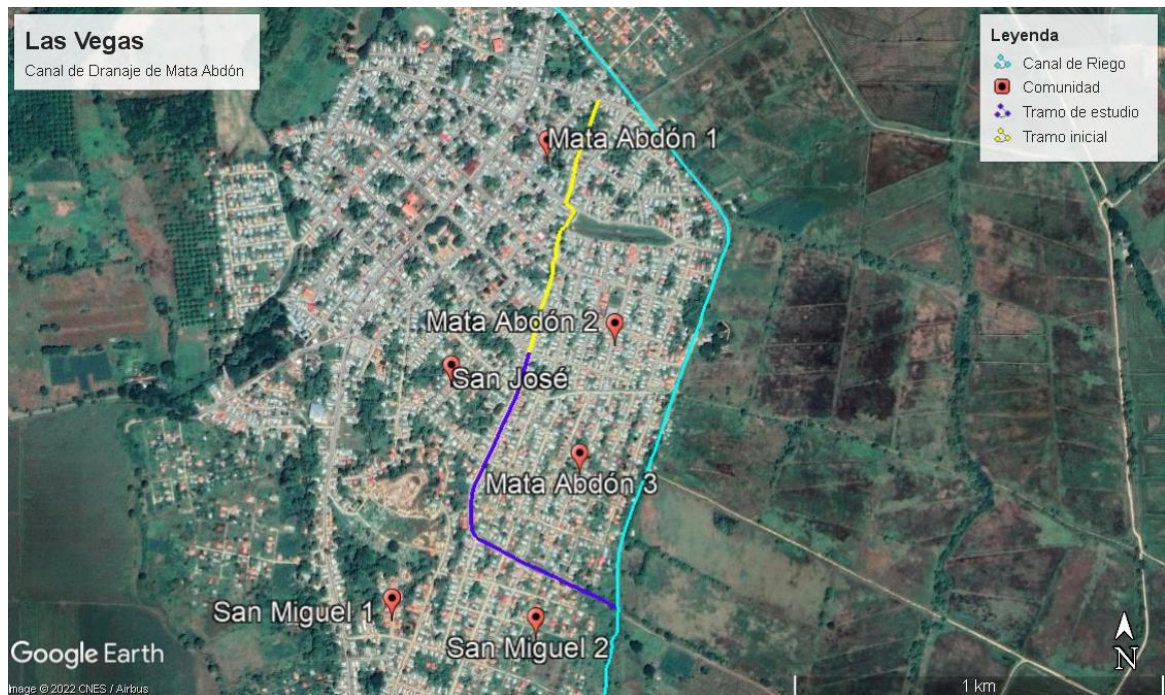


Figura 1. Ubicación geográfica del canal de drenaje de Mata Abdón, Las Vegas, Rómulo Gallegos.

Fuente: Google Earth (2022).

Tramo de estudio:

Progresiva: 0+000.00

Coordenada: 9°32'6.96"N - 68°37'44.46"O

Progresiva 0+955.50 m

Coordenada: 9°31'44.59"N - 68°37'36.73"O

Longitud: 955.50 m

Sección: Trapezoidal

Fecha de creación: Indeterminada.

Material: Concreto.

Dimensiones: Variable.

Estado: Existen daños en ciertos puntos del revestimiento del canal.

I.6. Institución, investigadores, asesor metodológico y asesor académico

Institución: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales
“Ezequiel Zamora”

Investigadores: Laurimar Rodríguez y Omar González.

Asesor metodológico: Yadira Flores

Tutor académico: Roy Rincón

I.7. Cronograma de actividades

Para la realización de este proyecto hace falta organizar las tareas a realizar para cumplirlas de manera óptima, es por eso que en la

Tabla 1, se aprecia el cronograma de desarrollo del proyecto siguiendo los lineamientos de las 16 semanas de ejecución:

Tabla 1. Cronograma de actividades.

Actividades	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Recopilación de documentación	■	■																	
Inspección a la zona			■	■															
Evaluación de las zonas más afectadas					■														
Análisis del problema						■	■												
Documentación de campo								■	■	■									
Discusión de resultados											■	■							
Diseño de propuestas													■	■	■				
Presentación del proyecto																			■

Fuente: Elaboración propia (2022).

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Antecedentes de la investigación

Se indagó sobre proyectos y trabajos en la zona de estudio, pero sin conseguir resultados, en carencia de ellos, se presentan antecedentes referentes a otras zonas de estudio:

En 2015, Blandón y Monzón, presentan el proyecto Diseño de un canal de 1km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte, contiguo al hotel Camino Real, del Distrito VI de la ciudad de Managua. Siendo este el mayor referente por la similitud del estudio; este proyecto buscó, mediante una metodología de enfoque cuantitativo de tipo descriptivo-analítico, hacer un estudio que permitió realizar el cálculo de las dimensiones geométricas para la mejor eficiencia hidráulica, permitiendo así, solucionar las necesidades de drenaje que en épocas de lluvia afectan de sobremanera a los habitantes de la zona.

Estudiados todos los parámetros, el estudio concluyó en la preferencia a realizar el canal revestido gracias a su capacidad de transportar mayor carga despreciando el factor de la erosión en sus paredes, por lo cual resultan en canales con mayor beneficio económico a largo plazo, luego de realizar una simulación hidráulica con el programa HEC-RAS, el diseño del canal no se encuentra en peligro incluso en condiciones de un tiempo de retorno de 50 años, por lo cual se concluye, trabajará de manera eficiente sin presentar peligros de inundación a los sectores aledaños.

Como recomendaciones este proyecto propuso, realizar estudios de impacto ambiental ante la realización del proyecto, realizar estructuras de transición para conectar el canal con un puente existente, así como estructuras de gaviones para aumentar la seguridad en las paredes del canal rectangular, se deben realizar adecuaciones de precio según lo necesario y sugerir un proyecto social para ayudar al mantenimiento de las condiciones del canal.

Así mismo, Barreto y Beltrán (2018), realizaron el proyecto Sistema de diseño de recolección de aguas de lluvias más eficientes para el plan parcial de la vereda

Bartolomé en el municipio de Gachancipá departamento de Cundinamarca para la Universidad Católica de Colombia. Un proyecto que planteó resolver el problema mediante el análisis de diferentes alternativas en la elaboración de un sistema de aguas pluviales, ya que, en situación de lluvias recurrentes el canal natural con el que cuenta la localidad se desborda creando inundaciones.

El trabajo tuvo como objetivos, recolectar información concerniente al estudio para generar tres propuestas y estudiar la factibilidad de cada una de ellas. Al final de este trabajo se concluyó que luego de realizar el análisis, que incluía los factores económicos y sociales, que la mejor medida era realizar un sistema de colectores; dando como recomendación que se plantaran las zonas ociosas con vegetación a modo de reducir el escurrimiento y aumentar la eficiencia del sistema, además, la importancia de realizar las obras de construcción de colectores antes de empezar trabajos de urbanismo, pues la zona de estudio se encontraba en un plan de ampliación urbanística.

Este proyecto, pese a no tratar del rediseño de un canal en sí, proporcionó un ejemplo de metodología práctica y muy detallada del estudio hidrológico que se realizó en la zona para conocer los caudales que deben ser drenados, es precisamente esta parte la que es de especial interés y representa la influencia en la elaboración del trabajo de rediseño.

Finalmente, Romero, Rochaquira y Gómez (2017), presentan el proyecto Propuesta de diseño de un sistema de drenaje vial para el tramo de carretera terciaria San Joaquín alto del Tigre en el municipio de La Mesa Cundinamarca; en este tal como en el proyecto anterior se pueden recaudar parte de la información de estudio hidrológico, pero también, realizaron el estudio de las cunetas con programas computarizados para el cálculo de canales por lo que es un gran referencial para el trabajo de rediseño del canal de drenaje en Las Vegas.

Este proyecto, tiene como propósito estudiar la situación geográfica, topográfica e hidrológica de la zona para plantear una propuesta del diseño óptimo para un sistema de drenaje en su zona de estudio, para ello, se realizó una investigación de enfoque cuantitativo y de tipo descriptiva y proyectiva, con la cual pudieron obtener como resultado, después de un análisis de las condiciones de la zona y con el uso del software H canales, las dimensiones de máxima eficiencia para cuatro tramos diferentes del sistema de drenaje. A su vez, realizado el análisis administrativo de la obra dejaron como recomendación, hacer la inspección detallada de la zona, el correcto análisis de suelo para determinar con claridad el tipo de excavación, tomar en cuenta las zonas de aferencia de las carreteras y llevar un correcto informe fotográfico.

II.2. Bases teóricas

II.2.1. Precipitación

La precipitación, según Carciente (1965), es la caída a la superficie de la tierra del agua en sus estados sólido o líquido. Esta puede presentarse por causa de diferentes fenómenos meteorológicos y denominarse según el mismo. Estas pueden ser:

- Orográficas: Son las precipitaciones suscitadas debido al ascenso mecánico de las nubes sobre barreras montañosas por lo cual se encuentran confinadas a la zona montañosa del país, estas pueden durar varios días y son de baja intensidad.
- Convectivas: Suceden cuando se eleva el aire caliente chocando con el aire frío que lo rodea, son frecuentes en todo el territorio nacional a excepción de las zonas montañosas más altas. Y son, en general, de corta duración y gran intensidad.
- Ciclónicas: Estas también pueden ser llamadas frontales, y se producen por el levantamiento de vapor que se eleva para chocar con áreas de baja presión, o

bien llamadas área de ciclones. Este tipo de lluvia es natural en la zona costera extendiéndose unos 100km tierra adentro, sus características son muy similares a las de la lluvia orográfica.

II.2.2. Duración e intensidad de las precipitaciones

En la hidrología aplicada al diseño de drenajes es importante reconocer todas las variables que puedan intervenir en el cálculo de gasto de agua, como lo menciona Arocha (1983). Unos de estos aspectos, como los que se trataran a continuación, es la duración e intensidad de lluvias. Carciente (1965), define duración como el tiempo que tarda la precipitación y la intensidad la cantidad de agua precipitada en un plazo de tiempo.

Por su parte, Arocha (1983), menciona que la duración e intensidad de las lluvias son inversamente proporcionales y especifica que la intensidad de la lluvia para proyectos de drenaje es utilizada en lt/s/ha, y que la barrera entre una precipitación corta y larga se encuentra a los 120min. Así mismo, en concordancia con las normas INOS establece que el tiempo para la determinación de intensidad no puede ser menor a 5 minutos. Palacios (2004), destaca la importancia de la intensidad de las lluvias como el factor más importante para poder calcular la cantidad de agua que se va a drenar.

II.2.3. Análisis de frecuencia

Según Villón (2002), el análisis de frecuencia se realiza encontrando los registros de intensidad máxima de las tormentas para las diferentes duraciones, tomando la mayor de cada año y ordenándolos de según su duración de manera ascendente (10, 30, 60, 120 y 240 minutos), se ordena de forma decreciente sin importar el tiempo y se utiliza la fórmula de Weibull para encontrar el tiempo de retorno, la cual es:

$$T = \frac{n+1}{m} \quad (2.1)$$

Donde T es el periodo de retorno, m el número de orden y n el número de observaciones. Y posterior a esto se construye una curva de intensidad-duración-periodo de retorno trazando las duraciones (min) en las abscisas, las intensidades (mm/h) en las ordenas y el retorno en con sus pares y así formas curvas con todos los datos.

Sin embargo, Aparicio (1992), sugiere el uso de la relación de los tres factores (i, D, T) mediante la ecuación propuesta por Sherman en 1931, donde se relacionan las tres variables en una familia de curvas, mediante:

$$i = \frac{kT^m}{(D+c)^n} \quad (2.2)$$

Donde k, m, n y c son variables que se calculan con el análisis de correlación lineal múltiple y D, T, i son la duración, tiempo de retorno y la intensidad-periodo de retorno correspondientemente.

II.2.4. Probabilidad de Ocurrencia

Carciente (1965), explica que siendo la probabilidad de ocurrencia un valor inverso de la frecuencia se puede calcular con:

$$P = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad (2.3)$$

Donde, p es la probabilidad de ocurrencia de la prueba, k el número de objetos que se combinan, n el objeto de muestra y:

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (2.4)$$

II.2.5. Escurrimiento superficial

Aparicio (1992), define el escurrimiento como la circulación del agua por encima y debajo de la tierra, en cuyo proceso puede ocurrir el proceso de infiltración y de evaporación. Al igual que este autor, Villón (2002), clasifica los escurrimientos en tres tipos, superficial, subsuperficial y subterráneo. El subsuperficial se clasificará como superficial si debido a los sustratos del suelo este alcanza la misma rapidez del escurrimiento que el superficial.

Monsalve (1999), citado por Barreto y Beltrán (2018), nos dice que “la escorrentía superficial es el fenómeno más importante desde el punto de vista de ingeniería”. Debido a ello, es importante conocer diferentes factores que lo afectan. De igual manera, Villón (2002), especifica que existen dos tipos de factores los meteorológicos que tienen que ver con la tormenta, duración, intensidad, velocidad, distribución, entre otros; y los factores fisiográficos, que se refieren a la forma de la cuenca en sí, la pendiente, el tipo y uso de los suelos que la conforman.

Carciente (1965), indica que para hacer un diseño de drenaje pluvial es necesario conocer la descarga de diseño, que no es más que determinar el volumen de agua que llega al drenaje en un instante determinado. Dicho cálculo se realiza a través de la fórmula racional:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (2.5)$$

Donde, Q es la descarga (L/s), C el coeficiente de escorrentía, I la intensidad de la precipitación (L/s/ha) y A el área de la cuenca (ha).

II.2.6. Drenaje

Palacios (2004), define un sistema de drenaje pluvial como aquel conjunto de obras hidráulicas que tienen como objetivo recolectar las aguas de las precipitaciones para llevarlas a un sitio de disposición final que no cause inconvenientes en las comunidades.

Bolinaga (2000), expresa que, el drenaje urbano es un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar que las aguas pluviales causen daños a las personas o las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

II.2.7. Hidráulica de canales abiertos

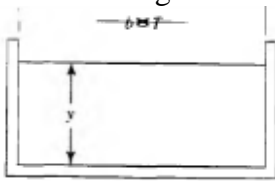
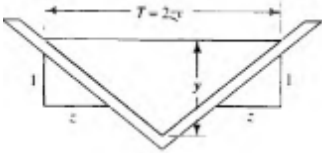
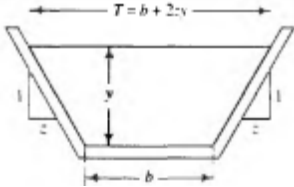
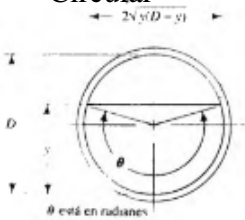
La hidráulica de canales, tal como lo establece Carciente (1965), es un tema tanto de hidrología como de hidráulica, pues consiste en calcular la cantidad de agua que llega al canal, así como el diseño adecuado para el mismo. Villón (2007), en su libro sobre hidráulica de canales clasifica los canales en dos tipos: las secciones abiertas y las secciones cerradas; para el diseño de canales como el que se trata en este proyecto existen de cuatro tipos según su geometría que pueden ser los trapezoidales, rectangulares, triangulares y parabólicos.

II.2.8. Elementos geométricos de canales

Los elementos geométricos de un canal, según Rodríguez (2008), viene dada específicamente por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. Tanto este autor como en anterior coinciden en que uno de las secciones de canales de sección

abierta más utilizado es el trapezoidal y coinciden en que los cálculos del mismo se fundamentan en el tirante de agua (y), el espejo de agua (T), el talud (m o z), área hidráulica (A), perímetro mojado (p) y el radio hidráulico (R). En la Tabla 2, se presentan las principales formas de canales abiertos:

Tabla 2. Principales secciones hidráulicas y sus características geométricas.

Sección	Área A	Perímetro P	Radio hidráulico R
<p>Rectángulo</p> 	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
<p>Triangulo</p> 	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$
<p>Trapecio</p> 	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$
<p>Circular</p> 	$\frac{(\theta - \sin \theta)D^2}{8}$	$\theta \frac{D}{2}$	$\frac{(\theta - \sin \theta)D}{\theta 4}$

Nota: θ debe estar en radianes.

Fuente: Mott (2006).

II.2.9. Tipos de flujos en canales

Villón (2007), dice que existen cuatro formas de clasificar los tipos de flujo, tal como se muestra a continuación:

- Flujo permanente y no permanente: la variable utilizada en esta clasificación es el tiempo, si los factores hidráulicos cambian con el tiempo es no permanente, pero si no cambia el flujo es permanente.
- Flujo uniforme y variado: la variable es el espacio. Lo que quiere decir que, si las variables como el área o el tirante cambian, es variado, sino cambian es uniforme.
- Flujo laminar o turbulento: el parámetro que se mide en este tipo de clasificación es la viscosidad, a través del número de Reynolds, podemos conocer si el flujo tiene un número de Reynolds menor a 580 es laminar, mayor a 750 es turbulento y lo que se encuentra en medio de estos dos valores se clasifica como flujo de transición.
- Flujo crítico, subcrítico y supercrítico: Con relación en el número de Froude establece que si el flujo se encuentra en un estado menor a 1 es subcrítico, igual a 1 es crítico y mayor a uno supercrítico.

II.2.10. Caracterización del flujo en canales abiertos

Según Villón (2007), se puede calcular el tipo de flujo con las siguientes formulas:

Número de Reynolds:

$$R_e = \frac{vR}{\nu} \quad (2.6)$$

Donde R_e es el número de Reynolds (adimensional), v es la velocidad media del flujo (m/s), R es el radio hidráulico (m), ν es la viscosidad del fluido (m^2/s).

Número de Froude:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gy}} \quad (2.7)$$

Donde F es el número de Froude (adimensional), v la velocidad media del flujo (m/s), g la aceleración de la gravedad (m/s^2) y y es la profundidad hidráulica (m).

II.2.11. Diseño de canales para drenaje

Para Carciente (1965), se deben diseñar los canales dependiendo del flujo que se pretende llegara a ellos. Para el flujo uniforme, estos pueden ser revestidos o no pero su diseño se fundamenta en determinar la sección adecuada y determinar la protección contra la erosión. Para canales no revestidos primero es necesario determinar la velocidad máxima, la pendiente, el coeficiente de fricción y la geometría pretendida para así poder calcular el radio hidráulico mediante la fórmula de Manning. Por otro lado, en los canales revestidos la erosión no constituye un problema de erosión por lo que es preciso centrarse en determinar el diseño geométrico del canal que favorezca la eficiencia y la economía de la obra.

