

**DISEÑO DE CANAL HIDRÁULICO PARA LA RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
DEL RELLENO SANITARIO LOS CORAZONES DE VALLEDUPAR**



AUTORA

SHELVY LORENA VILLAMIL ALFARO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2024

**DISEÑO DE CANAL HIDRÁULICO PARA LA RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
DEL RELLENO SANITARIO LOS CORAZONES DE VALLEDUPAR**

AUTORA

SHELVEY LORENA VILLAMIL ALFARO

DIRECTORA

KARINA PAOLA TORRES CERVERA

MAGISTER EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2024

DEDICATORIA

A mi Dios, dedicó este proyecto por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad; a mi madre que con su amor, siempre ha sido mi apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos y a mi hijo que es el motor que me obliga a funcionar y ser cada día mejor.

Shelvy Lorena Villamil Alfaro



AGRADECIMIENTOS

Estoy muy agradecida con DIOS, el, ha sido mi roca en tiempos de incertidumbre, mi refugio en momentos de debilidad y mi fuente de inspiración en cada paso que he dado; sin su gracia, nada de esto hubiera sido posible

A mi madre, por el apoyo incondicional, por el ejemplo de fortaleza y persistencia de salir adelante, sin importar los obstáculos que se encuentre en el camino, por el gran amor hacia sus hijos y nietos, por ser la mujer que me dio la vida y que me enseñó a vivirla.

No hay palabras para expresar lo maravillosa que eres. Te amo.

Mi hijo, es el mejor regalo que haya podido recibir de parte de DIOS; te doy gracias, hijo mío, por cada momento de felicidad, por darle, motivación y sentido a mi vida, gracias a ti he podido cumplir todas mis metas con éxito y amor.

A mis hermanos por ser esa parte importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

Gracias a ese Ángel que DIOS coloco en mi camino, que ha sido una pieza fundamental en mi preparación académica, la ingeniera Karina Torres, le agradezco por todo el apoyo brindado, por su tiempo y amistad.

Shelvy Lorena Villamil Alfaro



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. SITUACIÓN PROBLEMA	11
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	13
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. MARCO REFERENCIAL.....	14
4.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	14
4.1.1. Información Básica	14
4.1.2. Misión Empresarial.....	15
4.1.3. Visión Empresarial	15
4.1.4. Política De Calidad	16
4.1.5. Valores Corporativos	16
4.1.6. Estructura Organizacional.....	16
4.2. MARCO CONTEXTUAL	17
4.3. MARCO CONCEPTUAL	18
4.4. MARCO LEGAL.....	19
5. ASPECTOS METODOLÓGICOS	20
5.1. CAMPO DE APLICACIÓN.....	20
5.2. FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR	20
5.3. PERFIL DEL SUPERVISOR ASIGNADO	21
5.4. DESARROLLO METODOLÓGICO	22
6. PRODUCTOS Y RESULTADOS.....	24
6.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL DEL TRAMO NORESTE DEL RELLENO SANITARIO LOS CORAZONES	24

6.1.1.	Mediciones Topográficas.....	24
6.1.2.	Plano Topográfico.....	29
6.2.	ESTUDIO HIDROLÓGICO A PARTIR DE LAS PRECIPITACIONES CON LA ESTACIÓN DE REFERENCIA MÁS CERCANA MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE LA CURVA IDF PARA LA OBTENCIÓN DE CAUDALES DE ESCORRENTÍA.	31
6.2.1.	Análisis de los Datos de Precipitación.....	31
6.2.2.	Definición de las Curvas IDF	37
6.3.	TRAZO HIDRÁULICO DEL CANAL PARA EL TRANSPORTE DE LAS AGUAS-LLUVIAS Y LAGUNA DE ALMACENAMIENTO E INTEGRACIÓN EN EL SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL.....	43
6.3.1.	Cálculo de Parámetros Hidráulicos del Canal.....	43
6.3.2.	Cálculo de Parámetros Geométricos de la Laguna	61
7.	CONCLUSIONES	69
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
	ANEXOS	73



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Estructura Organizacional ASEO DEL NORTE S.A.S. E.S.P.</i>	16
<i>Figura 2. Localización geográfica del Relleno Sanitario de la jurisdicción de Valledupar</i>	17
<i>Figura 3. Vista superior Levantamiento Topográfico Relleno Sanitario Los Corazones</i>	24
<i>Figura 4. Planificación y datos preliminares para el Levantamiento Topográfico</i>	25
<i>Figura 5. Proceso de levantamiento topográfico con la estación total</i>	26
<i>Figura 6. Proceso de levantamiento topográfico en zona del canal de tierra natural</i>	27
<i>Figura 7. Canal en tierra de drenaje de aguas-lluvias del relleno sanitario</i>	28
<i>Figura 8. Curvas de Nivel en el área de interés del Relleno Sanitario Los Corazones</i>	29
<i>Figura 9. Puntos Topográficos de medición en campo en el Relleno Sanitario Los Corazones</i>	30
<i>Figura 10. Datos faltantes y atípicos identificados en las precipitaciones totales mensuales</i>	32
<i>Figura 11. Pliego de Precipitaciones Diarias registradas por la estación Alfonso López Pumarejo</i>	38
<i>Figura 12. Área de escorrentía de las precipitaciones en el relleno Sanitario Los Corazones</i>	40
<i>Figura 13. Tramo No. 1 – Distancia 0 a 227 definida para el Canal Hidráulico</i>	45
<i>Figura 14. Tramo No. 2 – Distancia 227 a 242 definida para el Canal Hidráulico</i>	45
<i>Figura 15. Tramo No. 3 – Distancia 242 a 406 definida para el Canal Hidráulico</i>	46
<i>Figura 16. Tramo No. 3 – Distancia 406 a 449 definida para el Canal Hidráulico</i>	46
<i>Figura 17. Tramo No. 5 – Distancia 449 a 460 definida para el Canal Hidráulico</i>	47
<i>Figura 18. Tramo No. 5 – Distancia 460 a 490 definida para el Canal Hidráulico</i>	47
<i>Figura 19. Canal Hidráulico de sección transversal rectangular propuesto</i>	50
<i>Figura 20. Representación en vista de planta del Canal Hidráulico</i>	51
<i>Figura 21. Perfiles Transversales del Canal Hidráulico de sección Rectangular</i>	52
<i>Figura 22. Interpolación geométrica longitudinal entre puntos del Canal Hidráulico</i>	53
<i>Figura 23. Definición de las condiciones de flujo y de contorno del Canal Hidráulico</i>	54
<i>Figura 24. Análisis computacional preliminar positiva para simulación de flujo</i>	55
<i>Figura 25. Perfiles del nivel del agua en las secciones transversales del Canal Hidráulico</i>	56
<i>Figura 26. Perfil longitudinal del flujo del Canal Hidráulico</i>	57
<i>Figura 27. Sección de Perfil Longitudinal de la parte superior del Canal Hidráulico</i>	58
<i>Figura 28. Sección de Perfil Longitudinal de la parte inferior del Canal Hidráulico</i>	59
<i>Figura 29. Análisis del Caudal y Velocidad de simulación para el Canal Hidráulico</i>	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Información Básica de la Empresa</i>	14
<i>Tabla 2. Aspectos legales relacionados a la temática principal de este informe de prácticas</i>	19
<i>Tabla 3. Perfil del supervisor asignado para la práctica académica y profesional</i>	21
<i>Tabla 4. Planificación metodológica para el desarrollo de la práctica</i>	22
<i>Tabla 5. Pliego de Precipitaciones Totales Mensuales</i>	31
<i>Tabla 6. Valores de la distribución Z en las precipitaciones para detectar datos anómalos y atípicos</i>	34
<i>Tabla 7. Datos de precipitación completos para la estación Alfonso López Pumarejo</i>	35
<i>Tabla 8. Representación Gráfica de las Precipitaciones Totales Mensuales</i>	36
<i>Tabla 9. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia</i>	37
<i>Tabla 10. Intensidades de las precipitaciones de la estación Alfonso López Pumarejo</i>	39
<i>Tabla 11. Tramos y longitudes definidos para el trazado del canal hidráulico</i>	44
<i>Tabla 12. Pendiente de los tramos definidos para el Canal Hidráulico</i>	48
<i>Tabla 13. Tirante de agua para los Tramos con las condiciones preliminares</i>	49
<i>Tabla 14. Disposición de Datos de Trabajo para definición geométrica del Canal Hidráulico</i>	50
<i>Tabla 15. Estrategia Integral de Gestión y Tratamiento de Aguas Lluvias y Lixiviados (EIGTALL)</i>	62

RESUMEN EJECUTIVO

El Relleno Sanitario Los Corazones tiene una distinguida importancia para la disposición final de los Residuos Sólidos de la ciudad de Valledupar y de otros municipios del norte del departamento del Cesar, sin embargo, este se encuentra expuesto a grandes desafíos en cuanto a capacidad instalada y gestión interna. Es así como la presente propuesta presenta una solución a una problemática en torno a la contaminación cruzada existente entre los lixiviados por la degradación de los residuos y la combinación con aguas-lluvia, que producto de las precipitaciones producen una escorrentía superficial y que topográficamente se direcciona hacia predios aledaños donde puede suceder una gran afectación ecológica y producir enfermedades en las comunidades locales que residen cercanos a este lugar.

Por lo tanto, se pensó en que la reutilización de las Aguas Lluvias en el Relleno Sanitario Los Corazones representa un papel crucial en la gestión sostenible del recurso hídrico. Esta práctica podría reconocerse como una solución efectiva para abordar los desafíos asociados con la escasez de agua y la gestión de residuos. Al capturar y almacenar las aguas pluviales, se puede reducir la dependencia de fuentes externas de agua, al tiempo que minimizan el impacto ambiental de la disposición de residuos sólidos, evitando la posible contaminación cruzada con los lixiviados. Además, el uso de las aguas lluvias podría destinarse a actividades como el riego de áreas verdes dentro del relleno sanitario y puede ayudar a conservar otros recursos valiosos.

Considerando lo anterior, esta práctica presenta el diseño de un canal hidráulico que transporte las aguas-lluvias de la cara noreste del relleno sanitario, y transportarlas a una nueva piscina lo cual permitirá un marco de referencia de enlace entre el Sistema de Tratamiento actual, para la dilución y mejora de los lixiviados, así como representaría un valor agregado para otras actividades en las que se requiera esta agua y cuando se trate de otras gestiones que tengan que ver con la organización y limpieza interna, todo esto argumentado bajo los lineamientos técnicos de la resolución 0330 del 2017, teniendo un especificado y simulado del caudal con la herramienta HEC-RAS y representación empleando ArcMAP.

Palabras Clave: Relleno sanitario, Aguas lluvias, Reutilización, Gestión sostenible, Contaminación cruzada.

INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Prácticas Académicas se enfocó en el diseño de un canal hidráulico para la recolección de aguas lluvias en el Relleno Sanitario Los Corazones, ubicado en Valledupar. La elección de este tema responde a la necesidad crítica de abordar problemas ambientales y de salud pública asociados con la gestión ineficiente del agua y la contaminación por lixiviados. Las características particulares del proyecto incluyen la planificación de un manejo eficiente del agua y estrategias para mitigar la contaminación en el entorno del relleno sanitario.

La metodología aplicada en esta práctica es una combinación de técnicas de ingeniería y gestión ambiental. Se utilizó un levantamiento topográfico detallado mediante estación total, proporcionando una base precisa para el diseño del canal. Además, se realizó un análisis hidrológico, incluyendo la elaboración de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) con datos de precipitación de la región, utilizando herramientas como software especializado en análisis de datos climáticos. El diseño hidráulico del canal se llevó a cabo empleando el software HEC-RAS, permitiendo una simulación del flujo de aguas lluvias y la optimización del diseño del canal y la laguna de almacenamiento.

La práctica académica contribuyó a resolver problemáticas ambientales significativas, enfocándose en los impactos negativos de la contaminación por lixiviados y la gestión inadecuada de aguas lluvias. Como resultado, se tiene un instrumento para mitigar la contaminación de las fuentes hídricas, generando un impacto positivo en el entorno del relleno sanitario y en la salud pública de la comunidad local. La participación en este proyecto ofreció soluciones estratégicas y operativas, demostrando un enfoque integral en la gestión de recursos hídricos y la protección ambiental.

El informe está estructurado en varios capítulos, donde el Capítulo I abarca el planteamiento del problema, justificación y objetivos del proyecto. Los capítulos siguientes detallan el marco de referencias, la metodología y el proceso y los hallazgos del levantamiento topográfico, análisis hidrológico, y diseño del sistema de canalización y almacenamiento de aguas lluvias. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

1. SITUACIÓN PROBLEMA

La problemática de la contaminación cruzada entre el agua de las lluvias y los lixiviados es una preocupación relevante en la gestión de los residuos. Cuando las aguas pluviales se mezclan con los lixiviados generados por la descomposición de los residuos en los rellenos sanitarios, se produce una combinación que puede dar lugar a una peligrosa contaminación ambiental. Esta contaminación cruzada representa un riesgo significativo, ya que los lixiviados contienen sustancias tóxicas y contaminantes que pueden infiltrarse en los cuerpos de agua subterránea y superficiales, comprometiendo la calidad del agua y afectando negativamente a los ecosistemas circundantes (Vargas, Fuentes, & Morales, 2018).

Además, esta contaminación puede representar un riesgo para la salud humana, especialmente para las comunidades que residen cerca de los rellenos sanitarios. El consumo o contacto con agua contaminada puede ocasionar enfermedades gastrointestinales, problemas respiratorios y otros efectos adversos para la salud de las personas que viven cerca del relleno sanitario o que dependen de fuentes de agua afectadas.

Las anteriores son razones que justifican la necesidad por la cual realizar una planificación de intervención estructural para la gestión de las aguas lluvias, debido a que las precipitaciones presentadas en la cara noreste del relleno producen una escorrentía que muchas veces llegan a una zona externa o con vegetación pudiendo alcanzar cuerpos de agua superficiales y/o subterráneos, ya que la cuneta que se dispone para esto no cuenta con las características de calidad e infraestructura para el transporte de estas aguas y que tampoco existe un diseño hidráulico con eficiencia para destinar correctamente estas aguas.

Por otra parte, es de anotar que el relleno sanitario tiene una baja capacidad instalada por su vida útil y sobreocupación, por lo cual la magnitud del impacto ambiental puede crecer exponencialmente si no se atiende o se planifican medidas que ayuden a socorrer y mitigar esta situación que expone la integridad de la vida ecológica y humana, ya que los operarios entran en contacto con estas aguas puesto que estas no son destinadas y distribuidas estratégicamente, como se debió planificar desde un principio cuando el relleno sanitario entró en funcionamiento.

2. JUSTIFICACIÓN

Esta práctica se llevó a cabo en estricto cumplimiento de las especificaciones derivadas de la Resolución 0938 del 19 de diciembre de 2019, emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Esta resolución establece las normas y lineamientos para la gestión integral de los residuos sólidos en Colombia, incluyendo disposiciones específicas para la gestión de lixiviados y aguas lluvias en los rellenos sanitarios. (MINVIVIENDA, 2019)

El diseño de un canal hidráulico para las aguas lluvias del relleno sanitario, busca cumplir con las disposiciones normativas, que promueven una gestión ambientalmente responsable de los residuos en la protección de los recursos hídricos, además, se realiza en concordancia con los lineamientos técnicos y las mejores prácticas establecidas por el Ministerio, asegurando así el cumplimiento de los estándares nacionales para la gestión de los rellenos sanitarios.

De acuerdo con la anterior, se presta pertinencia para el diseño de un canal hidráulico para las aguas lluvias del relleno sanitario debido a varias razones: Inicialmente, un canal hidráulico permite una gestión adecuada de las aguas lluvias al capturarlas y dirigir las de manera controlada, evitando problemas de erosión, contaminación y afectaciones a áreas circundantes. Además, el diseño del canal separa claramente las aguas lluvias de los lixiviados generados por los residuos, previniendo así la contaminación cruzada y reduciendo los riesgos ambientales y para la salud. Asimismo, esta separación facilita el tratamiento adecuado de los lixiviados al evitar su dilución o mezcla con las aguas pluviales.

Por otro lado, permite el aprovechamiento de las aguas lluvias recolectadas, que pueden ser utilizadas para fines no potables como el riego de áreas verdes dentro del relleno sanitario, contribuyendo a la conservación de recursos hídricos y a la sostenibilidad del sitio. En cuanto a los beneficios, según un estudio realizado por Pérez et al. (2019), la implementación de sistemas de reutilización de aguas lluvias ha demostrado mejoras y ahorros tanto desde el punto de vista económico como ambiental. La investigación señala que la captación y reutilización de las aguas pluviales puede reducir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad a largo plazo de los rellenos sanitarios.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Canal Hidráulico para la Recolección de Aguas-Lluvias del Relleno Sanitario Los Corazones de Valledupar

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar el Levantamiento Topográfico con Estación Total del Tramo Noreste del Relleno Sanitario Los Corazones.

Desarrollar estudio hidrológico a partir de las precipitaciones con la estación de referencia más cercana mediante la elaboración de la curva IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) para la obtención de caudales de escorrentía.

Elaborar el trazo hidráulico del canal para el transporte de las aguas-lluvias y laguna de almacenamiento e integración en el Sistema de Disposición final.


4. MARCO REFERENCIAL

4.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

4.1.1. Información Básica

En la siguiente tabla se presenta la información básica de la empresa en la cual se realizará esta práctica.

Tabla 1. Información Básica de la Empresa

Razón Social	:	ASEOS DEL NORTE S.A.S. E.S.P.
Teléfono	:	6055743018 / 01-800-0423711
Ciudad	:	VALLEDUPAR
Departamento	:	CESAR
Dirección Actual	:	CALLE 60 #18D – 481, Barrio 25 de diciembre
NIT	:	8240034188
Actividad Económica	:	Recolección de desechos no peligrosos
Actividades Prestadas	:	Recolección, Transporte, Transferencia, Barrido y Limpieza de vías y áreas públicas, corte de césped y poda de árboles de vías y áreas públicas, tratamiento, aprovechamiento, disposición final y comercialización.
Forma Jurídica	:	SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADA
Logotipo	:	

Nota: Elaborado a partir de información suministrada por ASEOS DEL NORTE S.A.S. E.S.P.

ASEO DEL NORTE S.A. E.S.P. es la empresa responsable del servicio público domiciliario de aseo en la ciudad de Valledupar, a través de la empresa operadora INTERASEO S.A. E.S.P. Dicho servicio se constituye en la recolección y, transporte de los residuos sólidos en el área urbana de la ciudad de Valledupar, así como el barrido y mantenimiento de áreas comunes, enfocado a la buena prestación del servicio al usuario y a la protección del medio ambiente. (Morelo, 2019).

4.1.2. Misión Empresarial

ASEO DEL NORTE S.A. E.S.P – sirve a la comunidad vallenata con un servicio de altos estándares de calidad en el servicio público domiciliario de aseo, con una gestión integral de los residuos sólidos generados en la ciudad.

Nuestro propósito es aplicar toda la mejor tecnología a través de los diferentes departamentos de la compañía en aras a mantener respuestas eficientes y rendimientos viables para la sociedad.

Es nuestro compromiso satisfacer a los usuarios del servicio y a los inversionistas de la compañía.

4.1.3. Visión Empresarial

ASEO DEL NORTE S.A. E.S.P. – se consolidará cada vez más como una empresa líder acogida y reconocida por la comunidad a la que presta sus servicios por su calidad y eficiencia, posicionándola entre las mejores compañías del sector norte colombiano.

Esta labor se logrará con la participación y sentido de pertenencia de todos y cada uno de sus funcionarios en las diferentes áreas de trabajo, quienes se sentirán comprometidos con su labor y sentirán el apoyo institucional en beneficio de todos.

Con la participación de todos, aumentaremos nuestro compromiso.

4.1.4. Política De Calidad

Nuestra política de calidad se manifiesta mediante el firme compromiso con los usuarios para satisfacer plenamente sus requerimientos y expectativas, mediante una cultura de calidad, servicio y protección del medio ambiente desde todos nuestros procesos.

4.1.5. Valores Corporativos

- a) Construimos confianza a través de relaciones claras y abiertas.
- b) Entregamos lo mejor para obtener resultados sobresalientes.
- c) Servimos con pasión y compromiso.
- d) Cuidamos nuestra gente y el medio ambiente.
- e) Trabajamos en equipo con pensamiento innovador

4.1.6. Estructura Organizacional

Figura 1. Estructura Organizacional ASEO DEL NORTE S.A.S. E.S.P.