Carciente (1965), también menciona que, cuando se requiere el diseño de canales para flujos no uniformes el diseño consiste en obtener un gasto uniforme en el canal superior, controlar la altura crítica y escoger una sección adecuada para el transporte. Estos, son casos en que el agua llega al canal a través de pendientes fuertes generando este tipo de flujo.

Asumiendo un flujo uniforme, Streeter, Wylie y Bedford (2000), recomiendan la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{C_m}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (2.8)$$

Donde Q es la descarga, C_m es una constante empírica iguala 1,49 en unidades USC y a 1,00 en unidades SI, n es el coeficiente de rugosidad de Manning (encontrado en la Tabla 3), A es el área transversal del canal, R es el radio hidráulico y S es la pendiente del fondo del canal, expresada en forma decimal.

También, Streeter, Wylie y Bedford (2000), indican que conociendo Q, n y S se puede escribir como:

$$A = cP^{2/5} \quad (2.9)$$

Donde c es conocida lo cual representa la relación entre el área y el perímetro mojado y permite hallar las dimensiones óptimas para el funcionamiento del canal. En la Tabla 3 se pueden divisar los coeficientes de rugosidad de Manning más comunes.

Tabla 3. Coeficiente de rugosidad de Manning.

Material de pared	n de Manning
Material cepillado	0.012
Material sin cepillar	0.013
Concreto bien terminado	0.012
Concreto sin pulir	0.014
Hierro fundido	0.015
Ladrillo	0.016
Acero ribeteado	0.018
Metal corrugado	0.022
Canto rodado	0.025
Tierra	0.025
Tierra, con piedra y plantas	0.035
Grava	0.029

Fuente: Streeter, Wylie y Bedford (2000).

II.2.12. Curvas en canales

Tal como lo explica, Rodríguez (2018), el agua es incapaz de resistir los esfuerzos cortantes por lo que la superficie libre del flujo uniforme permanente siempre es normal a la resultante de las fuerzas que actúan sobre ella. Por tanto, como la ley de movimiento de Newton lo explica, el agua fluye en línea recta a menos que fuerzas externas intervengan, debido a esto cuando el líquido debe circular en una trayectoria curva su superficie actúa en posición de las resultantes de la fuerza de gravedad y la aceleración radial. Esto genera que la superficie del agua tenga mayor elevación en la superficie exterior y menor en la interior, independientemente de esto, no se debe ahorrar altura en el borde interior del canal. Esta diferencia de altura se puede calcular con:

$$d = \frac{V^2 T}{r_c g} \quad (2.10)$$

Donde, V es la velocidad promedio del tramo, T el ancho del tirante, r_c el radio de la curva y g la gravedad.

II.3. Definición de términos

A continuación, se presentan algunos términos técnicos necesarios para la comprensión del proyecto:

- **Drenaje:** consiste en la recolección y descarga de aguas pluviales en áreas pobladas. Bolinaga (2000).
- **Escorrentía:** o escurrimiento, es el proceso mediante el cual el agua que se precipita corre por la tierra o se infiltra en su proceso para llegar a la salida de la cuenca. Aparicio (1992).

- **Flujo laminar:** es el flujo donde las partículas de agua llevan una trayectoria definida, dando la impresión de que se mueven en forma de láminas o capas paralelas entre sí, deslizándose una sobre otra. Rodríguez (2008).
- **Frecuencia:** estadísticamente hablando esto se define como el periodo promedio entre dos eventos de igual magnitud. MOP (1967).
- **Gasto de diseño:** es el cálculo de la cantidad de agua que llegara a la estructura en un momento determinado. Carciente (1965).
- **Hidráulica:** es una ciencia semi-empírica que estudia el comportamiento mecánico de los líquidos. Esta se divide en la hidráulica general (hidrostática o hidrodinámica) y la aplicada (hidráulica fluvial, marítima, urbana, agrícola, entre otros). Ruiz (2004).
- **Hidrología:** es la ciencia que se encarga de estudiar las propiedades del agua y su ocurrencia, circulación y distribución sobre la superficie terrestre. Villón (2002).
- **Talud:** es la relación entre la proyección horizontal y vertical de las paredes laterales de un canal trapezoidal o vertical. Así como también la inclinación en las laderas de las montañas y cerros. Rodríguez (2008).
- **Transiciones:** son estructuras hidráulicas que sirven para unir dos tramos de dimensiones diferentes, de un canal, eliminando la brusquedad del cambio de sección, reduciendo las pérdidas y mejorando la eficiencia hidráulica. Rodríguez (2008).

II.4. Bases legales

Como en todo proyecto, se debe informar al lector sobre la fundamentación legal que sustenta su ejecución, por eso, a continuación, se especificaran las bases legales, tanto normas como artículos, que tienen directa vinculación con la realización del mismo:

Para comenzar, la base de todas las leyes venezolanas, la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), está en su capítulo II sobre la competencia del poder público nacional especifica en el numeral 20 las obras publicas de interés nacional y en el 27 el sistema de vialidad y ferrocarriles, por tanto, es competencia del poder público mantener la eficiencia de canal de drenaje asumido también como un sistema de drenaje vial.

La Ley de Aguas (2007) publicada en Gaceta Oficial número 351.688, expresa:

Títulos I, disposiciones generales:

Artículo 4. La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

1. Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.
2. Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

Título III, prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes

Artículo 14. La prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de:

1. Los planes de gestión integral de las aguas, así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos. Como proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos socio naturales y cronológicos en la sociedad.

2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias.

Artículo 15. El análisis de riesgos estará orientado a la prevención y control de inundaciones, inestabilidad de laderas, movimientos de masa, flujos torrenciales, sequías, subsidencia y otros eventos físicos que pudieran ocasionarse por efecto de las aguas. Asimismo, el análisis de riesgos considerará la prevención y control de las enfermedades producidas por contacto con el agua y las transmitidas por vectores de hábitat acuático.

Gaceta Oficial Número 38715 sobre los Lineamientos para la conservación, administración y aprovechamiento de la infraestructura vial:

Artículo 23. En materia de Conservación de la Infraestructura Vial, se establecen los siguientes lineamientos:

20. Obras de Drenaje: El sistema de drenajes de una vía comprende todas las construcciones que se destinan a la conducción controlada de las aguas. Los objetivos principales de los sistemas de drenajes viales son:

- a. Permitir el escurrimiento rápido de la lluvia hacia los sitios de descarga.
- b. Permitir el paso a través de la vía de las aguas superficiales provenientes de precipitaciones o de corrientes naturales.
- c. Controlar y evitar la acumulación de aguas freáticas que impliquen daños para la vía.
- d. En general, prever el deterioro de la vía y sus componentes como resultado de la circulación de aguas superficiales y subterráneas.

21. Para el cumplimiento de los objetivos trazados en materia de obras de drenaje se deberán considerar las siguientes condiciones:

- a. Evitar que las obras de drenajes estén obstruidas por materias sólidas o por arbustos y hierbas en más de un veinte por ciento (20%) de su sección transversal o una tercera parte (1/3) de su luz libre.

- b. Mantener una revisión constante de las juntas, reposición o cambio de apoyos, reparación de socavaciones y elementos de seguridad.
- c. Realizar la reposición o reparación de toda obra de drenaje que se encuentre en mal estado.
- d. Efectuar la limpieza de las obras de drenaje en toda su longitud, y no solo en sus extremos.
- e. En general, se debe impedir la existencia de aguas no controladas en la vía, para evitar la erosión de taludes, derrumbes, socavación de estructuras y rotura de pavimentos.
- f. Realizar los trabajos de construcción o reparación de las obras de drenaje en conformidad a la normativa vigente.

CAPÍTULO III

III. MARCO METODOLÓGICO

Tal como lo explica Vera (1968), citado por Hurtado (2008), la metodología es la descripción, análisis y valoración crítica de los métodos que se utilizaran para realizar una investigación. Así mismo, Hurtado (2008), desglosa este concepto como que la metodología es el área que estudia los métodos generales del proceso científico, incluyendo también, las técnicas, tácticas, estrategias y procedimientos a utilizar por el investigador para lograr los objetivos de su trabajo.

III.1. Tipo o diseño de investigación

Para este proyecto los datos se obtendrán mediante documentación satelital, pero en su mayoría de la zona de estudio misma, por esta razón, la investigación a realizar es una investigación o diseño de campo no experimental. Arias (2012), lo define de la siguiente manera:

La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter no experimental.

III.2. Descripción de la metodología

III.2.1. Paradigma de la investigación

El presente proyecto sigue el paradigma positivista, como lo describe Hurtado (2008), el positivismo es el paradigma de estudio que antepone los hechos a la teorización, a las ciencias sobre la filosofía; se concluye pues, en este paradigma dado

que se obtendrán las conclusiones del estudio en base a lo obtenido gracias al cálculo numérico.

III.2.2. Enfoque de la investigación

Esta investigación se realizará bajo un enfoque cuantitativo, pues para el estudio y diseño se requiere de la recolección de datos numéricos, tales como medidas, áreas y volúmenes que tras ser procesados arrojarán los resultados, para ser utilizados correctamente y que corresponderán a ser las conclusiones del proyecto.

III.2.3. Nivel de la investigación

Es una investigación de nivel explicativo; tal como lo describen Sampieri, Fernández y Baptista (1994), los estudios explicativos son aquellos que van más allá de describir conceptos o fenómenos, estos tienen la función de analizar las realidades y mostrar las razones por las que acontecen los hechos.

III.2.4. Modalidad de la investigación

El presente trabajo tiene como objeto el estudio de las condiciones del canal de drenaje de las Vegas, municipio Rómulo Gallegos, con la intención de que los resultados del mismo arrojen información que permita solventar las situaciones respecto al mal funcionamiento del mismo en la actualidad. Por esto, la modalidad que se escoge para realizar este trabajo es de proyecto factible. De acuerdo a lo establecido por las Normas para trabajo de grado de la UNELLEZ, un proyecto factible es:

Artículo 7. La modalidad de proyecto factible, consiste en el estudio y la presentación de una propuesta para la solución de un problema de tipo práctico que responda preferiblemente a una necesidad de la comunidad, detectada mediante diagnóstico participativo, donde el estudiante debe

demostrar el manejo de los conocimientos obtenidos en el área a de su especialidad.

III.3. Descripción de los procedimientos

El proyecto factible comprende los procedimientos o etapas anteriormente mencionadas, cada una de estas etapas es de gran importancia para la construcción exitosa del mismo, por ello, es imprescindible trazar bien la forma en que se desarrollen las mismas, por ello para lograr un mejor desarrollo se dividió el proyecto Estudio y Rediseño del canal de drenaje de Mata Abdón, Municipio Rómulo Gallegos en varias etapas las cuales son:

- Fase I. Diagnóstico del problema.

La fase de diagnóstico consistió en inspeccionar y recolectar datos de campo, como las dimensiones del canal, memoria fotográfica, observaciones de las fallas existentes, observaciones de los vecinos de la zona, entre otros. Con la finalidad de registrar la documentación concerniente sobre las fallas en el sistema del canal y de esta manera obtener un registro detallado de las áreas más afectadas.

También, es esta etapa se realizó la documentación técnica del área de estudio como los son las vistas satelitales mediante los programas Global Mapper, Civil 3D y QGIS; la información meteorológica proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), y el estudio de las normativas y regulaciones legales registradas en Venezuela sobre la construcción de canales. Los procedimientos para realizar esta fase fueron:

1. Realizar la documentación directa de la zona, utilizando datos satelitales, tales como coordenadas, ubicaciones y curvas de nivel.

Para la recolección de esta información se hizo uso de distintos softwares, tanto libres como privativos, entre los que encontramos Google Earth Pro, Global Mapper, Autodesk Civil 3D y QGIS.

Se utilizó las herramientas de creación de polígono de Google Earth Pro para enmarcar la zona de estudio. Dicha área se utilizó en Global Mapper para la obtención del perfil de terreno de los servidores de ASTER GDEM v2 (worldwide elevation data) y con el uso de su herramienta Create Contours, las curvas de nivel del área. Posteriormente estas curvas se utilizaron de base para la creación de una Superficie TIN en Autodesk Civil 3D.

2. Realizar la documentación de los datos pluviógrafos de la zona con los datos obtenidos de INAMEH.

Encontrar la información pluviográfica de la estación más cercana a la zona de estudio y seleccionar los datos de los años donde no existan registros faltantes. Estos registros pueden ser solicitados al INAMEH, a través de su portal web: www.inameh.gob.ve/.

3. Hacer reconocimientos de campo para observar los problemas existentes y documentar al respecto.

En el trabajo de recolección de datos de campo se utilizó una planilla que facilitó las anotaciones de las medidas, debido a que el canal se encuentra en uso y por el circula un caudal de agua en condiciones de salubridad bastante cuestionables, se tomaron medidas con la ayuda de una vara desde los bordes exteriores del mismo. Además, en el apartado de observaciones se acotan las observaciones realizadas en campo. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta a la lanilla utilizada en campo, en esta se pueden apreciar los apartados de fecha, hora, punto de evaluación, las dimensiones según el diagrama mostrado y observaciones.

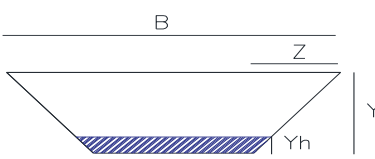
PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS							
Datos Generales:							
Fecha:							
Hora:							
Punto:							
Medidas:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">B</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">y</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">y_h</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">z</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;"> </td></tr> </table>	B	y	y_h	z		
B							
y							
y_h							
z							
Observaciones:							

Figura 2. Planilla de recolección de datos.

Fuente: Elaboración propia (2022).

4. Calcular la capacidad del canal existente.

Para calcular el caudal soportado por un canal trapezoidal, se utiliza la ecuación,

$$Q = A \cdot V \quad (3.1)$$

Donde A es el área y V la velocidad del flujo. Según las Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillado muestran que se debe calcular mediante la fórmula de CHEZY, donde

$$V = C\sqrt{RI} \quad (3.2)$$

Donde R es el radio hidráulico en metros, I la pendiente y C el coeficiente de velocidad de Manning, calculado;

$$C = \frac{1}{n}R^{1/6} \quad (3.3)$$

Pero Carciente (1965), lo simplifica mostrando la reducción de la fórmula de la manera,

$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \quad (3.4)$$

Donde V es la velocidad media en metros sobre segundos, R es el radio hidráulico en metros, S en la pendiente del canal expresada en la tangente del ángulo de inclinación y n es el coeficiente de rugosidad de Manning. Siendo que,

$$R = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \quad (3.5)$$

Para un canal trapezoidal el área es,

$$A = (b + zy)y \quad (3.6)$$

Con estos datos se obtiene el caudal soportado por el canal existente en sus distintas secciones.

- Fase II. Cálculo del caudal de diseño.

Con los datos obtenidos, se calculó principalmente las características hidrológicas de la zona en comparación con el relieve del terreno para determinar el área de aporte al canal. También, con las dimensiones geométricas se calculó la velocidad, área, volumen y caudales soportados por el canal existente. De esta forma se obtuvo la información sobre la capacidad del mismo y de cuanto es el margen de error para su óptimo funcionamiento de acuerdo a las características de la zona de estudio. Los procedimientos fueron:

1. Determinar las variables necesarias para la obtención del caudal de diseño

Por medio del método racional, que establece la normativa nacional para superficies no mayores a 500 ha. De acuerdo a Carciente (1965), el método fue diseñado para calcular el escurrimiento en zonas urbanas y expresas que la descarga es igual a un porcentaje de la precipitación multiplicado por el área de la cuenca. Con la fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (2.5)$$

Donde, Q es la descarga (L/s), C el coeficiente de escorrentía, I la intensidad de la precipitación (L/s/ha) y A el área de la cuenca (ha). Sabido esto, es necesaria hacer la conversión de intensidad en mm/h a L/s/ha calcular el área a evaluar en hectáreas y el coeficiente de escorrentía. Por tanto, se establecieron que las variables a calcular son el área, la intensidad y el coeficiente de escorrentía.

2. Demarcar el área de aporte y sectorizar las zonas según la superficie del terreno mediante QGIS.

Para demarcar el área en QGIS, se importó el polígono exportado de Google Earth y con apoyo en la capa de Google Earth Satellite se crearon nuevas capas tipo Shape con las que se delimitaron y caracterizaron las áreas de aporte a cada punto, así como elementos que afectan la escorrentía en cada uno (techos, calles, parques, entre otros).

Luego de esto se modificaron las capas para que contengan las áreas totales cubiertas sobre la visualización satelital. Las capas establecidas se exportaron en Excel con la herramienta de capa "exportar a hoja de cálculo" y con esa información se realizó en Excel los cálculos correspondientes a la totalización por área de aporte. Con esta información se caracterizaron las área de aporte para su correspondiente el cálculo de escorrentía superficial.

3. Realizar las curvas IDF.

Con la información de los años donde no faltase ningún registro, crear las curvas IDF a ser utilizadas para los procesos de cálculo. Esto se realizó con una tabla de Excel mediante la herramienta Solver, la cual utilizó la fórmula propuesta por Sherman;

$$i = \frac{kT^m}{(D + c)^n} \quad (2.2)$$

Donde k, m, n y c son variables que se calculan con el análisis de correlación lineal múltiple, que son resueltas gracias al Solver; y D, T, i son la duración, tiempo de retorno y la intensidad-periodo de retorno correspondientemente.

4. Cálculo del tiempo de retorno y tiempo de concentración

En el proceso de determinar el caudal de diseño, es necesario conocer el tiempo de retorno o frecuencia que debe ser utilizada en el proyecto; según las Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillado los tiempos de retorno a utilizar en zonas residenciales es de 2 a 15 años, como la zona evaluada, está conformada en su mayoría por zonas residenciales luego de hacer un promedio, se selecciona un Tr de 8.5 años. Por otra parte, se debe conocer el tiempo de concentración del área de estudio (Tc) del área de estudio ya que este será la duración utilizada para el cálculo de intensidad de lluvias, con la función:

$$Tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (3.7)$$

Sabiendo que L es la longitud de cause más largo y H la diferencia de elevación entre este punto y la salida. También se establece que para la determinación de la intensidad la duración mínima de la lluvia es de 5 min.

5. Cálculo del coeficiente de escorrentía

Cuando el área de una cuenca tiene diferentes tipos de superficies, tal como el área de estudio de este proyecto, es necesario conocer el coeficiente ponderado por medio de la función:

$$C_{pon} = \frac{\sum C \cdot a}{\sum a} \quad (3.8)$$

Donde C, es el coeficiente de escorrentía y a la sección del terreno que posee una determinada característica. Para calcular el coeficiente de escorrentía se tienen la Tabla 4 y Tabla 5, las cuales indican los coeficientes sugeridos según las Normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias, y la Tabla 6, indican los coeficientes de escorrentía según El Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas, citado por Carciente (1965).

Tabla 4. Coeficiente de escorrentía.

Características de la superficie	Coeficiente de escorrentía
Pavimentos de concreto.....	0.70 a 0.95
Pavimentos de asfalto.....	0.70 a 0.95
Pavimento de ladrillo.....	0.70 a 0.85
Tejado 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

Fuente: Normas INOS (1975).

Tabla 5. Zonificación y coeficiente de escorrentía

Zona	Coefficiente de escorrentía
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 suburbanas	0.25 a 0.40
Zona industrial	0.50 a 0.80
Parques y cementerios	0.10 a 0.25
Parques de juegos	0.20 a 0.35

Fuente: Normas INOS (1975).

Tabla 6. Coeficiente de escorrentía para zonas rurales.

		Coefficiente de escorrentía C				
Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada 50%	Alta 20%	Media 5%	Suave 1%	Despreciable
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.66	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques Vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Carciente (1965).

6. Calcular el caudal de diseño

Una vez obtenidos los valores del coeficiente de escorrentía C , la intensidad I y el área A ; se sustituyeron los valores en la ecuación 2.5 para obtener el caudal de diseño.

7. Comparar el caudal de diseño con el canal existente

Mediante un simple sistema de comparación con tablas, elaboradas en Excel, se apreció cuáles son los puntos de estudio que cumplen o no con la capacidad para soportar la descarga de diseño.

- Fase III. Diseño del canal.

Se realizó un análisis sobre los resultados obtenidos con el cálculo de la capacidad del canal existente, para así, encontrar las alternativas más adecuadas en el desarrollo de un modelo geométrico para las secciones del canal que contribuya a mejorar el funcionamiento del canal de drenaje.

Realizado esto, se diseñó, a partir de toda la información recaudada en las fases anteriores el análisis hidráulico con la ayuda del software H Canales del ingeniero Villón Béjar, con lo cual se pudieron evaluar distintas geometrías para encontrar la de mayor eficiencia hidráulica y más conveniente para la zona de estudio. Para finalizar, se planteó la propuesta y recomendaciones útiles para el rediseño del canal, en base a lo obtenido en la presente investigación. Los procedimientos para realizar la fase III fueron:

1. Analizar y debatir los aspectos que generan conflicto en el buen funcionamiento del sistema del canal de drenajes.

Realizado el paso anterior, se pudo en este punto, analizar la descarga de diseño con distintas intensidades, con la finalidad de evaluar cuales son los tramos que presentan mayor problemática. Además, de analizar también la evidencia fotográfica y observaciones realizadas por autores y habitantes de la zona sobre las condiciones físicas del canal.

2. Utilizar los datos obtenidos, para a través de la bibliografía estudiada, poder obtener la opción más acertada al momento de rediseñar.

Con el uso de H canales, un programa de cálculo hidráulico en canales, se puede evaluar cuales son las dimensiones geométricas de mayor eficiencia en cada tramo del canal, además, es una herramienta que permite cambiar los datos y forma geométrica del canal por lo que se puede evaluar distintas dimensiones consecutivamente sin representar un problema; para hacer esto, se utilizó la herramienta de sección de máxima eficiencia, en ella se calcula la sección utilizando los datos del caudal, talud, rugosidad y pendiente.

3. Calcular sobre elevación de la curva

Rodríguez (2018), propone que la diferencia de la sobreelevación en las curvas se puede calcular con:

$$d = \frac{V^2 T}{r_c g} \quad (2.10)$$

Donde, V es la velocidad promedio del tramo, T el ancho del tirante, r_c el radio de la curva y g la gravedad.

4. Crear una propuesta de rediseño cumpliendo con lo establecido en la normativa existente para proyectos de drenaje.

Habiendo evaluado los diseños geométricos de mayor eficiencia hidráulica, se dimensionó el canal adaptado sus medidas a dimensiones constructivas y anexando factores requeridos por la norma, como borde libre, espesor de recubrimiento, pendientes, velocidades mínimas, entre otras.

5. Presentar los resultados.

Se presentaron los resultados obtenidos en el cálculo del nuevo diseño del canal, capaz de soportar la descarga de diseño sin afectar la zona circundante. Se realizaron planos en AutoCAD para demostrar las nuevas dimensiones del canal y el presupuesto base en IP3-Control de obras.

III.4. Instrumentos utilizados

Para la recopilación de información y el diseño, de acuerdo a esta metodología de investigación se tiene que será necesario:

- **Ábacos y tablas de diseño:** Herramientas técnicas para diseño de drenajes y obtención de datos hidrológicos, como las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) y los coeficientes de escorrentía.
- **Cámara:** Instrumento para la toma de fotos que facilitará la recopilación de información de campo sobre el estado del canal de drenaje.
- **Cinta métrica:** Para la obtención de medidas específicas respecto a las dimensiones del sistema.
- **Papelería:** Instrumentos varios de papelería, hojas, lápices, marcadores, entre otros. Lo necesario para anotar todas las observaciones pertinentes.
- **Planillas de recolección de datos:** Instrumento estadístico que facilitara la recolección y organización de los datos obtenidos.

- **Programas computarizados:** Instrumentos informáticos de utilidad en la ingeniería civil, hidrología e hidráulica; entre los que se mencionan AutoCAD, AutoDesk Civil 3D, Gobal Mapper, QGIS y H Canales.

CAPÍTULO IV

IV. ASPECTO ADMINISTRATIVO

En cualquier tipo de proyecto es necesario tomar en cuenta los procesos administrativos que influyen directamente en la realización del mismo, tanto así, como el ámbito presupuestario del mismo. El presente proyecto tiene como finalidad hacer un estudio de las razones que influyen en las problemáticas existentes en el canal de drenaje del municipio Rómulo Gallegos, enfatizando las zonas de Mata Abdón III, Mata Abdón II, San José, San Miguel I y San Miguel II; anulando los aspectos relacionados al financiamiento del mismo y centrando su objetivo en proponer soluciones a dichas problemáticas.

Pero esto, no quiere decir que este trabajo se desvincule en su totalidad de los factores inherentes a los aspectos administrativos en un proyecto, pues como se presentará a continuación el trabajo de recolección de datos y diagnósticos de los resultados en pos de conseguir una propuesta que se adapte a las condiciones reales del canal se ha realizado de la manera debida.

IV.1. Diagnóstico que sustenta la propuesta

IV.1.1. Información general de la zona

El municipio Rómulo Gallegos es uno de los 9 municipios del estado Cojedes, comprende un área de 972 km² y consta con una población, según el censo de 2001, de 12587 habitantes y 3120 viviendas de las cuales el 82% se distribuye en las comunidades concéntricas como lo son: Cocos, Mata Abdón I, II y III, El Retoño, I, II, San José, San Miguel, Moscú, El espinal I y II, 10 de septiembre, El Laurel y Centro I y II. Es uno de los municipios más jóvenes, ya que no fue hasta el año 1994

que se separa del municipio Ezequiel Zamora y se proclama Municipio Autónomo de Cojedes con capital en las Vegas, gracias a la nueva Ley Territorial.

Está ubicado en la porción central del estado Cojedes que a su vez se encuentra en la zona central del país. Ubicado a una coordenada UTM:

Norte: N1063600N, 540700E y 552300E

Sur: 1001600N, 566600E

Este: 1036000N, 566500E

Oeste: 1036000N, 545500E

Según Rivas (2007), cuenta con una temperatura media mensual con su mayor valor en marzo, 29,7°C; y al igual que en el resto del estado, predomina el clima subtropical lluvioso de sabana. Con un periodo seco de noviembre a abril y lluvioso de mayo a octubre, aunque las condiciones climáticas han propiciado la inestabilidad de esto en los últimos años. Con suelos en los que predominan los tipos arcillosa y fértil, por lo cual el drenaje es mayormente lento.

IV.1.2. Recolección de datos satelitales (geográficos y orográficos)

En primer lugar, usando Google Earth Pro, se tomó el área que comprendía las zonas que generan aporte al canal objeto. En la **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.** se puede apreciar una vista aérea del pueblo de Las Vegas y en ella la zona de interés (polígono magenta), adicionalmente podemos ver la ubicación relativa del canal de drenaje (línea azul y amarilla) y el canal de riego (línea cian), también se muestran marcados los puntos de interés.

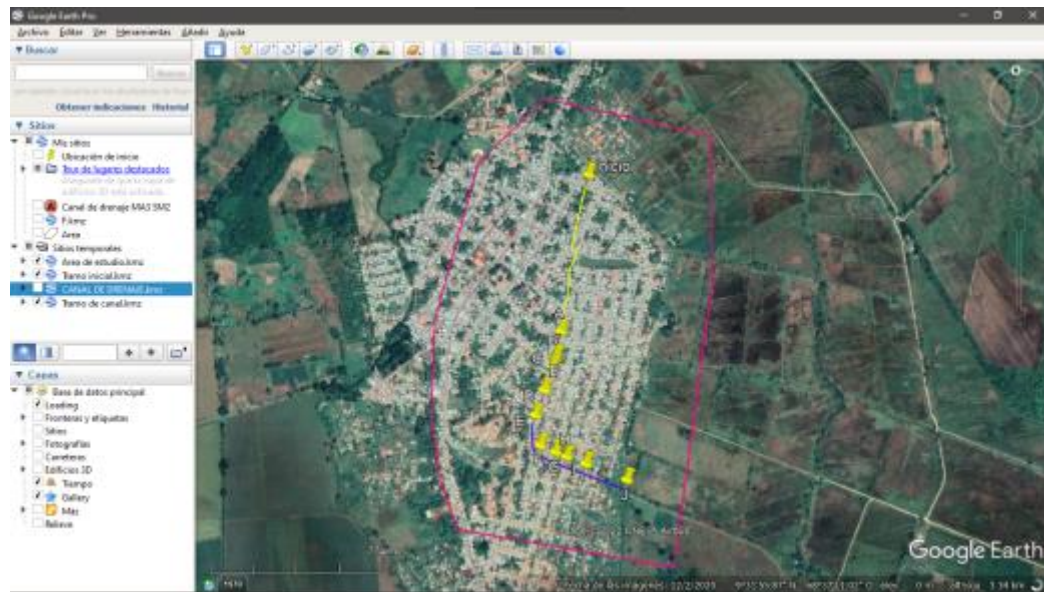


Figura 3. Áreas y puntos de interés en Google Earth Pro.

Fuente: Google Earth Pro (2022).

Con esta información se hizo uso de Global Mapper para obtener las curvas de nivel las cuales fueron creadas en base a la información de relieve suministrada por los servidores de ASTER GDEM v2 (worldwide elevation data), como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** las cuales fueron utilizadas posteriormente para la creación del modelo de superficie en Civil 3D (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

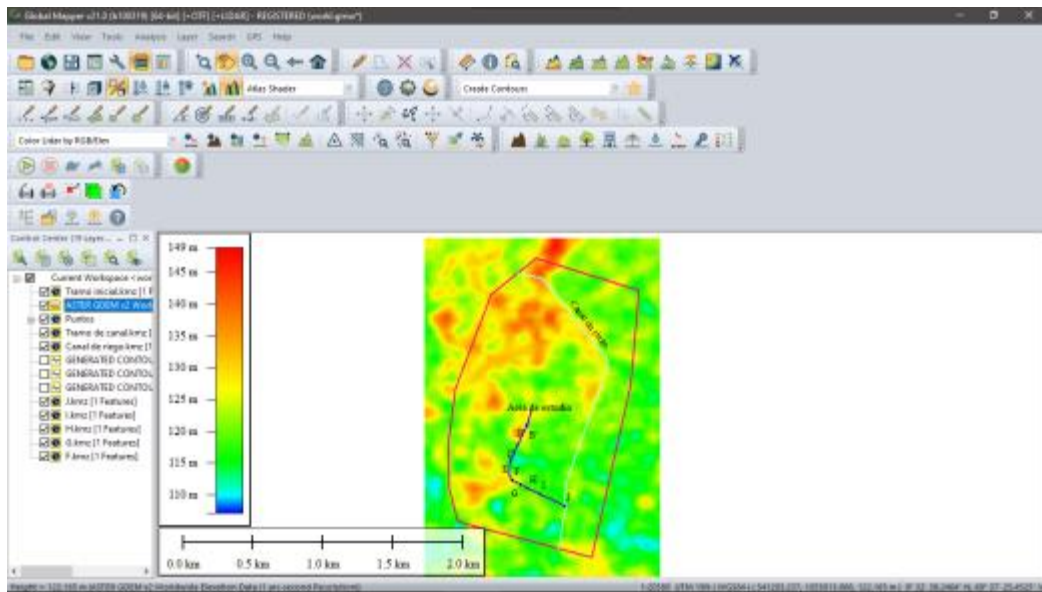


Figura 4. Relieve del área de interés en Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia (2022).

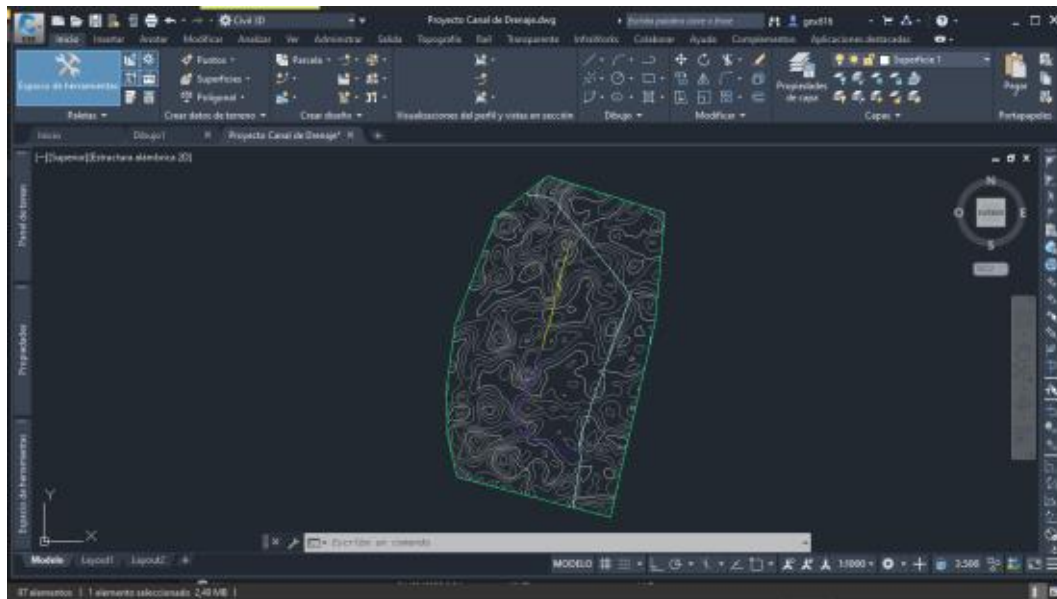


Figura 5. Modelo de superficie en Civil 3D basado en las curvas exportadas de Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia (2022).

Este modelo sirve como base para la obtención de las elevaciones de los puntos de interés y para la creación de un modelo tridimensional del canal. Las marcas sobre la línea azul representan los puntos donde se obtendrá información adicional respecto a su geometría. A continuación (Tabla 7), se presentan los datos obtenidos:

Tabla 7. Datos del relieve obtenidos del tramo de interés.

Puntos	Coordenadas	Progresiva (m)	Altura (msnm)	ΔZ (m)
A	9°32'6.96"N - 68°37'44.46"O	0+000	124,43	0
B	9°32'3.49"N - 68°37'45.44"O	0+110,52	124,81	-0,38
B'	9°32'3.25"N - 68°37'45.54"O	0+118,53	125,08	-0,27
C	9°32'1.90"N - 68°37'46.14"O	0+163,73	128,69	-3,61
D	9°31'58.67"N - 68°37'47.65"O	0+273,24	120,72	7,97
E	9°31'55.16"N - 68°37'49.34"O	0+392,65	115,9	4,82
F	9°31'50.66"N - 68°37'48.98"O	0+538,17	126,25	-10,35
G	9°31'49.53"N - 68°37'46.85"O	0+612,02	120,34	5,91
H	9°31'48.71"N - 68°37'45.30"O	0+665,28	117,99	2,35
I	9°31'47.44"N - 68°37'42.52"O	0+760,00	118,56	-0,57
J	9°31'44.59"N - 68°37'36.73"O	0+955.50	116,98	1,58

Fuente: Elaboración propia (2022).

IV.1.3. Recolección de datos pluviográficos.

Los estudios pluviográficos de la zona deben ser analizados de manera precisa y con equipo especializado para ello, además, el tiempo requerido para la recolección de los datos necesarios es de años. Por lo tanto, la manera más sencilla de realizar un estudio es tomando los valores obtenidos por el INAMEH. Es necesario saber que, la

selección de los datos y la obtención de un sistema para el cálculo de intensidades se realizó con la ayuda del Profesor Franklin Paredes, quien, para este estudio, tomó los datos más recientes del INAMEH en Las Vegas; en la **Tabla 8** se muestran los datos de la estación:

Tabla 8. Metadata de la estación pluviográfica.

Metadata de la estación pluviográfica	
Serial:	2365
Nombre:	LAS VEGAS
Tipo:	PC
Estado:	CO
Administrador:	INAMEH
Zona:	8
Latitud:	9.5456
Longitud:	-68.6272
Fecha de eliminación:	01/01/1984
Fecha de instalación:	01/07/1947
Carta del IGVS [1:100 000]	6444

Fuente: Paredes (2022).

La información pluviográfica más reciente se encuentra entre los años 1964 y 1975, como se muestra a continuación (**Tabla 9**):

Tabla 9. Datos preseleccionados para la evaluación pluviográfica, INAMEH, estación de Las Vegas, Serial 2365.

Year	D [horas]	P [mm]	I [mm/h]	Tr [años]
1968	0.25	13.50	54.00	2
1965	1.00	61.00	61.00	3
1964	1.00	37.00	37.00	1.5
1975	2.00	91.00	45.50	2
1965	3.00	77.00	25.67	3
1964	3.00	47.00	15.67	1.5
1965	6.00	136.00	22.67	3
1964	6.00	50.00	8.33	1.5
1965	9.00	173.00	19.22	3

1964	9.00	52.00	5.78	1.5
1965	12.00	180.00	15.00	3
1964	12.00	55.00	4.58	1.5
1965	24.00	180.00	7.50	3
1964	24.00	56.00	2.33	1.5

Fuente: Paredes (2022).