Nota: Elaborado a partir de información suministrada por ASEOS DEL NORTE S.A.S. E.S.P.

4.2. MARCO CONTEXTUAL

Valledupar, la capital del Departamento del Cesar, está situada cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta, a orillas del río Guatapurí. Geográficamente, colinda al norte con los departamentos de Magdalena y La Guajira, al sur con San Diego, La Paz y El Paso, al este con La Guajira y los municipios de San Diego y La Paz, y al oeste con Magdalena, Bosconia y El Copey.

El Relleno Sanitario Los Corazones se localiza a 6 km del centro de Valledupar, en la carretera hacia Patillal. Ocupa un área de aproximadamente 120 hectáreas en la periferia de la ciudad, en las coordenadas X= 692z001,25; Y= 1.166.895,67. Sus límites incluyen al sur el río Guatapurí, al oeste la carretera hacia Patillal, al norte el arroyo El Pájaro y al este la vereda Las Vegas. Autorizado por la Corporación Regional del Cesar - CORPOCESAR mediante la resolución modificatoria N° 0916 del 28 de junio de 2013, se espera siga operativo hasta el 2028.

Figura 2. Localización geográfica del Relleno Sanitario de la jurisdicción de Valledupar



Nota: Elaborada por la Practicante, 2024.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Aguas lluvias: Se refieren a la precipitación natural, como la lluvia, que cae sobre la tierra. Estas aguas pueden contener agua pura, gases atmosféricos disueltos, partículas suspendidas y, en zonas urbanas, contaminantes. Se mide en milímetros usando pluviómetros y es importante para la gestión de recursos hídricos, mejorando la disponibilidad y calidad del agua y reduciendo riesgos relacionados con el agua (Valdivieso, 2023).

Contaminación: Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas y biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana (Gomez, 2017).

Disposición Final: Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente (DANE, 2006).

Impacto Ambiental: Es la repercusión de las modificaciones en los factores del Medio Ambiente, sobre la salud y bienestar humanos. Y es respecto al bienestar donde, se evalúa la calidad de vida, bienes y patrimonio cultural, concepciones estéticas, etc., como elementos de valoración del impacto (Barreto, 2018).

Lixiviados: Líquidos residuales, generalmente tóxicos, que se generan a partir de la descomposición de residuos en vertederos o rellenos sanitarios. Este proceso ocurre cuando el agua, como la lluvia, percola a través de los residuos, arrastrando consigo compuestos químicos y materiales biológicos. Los lixiviados contienen una alta concentración de sustancias contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos y microorganismos patógenos. Debido a su naturaleza contaminante, es fundamental que los lixiviados sean tratados adecuadamente para prevenir la contaminación del suelo y las fuentes de agua, protegiendo así la salud humana y el medio ambiente (RAE, 2023).

Residuos Sólidos: Los residuos sólidos se definen como el material, producto o subproducto que se desecha y que puede reaprovechar o requiere sujetarse a métodos de tratamiento o disposición final (Barreto, 2018).

4.4. MARCO LEGAL

Las principales normativas ambientales aplicables al contexto de este trabajo son:

Tabla 2. Aspectos legales relacionados a la temática principal de este informe de prácticas

Normativa	Descripción	Aplicación
Ley 09 de 1979	Código Sanitario Ambiental	Entrega especificaciones que se deben cumplir en materia de garantizar higiene y sanidad para evitar la contaminación cruzada y prolongada de exposición en todas las áreas de desarrollo de las actividades operativas del relleno sanitario.
Resolución 0330 del 2017	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)	Establece en sus artículos 135 y 152 los requisitos de diseño de Canales de Aguas Lluvias, a los cuales, este documento de práctica se soporta como requerimientos técnicos de partida para el diseño del canal hidráulico de transporte de aguas-lluvias.
Resolución 0938 del 2019	Relativo a las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo.	Define la necesidad del monitoreo y control de los elementos y subproductos, como son los lixiviados, y establece el reglamento operativo, en el cual, se asocia el desarrollo de esta práctica académica, prestando relevancia al diseño del canal hidráulico con alternativa de planificación de control a una problemática presentada.

Nota: Elaborado a partir de información disponible en la sección normativa de la página oficial del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE, de la república de Colombia (2024).

5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

5.1. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta práctica se sustenta bajo la línea de investigación denominada Sostenibilidad y Gestión Ambiental, adscrita a la sublínea Gestión Integral del Recurso Hídrico y definida en el área temática Procesos de la mecánica de fluidos e hidráulica, lo cual se encuentra establecido en el acuerdo No. 003 del 08 de julio del 2021, expedido por el Concejo de Facultad de Ingenierías y Tecnológica de la Universidad Popular del Cesar (UNICESAR, 2021).

5.2. FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR

Definidas en carta de vínculo y acreditación de aval a las prácticas dirigida a nombre de la Universidad Popular del Cesar al señor DAVID ANDRÉS VELANDIA MAHECHA director regional de Gestión del Talento Humano ASEO DEL NORTE S.A. E.S.P.; el suscrito emite una Carta de prácticas laborales en la cual se distinguen como responsabilidades y actividades los siguientes:

- a. Apoyar la programación y realizar inspecciones ambientales a fin de verificar el cumplimiento de los controles operacionales definidos por la organización.
- b. Identificar, gestionar y realizar los programas de capacitaciones, entrenamiento y sensibilización en el marco de la gestión ambiental regional.
- c. Apoyar la implementación de los programas de gestión ambiental
- d. Apoyar el proceso de reportes, análisis e investigación de incidentes ambientales, así como la coordinación de acciones para la prevención de futuros eventos
- e. Apoyar y documentar el proceso de identificación de aspectos e impactos ambientales
- f. Acompañar el proceso de monitoreo desde la planificación logística hasta la radicación de los informes a las autoridades ambientales, analizando probables desviaciones y garantizando la solución sistemática de las mismas.

- g. Proponer herramientas de gestión enfocadas a la mejora continua, minimización y gestión de impactos ambientales y la optimización de recursos del sistema de gestión.

Conforme a esto, se cimenta esta práctica en los literales *d* y *g* de las funciones, enlistadas anteriormente, puesto que es una afectación materializada y que debe tener una planificación para su futuro análisis y proposición como estrategia para llevarlo hasta la implementación.

5.3. PERFIL DEL SUPERVISOR ASIGNADO

En la siguiente tabla se distingue información del supervisor asignado:

Tabla 3. Perfil del supervisor asignado para la práctica académica y profesional

Nombre del Supervisor	MARIA DEL CARMEN RODRÍGUEZ ESTRADA
Perfil Profesional	Ingeniera Civil egresada con tarjeta profesional, capacitada para realizar funciones en cualquier área de conocimiento, prudente, respetuosa, me caracterizo por realizar un trabajo eficiente en las labores que demanden responsabilidad, abierta al cambio, capaz de aportar buenas ideas, lograr buenos ambientes de trabajo y aportes positivos.
Estudios Realizados	Ingeniero Civil
Experiencia Profesional	Carbones de Cerrejón / Aprendiz Universitario Julio de 2019 hasta Enero 2020
Tipo de Contratación	Término Indefinido
N° Matricula Profesional	151037 – 0503307 STD

Nota: Elaborado por la Practicante, 2024.

5.4. DESARROLLO METODOLÓGICO

En la siguiente tabla se presentan las fases, actividades y su respectiva descripción, con la cual se presente abarcar y alcanzar los resultados de esta práctica.

Tabla 4. Planificación metodológica para el desarrollo de la práctica

Fases	Actividades	Descripción
Levantamiento Topográfico con Estación Total del Tramo Noreste del Relleno Sanitario Los Corazones.	Mediciones topográficas	Se realizó levantamiento topográfico a través de estación total con el equipo de contratistas de la empresa ASEOS DEL NORTE S.A.S. E.SP., a través de tramo autorizado para este trabajo y complementado con otras curvas de relieve aledañas.
	Plano topográfico	Se presentó el plano del levantamiento topográfico, segmentado para mayor entendimiento y suavizado en su disposición de información para mejor visualización por parte del lector.
Estudio hidrológico a partir de las precipitaciones con la estación de referencia más cercana mediante la elaboración de la curva IDF para la obtención de caudales de escorrentía.	Análisis de los datos de precipitación	Se descargó la información de precipitación de la estación del IDEAM “aeródromo Alfonso López Pumarejo”, y se hizo análisis exploratorio de datos, para distinguir datos faltantes, atípicos y anómalos con base al índice del ONI.

Fases	Actividades	Descripción
Estudio hidrológico a partir de las precipitaciones con la estación de referencia más cercana mediante la elaboración de la curva IDF para la obtención de caudales de escorrentía.	Definición de las Curvas IDF	Se construyó la ecuación y la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) a través del método simplificado del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2009) y se obtuvieron los caudales a través del método racional con base a las precipitaciones históricas y el área de estudio de acuerdo con el artículo 135 de la resolución 0330 del 2017 (RAS) en referencia a los canales de aguas-lluvias.
Trazo hidráulico del canal para el transporte de las aguas-lluvias y laguna de almacenamiento e integración en el Sistema de Disposición final.	Cálculo de parámetros hidráulicos del canal	Se determinaron los parámetros para la construcción de un canal trapezoidal a través del software HEC-RAS, con base al caudal máximo obtenido y siguiendo lo establecido en el artículo 152 de la resolución 0330 del 2017 (RAS) en referencia a los canales de aguas-lluvias
	Cálculo de parámetros geométricos de la Laguna	Se determinaron los parámetros geométricos para diseño de laguna tipo laguna de aguas-lluvias, con la cual se espera recopilar estas aguas y proponer estrategias para la combinación con los lixiviados resultantes del tratamiento, con el propósito de reducir su carga contaminante mediante dilución fotoquímica y biológica.

Nota: Elaborado por la Practicante, 2024.

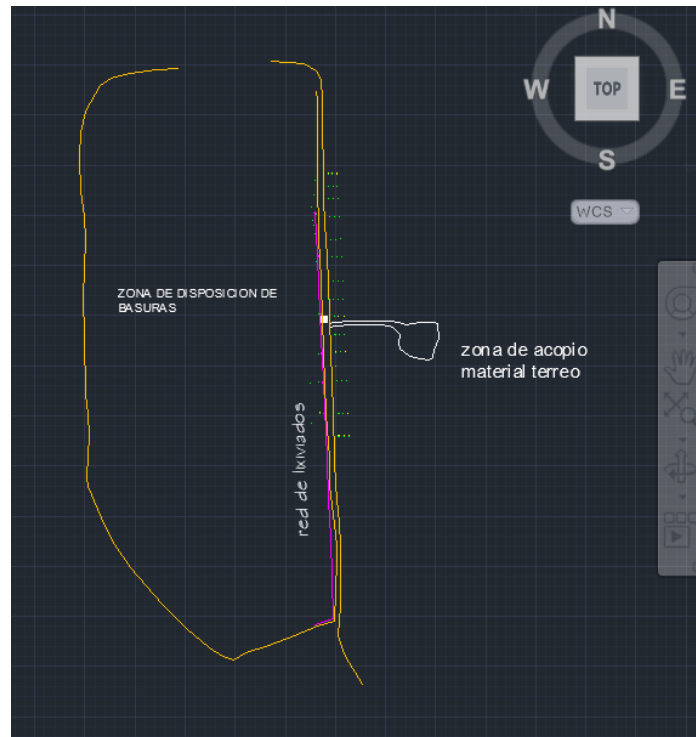
6. PRODUCTOS Y RESULTADOS

6.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL DEL TRAMO NORESTE DEL RELLENO SANITARIO LOS CORAZONES

6.1.1. Mediciones Topográficas

Se realizó el levantamiento topográfico participando con el grupo contratista de la empresa ASEOS DEL NORTE S.A.S. E.S.P., empleando estación total, considerando que esta sería una fase complementaria de un estudio preliminar realizado del levantamiento parcial topográfico que se tenía adelantado y el cuál se había realizado en el 2022. La siguiente figura presenta una vista superior parcial del relleno sanitario Los Corazones de la ciudad de Valledupar, con la vista gráfica desde el software AutoCAD.

Figura 3. Vista superior Levantamiento Topográfico Relleno Sanitario Los Corazones



Nota: Tomado del levantamiento topográfico parcial del relleno sanitario Los Corazones (ASEOS DEL NORTE S.A.S. E.S.P., 2022).

En participación con el grupo del levantamiento topográfico se realizó la recopilación de los datos de campo estableciéndolo en cartera de datos (ver ANEXO 1) presentando indicaciones o un paso a paso de cómo llevar a cabo esto.

- a) **Preparación y Planificación:** Se hizo la revisión de los planos existentes del área para identificar los límites, características relevantes y puntos de referencia y así se definió el plan de trabajo presentando los puntos de apertura y cierre de cartera. Esto se establece en el siguiente plano:

Figura 4. Planificación y datos preliminares para el Levantamiento Topográfico



Punto Apertura

Coordenadas Geográficas (Grados, Minutos, Segundos)

Latitud: 10°33'13.57"N
Longitud: 73°14'42.62"O

Punto de Cierre

Coordenadas Geográficas (Grados, Minutos, Segundos)

Latitud: 10°32'57.74"N
Longitud: 73°14'41.39"O



Nota: Elaborado por la Practicante, 2024.

De manera preliminar se conoce que desde el punto de apertura y cierre de la cartera topográfica se tiene un recorrido de 498 metros, con una pérdida de elevación de 0,02 metros cada 17,3 metros, con una inclinación o pendiente máxima de 7,3% y una inclinación o pendiente promedio de 3,5%, con un cambio de elevación de 208 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta los 191 msnm, tal como se aprecia en el perfil de elevación de la figura anterior.

- b) Levantamiento de Puntos:** además de la configuración, la calibración y ajustes de la estación total, con base a los puntos de amarre definidos de manera preliminar en primer levantamiento realizado por el grupo de contratistas, se procedió a medir puntos claves en el terreno, bordes del canal, elevaciones y otros elementos topográficos relevantes, registrando en la estación total los puntos captados con la estabilidad del prisma. A continuación, se presenta un registro fotográfico del trabajo realizado.

Figura 5. Proceso de levantamiento topográfico con la estación total



Nota: Fotografía de la autoría de la practicante, 2024.

Este levantamiento topográfico tuvo una inversión de una semana y realizado a finales de octubre del 2023 y a inicios de noviembre del mismo año. No se presentaron impedimentos algunos que llevaran a causas de error o reintentos para la captación de datos de la cartera topográfica.

Figura 6. *Proceso de levantamiento topográfico en zona del canal de tierra natural*



Nota: *Fotografía de la autoría de la practicante, 2024.*

Este canal de tierra que se observa en la figura había sido arado con máquina hace mucho tiempo y el drenaje natural de aguas-lluvias posiblemente afectado por contaminación cruzada debido a los lixiviados por la acumulación de residuos sólidos depositados en la zona de relleno, debe ser diseñado para evitar que se puedan presentar afectaciones a la salud humana y también al ecosistema aledaño, ya que algunos de los afluentes cercanos se encuentran influenciados por escorrentías superficiales pendiente abajo en el relieve de la montaña.

En la siguiente página se presenta el registro fotográfico de este canal en su base en tierra, del cual se tomaron los datos y se planificará para el canal hidráulico de aguas-lluvias.

Figura 7. Canal en tierra de drenaje de aguas-lluvias del relleno sanitario

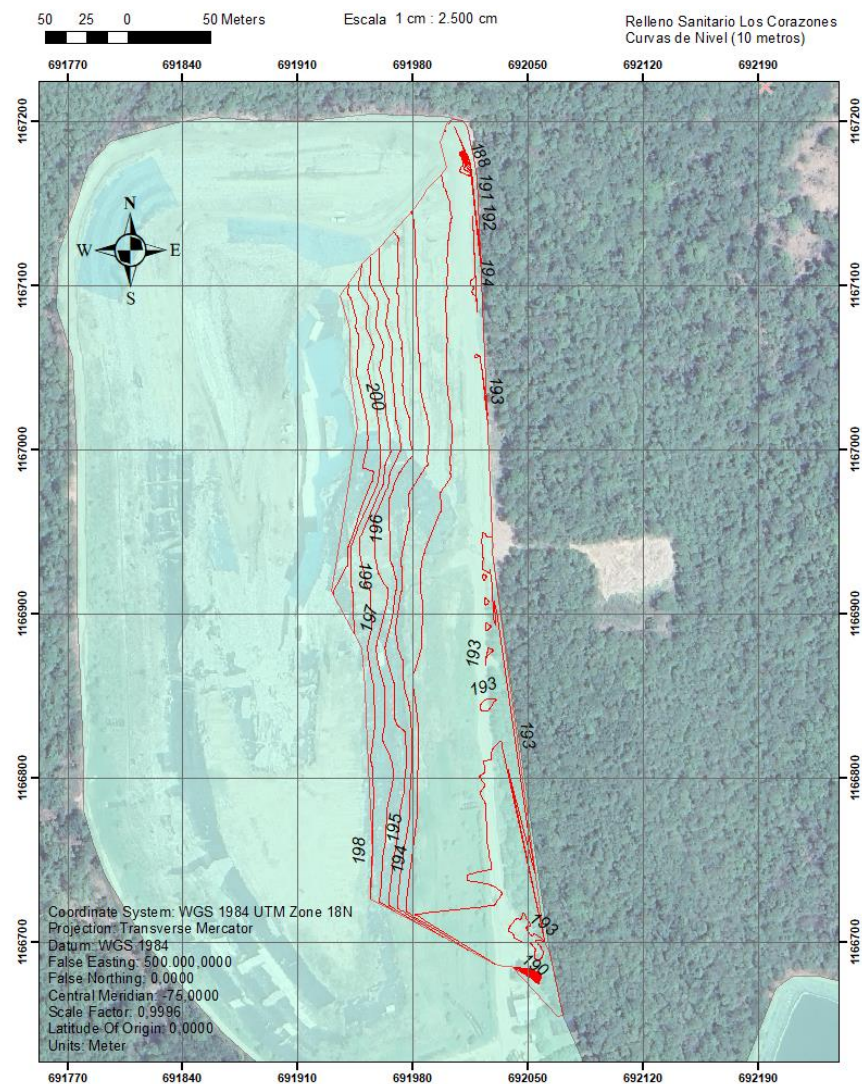


Nota: Fotografías realizadas por la practicante, 2024.

6.1.2. Plano Topográfico

Para mayor experiencia visual de los datos, el plano topográfico fue representado empleando de fondo una imagen de alta resolución del Relleno Sanitario Los Corazones, y, además, indicando las curvas de nivel entre la cara del área de influencia en el área de escorrentía.

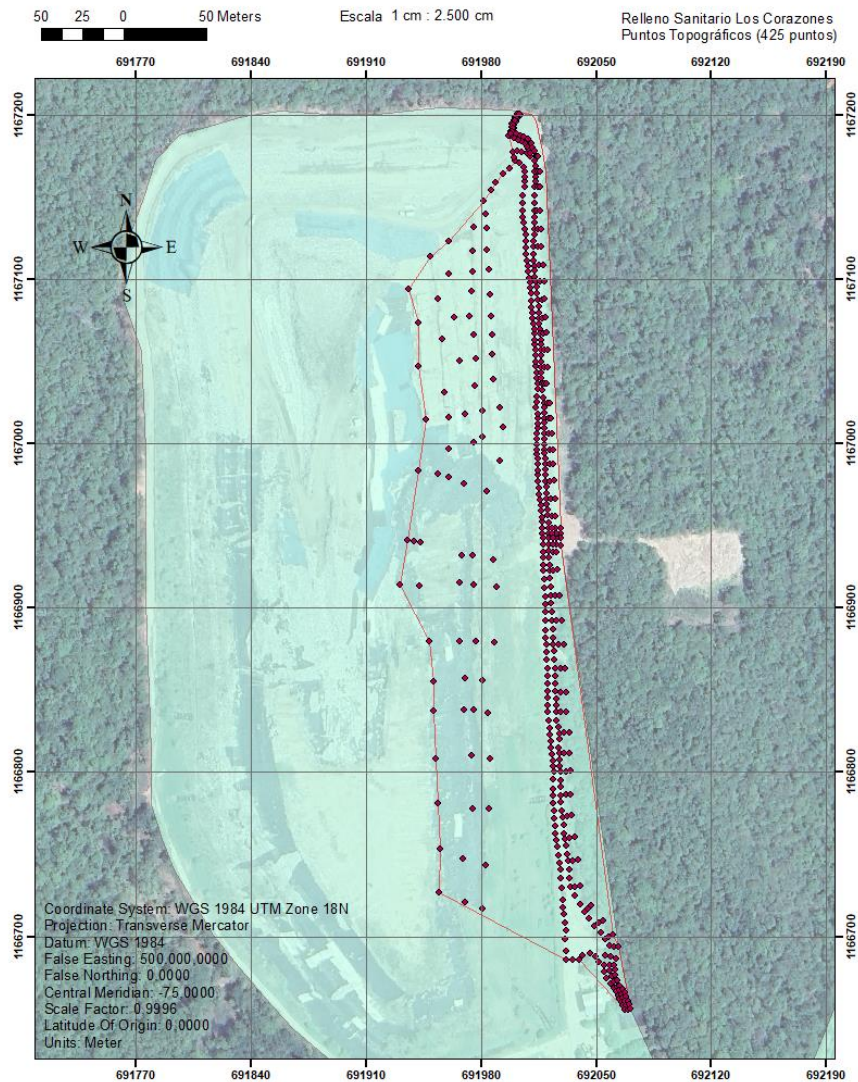
Figura 8. Curvas de Nivel en el área de interés del Relleno Sanitario Los Corazones



Nota: Realizado por la practicante, 2024.