IV.1.4. Recolección de datos de campo

En base a lo obtenido en esta planilla de recolección de datos mostrada en la Figura 2, la información satelital capturada y los cálculos necesarios para conseguir el área de un canal trapezoidal (Ecuación 3.6), se realizaron las tablas que se encuentran contenidas en el [Anexo A.1](#), donde se pueden apreciar los datos individuales para cada punto evaluado. De esto se deduce la siguiente información general del canal de drenaje (**Tabla 10**):

Tabla 10. Resumen de observación de campo.

Punto	Profundidad de observación (m)	Dimensiones				Observaciones
		T (m)	b (m)	y (m)	z(m)	
A	0.25	5.60	2.40	1.40	1.14	En el tramo D-E existe descarga de aguas negras.
B	0.15	5.50	1.90	1.20	1.50	
B'	0.10	3.30	1.30	1.20	0.83	
C	0.13	3.30	1.10	1.10	1.00	Mantenimiento deficiente, obstrucción vegetal.
D	0.11	3.70	1.60	1.15	0.91	
E	0.23	3.60	1.60	1.15	0.87	
F	0.33	3.60	1.05	1.05	1.00	El punto J, solo cuenta con la mitad del recubrimiento.
G	0.37	3.90	1.30	0.95	1.34	
H	0.32	3.50	1.80	1.15	0.74	
I	0.18	3.65	1.45	1.10	1.00	
J	Despreciable	2.40	1.40	1.00	0.50	

Fuente: Elaboración propia (2022).

IV.1.5. Cálculo de capacidad canal existente

Para conocer el caudal máximo soportado por el canal en las condiciones existentes; sabido que, el caudal es el área por la velocidad del fluido, entonces, se calculó la velocidad media del agua en nuestro estudio. Las Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillado muestran que se debe calcular mediante la fórmula de CHEZY, simplificando al anexas la ecuación de C. Se apreciarán el resultado total de este análisis, para todos los puntos, en la Tabla 11. El cálculo para el punto A se calcula,

$$R = \frac{[2.4 + (1.1429)(1.4)]1.4}{2.4 + 2(1.4)\sqrt{1 + (1.1429)^2}} = 0.8418 \text{ m} \quad (4.1)$$

$$V = \frac{0.8418^{2/3} * 0.00778^{1/2}}{0.013} = 6.05 \text{ m/s} \quad (4.2)$$

$$A = [2.4 + (1.1429)(1.4)](1.4) = 5.60 \text{ m}^2 \quad (4.3)$$

$$Q = 5.60 * 6.05 = 33.88 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.4)$$

Tabla 11. Caudal soportado por el diseño existente, según sus dimensiones y la velocidad media.

Punto	Área (m²)	Velocidad a sección plena(m/s)	Caudal (m³/s)
A	5.60	6.05	33.88
B	4.44	5.42	24.05
B'	2.76	4.95	13.67
C	2.42	4.69	11.35
D	3.05	5.07	15.46
E	2.99	5.06	15.12
F	2.21	4.55	10.03
G	2.44	4.53	11.07
H	3.05	5.11	15.58
I	2.81	4.91	13.77
J	1.9	4.40	8.36

Fuente: Elaboración propia (2022).

IV.1.6. Cálculo y diagnóstico con los datos obtenidos

Debido a que este proyecto se evaluó por medio del método racional, para esto se utiliza la fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (2.5)$$

Donde, Q es la descarga (L/s), C el coeficiente de escorrentía, I la intensidad de la precipitación (L/s/ha) y A el área de la cuenca (ha). Sabido esto, es necesaria hacer la conversión de intensidad en mm/h a L/s/ha calcular el área a evaluar en hectáreas y el coeficiente de escorrentía. Por lo tanto, los valores a obtener fueron: Coeficiente de escorrentía, intensidad y área de estudio.

Como se puede apreciar, los tres factores que se utilizan en la fórmula racional están directamente relacionados con el área de estudio, ello se comenzó con el estudio la situación geográfica de la zona. En la Figura 6 muestra la división del área de estudio delimitando en los puntos más elevados de acuerdo a las curvas de nivel y por el Este con el canal de riego que evacuará las aguas que se escurren más allá de él. Cabe destacar que dicho canal de riego no tiene aporte directo a nuestra zona de estudio puesto que las canaletas y las calles están diseñadas para aportar al canal de drenaje evacuando las aguas pluviales de la zona adyacente y el caudal se descarga a una extensión del mismo canal de riego.

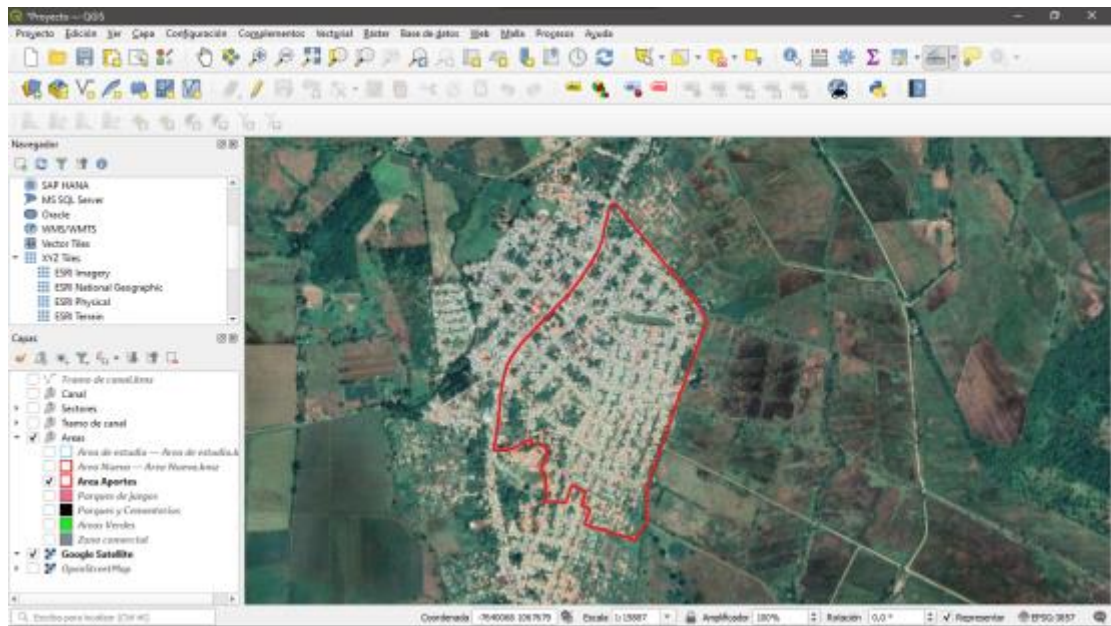


Figura 6. Área estimada de aporte de descarga al canal de drenaje de acuerdo a las curvas de nivel y reconocimiento de la zona.

Fuente: Elaboración propia (2022).

Debido a que las propiedades físicas en diferentes zonas del área de estudio son diferentes, se delimitó en parcelas para calcular el área total de aporte según sus características, para esto se utilizó el programa QGIS y su herramienta de creación de capas vectoriales para la división por zonas con distintos coeficientes de escorrentía está mostrada en la Figura .

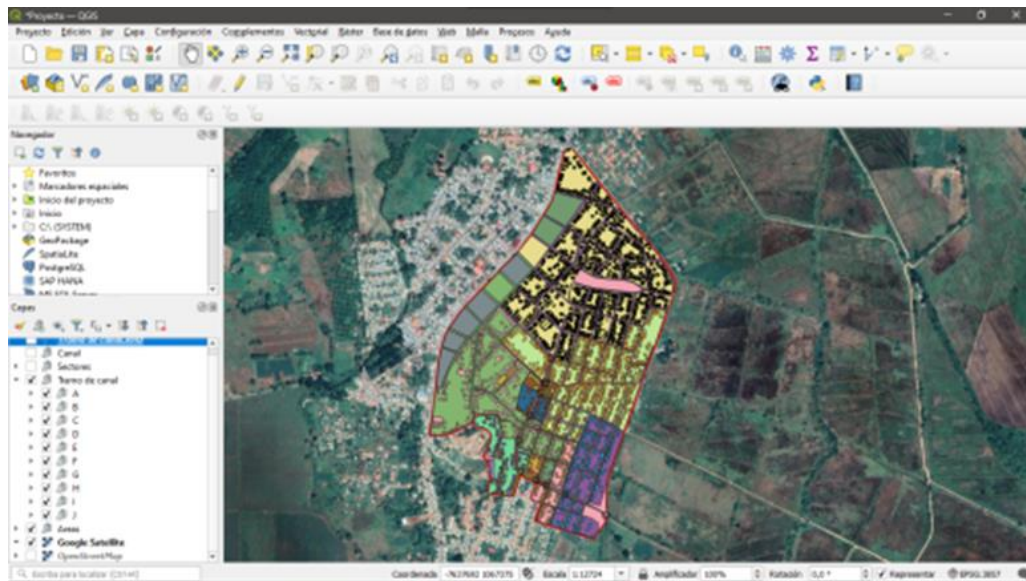


Figura 7. Delimitación de las parcelas y otros elementos.

Fuente: Elaboración propia (2022).

Una vez realizada la parcelación, para crear las curvas IDF con los datos seleccionados del INAMEH se realizó el cálculo con una tabla de Excel mediante la herramienta Solver. Esta utilizó la fórmula propuesta por Sherman (Ecuación 2.2); arrojando los siguientes resultados, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se podrá apreciar el análisis de correlación de la intensidad, duración y frecuencia y en la Figura las curvas IDF.

Tabla 12. Resultados IDF según los datos de la estación en Las Vegas. Serial 2365.

Duración (min)	Tr =2.5 años	Tr=5 años	Tr=10 años	Tr=15 años	Tr=20 años	Tr=25 años	Tr=50 años
5	72.27	122.42	207.39	282.28	351.31	416.28	705.17
10	69.77	118.19	200.21	272.52	339.16	401.88	680.79
15	67.43	114.22	193.50	263.38	327.78	388.40	657.95
20	65.24	110.50	187.18	254.79	317.09	375.73	636.48
25	63.16	106.99	181.23	246.69	307.01	363.79	616.25
30	61.20	103.68	175.63	239.06	297.52	352.54	597.21
35	59.26	100.56	170.34	231.86	288.56	341.92	579.22

40	57.62	97.60	165.33	225.04	280.07	331.87	562.18
45	55.96	94.80	160.60	218.59	272.05	322.36	546.08
50	54.40	92.15	156.10	212.48	264.44	313.34	530.80
55	52.91	89.63	151.83	206.67	257.20	304.77	516.28
60	51.50	87.24	147.78	201.15	250.33	296.63	502.49

Fuente: Elaboración propia (2022).

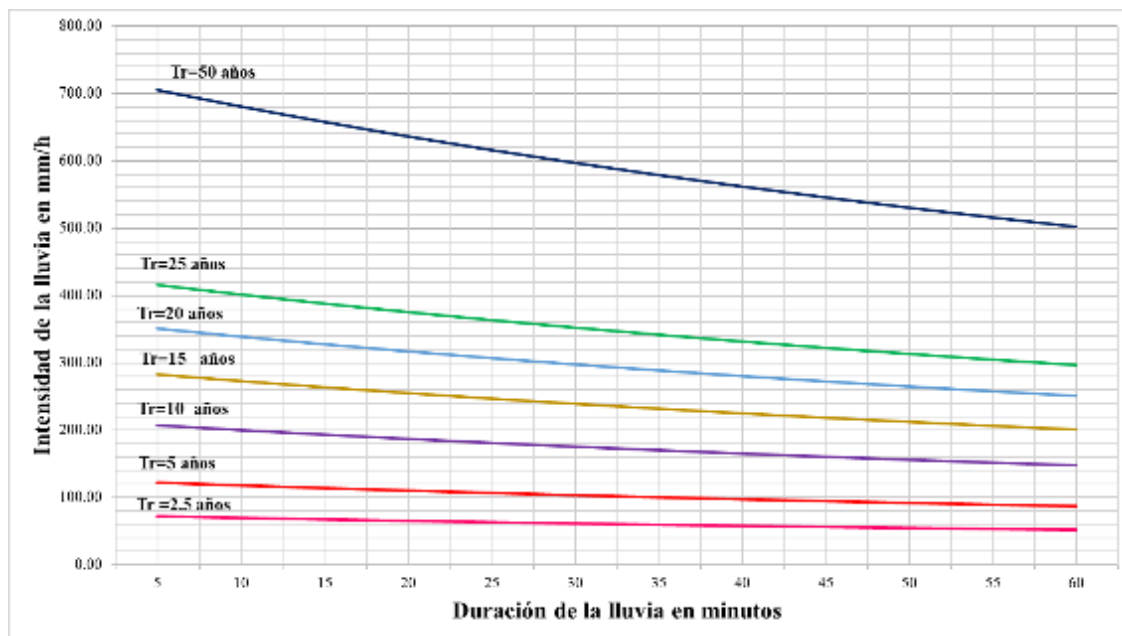


Figura 8. Curvas IDF obtenidas de los datos del INAMEH, estación Las Vegas, serial 2365.

Fuente: Elaboración propia (2022).

Ahora bien, en el proceso de determinar el caudal de diseño, es necesario conocer el tiempo de retorno o frecuencia que debe ser utilizada en el proyecto; debido a que las Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillado los tiempos de retorno a utilizar en zonas residenciales es de 2 a 15 años, como la zona evaluada, está conformada en su mayoría por zonas residenciales luego de hacer un promedio, se selecciona un Tr de 8.5 años. Por otra parte, se debe conocer el tiempo de concentración del área de estudio (T_c) del área de estudio. Sabiendo que L es la

longitud de cause más largo y H la diferencia de elevación entre este punto y la salida, entonces;

$$L=130.735\text{m}$$

$$H=13.755\text{m}$$

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{130.735^3}{13.755} \right)^{0.385} = 1.978 \text{ min} \quad (4.5)$$

Dado que también se establece que para la determinación de la intensidad la duración mínima de la lluvia es de 5min, se obtiene, que para estos valores las curvas IDF arrojan una intensidad de 195.45 mm/h.

Para calcular el coeficiente de escorrentía, principalmente se debe recurrir a las tablas **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las cuales indican los coeficientes sugeridos según las Normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias, y a la Tabla 6, indican los coeficientes de escorrentía según El Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas, citado por Carciente (1965). De las tablas se obtuvieron los coeficientes de escorrentía para las superficies encontradas en el área de estudio:

- Techos = 0.850
- Terrenos de vegetación ligera = 0.400
- Terrenos sin vegetación = 0.550
- Pavimento de concreto = 0.825
- Pavimento de asfalto = 0.820
- Parques y cementerios = 0.175
- Zona comercial = 0.825
- Parque de juegos = 0.275

- Zonas Verdes = 0.300

Ya que el área de estudio tiene coeficientes variados fue necesario conocer el coeficiente ponderado, en la Tabla 12 se aprecia el cálculo de dicho coeficiente para el área de aporte.

Tabla 12. Cálculo de coeficiente de escorrentía ponderado para el área de aporte al punto A.

Superficie	Área (ha)	Coeficiente	%de área* C
Techos	7.981	0.850	0.179
Terreno vegetación ligera	21.289	0.400	0.225
Terreno sin vegetación	0.110	0.550	0.002
Pavimento de asfalto	4.750	0.825	0.103
Parques y cementerios	1.358	0.175	0.006
Zona comercial	2.409	0.825	0.052
Área total	37.897		

Fuente: Elaboración propia (2022).

Ya que el área de estudio tiene coeficientes variados fue necesario conocer el coeficiente ponderado por medio de la función:

$$C_{pon} = \frac{0.85(7.981) + 0.4(21.289) + 0.55(0.11) + 0.825(4.75 + 2.409) + 0.175(1.358)}{37.897}$$

$$= 0.567 \quad (4.6)$$

Con los datos obtenidos se calcula el caudal de diseño:

$$C_{pond}=0.567$$

$$I=183.27\text{mm/h, debe ser convertido, entonces; } I=509.083\text{L/s/ha}$$

$$A=37.897\text{ha}$$

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (2.5)$$

$$Q = 0.567 * 509.083 \text{ lts/s/ha} * 37.897 \text{ ha} \quad (4.7)$$

$$Q = 10947.206 \text{ lts/s} = 10.947 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.8)$$

En las Tabla 13 se pueden apreciar los resultados de los demás puntos de estudio, realizados bajo el mismo procedimiento:

Tabla 13. Cálculo de coeficientes y caudales.

Punto B-B'			
Superficie	Área (ha)	Coficiente	%de área* C
Techos	4.352	0.850	0.196
Terreno vegetación ligera	11.826	0.400	0.251
Terreno sin vegetación	0.661	0.550	0.019
Pavimento de concreto	0.695	0.825	0.030
Pavimento de asfalto	1.297	0.825	0.057
Área total	18.831	Cpond	0.554
QBB' (m^3/s)=	5.313	QA+BB' (m^3/s)=	16.260
Punto C			
Superficie	Área (ha)	Coficiente	%de área* C
Techos	0.222	0.850	0.231
Terreno vegetación ligera	0.514	0.400	0.252
Terreno sin vegetación	0.039	0.550	0.026
Pavimento de asfalto	0.041	0.825	0.041
Área total	0.816	Cpond	0.551
QC (m^3/s)=	0.229	QBB'+C (m^3/s)=	16.489
Punto D			
Superficie	Área (ha)	Coficiente	%de área* C
Techos	0.308	0.850	0.174
Terreno vegetación ligera	1.049	0.400	0.022
Terreno sin vegetación	0.069	0.550	0.002
Pavimento de asfalto	0.075	0.825	0.003
Área total	1.501	Cpond	0.202
QD (m^3/s)=	0.154	QC+D (m^3/s)=	16.644
Punto E			
Superficie	Área (ha)	Coficiente	%de área* C

Techos	3.482	0.850	0.129
Terreno vegetación ligera	11.663	0.400	0.204
Terreno sin vegetación	0.631	0.550	0.015
Pavimento de concreto	0.093	0.825	0.003
Pavimento de asfalto	1.902	0.825	0.069
Parques de juegos	0.933	0.275	0.011
Zona comercial	4.195	0.825	0.151
Área total	22.899	Cpond	0.582
QE (m^3/s)=	6.789	QD+E (m^3/s)=	23.432

Punto F

Superficie	Área (ha)	Coefficiente	%de área* C
Techos	0.779	0.850	0.146
Terreno vegetación ligera	2.924	0.450	0.290
Terreno sin vegetación	0.271	0.600	0.036
Pavimento de concreto	0.087	0.825	0.016
Pavimento de asfalto	0.335	0.825	0.061
Zonas Verdes	0.142	0.300	0.009
Área total	4.538	Cpond	0.558
QF (m^3/s)=	1.289	QE+F (m^3/s)=	24.721

Punto G

Superficie	Área (ha)	Coefficiente	%de área* C
Techos	0.141	0.850	0.084
Terreno vegetación ligera	0.413	0.450	0.130
Terreno sin vegetación	0.119	0.600	0.050
Pavimento de concreto	0.043	0.825	0.025
Área total	0.716	Cpond	0.288
QG (m^3/s)=	0.105	QF+G (m^3/s)=	24.826

Punto H

Superficie	Área (ha)	Coefficiente	%de área* C
Techos	0.117	0.850	0.033
Terreno vegetación ligera	0.432	0.400	0.058
Terreno sin vegetación	0.150	0.550	0.028
Pavimento de concreto	0.006	0.825	0.002
Área total	0.705	Cpond	0.121
QH (m^3/s)=	0.803	QG+H (m^3/s)=	24.869

Punto I

Superficie	Área (ha)	Coefficiente	%de área* C
------------	-----------	--------------	-------------

Techos	0.574	0.850	0.078
Terreno vegetación ligera	1.806	0.400	0.115
Terreno sin vegetación	0.462	0.550	0.040
Pavimento de concreto	0.136	0.825	0.038
Area total	2.978	Cpond	0.233
QI (m^3/s)=	0.354	QH+I (m^3/s)=	25.223

Punto J

Superficie	Área (ha)	Coefficiente	%de área* C
Techos	0.006	0.850	0.002
Terreno vegetación ligera	2.133	0.400	0.290
Zonas Verdes	0.806	0.300	0.082
Area total	2.945	Cpond	0.374
Q J(m^3/s)=	0.560	QI+J (m^3/s)=	25.783

Fuente: Elaboración propia (2022).

Realizado el cálculo, según las normativas impuestas por el Ministerio de Obras Públicas, de igual forma, se realizó el análisis para lluvias de diferentes duraciones y frecuencias a modo de comparar el comportamiento de las mismas sobre el canal, los resultados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Comparativa de caudales.

Punto	Caudal Aportado 30min, Tr= 5años (m^3/s)	Caudal Aportado 45min, Tr=9.25 (m^3/s)	Caudal Aportado 60min, Tr=10 años (m^3/s)
A	6.193	9.041	8.827
B	9.199	13.428	13.111
B'	9.199	13.428	13.111
C	9.328	13.617	13.296
D	9.416	13.745	13.420
E	13.256	19.351	18.894
F	13.985	20.416	19.934
G	14.045	20.502	20.018
H	14.069	20.538	20.053
I	14.269	20.830	20.338
J	14.586	21.293	20.790

Fuente: Elaboración propia (2022).

IV.2. Análisis de los resultados del diagnóstico

Con los datos obtenidos anteriormente, se realizó la comparativa entre el volumen de agua aportado por la precipitación y la capacidad máxima del canal existente, según los datos geográficos e hidrológicos obtenidos en este estudio, para una lluvia de 5 min de duración y tiempo de retorno de 8.5 años, los resultados se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 15. Comparación de capacidades

Punto	Área (m)	Velocidad a sección plena (m/s)	Caudal máximo del canal (m^3/s)	Caudal aportado (m^3/s)
A	5.60	6.94	33.88	10.947
B	4.44	6.57	24.05	16.260
B'	2.76	6.28	13.67	16.260
C	2.42	6.11	11.35	16.489
D	3.05	6.36	15.46	16.644
E	2.99	6.35	15.12	23.432
F	2.21	6.02	10.03	24.721
G	2.44	6.01	11.07	24.826
H	3.05	6.38	15.58	24.869
I	2.81	6.25	13.77	25.223
J	1.9	5.92	8.36	25.783

Fuente: Elaboración propia (2022).

Como se puede apreciar en la Tabla 15, el caudal soportado por las dimensiones del canal en distintas secciones es superado por el caudal aportado por las lluvias de 5 min de duración con frecuencia de 8.5 años, según los criterios establecidos por la normativa en el diseño de drenajes pluviales. Del mismo modo, en la Tabla 16, se puede observar que evaluando lluvias a diferentes duraciones y frecuencias la problemática persiste, por tanto, se concluye que, efectivamente, es necesario el rediseño parcial del canal de drenajes de Mata Abdón III, en el municipio Rómulo Gallegos, estado Cojedes.

Tabla 16. Comparación con distintas Intensidades.

Punto	Caudal (m^3/s)	Caudal Aportado 5min, Tr=8.5 años (m^3/s)	Caudal Aportado 30min, Tr= 5 años (m^3/s)	Caudal Aportado 45min, Tr=9.25 años (m^3/s)	Caudal Aportado 60min, Tr=10 años (m^3/s)
A	33.88	10.947	6.193	9.041	8.827
B	24.05	16.260	9.199	13.428	13.111
B'	13.67	16.260	9.199	13.428	13.111
C	11.35	16.489	9.328	13.617	13.296
D	15.46	16.644	9.416	13.745	13.420
E	15.12	23.432	13.256	19.351	18.894
F	10.03	24.721	13.985	20.416	19.934
G	11.07	24.826	14.045	20.502	20.018
H	15.58	24.869	14.069	20.538	20.053
I	13.77	25.223	14.269	20.830	20.338
J	8.36	25.783	14.586	21.293	20.790

Fuente: Elaboración propia (2022).

IV.2.1 Cálculo de rediseño

Tal como se muestra en la Tabla 16, el canal no cumple con las características de diseño establecidas por la normativa venezolana, por tanto, se diseñará respecto a esto, sabiendo que la problemática para esta evaluación comienza desde el punto B'. Calculando a una pendiente de 0.00778, redondeada a 0.008, se evalúan las secciones a través de la ecuación de Manning, para obtener la geometría de mayor eficiencia hidráulica y tomar medidas del elemento, adaptado a la norma y estableciendo dimensiones de fácil utilidad constructiva. Mediante el uso de programa H Canales se realiza el análisis de sección de mayor eficiencia hidráulica, la interfaz del programa se evidencia en la Figura 7, así mismo, el resultado de los análisis se muestran en la Tabla 17.



Figura 7. Análisis de secciones con H canales.

Fuente: Elaboración propia (2022).

Tabla 17. Análisis de máxima eficiencia hidráulica adaptado a dimensiones constructivas, y sumado el borde libre.

Tramo	Q (m ³ /s)	Talud (Z)	Tirante (y)	Ancho de la solera (b)	Espejo de agua (T)	Velocidad (v)
B´	16.260	0.850	1.450	1.250	3.715	5.226
B´C	16.489	1.000	1.450	1.100	3.723	5.026
CD	16.644	0.900	1.450	1.200	3.810	5.245
DE	23.432	1.250	1.600	1.050	5.050	5.592
EF	24.721	1.000	1.650	1.300	4.600	5.760
FG	24.826	1.300	1.700	1.050	5.470	5.652
GH	24.869	0.750	1.700	1.600	4.150	5.832
HI	25.223	1.000	1.700	1.300	4.700	5.789
IJ	25.783	1.000	1.700	1.300	4.700	5.821

Fuente: Elaboración propia (2022).

Respecto a la proyección y cálculo del radio mínimo de la curva del canal, se asume, seguirán la trayectoria de la curva ya existente, puesto que, esto evitará el aumento de costos de excavaciones y la disminución de los perfiles de las calzadas

que se encuentran a los lados del canal. Sin embargo, se proyecta la elevación de altura en la curva con las geometrías de máxima eficiencia hidráulica:

$$d = \frac{V^2 T}{r_c g} = \frac{5.646^2 m/s \cdot 5.210 m}{30 m \cdot 9.810 m/s^2} = 0.56 m \quad (4.9)$$

IV.2.2. Problemáticas observadas en campo

Durante el estudio de campo se evaluó, no solo el diseño geométrico, sino también el estado en el que se encuentra el canal de drenaje, con la finalidad de observar diversos factores que afecten el funcionamiento óptimo del mismo. Uno de estos aspectos es la falta de mantenimiento, los habitantes de la zona que se acercaron a observar el trabajo que se realizó, dieron declaraciones de que no existe una programación para la limpieza por parte de los entes gubernamentales y que son grupos de vecinos los que acuerdan limpiar el canal de forma esporádica.

Aunado a esto, en la zona de estudio se divisó una problemática que afecta la pública, como se acotó anteriormente, en el tramo de estudio D-E se puede divisar que desemboca una tubería de aguas servidas, este es un tema que debe ser tratado por las autoridades en el tema. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede vislumbrar la comparativa de calidad de agua antes y después del punto en cuestión.



Figura 8. Desagüe de aguas residuales en el tramo D-E.

Fuente: Elaboración propia (2022).

CAPÍTULO V

V. LA PROPUESTA

V.1. Presentación

El rediseño del canal de drenaje en Las Vegas en el estado Cojedes, es una propuesta que busca mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante el rediseño parcial de un canal de drenaje pluvial, además, de brindar sugerencias para el mejoramiento de las condiciones que conllevan a empeorar las situaciones por del desinterés sobre la problemática existente.

La propuesta, diseñada a partir de datos satelitales y pluviales sobre las condiciones geográficas e hidrológicas de la zona, busca, a través del cálculo numérico y la inspección de campo, vislumbrar los puntos de conflicto que conllevan al mal funcionamiento del mismo, a su vez, que diseñar una propuesta de rediseño parcial para garantizar el funcionamiento óptimo del canal de drenaje.

V.2. Justificación

La propuesta para la solución de la problemática en el canal de drenaje de Las Vegas es un rediseño parcial de las secciones en conflicto respecto a las condiciones hidrológicas de la zona, además, pretende generar propuestas que promuevan el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje.

La importancia de este proceso radica en el mejoramiento de las condiciones urbanísticas y sociales, así como en materia de salud de la localidad, siendo también beneficiada la vialidad que se encuentra poco desarrollada y descuidada. Estos

factores generan limitaciones al desarrollo urbano y comprenden y riesgo a la integridad de la población.

Durante el proceso de recolección de los datos, necesarios para el rediseño, se observaron problemáticas relacionadas con el funcionamiento de la red de drenaje de aguas pluviales, además, de problemáticas administrativas y de salubridad, para las que si bien no se diseñó una propuesta, se crearon recomendaciones competentes a dichos temas, para encaminar los procesos preventivos y correctivos.

En resumen, se contemplan el rediseño parcial de un canal y observaciones y recomendaciones sobre el protocolo de mantenimiento y soluciones aceptables al problema de vertido de excedentes de aguas servidas. Por tanto, esta propuesta tiene como propósito diseñar las soluciones que crearan una mejor calidad de vida de los habitantes de la zona.

V.3. Fundamentación

Esta propuesta fue fundamentada, tanto en la investigación como en la toma de decisiones, por los conocimientos técnicos adquiridos en materia de acueductos, hidrología, hidráulica de canales, ingeniería vial, uso de programas computarizados, y demás competencias obtenidas antes o durante el proceso de investigación. Además de esto, en el desarrollo de este proyecto se evaluaron las fallas existentes en el canal de drenaje pluvial, por tanto, es de esperarse que en el amplio marco jurídico venezolano existan normativas que intervengan en la realización de proyecto de acueductos, drenajes viales y disposición de aguas.

Lo anteriormente expuesto, da a deducir que, además de los conocimientos teóricos y prácticos en el área de la ingeniería civil se recurrió a la fundamentación legal competente al tema, entre las que se pueden citar: la Ley de Aguas; las Normas

e Instructivos para el Proyecto de Alcantarillado; las Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillado; y la Ley de la calidad de Aguas y Cuerpos de Aire.

V.4. Estructura de la propuesta

Dado a que los objetivos de esta propuesta es plantear las soluciones necesarias para el funcionamiento óptimo del canal de drenaje, ofreciendo en el proceso una serie de recomendaciones mediante distintos aspectos concernientes a los puntos críticos que dificultan la canalización correcta de las aguas, se tiene, que esta propuesta está concebida en dos partes, el rediseño del canal y las recomendaciones necesarias para el mejoramiento del sistema.

V.4.1. Rediseño del canal

Para rediseñar el canal, es necesario reevaluar cuál es el caudal de diseño del mismo y cuáles son los puntos más conflictivos, como se puede apreciar en la Tabla 16, sobre la comparación de capacidades, es notable la reducción entre el punto B y B', esto se debe a que en ese punto el canal presenta una reducción hacia el punto B', como es de esperarse que las condiciones hidráulicas conlleven a superar la capacidad volumétrica de las secciones a medida que se avanza aguas abajo y se desconocen los motivos por los cuales se llegó a este diseño y por qué se tomó la decisión de diseñar un canal que reduce su sección en ciertos tramos del recorrido, de manera progresiva.

Tal como resultó en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las valuaciones se hicieron proyectando la geometría para la mayor eficiencia hidráulica, a través del programa H canales, y en el terreno, mediante el Civil 3D. Las dimensiones recomendadas, mostradas en la Tabla 18, siguiendo las normas venezolanas que recomiendan: Para canales revestidos en concreto se sugieren,

- Pendientes mayores a 0.002 y velocidades mayores a 0.9m/s

- La velocidad máxima es indiferente en canales recubiertos ya que no constituye riesgos de erosión.
- Recubrimiento: lados 0.12 m y fondo 0.15 m.
- Recubrimiento en canales de concreto, acabado liso, $n=0.013$.
- Espacio libre superior 0.1 m.

Tabla 18. Dimensiones sugeridas.

Progresiva	Talud (Z)	Tirante (y)	Ancho de la solera (b)
0+118.53	0.850	1.450	1.250
0+163.73	1.000	1.450	1.100
0+273.24	0.900	1.450	1.200
0+392.65	1.250	1.600	1.050
0+538.17	1.000	1.650	1.300
0+612.02	1.300	1.700	1.050
0+665.28	0.750	1.700	1.600
0+760.00	1.000	1.700	1.300
0+955.50	1.000	1.700	1.300

Fuente: Elaboración propia (2022).

V.4.2. Recomendaciones para mejorar el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial

Tanto si el canal de drenaje es un sistema hidráulico eficiente en su estado teórico, existen factores fundamentales que deben ser tratados a modo de mantener su eficiencia en la realidad, además, de tratar algunos aspectos que conllevan al desmejoramiento del servicio y por ende de la calidad de vida de los habitantes, las recomendaciones al respecto son:

- Mantenimiento regular del canal de drenaje

Con la finalidad de evitar el estancamiento de las aguas tanto en el canal principal como en los secundarios, es necesario tener un protocolo de mantenimiento correctivo y preventivo que promueva mantener el área hidráulica despejada tanto de

residuos sólidos que caen tanto de los lados de las carreteras como de las malezas que crecen entre el revestimiento del canal y que dificultan la circulación misma del agua.

Estos mantenimientos, consistirán en la limpieza del canal al menos una vez al mes para despejar los escombros, maleza y basura que puedan adentrarse en el área hidráulica obstaculizando así el flujo de las aguas. Estas medidas deben ser realizadas de igual manera para las canaletas de recolección pues el flujo de agua atraviesa las calles en su camino a desembocar en el canal principal y estar obstruidas conlleva a la presencia de aguas constante en las calles debilitando así el pavimento, dificultando el tránsito y siendo posible foco de enfermedades.

Esto, da muestra de que en tema de administración pública se debe de hacer reuniones con los entes encargados para que en conjunto con la comunidad se logre tener el canal sin obstaculizaciones. En seguimiento con esto, realizar charlas de concientización sobre los efectos del mal uso del canal, en la calidad de vida y salud de sus propios habitantes, son una opción rápida y económica que puede marcar la diferencia en algunos aspectos de conservación.

- Canalización de aguas servidas fuera del sistema de drenaje pluvial.

Una de las problemáticas más alarmantes que se divisó en el estudio de campo fue, el de una tanquilla de aguas servidas en el canal de drenaje. Avocándose en la normativa legal competente, se recomienda hacer una evaluación formal del asunto en nombre de los objetivos de la Ley de la calidad de Aguas y Cuerpos de Aire en Gaceta Oficial 6207 y de la Gaceta Oficial 5318 sobre las Normas Generales del Proyecto de Alcantarillado, citando el Artículo 3, numeral 40, sobre los aliviaderos:

“En sistemas de alcantarillados separados para aguas servidas, no se podrá en ningún caso verter excedentes de las mismas por medio de aliviaderos en cursos de aguas, lagos y mares.

En sistemas de alcantarillados únicos, los aliviaderos se diseñarán, en forma de obtener las condiciones que satisfagan las exigencias de las Normas y Leyes sobre la materia”

También, se hace mención del artículo 106 de la Gaceta Oficial 4.103, sobre las Instalaciones Sanitarias en Proyectos Urbanísticos:

“Art. 106. No se permitirá el empotramiento de aguas de lluvia provenientes del drenaje de las parcelas, áreas verdes, etc., de edificaciones o cualquier área importante, en los colectores de aguas residuales. Tampoco será permitido el empotramiento de aguas residuales provenientes de cualquier construcción, a los colectores destinados a la construcción de aguas de lluvia.”

Por tanto, queda claro que se trata de un problema de gran importancia en esta comunidad, que acrecienta su riesgo a la salud pública con el desbordamiento del canal y la dispersión de las aguas contaminadas por las calles de las comunidades que se encuentran aguas abajo, debe ser abordado por las entidades competentes, a fin de estudiar las razones por las cuales se ha ignorado esta problemática y desviar las aguas servidas fuera del sistema de drenaje pluvial para reintegrarlas al sistema de aguas residuales que conducen a lagunas de oxidación o descargan fuera de zonas que ponen en riesgo la salud humana y ambiental.

V.5. Administración

La elaboración de la obra correspondiente al rediseño del canal de drenaje es una actividad que requiere de maquinaria pesada ya que se debe realizar la demolición de la obra existente, pero este a su vez reduce el volumen de excavación ya que fue planteado sobre el ya existente. En la Figura 9 se aprecian las partidas y los costos estimados para la elaboración del nuevo canal.