Los puntos del levantamiento topográfico se aprecian en la siguiente figura:

Figura 9. Puntos Topográficos de medición en campo en el Relleno Sanitario Los Corazones



Nota: Realizado por la practicante, 2024.

Este levantamiento topográfico se especializó y enfocó principalmente en la carretera en tierra que rodea el borde Este a las celdas de disposición de residuos del relleno sanitario.

6.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO A PARTIR DE LAS PRECIPITACIONES CON LA ESTACIÓN DE REFERENCIA MÁS CERCANA MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE LA CURVA IDF PARA LA OBTENCIÓN DE CAUDALES DE ESCORRENTÍA.

6.2.1. Análisis de los Datos de Precipitación

Se accedió a la plataforma del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, a partir de la plataforma de descarga y se obtuvo la serie de precipitación de los últimos años desde el año 1990 hasta el año 2022, puesto que son los que tienen mayor nivel confianza en cuanto a su homogeneidad, calidad y consistencia, medido desde el grado, calificación y nivel de aprobación.

En la siguiente tabla se presenta el pliego de los datos de precipitación total mensual medido en milímetros del Aeródromo Alfonso López Pumarejo de la ciudad de Valledupar, siendo la estación más cercana al sitio de estudio.

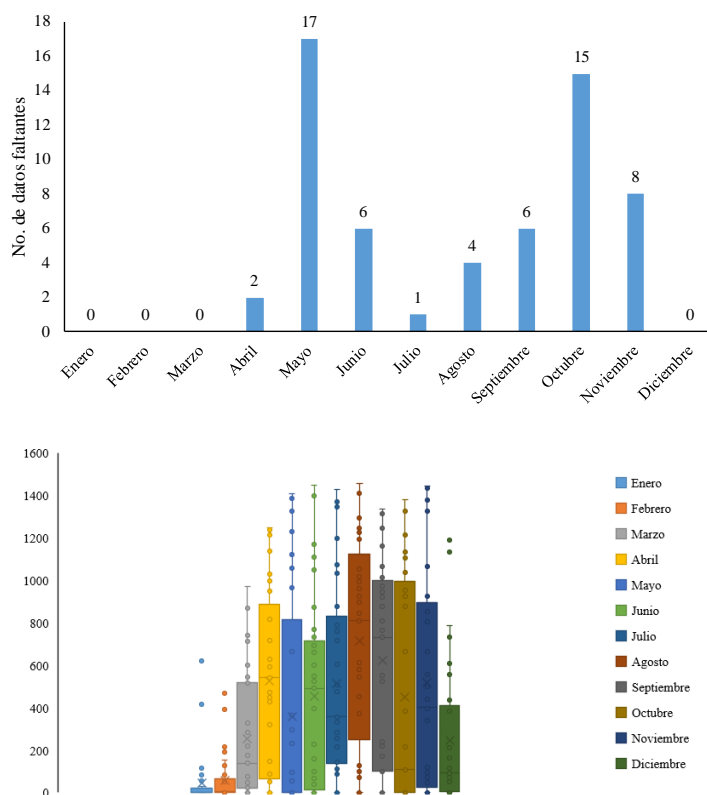
Tabla 5. Pliego de Precipitaciones Totales Mensuales

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	0	1	33	1137	1333	872	214	1455	171		853	435
1991	0	12	8	146	95	1049	506	825	919	1105	853	0
1992	55	0	176	815	1057	547	331	926	1013	1133	866	164
1993	417	3	514			659	284	372	809	954		554
1994	13	467	22	59		40	85			224	564	116
1995	0	12	868	717		1447	1073		98		72	12
1996	621	50	531	628	238	1171		1017	1315	665	1396	71
1997	3	0	0	998	231	157	127	809	1067	1037	403	227
1998	0	153	33	67		523	1427	1224			1445	1188
1999	0	191	338	721	56	100	356		239		926	121
2000	114	5	15	319		607	332		567	1215	1436	212
2001	0	0	192	64		17	110	613	1166	215	499	786
2002	0	0	0	472		1111	7	1055	1336		554	609
2003	0	0	74	601		602	876	807	524			76
2004	0	49	0	1247	1386	225	1093	78		1057	803	733
2005	0	0	329	631			735	1247	106	0		0
2006	19	392	55	1236	965	733	716	100	946			385
2007	0	11	742	0	1328	66	256	992			664	92
2008	0	0	602	1213		397	1196	895	1247			0
2009	18	0	82	592			605	578	731	877	118	50
2010	0	81	228	1218			1371	126		384	1328	1133
2011	0	3	521	428		1397	789	70	878		1379	176
2012	0	0	138	1031		694	1032	1193	732		355	0
2013	0	0	545	951	363	80	145	843	1162		45	0
2014	0	3	282	64		9	5	627	882	107	394	753
2015	0	214	3	17	295	768	87	452	972	1382	441	6
2016	0	0	29	825	664		152	545	551			81
2017	23	1	972	52	1123		1348	1411	217		1067	97
2018	82	0	46	87	1229	565	144	1293	99	1345	339	0
2019	6	142	7	449		491	474	963	1087	1325	94	0
2020	127	0	0	0	0	0	0	544	983	941		16
2021	0	4	218	541		665	759	1199	765	925	50	11
2022	29	127	714		1408		367	1259			932	0

Nota: Adaptado a partir de la información del IDEAM, 2024.

El primer aspecto de análisis son los datos faltantes, como se aprecia en la tabla anterior, ausentan bastantes datos de la estación del Aeródromo Alfonso López Pumarejo, contabilizando 59 datos faltantes, resaltando carencia de datos para el mes de mayo y octubre, coincidiendo con los meses de mayor pico de precipitación de los patrones bimodales climáticos de la región en la cuál se encuentra el sitio de estudio.

Figura 10. Datos faltantes y atípicos identificados en las precipitaciones totales mensuales



Nota: Adaptado a partir de la información del IDEAM, 2024.

De la figura anterior también se distingue un gráfico de velas, en el cual, suponiendo la distribución normal de los datos, se identifica una gran presencia de datos atípicos o anómalos, dependiendo de su origen, por lo tanto, se hace necesario identificar los datos atípicos con especificidad a través del puntaje z de la distribución normal gaussiana y posteriormente, establecer si son coherentes con el índice oscilatorio del niño (ONI, por sus siglas en inglés).

Para ello se aplica la siguiente fórmula para muestras poblacionales (considerando que este pliego de precipitaciones totales mensuales solo representa una porción de las mediciones posibles que contiene la estación Alfonso López Pumarejo, sin embargo, acatando la resolución 0330 del 2017 y los periodos de retorno recomendados en la tabla 16 de la mencionada normativa, entonces no se toman más años):

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s} \qquad \text{Ecuación 1.}$$

Dónde,

- z: puntaje esperado que se sitúe en un valor absoluto inferior a dos desviaciones estándar (puesto que se espera que se ajuste a un intervalo de confianza del 95%)
- x: representa el dato de precipitación mensual total para un mes específico de un año
- \bar{x} : representa la media o promedio de los datos
- s: representa la desviación estándar de los datos

Al aplicar esta fórmula se identifica que solamente diez (10) datos son considerados datos atípicos, los demás son anomalías, sin embargo, como se mencionó anteriormente solo son datos atípicos si no mantiene coherencia con el ONI (en el ANEXO se presentan los valores de este índice), por lo cual, se hace comparación con los datos del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional del Clima, encontrando lo siguiente:

Se ha identificado como verdaderos datos atípicos los registrados en las fechas enero/1993, febrero/1994, junio/1995 y marzo/2017, debido a que no coinciden con episodios del fenómeno del niño y niña, por lo cual, las precipitaciones registradas con estos valores no son propiciados por eventos de extremos cambios y es altamente probable que nunca se hayan registrado, por lo cual, serán descartados y pasarán a ser datos faltantes.

Por otra parte, se identifican como datos atípicos de excepcional valor los registrados en las fechas marzo/1995, enero/1996 (siendo el de mayor relevancia), julio y diciembre/1998, febrero/2006 y diciembre/2011, puesto que coinciden con episodios del fenómeno del niño y niña, por lo cual, su probabilidad de ocurrencia es muy alta, y deben ser considerados para este estudio.

En la siguiente tabla se presenta el resultado de la aplicación de la ecuación 1:

Tabla 6. Valores de la distribución Z en las precipitaciones para detectar datos anómalos y atípicos

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1990	0,360	0,503	0,761	1,345	1,105	0,738	0,710	1,573	1,506			0,560	
1991	0,360	0,406	0,848	0,961	1,185	1,150	0,057	0,034	0,399	0,617	0,368	0,726	
1992	0,068	0,512	0,264	0,596	0,594	0,019	0,448	0,281	0,638	0,679	0,395	0,241	
1993	2,881	0,486	0,911			0,242	0,554	1,072	0,119	0,281		0,912	
1994	0,259	3,595	0,799	1,163		1,200	0,999			1,340	0,250	0,383	
1995	0,360	0,406	2,141	0,368		2,077	1,212		1,692		1,301	0,690	
1996	4,466	0,072	0,970	0,161	0,920	1,434		0,503	1,408	0,360	1,527	0,516	
1997	0,336	0,512	0,876	1,022	0,933	0,928	0,905	0,005	0,776	0,466	0,594	0,055	
1998	0,360	0,834	0,761	1,144		0,075	2,005	1,009			1,632	2,786	
1999	0,360	1,168	0,299	0,377	1,257	1,060	0,392			1,333		0,523	0,368
2000	0,526	0,468	0,824	0,558		0,121	0,446		0,497	0,861	1,613	0,099	
2001	0,360	0,512	0,209	1,151		1,254	0,943	0,483	1,028	1,360	0,389	1,597	
2002	0,360	0,512	0,876	0,202		1,294	1,174	0,596	1,461		0,271	1,074	
2003	0,360	0,512	0,619	0,098		0,109	0,771	0,010	0,607			0,501	
2004	0,360	0,081	0,876	1,601	1,203	0,769	1,257	1,790		0,510	0,261	1,441	
2005	0,360	0,512	0,268	0,168			0,456	1,065	1,671	1,837		0,726	
2006	0,212	2,935	0,685	1,575	0,424	0,414	0,413	1,736	0,468			0,412	
2007	0,360	0,415	1,703	1,300	1,095	1,140	0,616	0,442			0,036	0,454	
2008	0,360	0,512	1,216	1,522		0,369	1,488	0,205	1,234			0,726	
2009	0,220	0,512	0,591	0,077			0,165	0,569	0,080	0,110	1,202	0,578	
2010	0,360	0,200	0,084	1,533			1,879	1,673		0,984	1,382	2,623	
2011	0,360	0,486	0,935	0,305		1,961	0,577	1,809	0,295		1,491	0,206	
2012	0,360	0,512	0,396	1,098		0,323	1,121	0,933	0,077		0,696	0,726	
2013	0,360	0,512	1,018	0,912	0,689	1,107	0,865	0,078	1,018		1,358	0,726	
2014	0,360	0,486	0,104	1,151		1,272	1,178	0,449	0,305	1,600	0,613	1,500	
2015	0,360	1,370	0,866	1,261	0,815	0,496	0,994	0,876	0,534	1,232	0,512	0,708	
2016	0,360	0,512	0,775	0,619	0,133		0,849	0,649	0,538			0,486	
2017	0,181	0,503	2,502	1,179	0,716		1,828	1,465	1,389		0,825	0,439	
2018	0,278	0,512	0,716	1,098	0,912	0,023	0,867	1,177	1,689	1,150	0,730	0,726	
2019	0,313	0,737	0,852	0,256		0,150	0,128	0,371	0,827	1,105	1,254	0,726	
2020	0,627	0,512	0,876	1,300	1,361	1,293	1,189	0,652	0,562	0,253		0,679	
2021	0,360	0,477	0,118	0,042		0,256	0,510	0,947	0,007	0,217	1,348	0,693	
2022	0,134	0,605	1,606		1,243		0,368	1,094			0,536	0,726	

Nota: Realizado por la practicante, 2024. En amarillo se observan los datos atípicos identificados.

Por otra parte, se hace necesario poder completar los datos faltantes, para ello, se considerará crear números aleatorios a partir de los datos de la media y desviación estándar, siguiendo la inversa de la distribución normal (teniendo en cuenta que al haber eliminado los datos atípicos los datos consiguen mayor nivel de normalidad). Este procedimiento se hace a través de Excel de manera rápida y sencilla.

El resultado de esto se ve reflejado o representado en los siguientes datos:

Tabla 7. Datos de precipitación completos para la estación Alfonso López Pumarejo

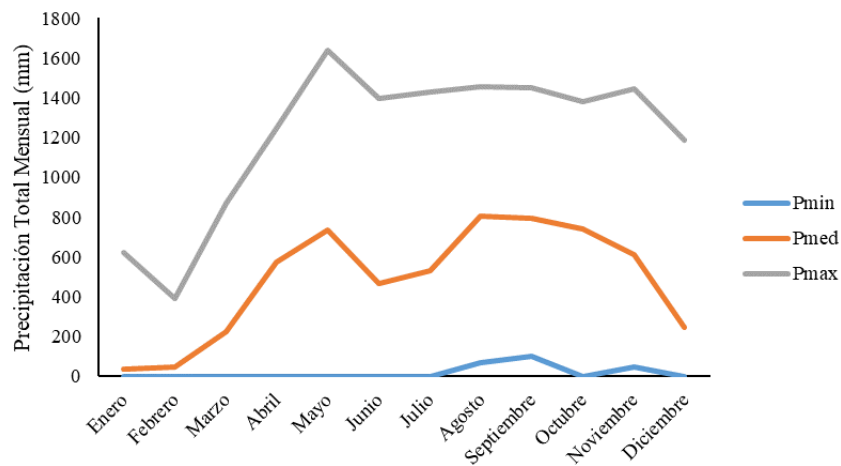
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	0	1	33	1137	1333	872	214	1455	171	666	382	435
1991	0	12	8	146	95	1049	506	825	919	1105	853	0
1992	55	0	176	815	1057	547	331	926	1013	1133	866	164
1993	28	3	514	523	694	659	284	372	809	954	588	554
1994	13	32	22	59	773	40	85	959	214	224	564	116
1995	0	12	868	717	548	302	1073	1133	98	847	72	12
1996	621	50	531	628	238	1171	484	1017	1315	665	1396	71
1997	3	0	0	998	231	157	127	809	1067	1037	403	227
1998	0	153	33	67	1637	523	1427	1224	738	696	1445	1188
1999	0	191	338	721	56	100	356	631	239	254	926	121
2000	114	5	15	319	428	607	332	361	567	1215	1436	212
2001	0	0	192	64	335	17	110	613	1166	215	499	786
2002	0	0	0	472	1301	1111	7	1055	1336	242	554	609
2003	0	0	74	601	465	602	876	807	524	961	125	76
2004	0	49	0	1247	1386	225	1093	78	464	1057	803	733
2005	0	0	329	631	192	329	735	1247	106	0	97	0
2006	19	392	55	1236	965	733	716	100	946	1281	335	385
2007	0	11	742	0	1328	66	256	992	1292	368	664	92
2008	0	0	602	1213	1257	397	1196	895	1247	575	717	0
2009	18	0	82	592	800	199	605	578	731	877	118	50
2010	0	81	228	1218	538	261	1371	126	1439	384	1328	1133
2011	0	3	521	428	879	1397	789	70	878	1209	1379	176
2012	0	0	138	1031	248	694	1032	1193	732	489	355	0
2013	0	0	545	951	363	80	145	843	1162	481	45	0
2014	0	3	282	64	656	9	5	627	882	107	394	753
2015	0	214	3	17	295	768	87	452	972	1382	441	6
2016	0	0	29	825	664	249	152	545	551	240	502	81
2017	23	1	134	52	1123	4	1348	1411	217	504	1067	97
2018	82	0	46	87	1229	565	144	1293	99	1345	339	0
2019	6	142	7	449	1013	491	474	963	1087	1325	94	0
2020	127	0	0	0	0	0	0	544	983	941	340	16
2021	0	4	218	541	642	665	759	1199	765	925	50	11
2022	29	127	714	1126	1408	555	367	1259	1447	706	932	0

Nota: Realizado por la practicante, 2024.

Considerando este pliego de datos de precipitación total mensual completos, entonces, se procede a determinar el mínimo, promedio y máximo valor de cada mes y crear el hidrograma de representación de las precipitaciones, para tener un panorama más resumido de lo que son estos datos expresados en la tabla.

En la siguiente figura se ve resumida y representada la tabla anterior.

Tabla 8. Representación Gráfica de las Precipitaciones Totales Mensuales



Nota: Realizado por la practicante, 2024.

La figura anterior muestra la distribución de la precipitación total mensual multianual en tres categorías: mínima (Pmin), media (Pmed) y máxima (Pmax), a lo largo de un año. Se observa que la precipitación máxima alcanza su punto más alto en los meses de abril y mayo, seguido de una disminución hacia junio.

La precipitación media presenta un patrón similar, aunque con cantidades menores, y parece tener dos picos, uno en abril y otro en octubre, lo cual podría indicar una temporada bimodal de lluvias. Por su parte, la precipitación mínima se mantiene relativamente constante y baja a lo largo del año, con un leve aumento entre abril y julio. Este patrón sugiere una variabilidad significativa en la precipitación entre diferentes años, donde los meses de abril y mayo son críticos para la planificación de recursos hídricos debido a la alta precipitación observada en el registro.

6.2.2. Definición de las Curvas IDF

Para la definición de las Curvas IDF y la ecuación se empleó el método simplificado adoptado por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, en su Manual de Drenaje, siendo este método específico para la regionalización en Colombia. Conforme a esto, entonces se escogen los parámetros de ajuste de la regresión de la ecuación IDF a partir de los valores de los coeficientes establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 9. Valores de los coeficientes *a*, *b*, *c* y *d* para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Nota: Tomado del Manual de Drenaje del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2009).

Considerando que la forma funcional de la ecuación IDF es la siguiente y además que la región en la cual se sitúa el lugar de trabajo corresponde a la región Caribe, entonces se tiene lo siguiente:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Dónde,

- i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).
- T: Periodo de retorno, en años.
- M: Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual
- t: Duración de la lluvia, en minutos (min).
- a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presentan en la Tabla 9.