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total Bs
1	LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE DE CONCRETO CON PRESENCIA DE AGUA.	m	836,97	10,31	8.629,16
2	DEMOLICION DE OBRAS DE DRENAJE DE CONCRETO ARMADO CON EQUIPO LIVIANO (COMPRESOR), BOTE Y TRANSPORTE HASTA 200 m DE DISTANCIA.	m3	385,43	572,62	220.704,93
3	TRANSPORTE URBANO, A DISTANCIAS MAYORES DE 200 m, DE CUALQUIER TIPO DE MATERIAL PROVENIENTE DE LA PREPARACION DEL SITIO (DEMOLICIONES), MEDIDO EN CAMIONES, A DISTANCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 1 km Y 2 km	m3xkm	382,49	16,41	6.276,66
4	EXCAVACION PARA LA CONSTRUCCION DE CANALES O ZANJAS DE DRENAJE, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, CARGA, TRANSPORTE HASTA 200 m DE DISTANCIA Y DESCARGA.	m3	2.598,29	16,64	43.235,55
5	CONSTRUCCION DE BASES Y SUB-BASES DE PIEDRA PICADA, INCLUYENDO SUMINISTRO DEL MATERIAL.	m3	42,24	302,21	12.765,35
6	SUMINISTRO, TRANSPORTE, PREPARACION Y COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO, TIPO TRUCSON, PARA EL CONCRETO ARMADO CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE.	kgf	5.493,58	41,16	226.115,75
7	CONCRETO DE Fc 180 kgf/cm ² A LOS 28 DIAS, PARA REVESTIMIENTO DE CANALES DE SECCION TRAPEZOIDAL. INCLUYE TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYE EL REFUERZO METALICO.	m3	684,57	1.741,62	1.192.260,80
8	LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA.	m2	5.493,58	8,50	46.695,43
Sub-Total:					1.756.683,63
16,00% Impuesto de Ley:					281.069,38
Total del Presupuesto:					2.037.753,01

Figura 9. Presupuesto para la ejecución de la obra.

Fuente: Elaboración propia (2022).

V.6. Factibilidad

La factibilidad de este proyecto, se fundamenta en los aspectos económicos, sociales y ambientales que intervienen en la calidad de funcionamiento de un buen sistema de drenaje pluvias; comenzando con la necesidad actual de hacer continuos replanteos en las carreteras de tierra que se inundan y generan una superficie no transitable, este factor deja entrever la rentabilidad a largo plazo de rediseñar el canal, a nivel social también es necesario hacer reformas que mejoren la salubridad local impidiendo el vertido de aguas residuales y el estancamiento de las mismas, ambientalmente, se requiere hacer un estudio de las consecuencias que está teniendo el vertido de fluidos contaminados a la atmosfera.

CAPÍTULO VI

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de realizado este estudio se concluye que distintos sectores del municipio Rómulo Gallegos presentan problemas de inundaciones cuando comienzan el periodo de lluvias, esto se debe a varios factores como lo son el poco mantenimiento al canal de drenaje, tanto el principal como los ramales, y la geometría del canal existente, que contrario a lo que se espera, disminuye su capacidad a medida que avanza aguas abajo.

Luego de realizada una investigación documental, satelital y de campo, se puede decir que los factores orográficos, hidrológicos y de suelos no favorecen esta situación debido a que en su mayoría son terrenos con alto contenido de arcilla o zonas residenciales y rurales con poca vegetación, lo cual incrementa el escurrimiento de una lluvia de intensidad 509.083 L/s/ha para una duración de 5 min y tiempo de retorno de 8.5 años, que es lo correspondiente a los estudios para el diseño de drenajes pluviales, según el Ministerio de Obras Públicas.

Además, se realizó una comparación con diferentes intensidades con motivo de comprobar la eficiencia de descarga actual del sistema. Al verificar que no cumple los requisitos normativos, se calcularon las dimensiones geométricas capaces de soportar el caudal de diseño estudiado. La elaboración del nuevo diseño considerando las condiciones del actual tendría un costo estimado de dos millones treinta y siete mil setecientos cincuenta y tres bolívares con un céntimos (2.037.753,01) el cual representa un abaratamiento a largo plazo de los costos por la necesidad de hacer un replanteo a las calles adyacentes al canal las cuales no cuentan con pavimentado, aunado a esto, se recomiendan acciones para acabar con otras problemáticas de la red de drenaje superficial en la zona.

En total relación con lo anteriormente mencionado, se exponen algunas de las recomendaciones, a criterio de los autores, surgidos durante y para la elaboración de este proyecto, estas son:

- Es necesario hacer el mantenimiento constante del sistema de drenaje pluvial para evitar el estancamiento de las aguas.
- Se recomienda, con carácter urgente, tratar el tema del vertido de aguas residuales en el tramo D-E, para evaluar las causas y consecuencias de esta ocurrencia.
- Es necesario hacer un estudio de suelos para especificar de forma concreta el tipo de excavación que debe llevarse a cabo.
- Se considera, se deben hacer reconsideraciones de precio respecto a los costos de construcción del canal según sea necesario.
- Diseñar un sistema que evite la erosión del terreno en la zona donde desemboca el canal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aparicio, L. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa S.A. México.

Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. Editorial Episteme. (6ta Ed.), Caracas, Venezuela.

Arocha, S. (1983). Cloacas y drenajes. Editorial Vega SRL. (1ra Ed.), Caracas. Venezuela.

Barreto, A., y Beltrán, D. (2018). Diseño del sistema de recolección de aguas lluvias más eficiente para el plan parcial de la vereda San Bartolomé en el municipio de Gachancipá departamento de Cundinamarca. Tesis no publicada. Disponible en:
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16073/1/Documento%20Proyecto%20grado.pdf> Consultado el 01 de abril de 2022.

Blandón, J., y Monzón, J. (2015). Diseño de un canal de 1km de longitud, ubicado en el km 9.5 de la carretera norte, contiguo al hotel Camino Real, del Distrito VI de la ciudad de Managua. Tesis no publicada. Disponible en:
<https://repositorio.unan.edu.ni/1269/> Consultado el 01 de abril de 2022

Bolinaga, J. (2000). Proyectos de ingeniería hidráulica Tomos I y II. Fundación Polar. Caracas. Venezuela

Carciente, J. (1965). Carreteras: Estudio y proyecto. Editorial Vega SRL (1ra Ed.), Venezuela.

- Castaño, J. (2020). Diseño geométrico con AutoCad Civil 3D de una obra lineal: Tramo: Izbor–Vélez de Benaudalla. Autovía A-44: Bailén (Jaén)-Motril (Granada).
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). Asamblea Nacional de Venezuela. Gaceta Oficial N° 36.860 del 30 de diciembre de 1999. Caracas, Venezuela.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (1991). Metodología de la investigación. Editorial McGraw-Hill. (1era Ed.), Naucalpan de Juarez, Edo de México, México.
- Hurtado, J. (2008). Metodología de la investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia. Editorial Quirón. (4ta Ed.), Caracas, Venezuela.
- Instituto Nacional de Obras Públicas, INOS. (1975). Normas e Instructivos para el Proyecto de Alcantarillado. Abril de 1975. Caracas, Venezuela.
- Ley de Aguas. (2007). Asamblea Nacional de Venezuela. Gaceta Oficial N° 38.595 del 02 de enero de 2007. Caracas, Venezuela
- Ley de la calidad de Aguas y Cuerpos de Aire. (2015). Asamblea Nacional de Venezuela. Gaceta Oficial N° 6.207 del 18 de diciembre de 2015. Caracas, Venezuela.
- Ministerio de Obras Públicas, MOP. (1967). Manual de Drenaje. División de Vialidad 1.967. Caracas, Venezuela.
- Mott, R. (2006). Mecánica de Fluidos. Pearson Education. (6ta Ed.) Naucalpan de Juárez, Edo. De México. México.

Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillado. (1999). Asamblea Nacional de Venezuela. Gaceta Oficial N° 5.318 del 06 de abril de 1999. Caracas, Venezuela

Norma Transitoria del Trabajo De Grado Para Las Carreras De Ingeniería Del Vicerrectorado De Infraestructura Y Procesos Industriales de la UNELLEZ. Documento académico de la UNELLEZ-VIPI. Cojedes, San Carlos.

Normas y Procedimientos Técnicos Relativo a los Lineamientos en Materia de Conservación, Administración y Aprovechamiento de la Infraestructura Vial. (2007). Asamblea Nacional de Venezuela. Gaceta Oficial Número 38.715 del 27 de junio de 2007. Caracas, Venezuela

Orellana, J. (2017). Localización predial utilizando el sistema de información geográfica QGIS y propuesta de actualización de la zonificación de la cabecera municipal de Villa Canales, Guatemala (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Organización Mundial de la Salud. “Enfermedades transmitidas por vectores”. 2020. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>. Consultado el 18 de marzo de 2022.

Palacios, A. (2004). Acueductos, cloacas y drenajes. Universidad Católica Andrés Bello. Primera edición. Caracas, Venezuela.

Rivas, N. (2007). Historia de las Vegas. Prefectura del municipio autónomo. Las Vegas, Rómulo Gallegos, Venezuela.

Rodríguez, P. (2008). Hidráulica II. Disponible en:
https://carlosquispeanccasi.files.wordpress.com/2011/12/hidraulica_ruiz.pdf

Consultado el 28 de marzo de 2022.

Romero, A., Ronchaquira, Y., y Gómez L. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de drenaje vial para el tramo de carretera terciaria San Joaquín Alto del Tigre en el municipio de La Mesa Cundinamarca. Tesis no publicada. Disponible en:
<https://www.coursehero.com/file/119530376/1-Tesis-de-gradopdf/> Consultado el 28 de marzo de 2022.

Ruiz, R. (1988). Hidráulica de canales. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Streeter, V. Wylie, E., y Bedford, K. (2000). Mecánica de fluidos. McGraw-Hill Education. Bogotá, Colombia.

Villón, M. (2002). Hidrología. Editorial Villón. (2da Ed.) Lima. Perú.

Villón, M. (2007). Hidráulica de canales. Editorial Villón. (2da Ed.) Lima. Perú.

Villón, M. (2016). CANALES V3.0. (Programa de computación). Cartago, Costa Rica.

ANEXOS

A.1. Planillas de recolección de datos.

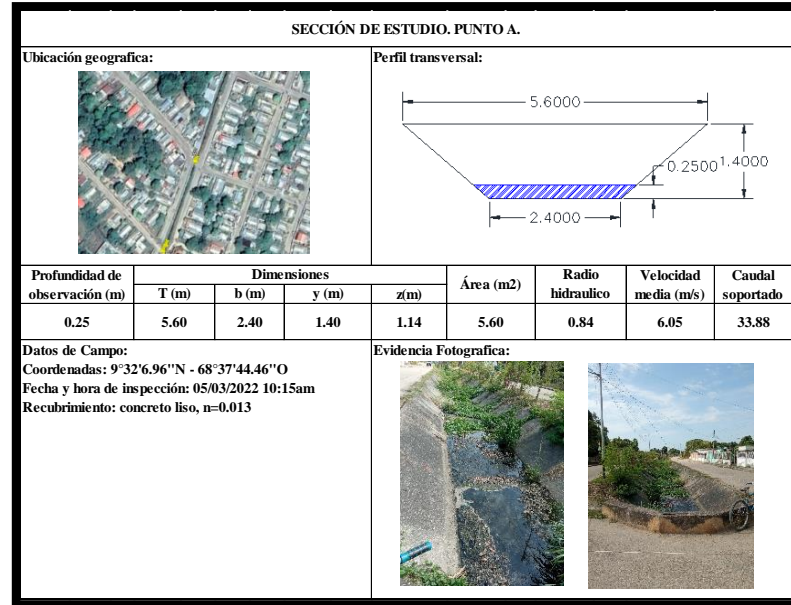


Figura 10. Punto A

Fuente: Elaboración propia (2022).

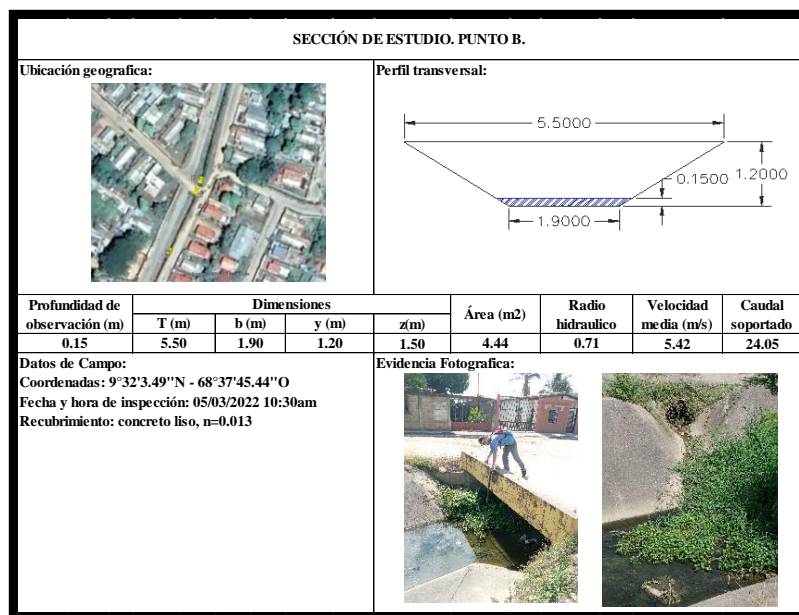


Figura 11. Punto B.

Fuente: Elaboración propia (2022).

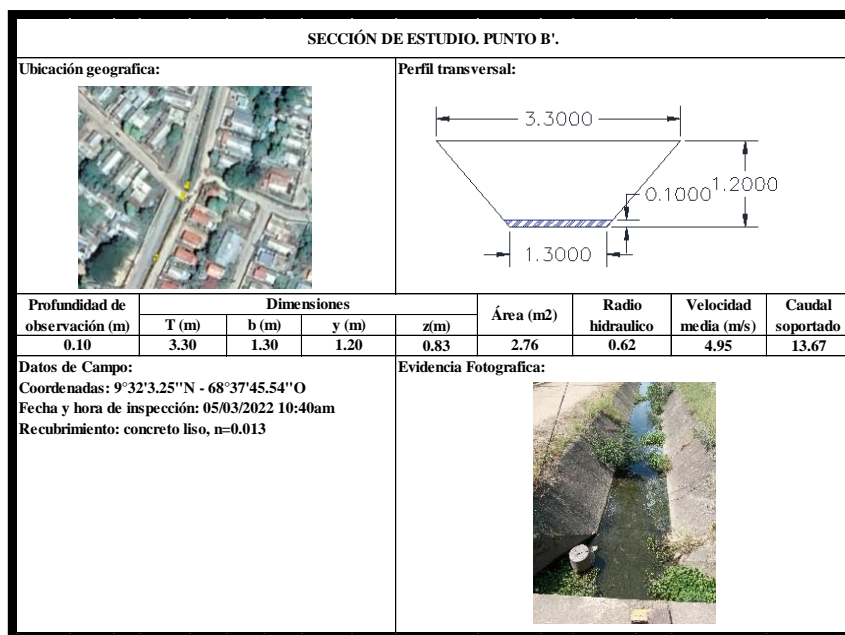


Figura 12. Punto B'.

Fuente: Elaboración propia (2022).

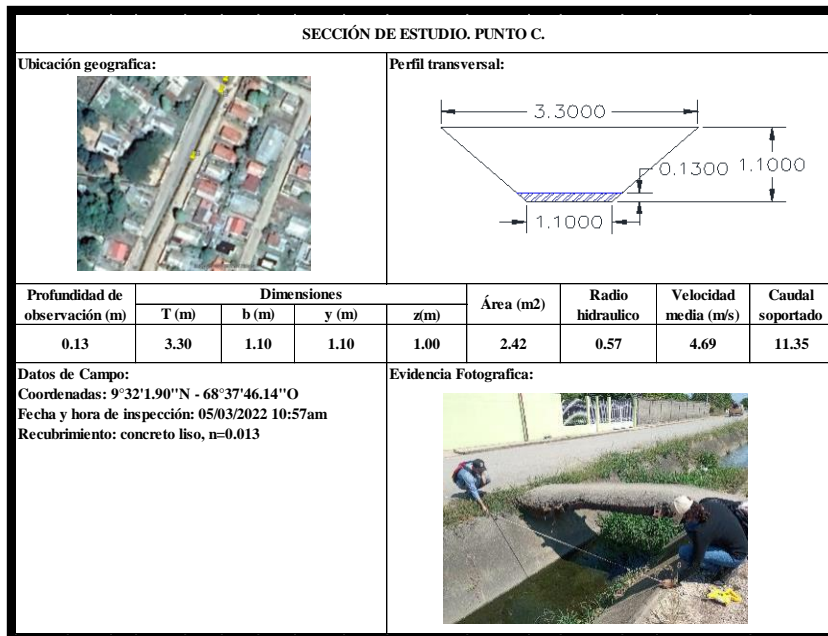


Figura 13. Punto C.

Fuente: Elaboración propia (2022).

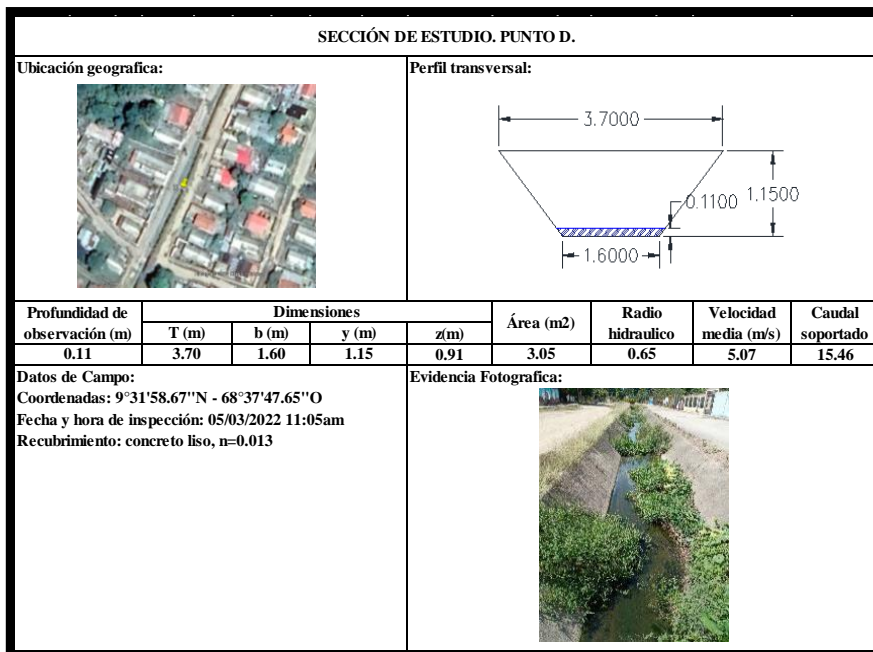


Figura 14. Punto D.