Los valores del periodo de retorno (T en años), y la duración de la lluvia (t en minutos) son supuestos y se toman con base a lo descrito en el artículo 135 de la resolución 0330 del 2017, los parámetros de ajuste se encuentran definidos en la tabla 9 de regionalización y la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual (M) proviene de información del IDEAM, entidad que en su red, para esta unidad de medición, solo cuenta con información entre los años 2017 al 2022, matriz que ocupa 2192 filas con 17 columnas representando el valor diario de precipitación, que por su extensión se adicionará una captura de pantalla presentando la información seleccionada para destacar su extensión:

Figura 11. Pliego de Precipitaciones Diarias registradas por la estación Alfonso López Pumarejo

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
CódigoEst	Nombres	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Entidad	AreaOper	Departam	Municipio	FechaInici	FechaTer	IdParam	Etiqueta	Descripcion	Frecuencia	Fecha	Valor	Grado	Calificad	NivelApro
1	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	1/01/2017 0:00	0	50	90					
2	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	2/01/2017 0:00	0	50	90					
3	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	3/01/2017 0:00	0	50	90					
4	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	4/01/2017 0:00	0	50	90					
5	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	5/01/2017 0:00	0	50	90					
6	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	6/01/2017 0:00	0	50	90					
7	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	7/01/2017 0:00	0	50	90					
8	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	8/01/2017 0:00	0	50	90					
9	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	9/01/2017 0:00	0	50	90					
10	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	10/01/2017 0:00	0	50	90					
11	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	11/01/2017 0:00	0	50	90					
12	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	12/01/2017 0:00	0	-1	90					
13	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	13/01/2017 0:00	0	-1	90					
14	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	14/01/2017 0:00	0	-1	90					
15	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	15/01/2017 0:00	0	-1	90					
16	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	16/01/2017 0:00	0	-1	90					
17	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	17/01/2017 0:00	0	-1	90					
18	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	18/01/2017 0:00	0	50	90					
19	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	19/01/2017 0:00	0	50	90					
20	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	20/01/2017 0:00	0	50	90					
21	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	21/01/2017 0:00	0	-1	90					
22	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	22/01/2017 0:00	0	-1	90					
23	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	23/01/2017 0:00	0	-1	90					
24	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	24/01/2017 0:00	0	-1	90					
25	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	25/01/2017 0:00	0	-1	90					
26	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	26/01/2017 0:00	0	-1	90					
27	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	27/01/2017 0:00	0	-1	90					
28	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	28/01/2017 0:00	0	-1	90					
29	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	29/01/2017 0:00	0	-1	90					
30	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	30/01/2017 0:00	0	-1	90					
31	28025502 AEROPUERTO	1043616667	-7.325E+09	138	Sinóptica	Prir INSTITUTO D Area Operati	Cesar	Valledupar	#####	PRECIPITACK PT_10 TT_D	Precipitación Diaria	30/01/2017 0:00	0	-1	90					

Nota: Información obtenida del IDEAM y dispuesta por la practicante, 2024.

Al hacer el análisis de la información, se obtiene que la precipitación máxima promedio anual en 24 horas nivel multianual (M) es igual a 239 milímetros, obtenido a partir del análisis del pliego de datos presentados en la Tabla 7, por consiguiente, ya se tendría la información suficiente para reemplazar los datos en la ecuación 2:

$$i = \frac{24,85 \times T^{0,22} \times 239^{0,10}}{\left(\frac{t}{60}\right)^{0,5}}$$

Conforme a esto, entonces, se establecen periodos de retorno (T) para 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años, y la duración de la lluvia (t en minutos) considerando que en Valledupar es común que precipite aproximadamente 2 horas como máximo de lluvia. Estos valores se reemplazan en la ecuación IDF y se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 10. Intensidades de las precipitaciones de la estación Alfonso López Pumarejo

Tiempo (min)	Periodo de Retorno (años)					
	2	5	10	20	50	100
10	122,59	149,97	174,67	203,45	248,89	289,89
20	86,68	106,04	123,51	143,86	175,99	204,98
30	70,78	86,58	100,85	117,46	143,70	167,37
40	61,30	74,98	87,34	101,72	124,44	144,94
50	54,82	67,07	78,12	90,99	111,31	129,64
60	50,05	61,22	71,31	83,06	101,61	118,35
70	46,33	56,68	66,02	76,90	94,07	109,57
80	43,34	53,02	61,76	71,93	87,99	102,49
90	40,86	49,99	58,22	67,82	82,96	96,63
100	38,77	47,42	55,24	64,34	78,70	91,67
110	36,96	45,22	52,67	61,34	75,04	87,40
120	35,39	43,29	50,42	58,73	71,85	83,68

Nota: Realizado por la practicante, 2024. Las unidades de medida de la intensidad de los valores presentados en la tabla se indican en milímetros por hora.

De esta tabla se distingue la necesidad del valor más elevado de la intensidad horaria y corresponde a una duración de lluvia de 10 minutos para el periodo de retorno T = 100 años, tal como se indica en el artículo 135 de la resolución 0330 del 2017, considerando que el relleno sanitario Los Corazones se sitúa en zona montañosa en donde el escurrimiento del agua puede tener mayor velocidad de drenaje.

Con esta información, entonces, se procede a determinar el caudal producido, teniendo en cuenta la fórmula para el método racional del cuál se requiere, además de la intensidad de la lluvia (I), el valor del coeficiente de escorrentía (C) y el área de drenaje que por normativa y con las condiciones dadas, se requiere que sea inferior a 80 hectáreas, algo que se cumple.

La fórmula del método racional es la siguiente:

$$Q = \frac{C \cdot I_t \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Ecuación 3.

Donde:

- Q: caudal (m³/s)
- C: coeficiente de escorrentía
- I_t: Intensidad media diaria de precipitación para un periodo de retorno dado (mm/hora)
- A: Superficie de escorrentía (km²)
- K_t: Coeficiente de uniformidad temporal

Por lo tanto, el primer paso es determinar el área de escorrentía, que con base a los registros de levantamiento topográfico corresponde a aproximadamente a 48.501 metros cuadrados, que corresponde al área segmentada por puntos en la siguiente figura:

Figura 12. Área de escorrentía de las precipitaciones en el relleno Sanitario Los Corazones



Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

Considerando que el área de escorrentía es inferior a 1 km² entonces no se procede a hacer correcciones a la precipitación diaria, sin embargo, se necesita calcular la intensidad diaria (Id) para la precipitación diaria (Pd) la cual es obtenida del pliego de precipitaciones diarias obtenidas del IDEAM, que equivale a 176,06 milímetros:

$$I_d = \frac{Pd}{24 \text{ hr}} = \frac{176,06 \text{ mm}}{24 \text{ hr}} = 7,33 \text{ mm/hr} \quad \text{Ecuación 4.}$$

La pendiente del relieve se obtiene mediante la diferencia de altitudes y longitud promedio, considerando la altitud máxima del montículo respecto a la altitud mínima promedio del terreno es la siguiente:

$$s = \frac{V_{max} - V_{min}}{L} = \frac{217 \text{ msnm} - 191 \text{ msnm}}{80,12 \text{ m}} = 0,324513 \quad \text{Ecuación 5.}$$

Con base a esto, entonces se determina el tiempo de concentración (t_c) con base a la fórmula de Kirpich, puesto que las distancias son muy cortas y esta es aplicable a este contexto de estudio, considerando que la longitud está en metros y la pendiente en m/m.

$$t_c = 0,0195 \times \left(\frac{L^{0,77}}{s^{0,385}} \right) = 0,0195 \times \left(\frac{80,12^{0,77}}{0,324513^{0,385}} \right) = 0,879 \text{ hr} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Considerando esto, entonces se determina la intensidad media para el tiempo de concentración y para un periodo de retorno de 100 años:

$$I_t = I_d (F_i)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t_c^{0,10}} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Dónde,

- It: Intensidad media en el periodo t
- Id: intensidad media diaria
- Fi: Factor de Seguridad de la Intensidad
- t_c: periodo de tiempo (horas) para el que se quiere evaluar la intensidad

El factor de seguridad de la intensidad se refiere al valor máximo de la intensidad máxima determinada a través de la curva IDF respecto a la intensidad mínima determinada a través de la curva IDF, que respectivamente corresponden a la duración 10 minutos con $T = 100$ años y duración 120 minutos con $T = 2$ años, por lo tanto, se tendría la siguiente expresión:

$$F_i = \frac{I_{\max}}{I_{\min}} = \frac{289,89 \text{ mm}}{35,39 \text{ mm}} \approx 9 \quad \text{Ecuación 8.}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 7, entonces se obtiene la intensidad media en el periodo de retorno establecido ($T = 100$ años):

$$I_t = 7,3 \frac{\text{mm}}{\text{hr}} \times (9)^{3,5287 - 2,5287 \cdot (0,879 \text{ hr})^{0,10}}$$

$$I_t = 70,55 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}$$

Para obtener el coeficiente de escorrentía (C) se emplea el método de Turc, el cuál establece que este no es más que la abstracción que hace el déficit a la precipitación y está dado por la siguiente formulación matemática:

$$C = 1 - \frac{1}{\left[0,9 + \frac{P^2}{L^2}\right]^{0,5}} \quad \text{Ecuación 9.}$$

Para esto, hay que tener en cuenta que P es la precipitación promedio multianual y L corresponde al coeficiente de temperatura dado por la siguiente expresión:

$$L = 300 + 25(T) + 0,05(T)^3 \quad \text{Ecuación 10.}$$

Por lo tanto, se tiene como dato de entrada la temperatura media anual de la ciudad de Valledupar como registro preliminar para este cálculo, la cuál oscila entre los 21°C a los 25°C , situándose en promedio en los $23,8^\circ\text{C}$, por lo tanto, el coeficiente de temperatura L será de:

$$L = 300 + 25(23,8) + 0,05(23,8)^3 = 1569,0636$$

La precipitación promedio multianual (P) se calcula con base a la tabla 7, y corresponde al valor de 5806 milímetros por año. Con base a esto, entonces se puede determinar el coeficiente de escorrentía reemplazando los valores en la ecuación 9:

$$C = 1 - \frac{1}{\left[0,9 + \frac{5806^2}{1569,0636^2}\right]^{0,5}}$$

$$C = 0,99$$

Puesto que el área de trabajo es pequeña se supone la uniformidad temporal de las precipitaciones, lo que indica que Kt será igual a la unidad ($Kt = 1$), por lo tanto, se procede a calcular el caudal producido con la ecuación 3:

$$Q = \frac{0,99 \times 70,55 \frac{mm}{hr} \times 0,048401 km^2 \times 1}{3,6}$$

$$Q = 0,9390 \frac{m^3}{s} \cong 1 \frac{m^3}{s}$$

Este resultado será utilizado para el diseño del canal hidráulico, considerando además las observaciones y criterios técnicos que puedan adicionarse de la resolución 0330 de 2017.

6.3. TRAZO HIDRÁULICO DEL CANAL PARA EL TRANSPORTE DE LAS AGUAS-LLUVIAS Y LAGUNA DE ALMACENAMIENTO E INTEGRACIÓN EN EL SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL

6.3.1. Cálculo de Parámetros Hidráulicos del Canal

El primer paso es determinar los parámetros de cálculo del canal, para ello se trae a consideración los siguientes y su origen:

Caudal (Q): $1 m^3/s$

Velocidad (V): $0,75 m/s$ a $5 m/s$ (obtenido en la resolución 0330 del 2017).

Borde Libre (BL): 10% del tirante de agua (obtenido en la resolución 0330 del 2017).

Por otra parte, se tiene que el caudal para canales abiertos definido por Manning es el siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot s^{1/2} \cdot A \quad \text{Ecuación 11.}$$

Dónde,

n: Coeficiente de Manning (0,011 para estructura revestidas en concreto de buena calidad).

R: Radio Hidráulico para canal rectangular.

s: Pendiente del canal hidráulico (obtenido del trazado).

A: Área del canal hidráulico rectangular.

Dónde, se sabe que el radio hidráulico para un canal rectangular corresponde a:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{by}{b + 2y} \quad \text{Ecuación 12.}$$

Dónde se sabe que,

P: perímetro mojado y está dado por la base (b) y dos veces la altura del tirante de agua (y)

Además, la pendiente (s) se encuentra dada por la ecuación 5, presentada en este documento. Con base a eso entonces se asume separar por tramos el canal hidráulico a diseñar

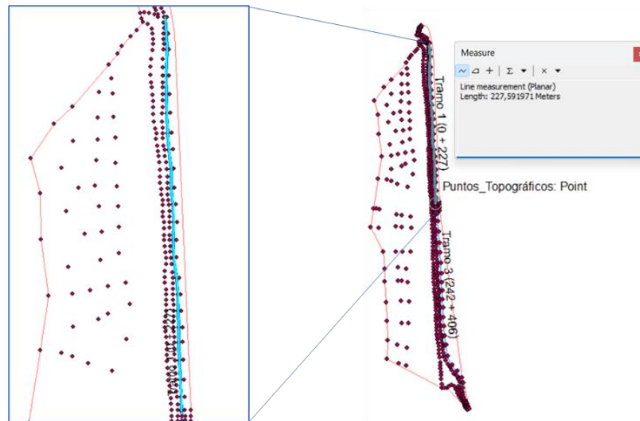
Tabla 11. Tramos y longitudes definidos para el trazado del canal hidráulico

Tramos	Longitud (metros)	Tramos	Longitud (metros)
Tramo 1 (0 + 227)	227,1474	Tramo 4 (406 + 449)	43,4098
Tramo 2 (227 + 242)	14,49996	Tramo 5 (449 + 460)	11,94192
Tramo 3 (242 + 406)	204,5698	Tramo 6 (460 + 490)	29,27986

Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

En la siguiente figura se representa la extensión del Tramo 1, el cual tiene una longitud de algo más de 227 metros planos, tal como se aprecia en la tabla 11 y dimensionado en la figura 13:

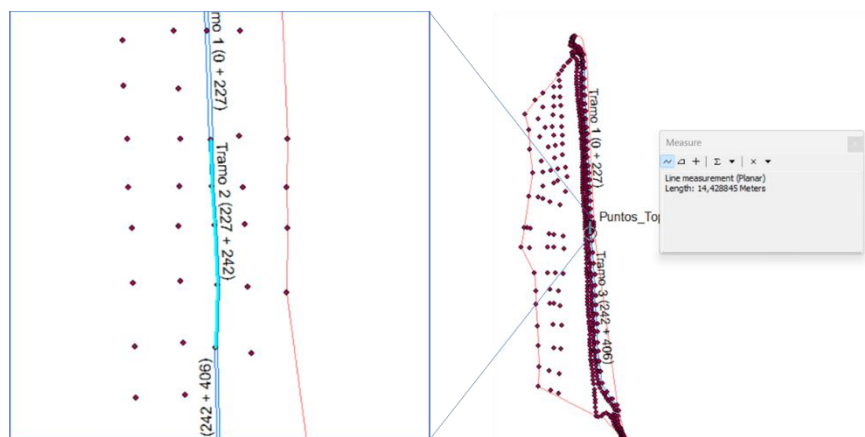
Figura 13. Tramo No. 1 – Distancia 0 a 227 definida para el Canal Hidráulico.



Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

En la siguiente figura se representa la extensión del Tramo 2, el cual tiene una longitud de aproximadamente 15 metros planos, tal como se aprecia en la tabla 11 y dimensionado así:

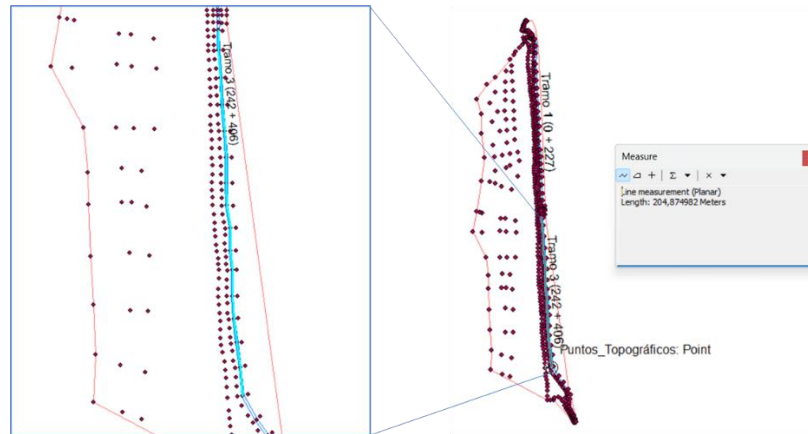
Figura 14. Tramo No. 2 – Distancia 227 a 242 definida para el Canal Hidráulico.



Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

En la siguiente figura se representa la extensión del Tramo 3, el cual tiene una longitud de aproximadamente 204 metros planos, tal como se aprecia en la tabla 11 y dimensionado así:

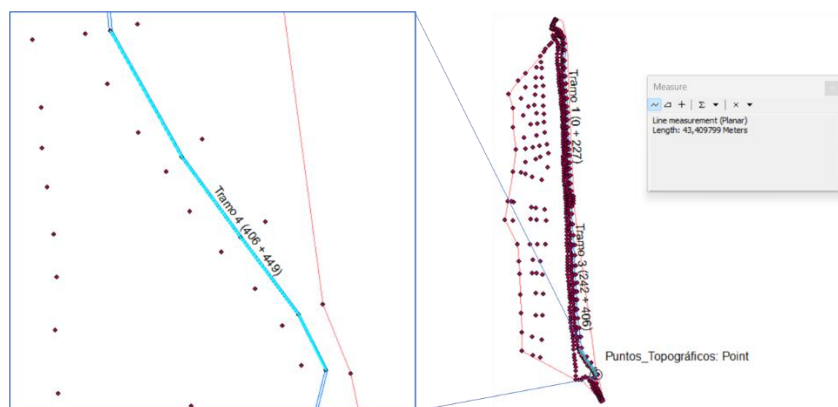
Figura 15. Tramo No. 3 – Distancia 242 a 406 definida para el Canal Hidráulico.



Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

En la siguiente figura se representa la extensión del Tramo 4, el cual tiene una longitud de aproximadamente 43 metros planos, tal como se aprecia en la tabla 11 y dimensionado así:

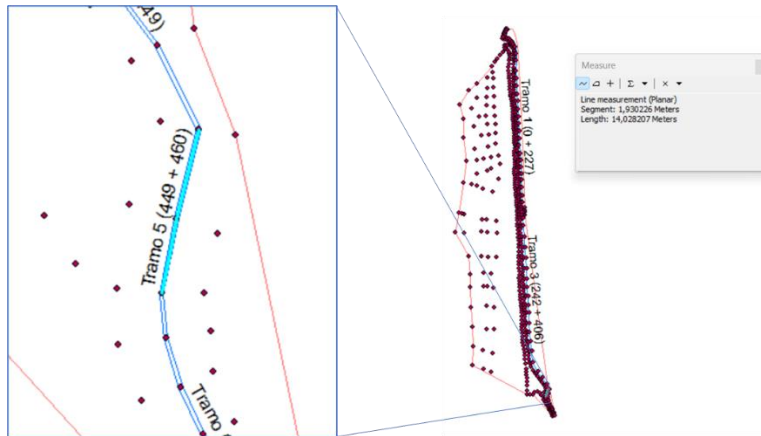
Figura 16. Tramo No. 3 – Distancia 406 a 449 definida para el Canal Hidráulico.



Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

En la siguiente figura se representa la extensión del Tramo 5, el cual tiene una longitud de aproximadamente 12 metros planos, tal como se aprecia en la tabla 11 y dimensionado así:

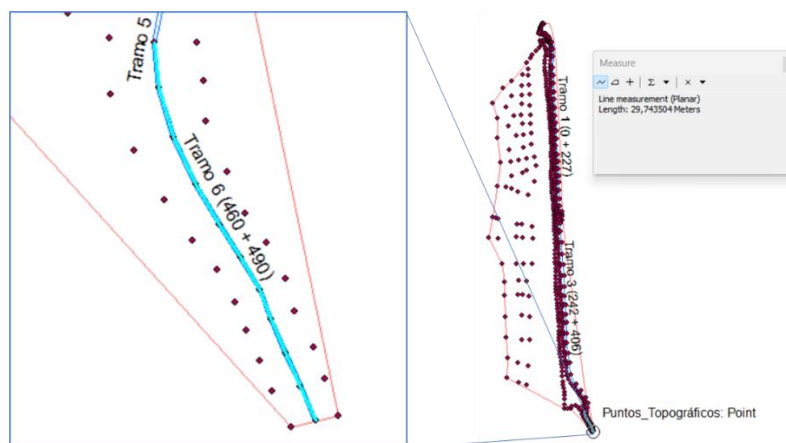
Figura 17. Tramo No. 5 – Distancia 449 a 460 definida para el Canal Hidráulico.



Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

En la siguiente figura se representa la extensión del Tramo 6, el cual tiene una longitud de aproximadamente 30 metros planos, tal como se aprecia en la tabla 11 y dimensionado así:

Figura 18. Tramo No. 5 – Distancia 460 a 490 definida para el Canal Hidráulico.



Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

Conociendo las longitudes de cada uno de los tramos, entonces, se puede determinar la pendiente de cada uno de ellos, para posteriormente determinar el tirante de agua:

Tabla 12. Pendiente de los tramos definidos para el Canal Hidráulico

Tramos	Datos	Pendiente (m/m)
Tramo 1 (0 + 227)	Longitud: 227,14 m	0,028263586
	Cota Max: 193,76	
	Cota Min: 187,34	
Tramo 2 (227 + 242)	Longitud: 14,49 m	0,00758623
	Cota Max: 192,91	
	Cota Min: 192,80	
Tramo 3 (242 + 406)	Longitud: 204,56 m	0,001955323
	Cota Max: 193,12	
	Cota Min: 192,72	
Tramo 4 (406 + 449)	Longitud: 43,40 m	0,002073265
	Cota Max: 192,92	
	Cota Min: 192,83	
Tramo 5 (449 + 460)	Longitud: 11,94 m	0,008373863
	Cota Max: 192,92	
	Cota Min: 192,82	
Tramo 6 (460 + 490)	Longitud: 29,27 m	0,002732254
	Cota Max: 192,84	
	Cota Min: 192,76	

Nota: Realizado por la Practicante, 2024. Las cotas se encuentran en unidades de metros sobre el nivel del mar (msnm).

Debido a que el tirante del agua (y) se encuentra en una ecuación no lineal en los términos que integran la ecuación 11 cuando se reemplaza la ecuación 12 en ella. La solución para encontrar el tirante del agua es a través del método Raphson-Newton (conocido como SOLVE), lo que permite determinar que, para los diferentes tramos, asumiendo una base de 40, 60 y 100 centímetros, los valores del tirante de agua serán de:

Tabla 13. Tirante de agua para los Tramos con las condiciones preliminares

Tramos	Tirante de Agua (metros)		
	B = 0,4 m	B = 0,6 m	B = 1,0 m
Tramo 1 (0 + 227)	0,58234	0,3635	0,2261
Tramo 2 (227 + 242)	1,03825	0,6126	0,3587
Tramo 3 (242 + 406)	1,94130	1,0882	0,5935
Tramo 4 (406 + 449)	1,88855	1,0607	0,5803
Tramo 5 (449 + 460)	0,99306	0,5884	0,3462
Tramo 6 (460 + 490)	1,65957	0,9412	0,5226

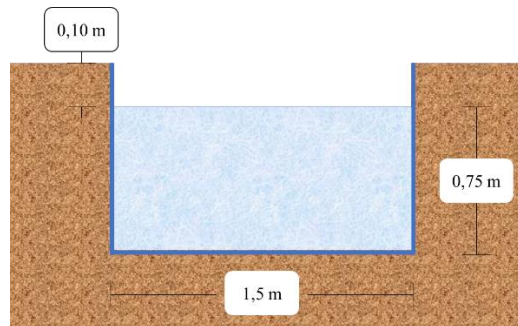
Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

Conforme a esto, y con base a iteraciones del acumulado de los tirantes el mejor diseño será el de tirante $y = 0,75$ metros con relación $B = 2y$, que por condiciones financieras y tecnológicas es favorable (ya que la inversión en excavación y remoción sería menor y, además, el uso de equipos y maquinarias de la empresa se fomenta con esta decisión).

Conforme a esto, entonces se procede a hacer los procedimientos matemáticos de diseño hidráulico en el software HEC-RAS, el cual, brinda una interfaz metodológica muy practica en donde permite que todos los elementos distinguidos anteriormente, se puedan vincular y asociar para una memoria de cálculo rica en información que ayude a la toma de decisiones por parte de las personas que harán seguimiento a este trabajo.

No sin antes presentar una sección con valores enteros uniformes, por lo tanto, el canal hidráulico de sección transversal rectangular quedaría representado con las siguientes medidas:

Figura 19. Canal Hidráulico de sección transversal rectangular propuesto



Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

El primer paso es definir los puntos, progresiones, distancias, pendientes, cotas y ajustes altitudinales para poder crear la geometría en el HEC-RAS, para ello, se crea la siguiente tabla:

Tabla 14. Disposición de Datos de Trabajo para definición geométrica del Canal Hidráulico

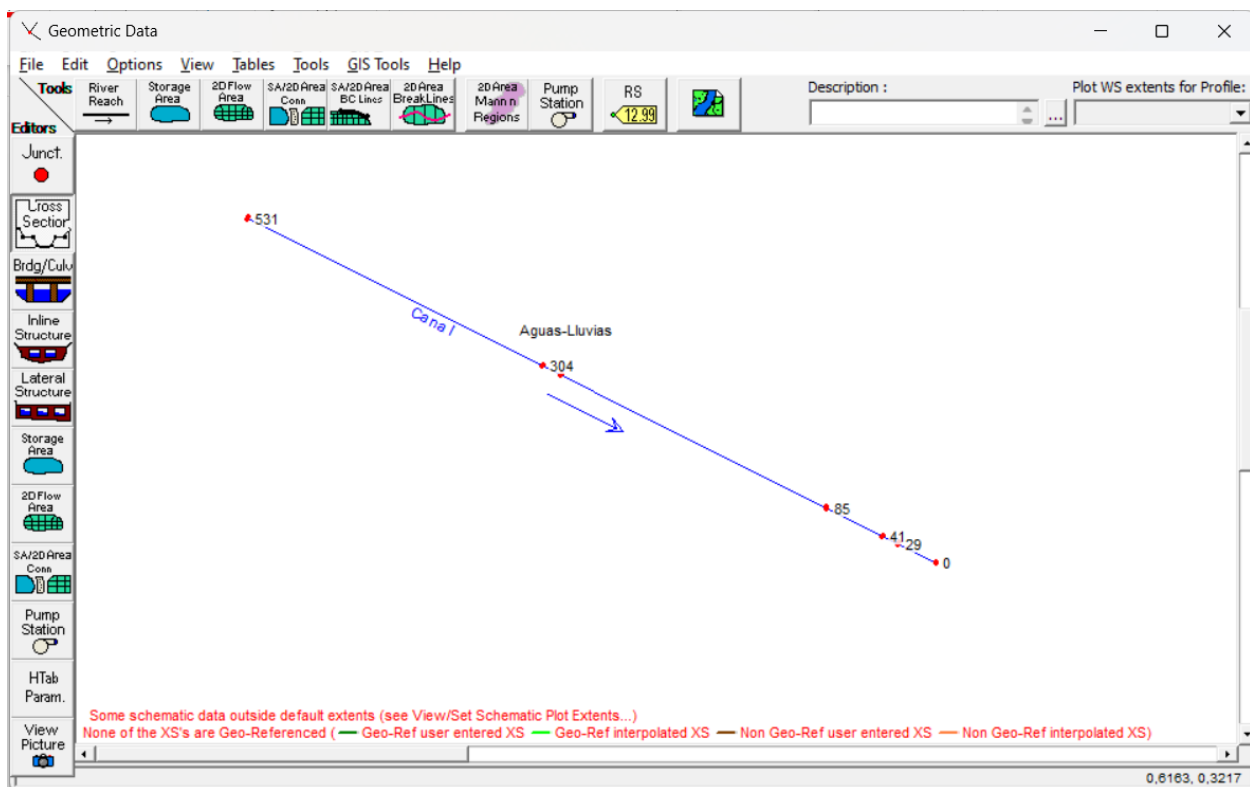
Punto	Progresivo	Distancia	Pendiente	Cota Clave	Ajuste
E	0	0	0,00%	191,70	0
6	29	29,27986	0,27%	191,78	0,080000012
5	41	11,94192	0,84%	191,88	0,099999969
4	85	43,4098	0,21%	191,97	0,090000017
3	289	204,5698	0,20%	192,37	0,399999953
2	304	14,49996	0,76%	192,48	0,109999994
1	531	227,1474	0,02%	192,53	0,050000056

Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

El diseño geométrico tanto en su aspecto transversal como en su comportamiento en vista superior se realiza en sentido contrario al flujo, iniciando por el efluente (punto E), siendo el de menor cota clave y terminando con el afluente (punto 1), siendo el de mayor cota clave y que con base al terreno, es una zona donde hay una depresión que garantiza que la mayoría del agua escurra hacia el canal hidráulico.

La vista en planta del Canal Hidráulico con sus características geométricas transversales dadas en la figura 19 y las características del terreno dados en la tabla 14 se ve representado así:

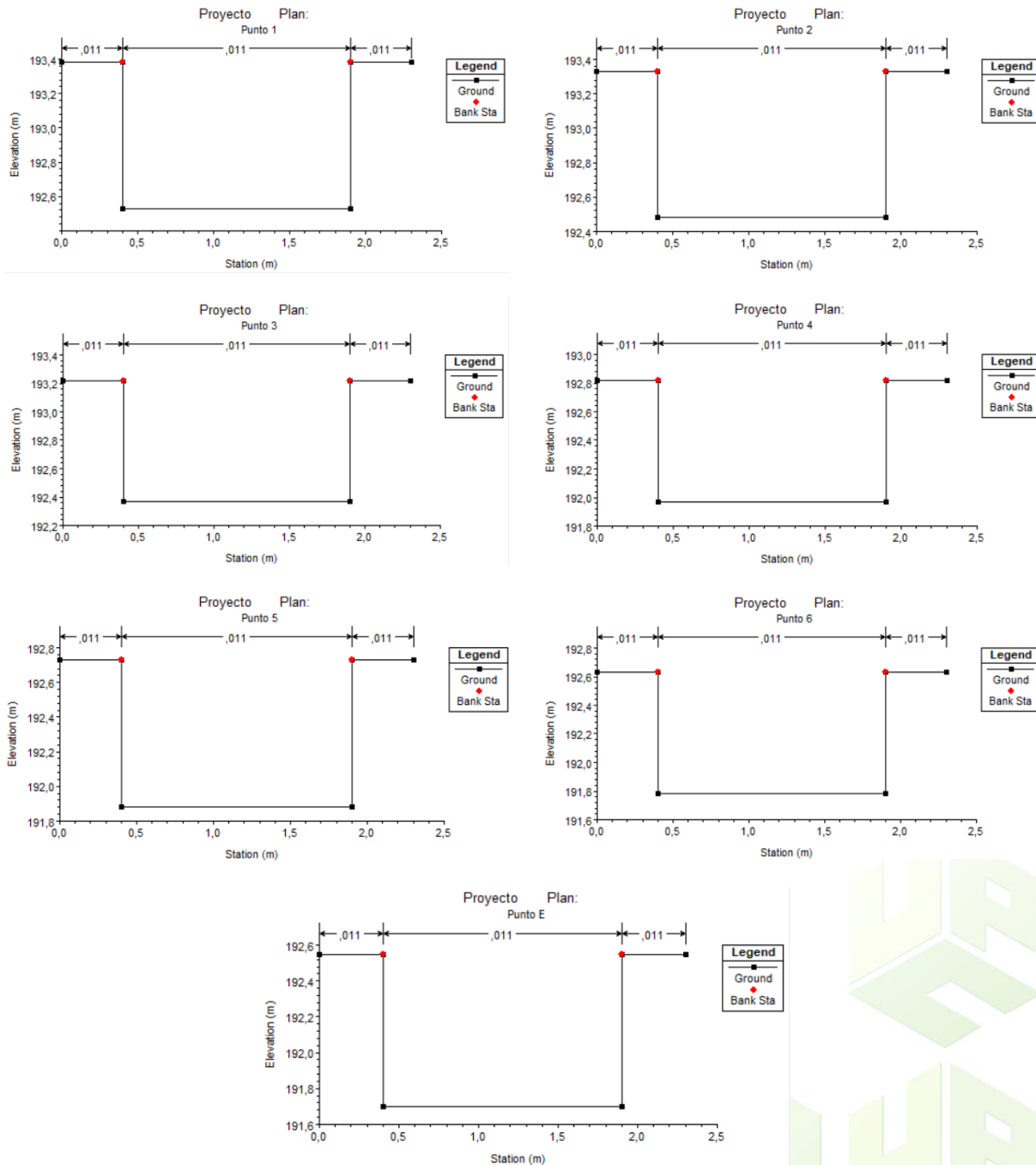
Figura 20. Representación en vista de planta del Canal Hidráulico



Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024.

Para cada uno de estos puntos progresivos que se observan en la figura 20 y que representa la información de la tabla 14, se obtienen los siguientes perfiles geométricos transversales de diseño:

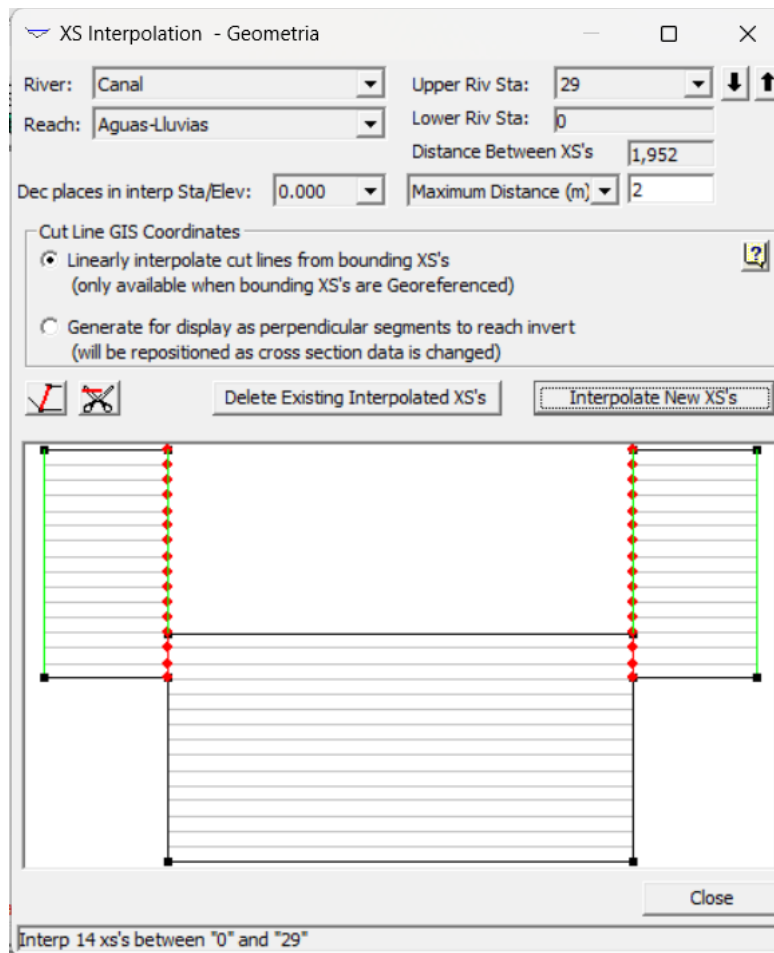
Figura 21. Perfiles Transversales del Canal Hidráulico de sección Rectangular



Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024.

Además, se realizaron interpolaciones longitudinales de cada 2 metros por durante cada uno de los tramos que separan a los puntos, con el objeto de que se mejore la simulación del flujo y se comprenda la distribución del número de Manning para con el revestimiento dispuesto:

Figura 22. Interpolación geométrica longitudinal entre puntos del Canal Hidráulico

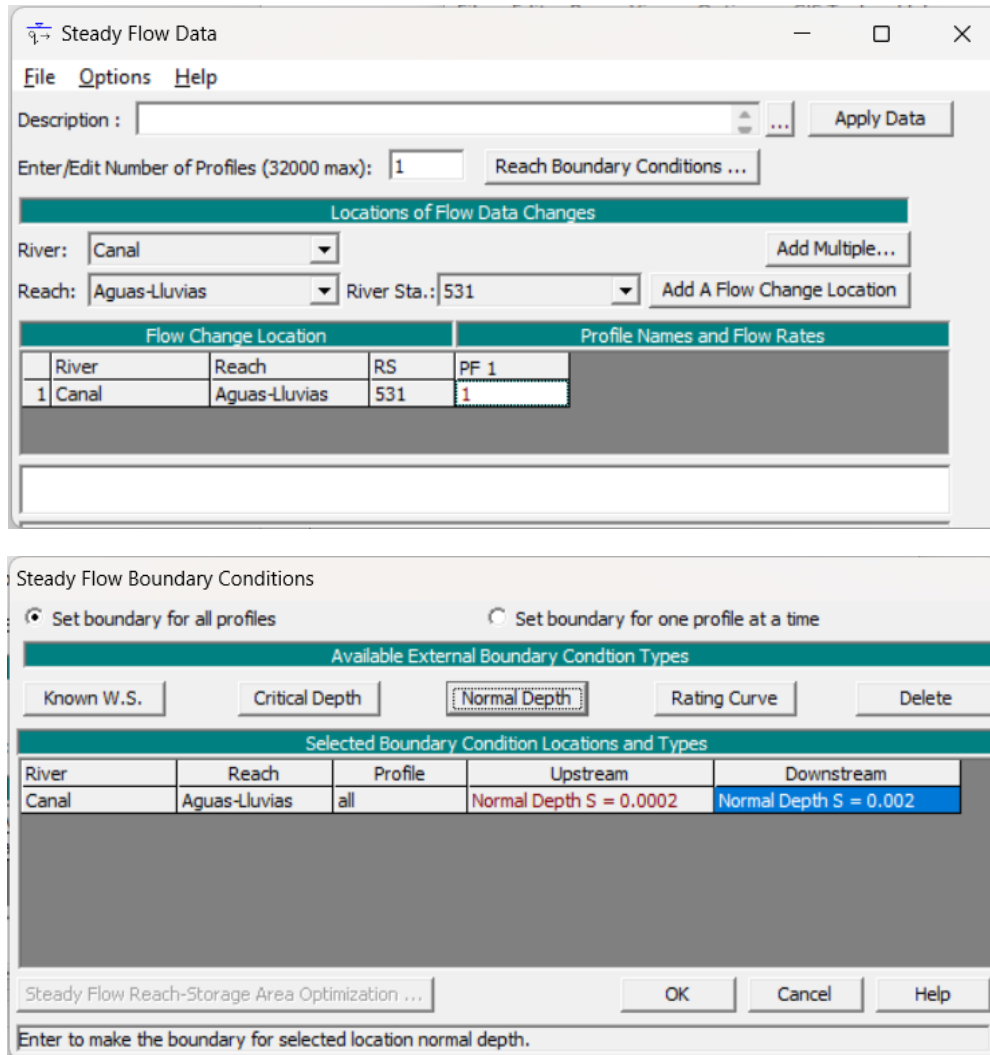


Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024.

Posteriormente se especifica las condiciones de diseño de flujo, indicando que para un periodo de retorno de 100 años conforme al área que se está trabajando se espera un (1) metro cúbico por segundo y además, se definen las condiciones iniciales y finales de la pendiente del terreno, tal como se especifica en la tabla 14.

En la siguiente figura se presentan dos ventanas, la definición de flujo (superior) y la definición de las características de contorno (inferior), siendo esta última una opción de la primera.

Figura 23. Definición de las condiciones de flujo y de contorno del Canal Hidráulico

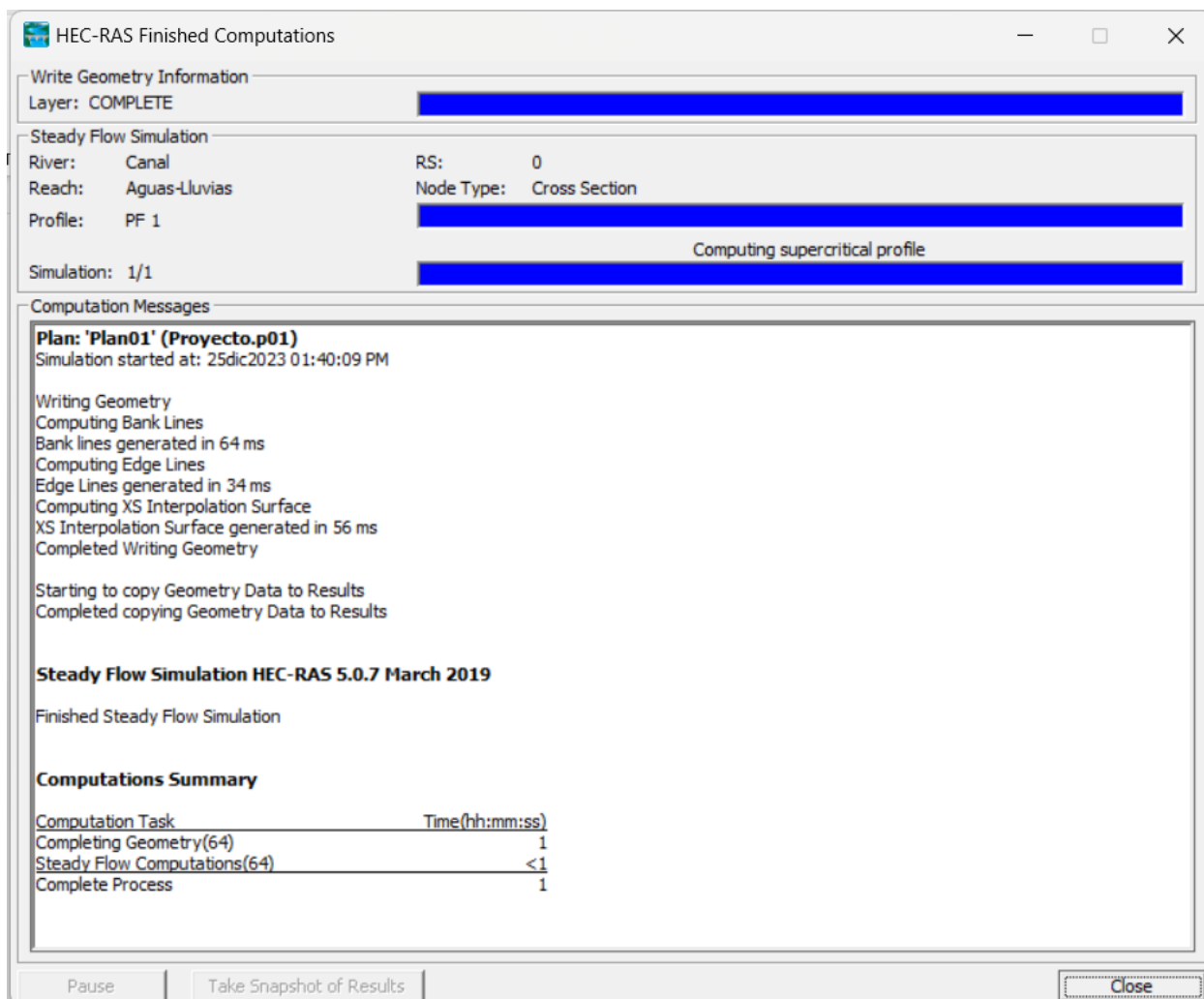


Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024.