Fuente: Elaboración propia (2022).

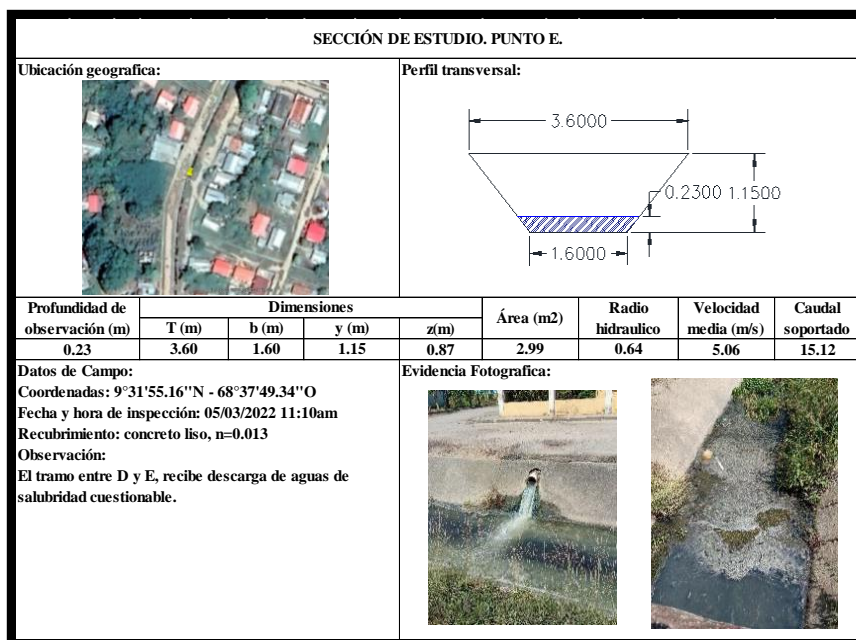


Figura 15. Punto E.

Fuente: Elaboración propia (2022).

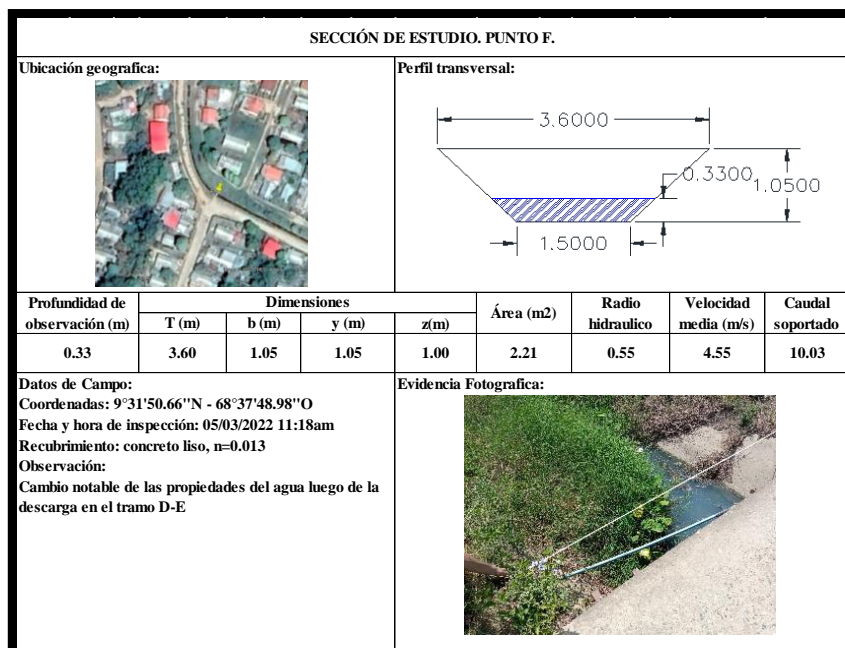


Figura 16. Punto F.

Fuente: Elaboración propia (2022).

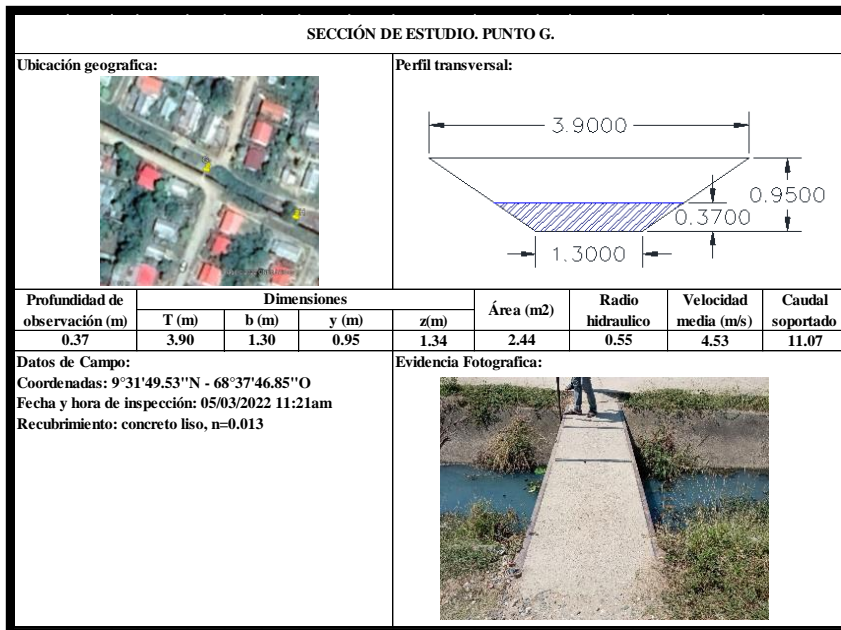


Figura 17. Punto G.

Fuente: Elaboración propia (2022).

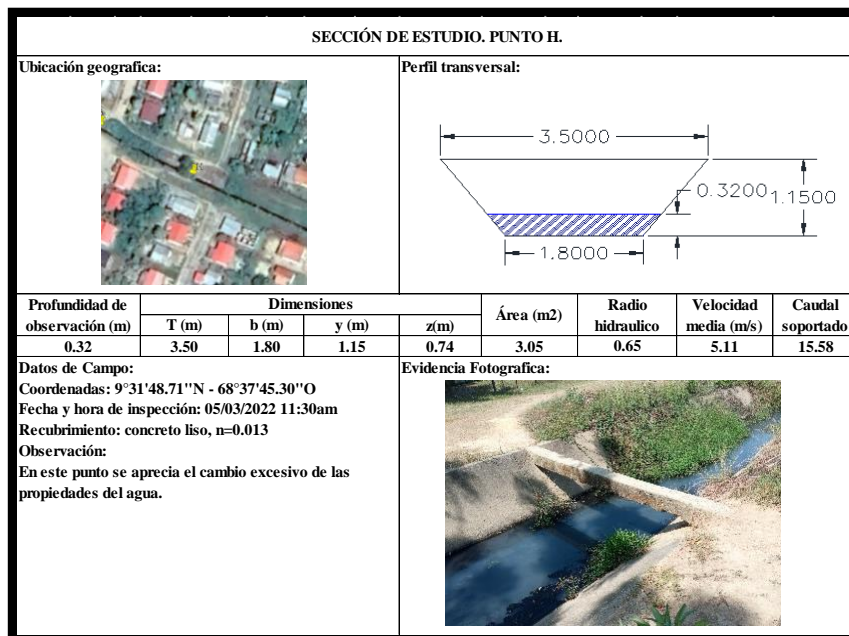


Figura 18. Punto H.

Fuente: Elaboración propia (2022).

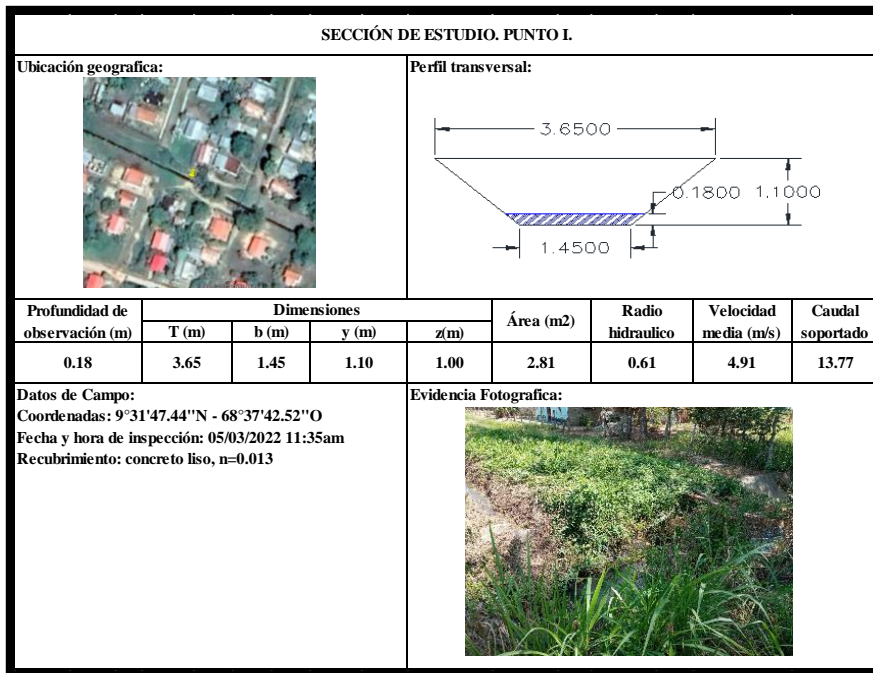


Figura 19. Punto I.
Fuente: Elaboración propia (2022).

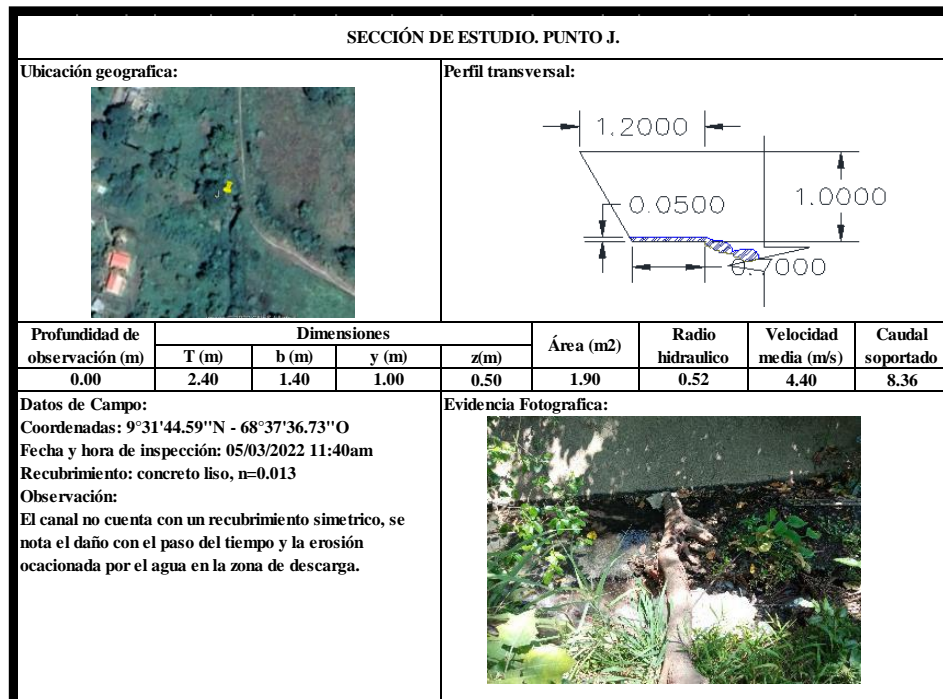


Figura 20. Punto j.
Fuente: Elaboración propia (2022).

A.2. Planos del proyecto.

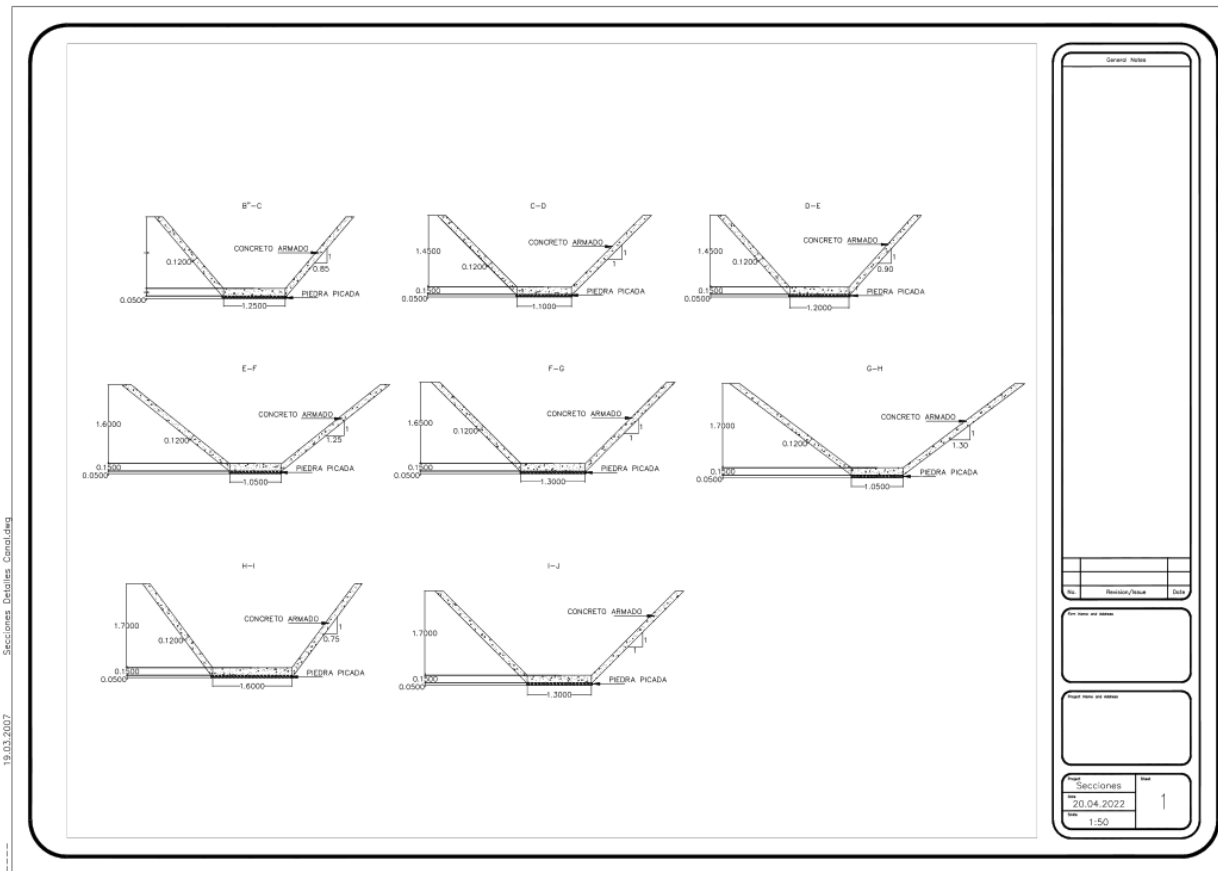


Figura 21. Detalle de dimensiones en secciones propuestas.
Fuente: Elaboración propia (2022).

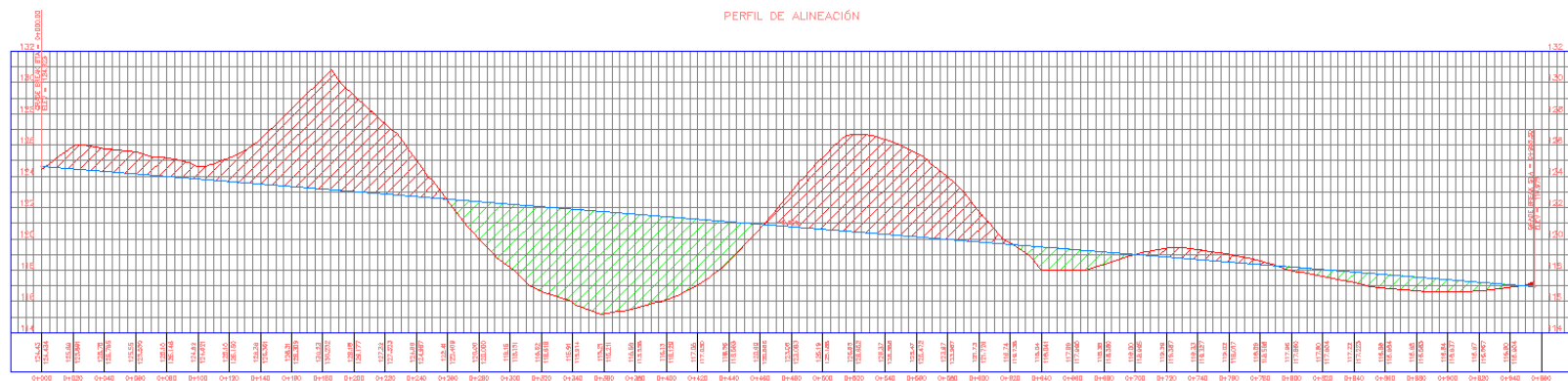


Figura 22. Perfil del alineamiento en Civil 3D.

Fuente: Elaboración Propia (2022).



Figura 23. Plano en planta del canal propuesto (1/2).
Fuente: Elaboración propia (2022).



Figura 24. Plano en planta del canal propuesto (2/2).
Fuente: Elaboración propia (2022).