Posteriormente, entonces se procede a realizar la simulación de flujo al crear un plan, para así computar la información que se ha suministrado y presentar los comportamientos de cada sección transversal de interés en los puntos dados.

El resultado de la simulación fue correcto en toda medida, tal como se evidencia en la siguiente figura, donde se hace la presentación del análisis de la geometría y del estudio computacional del flujo:

Figura 24. Análisis computacional preliminar positiva para simulación de flujo

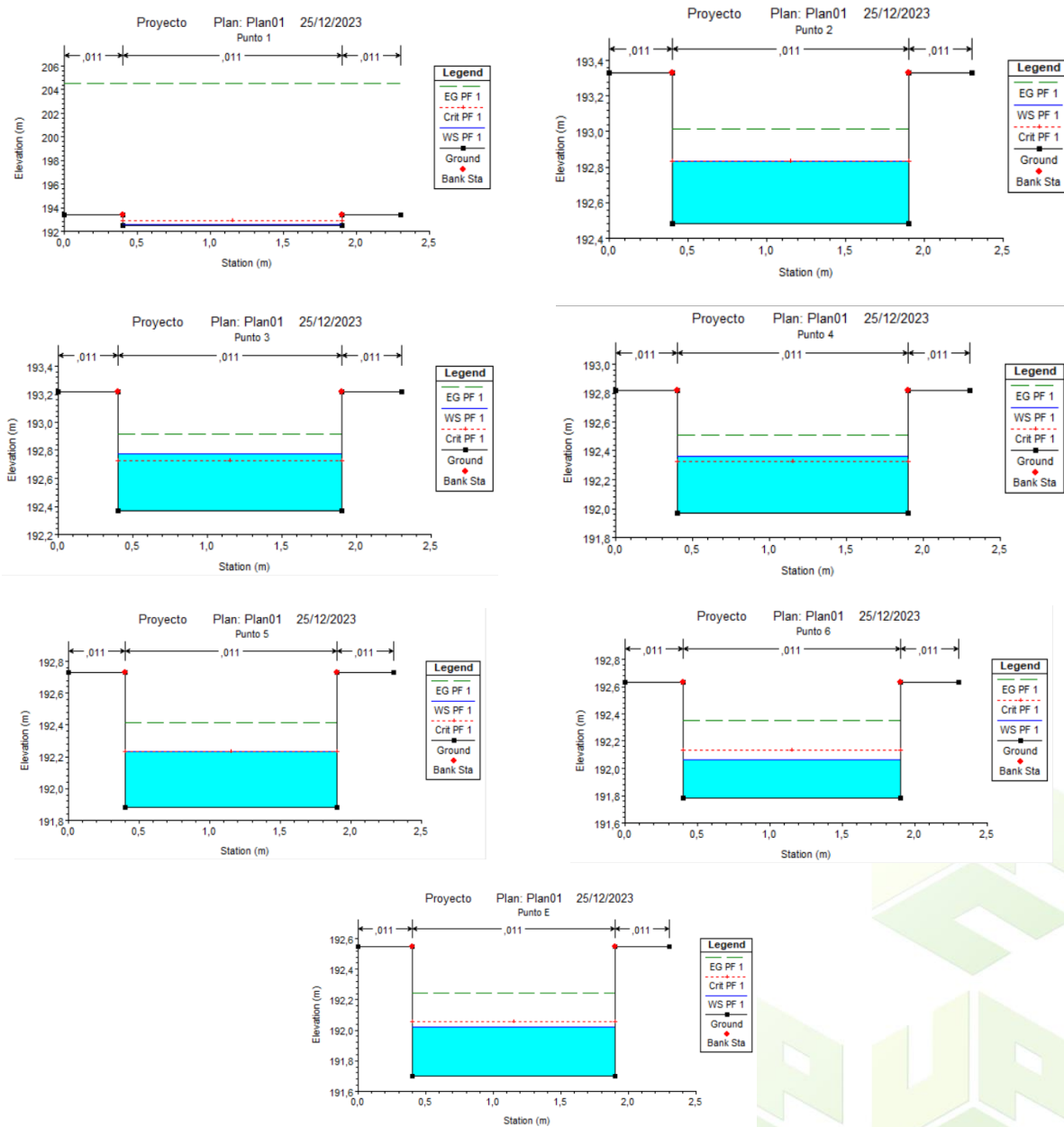


Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024.

Con base a esto, entonces, se procede a realizar dos tipos de observaciones de análisis, primero, el análisis del flujo en la sección transversal en los puntos y segundo, el análisis del perfil transversal del canal hidráulico.

La siguiente figura contiene las secciones transversales del nivel del flujo respecto al cambio en los puntos y sus respectivas cotas.

Figura 25. Perfiles del nivel del agua en las secciones transversales del Canal Hidráulico



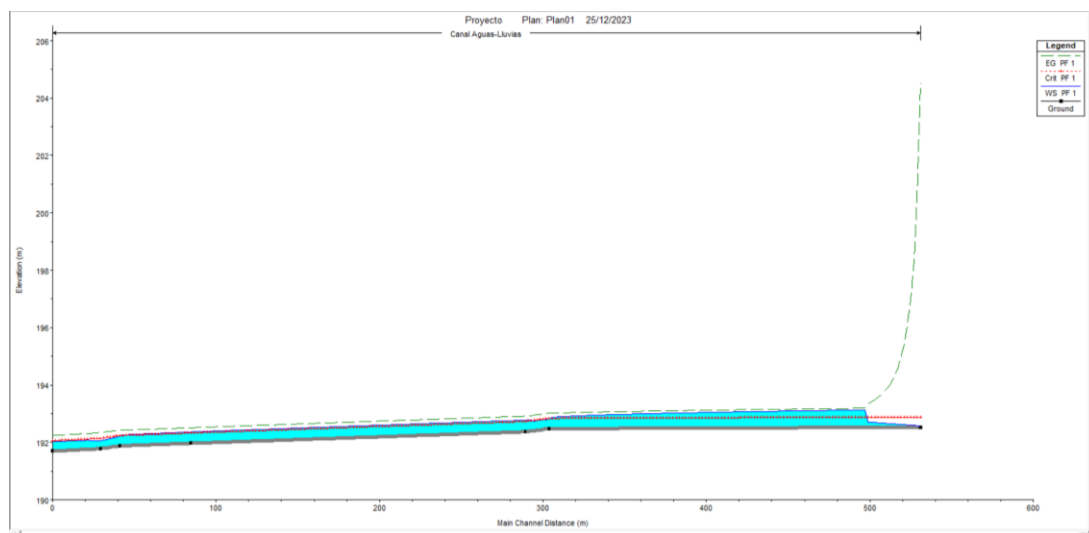
Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024.

Como se aprecia en la figura presentada en la página anterior, las secciones transversales alcanzan diferentes niveles de tirante de agua por consecuencia del cambio de pendiente, sin embargo, se resaltan comportamientos como el del punto 1 (sección transversal ubicada en la parte superior izquierda de la figura), donde no se observa flujo y la sección se ensancha de manera diminuta, esto sucede puesto que la línea de energía (segmentada en verde) asciende de manera abrupta. Este gráfico se representa de manera correcta, puesto que sus dimensiones son observables y, además, se aprecia que no hay desbordamiento de agua.

El flujo entre los puntos 2, 3, 4 y 5 se mantiene subcrítico, esto se puede apreciar puesto que la línea del tirante (línea azul) supera la línea del régimen crítico (segmentada en rojo) y el flujo en los puntos 6 y punto E se comporta de manera supercrítico, sucediendo lo contrario en la especificación gráfica.

Por otra parte, en cuanto al flujo en vista lateral, su comportamiento es bastante diferencial y permite observar los comportamientos de cada una de las secciones especificadas en la figura anterior (que para mayor entendimiento será seccionado posteriormente).

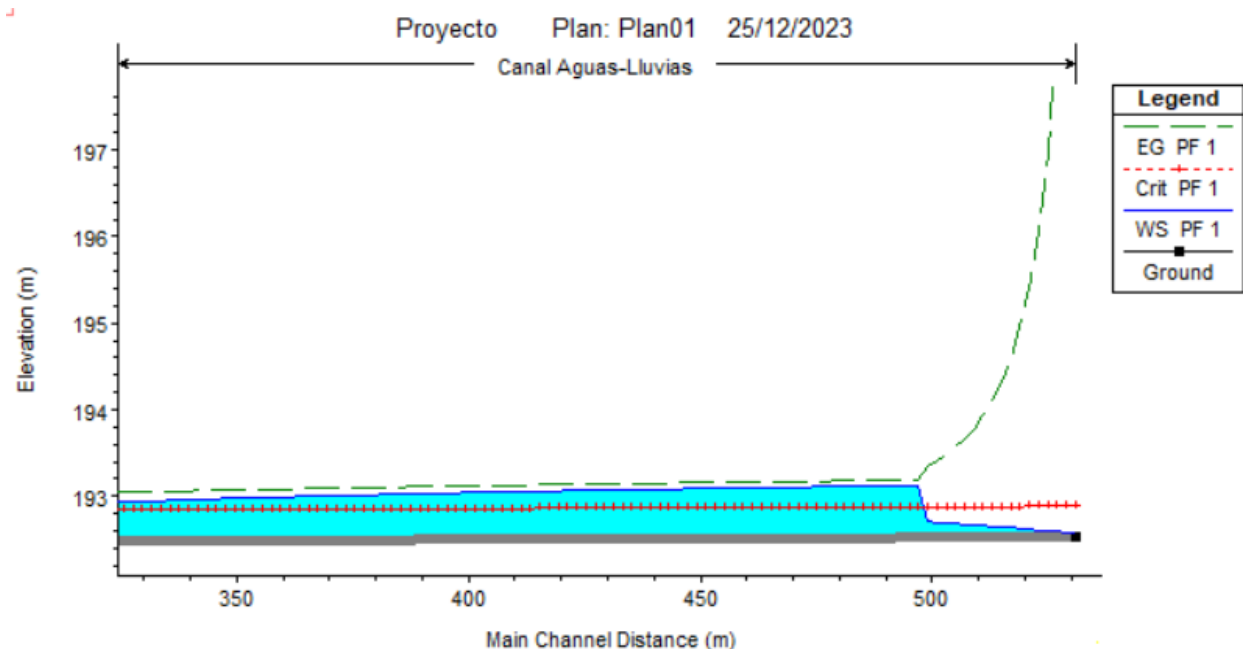
Figura 26. Perfil longitudinal del flujo del Canal Hidráulico



Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11, 2024.

En la siguiente figura se presenta una sección que va desde un poco menos de 350 metros hasta más de los 500 metros, de la sección longitudinal, en ella se observa que el flujo en la longitud aproximadamente 500 metros recibe una gran cantidad de escorrentía, esperada por el relieve topográfico que se presentaría en esa distancia, cota y extensión superficial.

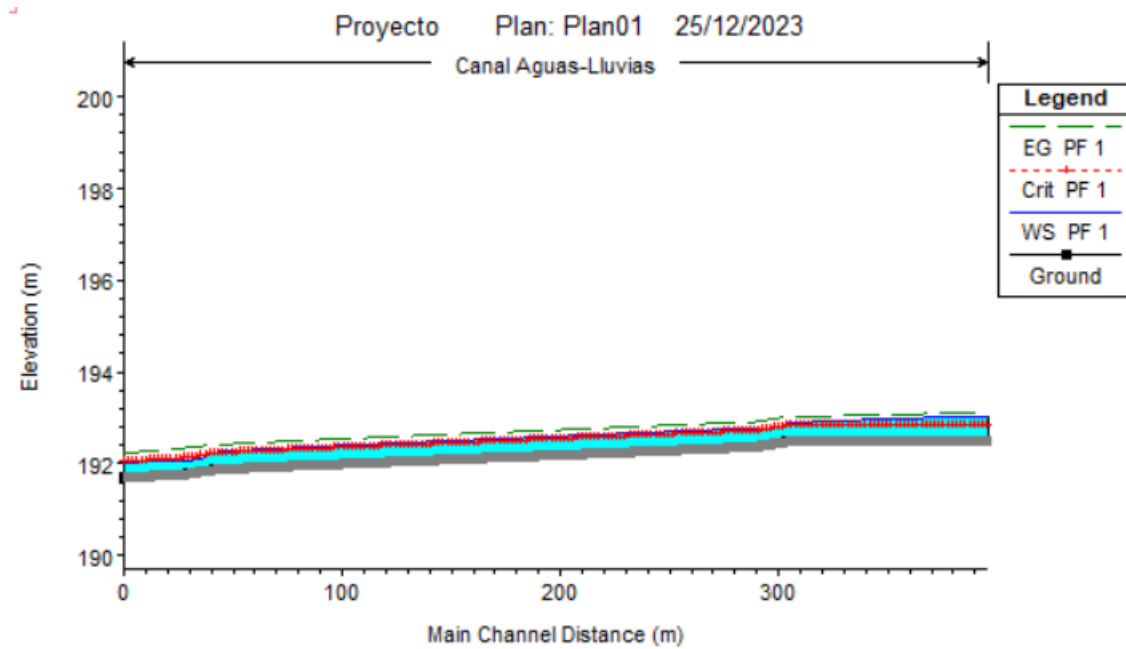
Figura 27. Sección de Perfil Longitudinal de la parte superior del Canal Hidráulico



Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024.

Primero, se observa que el nivel del agua se mantiene en el régimen subcrítico durante todo el trayecto, superando el límite crítico (segmentado en rojo) y manteniéndose inferior a la línea de energía. Al principio se observa un resalto, pero este no se presenta en sí, sino que se debe, a como se ha especificado anteriormente, a condiciones del terreno que hace que exista mayor proporción de escorrentía superficial hacia el canal en esa zona, recargando el canal y haciendo que se produzca este flujo establecido con las condiciones preliminares de caudal de un (1) metro cúbico por segundo, velocidad entre 0,75 a 5 metros por segundo, número de Manning de 0,011 para concreto de excelente calidad y con las pendientes del terreno definidas.

Figura 28. Sección de Perfil Longitudinal de la parte inferior del Canal Hidráulico



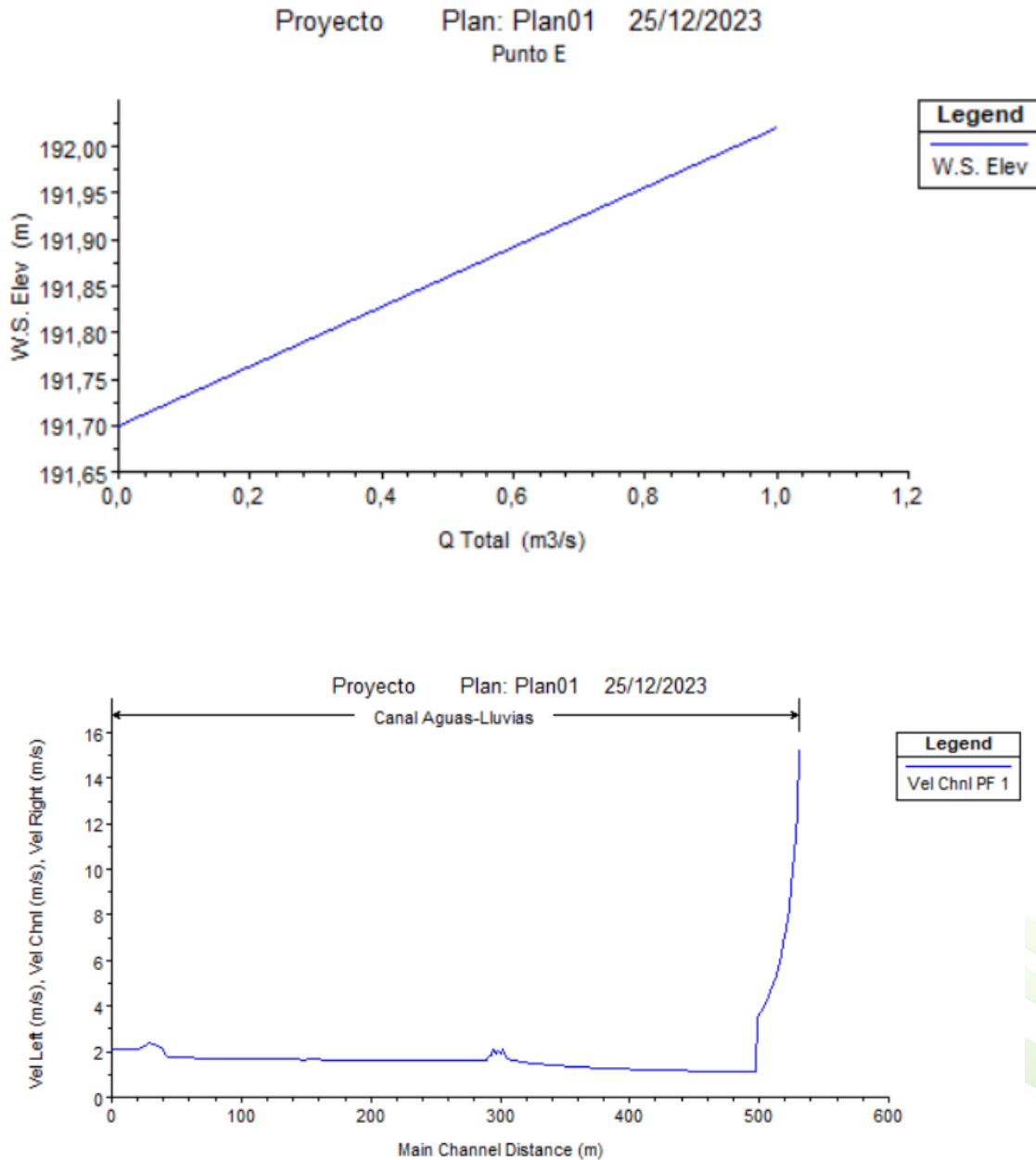
Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024.

La sección inferior permite observar que cercano a los 50 metros de longitud al punto E (efluente del canal) el cambio abrupto de la pendiente consigue que el flujo cambie su comportamiento a supercrítico.

Por otra parte, también se presentan las curvas del cambio del caudal respecto a la elevación del terreno y también el del cambio de la velocidad. Para el primero, se detalla que el cambio entre el caudal respecto a la elevación es lineal y al iniciar en la cota más elevada comienza con un máximo de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ y finaliza regulado (figura 29a).

En cuanto a lo segundo, la velocidad, se observa que a partir de los 500 metros hay un aumento abrupto de la velocidad, este diseño, aunque parezca diferencial, es importante, porque al inicio del canal puede haber velocidades superiores que son regulados por la estructura hidráulica y si se compara con los valores entre 0 y 500 metros, la velocidad se mantiene entre $0,75 \text{ m/s}$ a 5 m/s , lo que es fundamental para el cumplimiento de la normativa (figura 29b).

Figura 29. Análisis del Caudal y Velocidad de simulación para el Canal Hidráulico



Nota: Realizado por la Practicante en HEC-RAS versión de compatibilidad de Windows 11 , 2024. En la parte superior se aprecia la figura 29a de caudales y en la parte inferior se presenta la figura 29b de velocidades.

6.3.2. Cálculo de Parámetros Geométricos de la Laguna

Para esta laguna se contempla un diseño rectangular, con un periodo de retención hidráulico de 1 día, considerando que esta agua no tiene una carga contaminante lo suficientemente apreciable y tampoco altos niveles de sedimentos que puedan obstaculizar o prolongar la sedimentación, además, se asume 1,5 metros de profundidad como factor relevante.

El volumen de la laguna sería igual a:

$$V = 1 \frac{m^3}{s} \times 86400 \frac{s}{día} = 86400 m^3 \quad \text{Ecuación 13.}$$

Considerando que la profundidad será de 1,5 metros, entonces la superficie será de:

$$S = \frac{V}{y} = \frac{86400 m^3}{1,5 m} = 57600 m^2 \quad \text{Ecuación 13.}$$

Las dimensiones de la laguna estarán dadas por la relación de aspecto de 2:1 para el largo, por lo tanto, entonces se puede obtener estos dos con base al área superficial:

$$A = bL \quad \therefore \quad 2L = b \quad \text{Ecuación 14.}$$

$$A = 2L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{57600 m^2}{2}} \rightarrow b \approx 170 m$$

Entonces, conociendo la relación entre el largo (L) y el ancho (b), el ancho será:

$$b = 2(170 m) \rightarrow b \approx 85 m$$

Dimensiones que son apropiadas cuando se considera semejante volumen de trabajo y que son equiparables dimensionalmente cuando se comparan con las lagunas del Relleno Sanitario Los Corazones, teniendo similitud proporcional y geométrica con estas lagunas de Lixiviados.

Considerando lo anterior, entonces se proponen las estrategias que se orienten al propósito de este proyecto de construcción del canal hidráulico para recolectar aguas lluvias que se combinen con los lixiviados para reducir la carga contaminante.

Tabla 15. Estrategia Integral de Gestión y Tratamiento de Aguas Lluvias y Lixiviados (EIGTALL)

Tiempo de Ejecución: 3 años (2024 – 2027)

Descripción de la Necesidad:

La creciente contaminación de fuentes hídricas por lixiviados de rellenos sanitarios en la región de Valledupar, departamento del Cesar, representa un desafío ambiental significativo. La combinación de aguas lluvias con lixiviados y su posterior tratamiento es esencial para reducir la carga contaminante, protegiendo así los ecosistemas y la salud pública.

Responsable:

ASEOS DEL NORTE S.A.S E.S.P.

Objetivo General:

Desarrollar e implementar un sistema sostenible para la gestión y tratamiento de aguas lluvias y lixiviados, reduciendo la carga contaminante mediante procesos de dilución fotoquímica y biológica.

Objetivos Específicos:

- a. Diseñar infraestructuras de tratamiento y dilución adaptadas a las condiciones locales.
 - b. Minimizar el impacto ambiental de los lixiviados mediante la dilución con aguas lluvias.
 - c. Implementar tecnologías de tratamiento fotoquímico y biológico para la depuración de aguas.
 - d. Fomentar la colaboración interinstitucional y la participación comunitaria en la gestión ambiental.
-

Pliego de Acciones Estratégicas

- *Diseño y Construcción de Infraestructuras:*

Realización de estudios de factibilidad y diseño de lagunas de tratamiento y sistemas de recolección de aguas lluvias.

Construcción de estructuras de control y empalme entre el canal y las lagunas.

Implementación de zonas de sedimentación y áreas para procesos de tratamiento fotoquímico y biológico.

- *Programas de Monitoreo y Control:*

Establecimiento de estaciones de monitoreo para medir parámetros como pH, DBO, DQO, metales pesados y patógenos.

Desarrollo de un sistema de respuesta rápida para situaciones de emergencia o desbordamiento.

- *Capacitación y Sensibilización:*

Talleres y cursos para empleados de entidades vinculadas y la comunidad sobre gestión sostenible de aguas lluvias y tratamiento de lixiviados.

Programas educativos en escuelas y universidades para fomentar la conciencia ambiental.

- *Investigación y Desarrollo:*

Alianzas con universidades y centros de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías de tratamiento de aguas.

Proyectos piloto para probar enfoques innovadores en el tratamiento y gestión de aguas lluvias y lixiviados.

Indicadores Estratégicos

Calidad del Agua:

- a. Porcentaje de reducción en la concentración de contaminantes clave.
 - b. Cumplimiento de los estándares nacionales de calidad del agua.
-

Eficiencia del Tratamiento:

- a. Eficiencia de los procesos de sedimentación y tratamiento en la eliminación de contaminantes.
- b. Capacidad de respuesta y eficacia de los sistemas de emergencia.

Impacto Comunitario y Educativo:

- a. Número de participantes en programas de capacitación y sensibilización.
- b. Nivel de conocimiento y conciencia ambiental en la comunidad local y entre partes interesadas.

Recursos Humanos

- *Equipo de Ingeniería y Diseño:*

Ingenieros Ambientales: 5 especialistas en tratamiento de aguas y gestión ambiental.

Ingenieros Civiles: 3 especialistas en diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas.

Ingenieros Químicos: 2 especialistas en procesos químicos y análisis de calidad del agua.

- *Personal de Operación y Mantenimiento:*

Operadores de Planta: 10 técnicos para operación diaria de las instalaciones de tratamiento.

Personal de Mantenimiento: 5 técnicos especializados en mantenimiento de infraestructuras y equipos.

- *Equipo de Monitoreo y Control de Calidad:*

Técnicos de Laboratorio: 4 técnicos para análisis continuo de la calidad del agua.

Especialistas en Emergencias: 2 expertos en manejo de situaciones de emergencia y respuesta rápida.

- *Educadores y Facilitadores:*

Educadores Ambientales: 3 educadores para programas de sensibilización y capacitación.

Coordinadores de Comunidad: 2 coordinadores para la gestión de la participación comunitaria y las relaciones con partes interesadas.

- *Equipo de Investigación y Desarrollo:*

Investigadores: 3 científicos especializados en desarrollo de tecnologías de tratamiento de aguas.

Recursos Logísticos y Materiales

- *Equipos de Construcción:*

Excavadoras y Retroexcavadoras: Para la construcción de lagunas y sistemas de recolección.

Camiones de Transporte: Para el movimiento de tierra y materiales.

- *Sistemas de Monitoreo y Análisis:*

Estaciones de Monitoreo: Equipadas con sensores para medir parámetros como pH, DBO, DQO.

Equipos de Laboratorio: Espectrofotómetros, cromatógrafos, kits para análisis de metales pesados.

- *Materiales para Programas Educativos:*

Materiales Impresos y Digitales: Folletos, manuales, presentaciones multimedia.

Kits Educativos: Modelos y equipos de demostración para talleres.

- *Equipos de Seguridad y Emergencia:*

Equipos de Protección Personal: Cascos, chalecos, guantes para el personal de construcción y mantenimiento.

Kits de Emergencia: Equipos de primeros auxilios, materiales para contención de derrames.

- *Tecnología y Software:*

Software de Diseño y Modelado: Para el diseño de infraestructuras y simulación de procesos de tratamiento.

Sistemas de Gestión de Datos: Para el monitoreo y análisis de datos de calidad del agua.

Costos y Presupuestos Recursos Humanos

- *Equipo de Ingeniería y Diseño:*

Ingenieros Ambientales: 5 x \$5,000,000 COP/mes = \$25,000,000 COP/mes.

Ingenieros Civiles: 3 x \$4,500,000 COP/mes = \$13,500,000 COP/mes.

Ingenieros Químicos: 2 x \$4,000,000 COP/mes = \$8,000,000 COP/mes.

- *Personal de Operación y Mantenimiento:*

Operadores de Planta: 10 x \$2,000,000 COP/mes = \$20,000,000 COP/mes.

Personal de Mantenimiento: 5 x \$2,500,000 COP/mes = \$12,500,000 COP/mes.

- *Equipo de Monitoreo y Control de Calidad:*

Técnicos de Laboratorio: 4 x \$3,000,000 COP/mes = \$12,000,000 COP/mes.

Especialistas en Emergencias: 2 x \$4,500,000 COP/mes = \$9,000,000 COP/mes.

- *Educadores y Facilitadores:*

Educadores Ambientales: 3 x \$3,500,000 COP/mes = \$10,500,000 COP/mes.

Coordinadores de Comunidad: 2 x \$3,500,000 COP/mes = \$7,000,000 COP/mes.

- *Equipo de Investigación y Desarrollo:*

Investigadores: 3 x \$6,000,000 COP/mes = \$18,000,000 COP/mes.

Costos y Presupuestos Recursos Logísticos y Materiales

- *Equipos de Construcción:*

Alquiler de Maquinaria: \$15,000,000 COP/mes.

Gastos de Operación: \$5,000,000 COP/mes.

- *Sistemas de Monitoreo y Análisis:*

Mantenimiento de Estaciones de Monitoreo: \$2,000,000 COP/mes.

Insumos de Laboratorio: \$1,000,000 COP/mes.

- *Materiales para Programas Educativos:*

Producción de Materiales: \$500,000 COP/mes.

- *Equipos de Seguridad y Emergencia:*

Adquisición y Mantenimiento: \$1,000,000 COP/mes.

- *Tecnología y Software:*

Licencias y Mantenimiento de Software: \$2,000,000 COP/mes.

Costos y Presupuestos de la Seguridad Social

Se estima \$40,650,000 COP

Costos y Presupuestos Totales

- Total Recursos Humanos: \$125,500,000 COP/mes.
- Total Equipos y Materiales: \$26,500,000 COP/mes.
- Total Tecnología y Software: \$2,000,000 COP/mes.

Total General Mensual (con Seguridad Social): \$194,650,000 COP/mes.

El costo total del proyecto para los 36 meses definidos por incremento salarial y un Índice de Precios del Consumidor (IPC) será de 4% para los tres años 2024, 2025 y 2027 es de:

\$7,291,433,280 COP.

Entidades Vinculadas

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR).

Alcaldía de Valledupar.

Gobernación del departamento del Cesar.

Empresa Aseos del Norte S.A.S E.S.P.

Universidades y centros de investigación nacionales e internacionales.

Cronograma de Acción Estratégica

Año / Mes	Actividades
2024 Ene-Mar	Aprobación del proyecto. Inicio de estudios de factibilidad.
2024 Abr-Jun	Diseño inicial y planificación detallada.
2024 Jul-Sep	Comienzo de la construcción de infraestructuras. Preparación de programas de monitoreo.
2024 Oct-Dic	Continuación de la construcción. Implementación de estaciones de monitoreo.
2025 Ene-Mar	Progreso en la construcción. Planificación de programas de capacitación.
2025 Abr-Jun	Desarrollo de infraestructuras. Lanzamiento de talleres de sensibilización.
2025 Jul-Sep	Avance en la construcción. Inicio de proyectos de investigación.
2025 Oct-Dic	Finalización de fases clave de la construcción. Evaluación de programas educativos.
2026 Ene-Mar	Últimas fases de construcción. Preparativos para el inicio de operaciones.
2026 Abr-Jun	Finalización de la construcción. Puesta en marcha de las lagunas.
2026 Jul-Sep	Operación inicial y monitoreo de las lagunas. Recolección de datos para evaluación.
2026 Oct-Dic	Evaluación intermedia. Ajustes operativos según sea necesario.
2027 Ene-Mar	Revisión de resultados. Planificación de ajustes.
2027 Abr-Jun	Implementación de ajustes. Seguimiento continuo.
2027 Jul-Sep	Preparación del informe final. Recolección de comentarios de las partes interesadas.
2027 Oct-Dic	Presentación del informe final. Planificación para fases futuras.

Nota: Realizado por la Practicante, 2024.

7. CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico realizado en el Relleno Sanitario Los Corazones en Valledupar, en colaboración con el equipo de ASEOS DEL NORTE S.A.S. E.S.P., constituye un avance significativo para comprender y gestionar eficazmente el manejo de aguas lluvias. La meticulosa recopilación de datos topográficos, facilitada por tecnologías avanzadas como la estación total y la visualización en AutoCAD, ha proporcionado una visión detallada y precisa de las características geográficas del terreno. Este nivel de detalle es esencial para planificar y diseñar un sistema de recolección de aguas lluvias que sea eficiente hidráulicamente y que considere la protección del ecosistema y la salud pública. Los registros fotográficos y planos detallados subrayan la importancia de un diseño cuidadoso y consciente del impacto ambiental en la construcción de infraestructuras de gestión de aguas lluvias. Este enfoque garantiza que el diseño futuro del canal no solo se base en criterios técnicos de ingeniería, sino también en consideraciones de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Por otro lado, el estudio hidrológico desarrollado, que incluye la elaboración de la curva IDF, ha sido fundamental para entender la dinámica hidrológica de la región. El análisis riguroso de los datos de precipitación, obtenidos meticulosamente de la estación Alfonso López Pumarejo y procesados con esmero, ha revelado patrones y variaciones climáticas clave. La precisión en la recopilación y análisis de datos es crucial para el diseño eficiente y sostenible de infraestructuras hidráulicas, particularmente en un entorno tan sensible como un relleno sanitario. La identificación de datos faltantes y atípicos, así como su correlación con eventos climáticos significativos como El Niño y La Niña, fortalece la fiabilidad del estudio, asegurando que las conclusiones sean robustas y representativas de las condiciones reales.

Con la aplicación de metodologías adecuadas para la regionalización de las curvas IDF, alineadas con los estándares de INVIAS, el proyecto ha cumplido con su segundo objetivo específico de manera efectiva.

La integración de datos climáticos y la aplicación de fórmulas matemáticas complejas para calcular los caudales de escorrentía han dado lugar a un modelo predictivo confiable, que será la base para el diseño futuro del canal hidráulico en el relleno sanitario. Este enfoque metodológico y basado en evidencia científica asegura que las soluciones de ingeniería propuestas no solo sean técnicamente sólidas, sino también ambientalmente sostenibles y adaptadas a las particularidades climáticas de la región.

Finalmente, los resultados obtenidos en el diseño del trazado hidráulico del canal y la laguna de almacenamiento demuestran una aproximación detallada y técnica. La determinación meticulosa de parámetros hidráulicos, tales como el caudal, la velocidad y el borde libre, destaca la precisión y el rigor técnico del estudio. El uso de la ecuación de Manning para canales abiertos y el cálculo del radio hidráulico para un canal rectangular ilustran una aplicación práctica y fundamentada de los principios de ingeniería hidráulica. La división del canal en tramos específicos con sus respectivas longitudes y pendientes facilita la gestión y la construcción del proyecto, permitiendo una implementación modular y eficiente.

La utilización del software HEC-RAS para el diseño geométrico y la simulación del flujo refleja la incorporación de herramientas modernas de ingeniería, asegurando resultados fiables y efectivos. La representación detallada de cada tramo del canal, junto con el análisis de secciones transversales y perfiles longitudinales del flujo, proporciona una comprensión clara del comportamiento hidráulico del sistema propuesto. Además, la consideración del diseño de una laguna rectangular para la retención y tratamiento de aguas lluvias, con cálculos que reflejan un enfoque consciente de la capacidad y las necesidades del sitio, evidencia una planificación integral y una visión sistémica del manejo de aguas.

En conjunto, estos resultados cumplen eficazmente con el objetivo de desarrollar un diseño hidráulico que integre de manera óptima el canal y la laguna de almacenamiento en el sistema de disposición final, asegurando la sostenibilidad y la eficacia en la gestión de aguas lluvias en el proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brunner, G. W. (2023). *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. U.S. Army Corps of Engineers. Disponible en:
<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/hydrref>
- Chow, V. T. (Editor). *Handbook of Applied Hydrology: A Compendium of Water-resources Technology (1st ed.)*. McGraw-Hill. ISBN: 978-0070107748.
- French, R. H. (Autor). *Open Channel Hydraulics (1st ed.)*. [Editorial no especificada]. ISBN: 978-1887201445.
- Ghilani, C. D. (2022). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics (16th ed.)*. Pearson. ISBN: 978-0134689617.
- Henderson, F. M. (1966). *Open Channel Flow*. Pearson. ISBN: 978-0023535109.
- INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías.
- Mikhail, E. M., & Gracie, G. (1981). *Analysis & Adjustment of Survey Measurements*. Van Nostrand Reinhold. ISBN: 978-0442253691.
- MINVIVIENDA. (2019). *Resolución 0938 del 19 de diciembre de 2019: establece las normas y lineamientos para la gestión integral de los residuos sólidos en Colombia, incluyendo disposiciones específicas para la gestión de lixiviados y aguas lluvias en los rellenos sanitarios*. Bogotá D.C.: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Pérez, A., García, B., & Martínez, C. (2019). Reutilización de aguas lluvias en rellenos sanitarios: una aproximación económica y ambiental. *Revista de Gestión Ambiental*, 259-276.
- UNICESAR. (2023). *Lineamientos y Guía Orientadora para la Estructuración de Informes de Prácticas Académicas en el Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la*

Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Cesar, Colombia: Universidad Popular del Cesar.

Vargas, L. A., Fuentes, D. L., & Morales, E. E. (2018). Impacto de la contaminación cruzada en cuerpos de agua por lixiviados de rellenos sanitarios. *Revista de la Asociación Española de Ciencias del Agua (REAS)*, 127-135.


Viessman, W., Jr., & Lewis, G. L. (2003). *Introduction to Hydrology (5th ed.)*. Pearson. ISBN: 978-0673993373.



ANEXOS

- Constancia de Practicante emitida por gerente de ASEOS DEL NORTE

Valledupar, 17 de noviembre de 2023



**EL SUSCRITO DIRECTOR DE GESTION DEL TALENTO HUMANO
ASEO DEL NORTE S.A.S. E.S.P
NIT: 824.003.418-8**

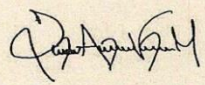
HACE CONSTAR QUE

La señora VILLAMIL ALFARO SHELVEY LORENA, identificada con cedula de ciudadanía número 1067817100 expedida en LA PAZ (CESAR), laboró en la empresa ASEO DEL NORTE S.A.S.E.S. P NIT: 824003418-8, desde el 18 de mayo de 2023 hasta el 17 de noviembre de 2023, con un contrato de aprendizaje en la especialidad de INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA, en el área de DISPOSICION FINAL.

Esta constancia se expide a solicitud del interesado, quien la utilizara como constancia de trabajo.







Para verificación del presente documento se puede contactar a la línea: 3206272141 de lunes a viernes de 08:00 am a 12:00 pm y de 02:00 pm a 04:00 pm.

Atentamente.




DAVID VELANDIA MAHECHA
Director Regional De Gestion Del Talento Humano

Calle 60 Nro 18D - 481 Barrio 25 de Diciembre
Telefax: (575) 585 04 02
Valledupar, Colombia

Vigilado Superservicios      

- Comprobante de Afiliación a ARL



INGRESO EMPLEADO

DATOS DE LA EMPRESA

Tipo de Identificación: NIT
Número de documento: 824003418
Número Afiliación: 230007
Razón social: ASEO DEL NORTE SA ESP

DATOS DEL EMPLEADO:

Tipo de documento: CÉDULA
Número de Documento 1067817100
Nombre: SHELVY LORENA VILLAMIL ALFARO
Fecha Ingreso: 18/05/2023
Salario básico: 1,160,000
Nit empresa en misión: 0
Código Sucursal: 1
Centro de trabajo: 1.1
Tasa: 0.522
Fecha hora transacción: 17/5/2023 10:28:38 AM

- Carta Aval de la Práctica por UNICESAR



UPC Rumbo a la Acreditación en Calidad

Valledupar, 11 de julio de 2023

Señor:

ASEO DEL NORTE S.A.S. E.S.P.
DAVID ANDRÉS VELANDIA MAHECHA
Director Regional de Gestión del Talento Humano

Asunto: Presentación de inicio del estudiante - Prácticas académicas 2023-2.