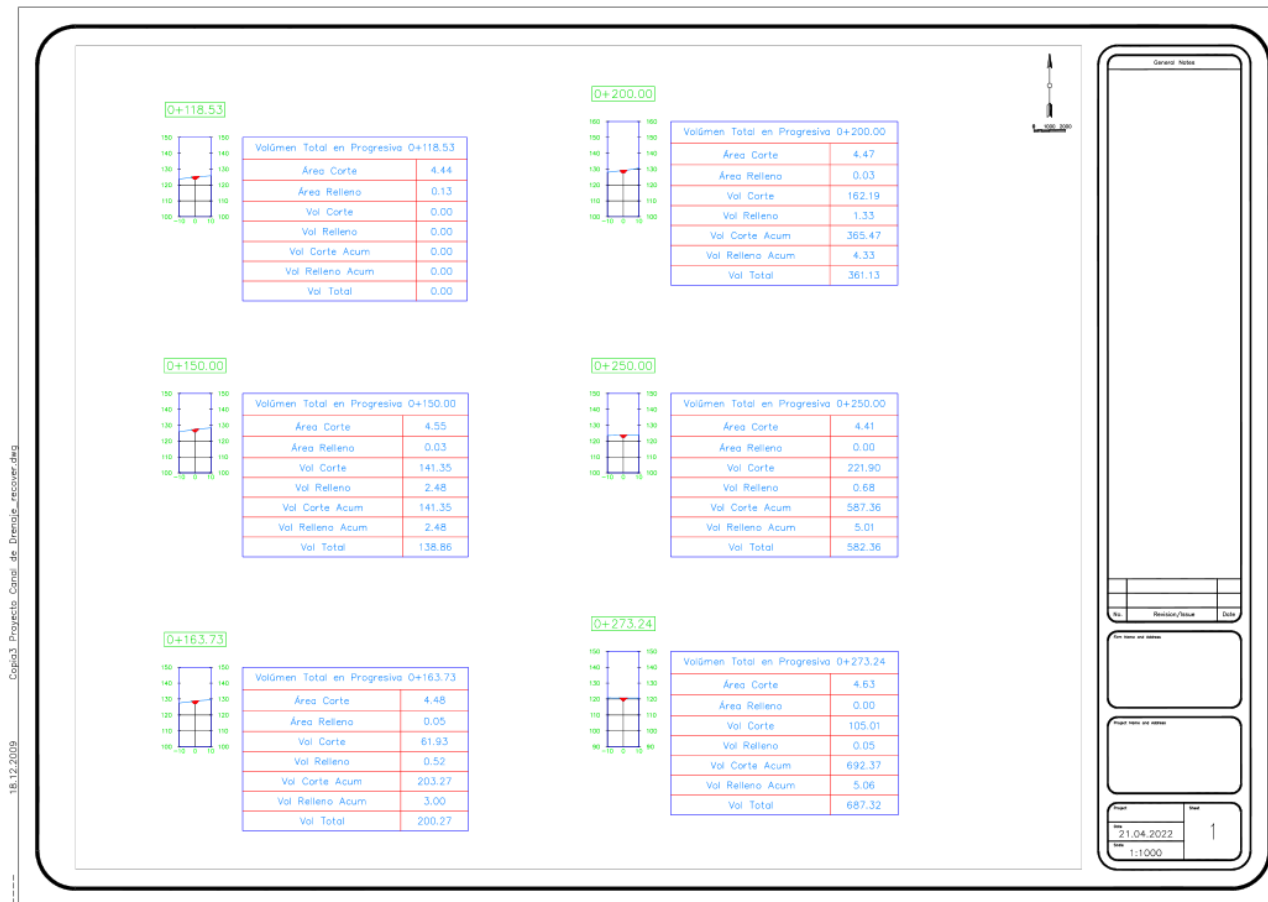


Figura 25. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (1/5).
Fuente: Elaboración propia (2022).

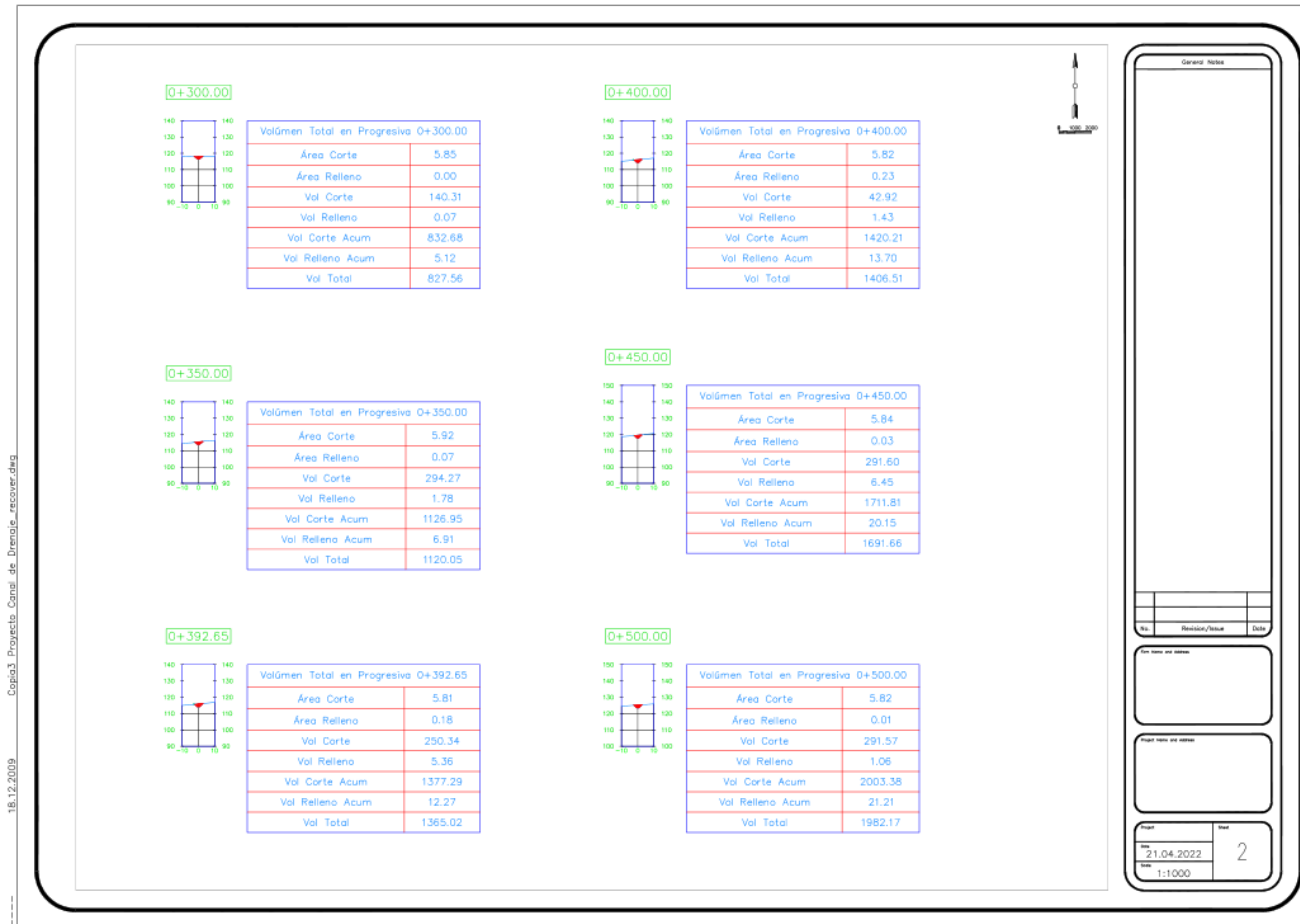


Figura 26. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (2/5).
Fuente: Elaboración propia (2022).

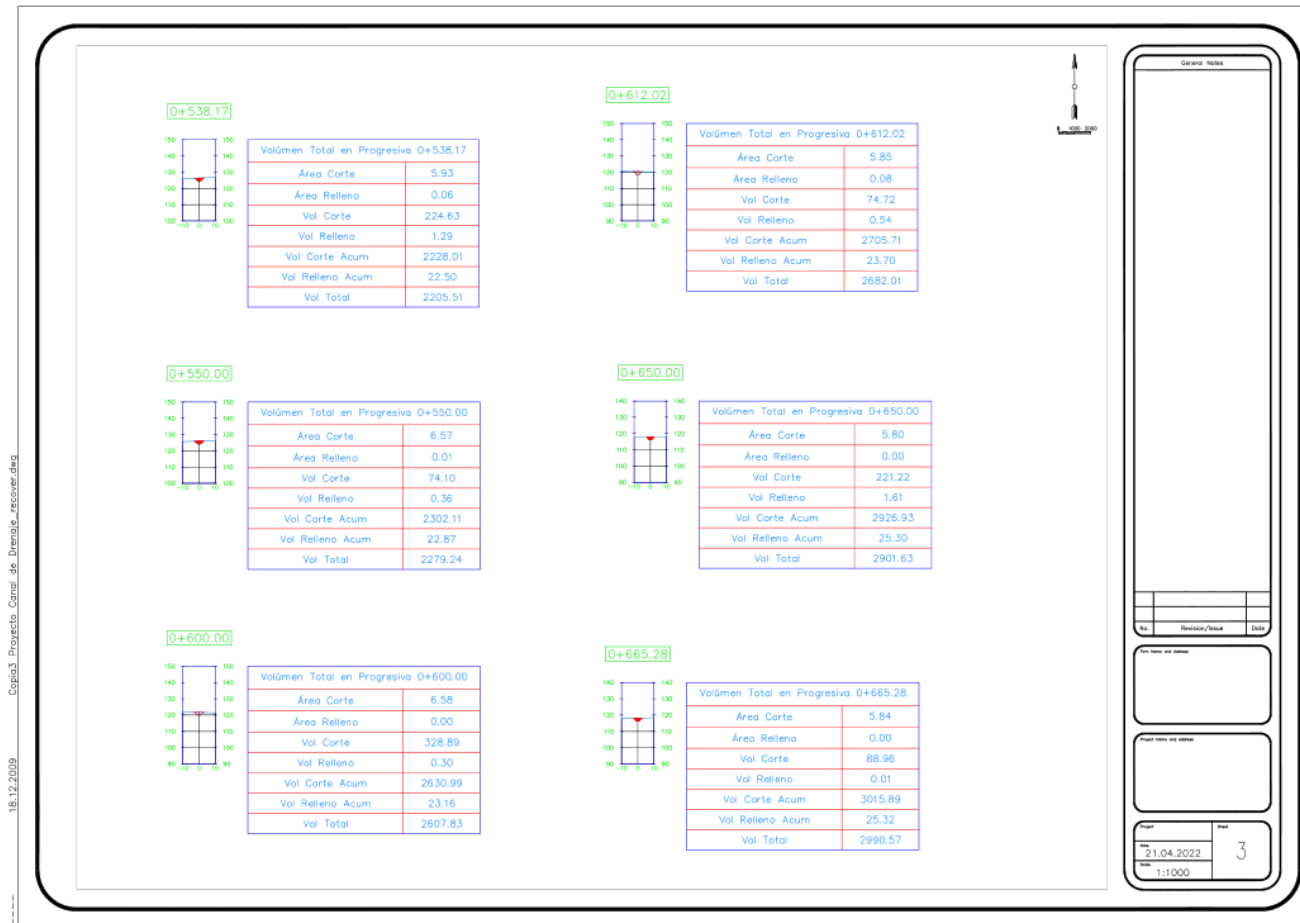


Figura 27. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (3/5).
Fuente: Elaboración propia (2022).

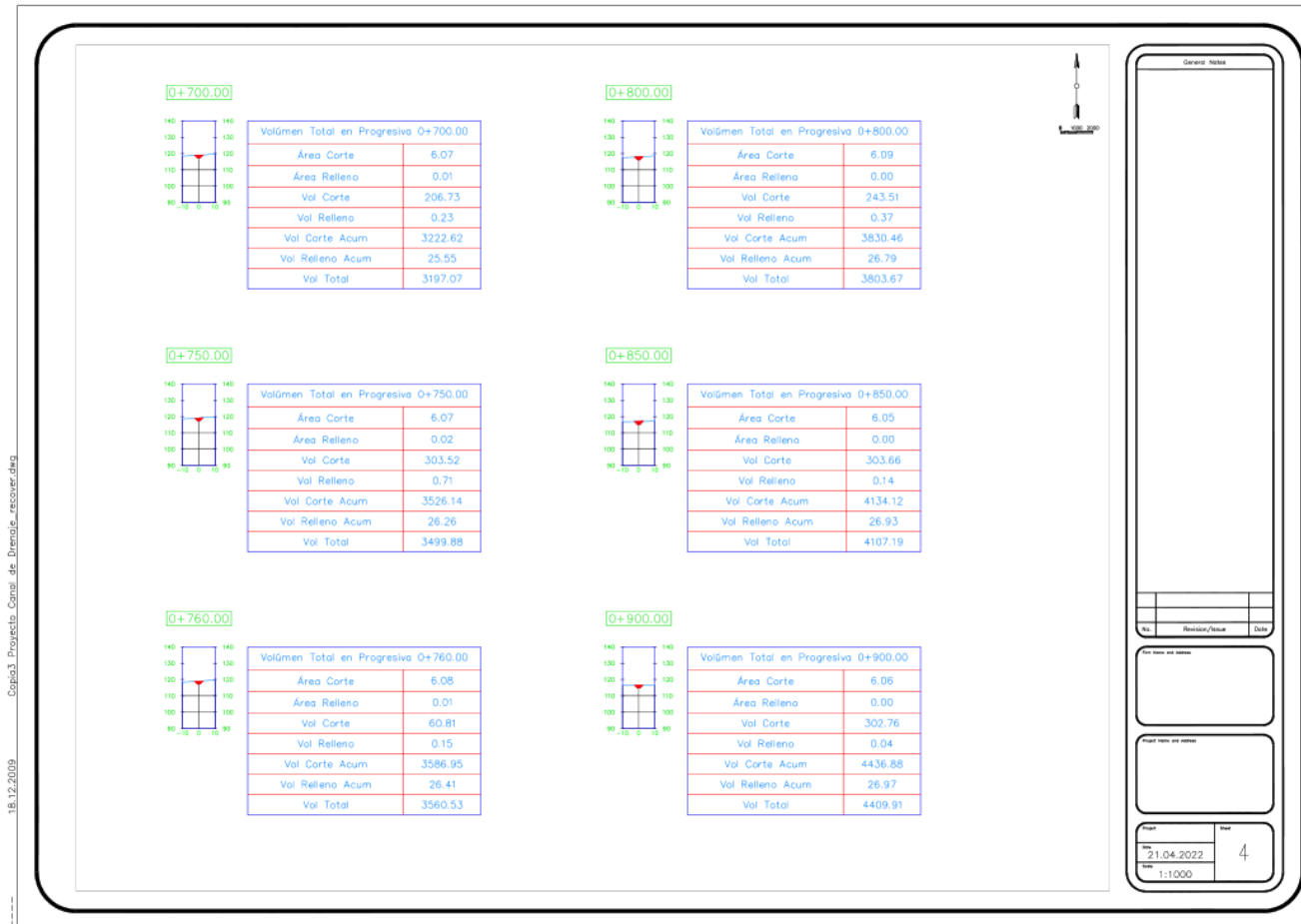


Figura 28. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (4/5).
Fuente: Elaboración propia (2022).

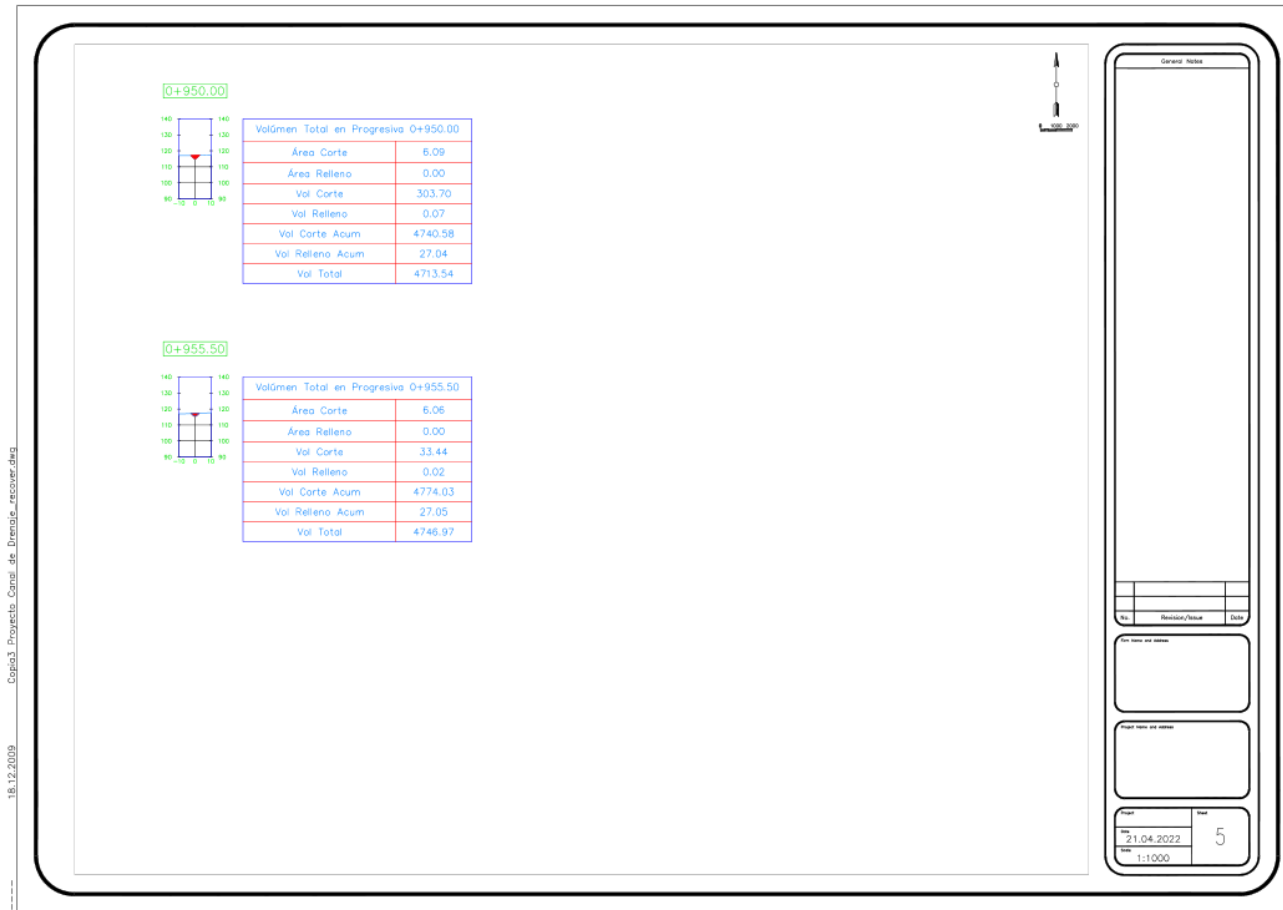


Figura 29. Tabla de volúmenes de corte y relleno en secciones (5/5).
Fuente: Elaboración propia (2022).