Cordial saludo,

Por medio del presente, el Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria previo cumplimiento de los requisitos reglamentarios, presenta el estudiante **SHELVEY LORENA VILLAMIL ALFARO** identificado con **CC: 1.067.817.100** en el marco del **convenio 067 del 09 de mayo del 2022** suscrito entre la UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR y la empresa ASEO DEL NORTE S.A.S. E.S.P., quien fue aceptada para el desarrollo de las prácticas (**Desde el 11 de junio hasta el 10 de octubre del 2023**) en su empresa y/o institución en el área **DISPOSICION FINAL/RELLENO SANITARIO**, conforme a la solicitud allegada al Departamento y/o Comité de Investigación del Programa. En ese sentido, si el estudiante es seleccionado, deberá allegar la carta (*Con funciones u actividades a desarrollar según perfil académico, fecha de inicio y terminación, nombre supervisor y si la entidad asume o no la ARL*). El estudiante podrá desempeñarse en distintos roles relacionados con las áreas del diseño técnico, gestión y evaluación ambiental, tales como:

"Investigador de la problemática Ambiental y Sanitaria; Director, evaluador y ejecutor de estudios de impacto ambiental; Evaluador de los factores que inciden en la contaminación Ambiental; Diseñador, constructor y evaluador de obras de Saneamiento Básico; Coordinador de acciones tendientes al manejo y preservación de los recursos naturales; Coordinador, director, evaluador, y participante en la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCAS; Gestor para el manejo de los residuos líquidos y sólidos; Director, evaluador, ejecutor y administrador de obras que prevengan, mitiguen y corrijan los impactos ambientales; Liderar y gestionar proyectos de creación, organización y administración de empresas de consultoría ambiental; Elaborar y desarrollar planes de capacitación en las áreas que competen al profesional en ingeniería ambiental y sanitaria; entre otros roles de acuerdo con su perfil y programa académico".

Durante el desarrollo de la práctica académica y permanencia en la empresa y/o institución **MÍNIMO 640 HORAS**, el estudiante debe presentar ante el comité de investigación del programa, los respectivos planes e informes **FASE 1** y **FASE 2** de conformidad con lo dispuesto en el **cronograma semestral de prácticas académicas 2023-2, lineamientos del comité de investigación y reglamento de modalidades de grado para los programas de pregrado de ingeniería y tecnológicas**". El estudiante y/o empresa debe enviar a los correos: ambiental@unicesar.edu.co y proyectosambiental@unicesar.edu.co la afiliación a la ARL antes de iniciar actividades.

Con gratitud,



Ing. REINEL FAJARDO CASAS
Director

Documento con firma digital. La adulteración de su contenido constituye fraude y/o delito conforme a la ley.

Proyecto: Melissa Mileth Martínez Maestre - Secretaria comité de investigación del programa.

Con copia a: Comité de investigación del programa.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
Balneario Hurtado Vía a Patillal. PBX (57) (5) 5845336 EXT. 1052
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

Índice Oceánico del Niño (Anomalías)

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8
1951	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.0	0.8
1952	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1
1953	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.8	0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.5
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1957	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
1958	1.8	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1960	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.7
1966	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1.0
1969	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.0
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6
1975	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8
1977	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1979	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4

1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	1.9	2.0

Levantamiento Topográfico:

Carretera + Zona Canal				Carretera + Zona Canal			
Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)	Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)
1	692025,246	1166948,74	193,12	39	692012,341	1167069,78	193,4
2	692028,613	1166948,53	193,16	40	692011,759	1167072,75	193,38
3	692017,395	1166948,5	193,18	41	692011,442	1167076,24	193,41
4	692017,157	1166952,23	193,2	42	692011,018	1167079,52	193,43
5	692017,104	1166955,41	193,21	43	692010,859	1167083,12	193,44
6	692016,786	1166958,9	193,2	44	692010,859	1167087,14	193,44
7	692016,31	1166962,5	193,24	45	692010,33	1167091,43	193,44
8	692015,781	1166965,62	193,25	46	692010,172	1167095,08	193,49
9	692015,463	1166969,16	193,22	47	692009,801	1167098,04	193,55
10	692015,093	1166973,03	193,23	48	692009,219	1167100,95	193,59
11	692014,881	1166976,73	193,23	49	692008,584	1167105,08	193,62
12	692014,828	1166980,59	193,19	50	692008,69	1167108,04	193,62
13	692014,881	1166983,77	193,2	51	692008,002	1167111,11	193,68
14	692014,617	1166987,31	193,23	52	692007,356	1167115,03	193,69
15	692014,511	1166990,65	193,23	53	692007,039	1167119,47	193,73
16	692014,087	1166993,77	193,24	54	692007,039	1167123,12	193,73
17	692013,77	1166996,42	193,23	55	692007,039	1167127,01	193,77
18	692013,77	1166999,59	193,25	56	692006,483	1167130,59	193,81
19	692013,876	1167002,77	193,24	57	692006,086	1167134,63	193,86
20	692014,246	1167005,84	193,25	58	692005,61	1167137,73	193,89
21	692014,564	1167009,22	193,26	59	692005,372	1167141,86	193,94
22	692014,564	1167012,34	193,23	60	692005,372	1167146,54	193,9
23	692014,564	1167015,2	193,27	61	692005,61	1167151,14	193,89
24	692014,405	1167018,11	193,25	62	692006,404	1167156,38	193,82
25	692013,558	1167022,03	193,25	63	692006,801	1167159,72	193,83
26	692013,611	1167025,33	193,27	64	692006,801	1167162,49	193,8
27	692013,77	1167028,72	193,26	65	692006,404	1167165,59	193,81
28	692014,299	1167032,9	193,24	66	692005,928	1167168,53	193,83
29	692014,299	1167036,29	193,24	67	692003,546	1167171,23	193,88
30	692013,982	1167039,52	193,25	68	692000,768	1167172,42	193,93
31	692013,611	1167043,17	193,26	69	692000,054	1167174,56	193,92
32	692013,347	1167046,82	193,28	70	691999,181	1167177,73	193,95
33	692013,347	1167049,68	193,27	71	692001,88	1167178,05	193,94
34	692013,399	1167053,54	193,29	72	692004,34	1167177,65	193,91
35	692013,082	1167056,93	193,3	73	692007,674	1167177,02	193,91
36	692012,5	1167060,15	193,35	74	692009,658	1167175,27	193,89
37	692012,553	1167062,96	193,37	75	692009,817	1167177,02	193,91
38	692012,553	1167066,77	193,38	76	692008,626	1167179,32	193,9



Carretera + Zona Canal				Carretera + Zona Canal			
Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)	Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)
77	692007,833	1167180,99	193,87	115	692012,423	1167130,71	193,91
78	692006,642	1167182,97	193,86	116	692012,37	1167127,11	193,82
79	692004,737	1167184,16	193,85	117	692012,264	1167123,25	193,82
80	692002,832	1167184,64	193,8	118	692012,211	1167119,65	193,75
81	692000,022	1167186,42	193,78	119	692012,211	1167115,05	193,7
82	691997,925	1167187,22	193,75	120	692012,264	1167111,45	193,68
83	691996,735	1167187,56	193,75	121	692012,582	1167108,12	193,62
84	691997,958	1167190,4	193,73	122	692012,476	1167105,37	193,62
85	691998,534	1167192,62	193,7	123	692012,846	1167101,24	193,58
86	691998,997	1167194,51	193,69	124	692013,481	1167098,54	193,55
87	691999,791	1167196,92	193,67	125	692013,746	1167095,21	193,48
88	692000,783	1167198,94	193,67	126	692014,222	1167091,66	193,44
89	692002,271	1167200,82	193,65	127	692014,698	1167087,43	193,43
90	692003,991	1167200,1	193,65	128	692015,069	1167083,35	193,42
91	692002,172	1167198,24	193,67	129	692015,28	1167079,6	193,42
92	692001,114	1167196,39	193,67	130	692015,122	1167076,42	193,37
93	692000,254	1167194,31	193,69	131	692015,333	1167073,09	193,38
94	692000,121	1167192,29	193,7	132	692015,757	1167069,75	193,38
95	691999,096	1167189,65	193,78	133	692016,074	1167067,05	193,38
96	692001,378	1167188,75	193,8	134	692016,286	1167063,3	193,35
97	692004,255	1167187,56	193,8	135	692016,497	1167060,12	193,35
98	692006,141	1167186,77	193,8	136	692016,55	1167057,16	193,3
99	692008,357	1167185,45	193,89	137	692016,497	1167053,67	193,28
100	692010,639	1167182,93	193,92	138	692016,497	1167049,59	193,26
101	692011,565	1167180,38	183,92	139	692016,55	1167046,73	193,26
102	692012,788	1167178,14	184,01	140	692016,709	1167042,98	193,24
103	692013,058	1167175,22	187,98	141	692016,815	1167040,07	193,24
104	692012,899	1167172,15	191,23	142	692017,08	1167036,47	193,24
105	692013,111	1167169,13	192,23	143	692017,492	1167032,79	193,21
106	692012,899	1167165,69	193,82	144	692017,81	1167028,24	193,24
107	692012,952	1167162,57	193,83	145	692018,445	1167024,75	193,24
108	692013,058	1167159,66	193,82	146	692018,342	1167021,75	193,24
109	692012,899	1167156,54	193,84	147	692018,421	1167018,58	193,24
110	692012,317	1167151,09	193,85	148	692018,5	1167015,48	193,25
111	692012,317	1167146,27	193,92	149	692018,5	1167012,38	193,24
112	692012,423	1167141,72	193,92	150	692018,659	1167009,29	193,24
113	692012,317	1167137,7	193,92	151	692018,738	1167005,96	193,23
114	692012,476	1167134,73	193,9	152	692018,641	1167002,74	193,24



Carretera + Zona Canal				Carretera + Zona Canal			
Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)	Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)
153	692018,667	1166999,7	193,24	191	692020,259	1166849,29	193,12
154	692018,82	1166996,41	193,24	192	692020,365	1166845,06	193,12
155	692018,82	1166993,95	193,23	193	692020,47	1166840,82	193,12
156	692018,979	1166990,94	193,23	194	692020,576	1166836,49	193,1
157	692019,138	1166987,6	193,22	195	692021,211	1166831,3	193,1
158	692019,297	1166984,03	193,22	196	692021,74	1166826,43	193,1
159	692019,297	1166981,02	193,2	197	692021,952	1166822,73	193,1
160	692019,455	1166977,21	193,2	198	692022,27	1166818,92	193,1
161	692019,614	1166973,4	193,23	199	692022,693	1166814,47	193,05
162	692019,852	1166969,59	193,22	200	692023,01	1166810,66	193
163	692019,852	1166966,17	193,23	201	692023,645	1166806,64	193
164	692020,17	1166963,08	193,22	202	692023,963	1166803,46	193
165	692020,408	1166959,58	193,22	203	692024,28	1166800,4	192,95
166	692020,646	1166956,09	193,21	204	692024,175	1166795,63	193
167	692020,964	1166952,04	193,24	205	692023,857	1166789,71	192,96
168	692021,109	1166948,52	193,14	206	692023,963	1166785,37	193
169	692023,226	1166948,47	192,85	207	692024,175	1166781,03	193
170	692017,507	1166945,18	193,17	208	692024,386	1166776,16	193
171	692017,719	1166942,32	193,1	209	692024,81	1166771,71	193
172	692017,825	1166938,51	193,1	210	692024,915	1166767,16	193
173	692017,93	1166934,06	193,12	211	692025,127	1166762,3	193
174	692018,036	1166930,47	193,12	212	692025,55	1166758,49	193
175	692018,142	1166925,7	193,09	213	692026,185	1166754,57	193
176	692018,142	1166922,53	193,1	214	692027,35	1166749,07	193
177	692018,46	1166917,55	193,12	215	692027,879	1166744,52	193
178	692018,883	1166911,94	193,12	216	692028,302	1166740,18	192,95
179	692019,2	1166906,76	193,12	217	692028,408	1166734,88	192,95
180	692019,518	1166902	193,1	218	692028,937	1166729,17	193,92
181	692019,412	1166897,23	193,1	219	692029,89	1166721,87	192,89
182	692019,306	1166892,37	193,1	220	692029,995	1166717,53	192,87
183	692019,412	1166886,33	193,1	221	692030,525	1166713,29	192,87
184	692019,412	1166881,57	193,1	222	692031,265	1166708,21	192,85
185	692019,624	1166877,76	193,09	223	692031,583	1166703,64	192,88
186	692020,047	1166873,21	193,07	224	692031,451	1166697,95	192,87
187	692020,047	1166868,45	193,1	225	692031,715	1166691,07	192,85
188	692020,259	1166862,84	193,12	226	692031,847	1166685,78	192,85
189	692020,47	1166858,6	193,14	227	692039,917	1166685,51	192,85
190	692020,47	1166853,74	193,12	228	692041,637	1166688,29	192,85



Carretera + Zona Canal				Carretera + Zona Canal			
Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)	Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)
229	692046,135	1166689,75	192,85	267	692028,388	1166790,52	192,93
230	692049,707	1166687,5	192,85	268	692028,521	1166785,62	192,93
231	692051,956	1166684,06	192,85	269	692028,785	1166781,75	192,9
232	692021,033	1166945,25	193,14	270	692029,103	1166776,36	192,9
233	692020,993	1166942,47	193,14	271	692029,738	1166772,47	193
234	692021,152	1166938,62	193,14	272	692030,293	1166767,7	193
235	692021,324	1166934,32	193,14	273	692030,611	1166762,62	193
236	692021,483	1166930,67	193,12	274	692031,087	1166759,21	193
237	692021,562	1166925,99	193,12	275	692031,643	1166755,16	193
238	692021,562	1166922,73	193,1	276	692032,278	1166749,76	193
239	692021,88	1166917,97	193,11	277	692033,151	1166745,48	193
240	692022,435	1166912,73	193,11	278	692033,548	1166740,48	192,95
241	692022,435	1166907,33	193,12	279	692033,945	1166735,48	192,95
242	692022,753	1166902,49	193,12	280	692034,659	1166729,84	192,97
243	692022,911	1166897,73	193,1	281	692037,04	1166724,44	193
244	692023,308	1166892,41	193,1	282	692040,374	1166719,21	193
245	692023,546	1166886,77	193,1	283	692043,39	1166715	193
246	692023,626	1166881,62	193,1	284	692045,93	1166710,71	193,14
247	692024,155	1166877,83	193,1	285	692049,343	1166706,35	193,1
248	692024,42	1166873,6	193	286	692052,995	1166702,38	193,04
249	692024,552	1166868,44	193	287	692055,931	1166698,41	193,04
250	692025,081	1166863,02	193,15	288	692057,995	1166694,12	193,15
251	692025,478	1166858,39	193,17	289	692055,773	1166688,25	192,99
252	692025,346	1166853,62	193,22	290	692035,638	1166685,33	192,85
253	692025,346	1166848,99	193,12	291	692003,164	1167200,51	193
254	692025,61	1166844,76	192,13	292	692001,523	1167198,6	193
255	692025,742	1166840,53	193,1	293	692000,491	1167196,62	193,04
256	692025,61	1166836,29	193,1	294	691999,645	1167194,32	194,1
257	692026,139	1166831,53	193,09	295	691999,406	1167192,41	193,22
258	692026,933	1166827,03	193,08	296	691998,533	1167190,03	193,4
259	692027,859	1166823,46	193,08	297	691997,898	1167188,66	193,65
260	692027,595	1166819,89	193,03	298	692013,779	1167175,2	187,34
261	692027,462	1166814,99	193	299	692014,89	1167175,24	187,88
262	692027,727	1166811,16	193	300	692014,486	1167165,75	193,37
263	692028,124	1166807,58	193	301	692015,676	1167165,8	193,77
264	692028,124	1166803,62	192,95	302	692014,777	1167156,56	193,49
265	692028,785	1166800,18	192,95	303	692016,1	1167156,54	193,81
266	692028,521	1166795,02	192,95	304	692014,111	1167141,63	193,67



Carretera + Zona Canal				Carretera + Zona Canal			
Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)	Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)
305	692016,095	1167141,71	193,86	343	692028,632	1166942,32	192,89
306	692014,464	1167130,86	193,76	344	692028,565	1166937,82	192,71
307	692016,421	1167130,86	193,83	345	692025,853	1166938,22	192,35
308	692014,675	1167119,91	193,14	346	692023,737	1166938,35	192,8
309	692016,792	1167119,96	193,75	347	692025,655	1166942,58	192,86
310	692015,257	1167108,42	193,12	348	692025,523	1166945,16	192,85
311	692017,639	1167108,58	193,67	349	692023,34	1166945,23	192,8
312	692015,813	1167098,88	193,05	350	692023,538	1166942,52	192,8
313	692018,234	1167099	194,59	351	692023,604	1166933,98	192,91
314	692017,136	1167087,75	193,1	352	692026,118	1166933,59	192,45
315	692018,763	1167087,9	193,44	353	692023,882	1166922,87	192,87
316	692017,261	1167076,58	193,11	354	692026,581	1166923,03	193,12
317	692019,312	1167076,78	193,43	355	692025,152	1166907,47	192,89
318	692018,187	1167067,32	193	356	692027,891	1166907,47	193,1
319	692020,105	1167067,52	193,37	357	692025,734	1166892,38	192,9
320	692018,635	1167057,2	192,8	358	692028,909	1166892,38	193,06
321	692020,751	1167057,2	193	359	692027,216	1166877,88	192,89
322	692018,423	1167046,62	193,11	360	692030,603	1166877,88	193,1
323	692020,487	1167046,57	193,34	361	692028,169	1166863,17	193,12
324	692018,635	1167036,57	193,05	362	692031,238	1166863,17	193,15
325	692020,169	1167036,62	193,33	363	692028,169	1166848,77	193,1
326	692020,328	1167024,77	193	364	692031,767	1166848,67	193,14
327	692022,021	1167024,77	193,25	365	692028,38	1166836,39	193,1
328	692021,016	1167015,45	193	366	692031,979	1166836,29	193,21
329	692022,815	1167015,4	193,25	367	692030,391	1166823,69	193,1
330	692021,228	1167005,93	193	368	692033,672	1166824,01	193,01
331	692023,238	1167005,98	193,23	369	692030,391	1166811,31	192,92
332	692021,598	1166996,3	193	370	692033,778	1166811,31	192,87
333	692023,821	1166996,24	193,24	371	692031,555	1166800,3	192,84
334	692021,572	1166987,66	193	372	692034,307	1166800,51	192,91
335	692023,754	1166987,86	193,22	373	692031,555	1166785,91	192,89
336	692022,035	1166977,23	193	374	692034,413	1166785,91	192,89
337	692024,257	1166977,54	193,22	375	692032,402	1166773,1	192,89
338	692022,458	1166966,33	193	376	692035,048	1166773,31	192,91
339	692024,892	1166966,33	193,24	377	692034,095	1166759,77	192,91
340	692022,987	1166956,06	193	378	692036,847	1166760,09	192,89
341	692025,315	1166956,06	193,22	379	692036	1166746,12	192,72
342	692028,565	1166945,16	192,9	380	692038,858	1166746,75	192,85



Carretera + Zona Canal				Carretera + Zona Canal			
Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)	Points	X (meters)	Y (meters)	Z (msnm)
381	692037,376	1166730,13	192,83	419	692069,338	1166660,5	192,85
382	692040,339	1166730,88	192,91	420	692066,374	1166657,43	192,84
383	692045,102	1166716,59	192,85	421	692068,385	1166657,74	192,81
384	692047,324	1166718,49	193	422	692070,079	1166658,27	192,86
385	692051,452	1166707,91	192,84	423	692067,75	1166654,89	192,84
386	692054,098	1166709,6	192,95	424	692069,444	1166655,31	192,79
387	692057,696	1166699,55	192,88	425	692071,031	1166655,63	192,9
388	692060,342	1166700,71	193				
389	692060,659	1166693,62	192,92				
390	692063,305	1166693,2	192,94				
391	692059,072	1166687,27	192,85				
392	692062,035	1166686,21	192,99				
393	692054,839	1166682,3	192,85				
394	692058,014	1166681,98	192,82				
395	692054,944	1166678,38	182,87				
396	692058,331	1166678,81	192,82				
397	692061,506	1166679,33	192,9				
398	692056,638	1166674,36	192,88				
399	692059,389	1166675,31	192,8				
400	692061,718	1166676,48	192,89				
401	692061,083	1166681,98	192,9				
402	692058,754	1166670,87	192,88				
403	692060,977	1166672,03	192,77				
404	692063,199	1166672,88	192,87				
405	692060,765	1166668,01	192,88				
406	692062,67	1166669,17	192,77				
407	692064,469	1166669,92	192,88				
408	692062,459	1166666	192,88				
409	692064,152	1166666,85	192,76				
410	692065,951	1166667,9	192,85				
411	692063,729	1166663,67	192,86				
412	692065,528	1166664,52	192,77				
413	692067,327	1166665,36	192,83				
414	692064,575	1166661,66	192,85				
415	692066,269	1166662,51	192,84				
416	692067,962	1166663,04	192,85				
417	692065,528	1166659,54	192,84				
418	692067,327	1166660,07	192,8				

