

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO FINAL DE GRADO

“Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo”

Elaborado por:

Luz Andrea Volkmann Núñez

Tutor:

Prof. Ing. Gustavo Velázquez Benítez

Co Tutor:

Ing. Alexis Hernán Toledo Franco

Coronel Oviedo – Paraguay

2025



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.



Usted es libre de:

- **Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- **NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

DERECHO DE AUTOR

Quien suscribe, Luz Andrea Volkmann Núñez, autora del trabajo de investigación titulado **“Diseño de un sistema de drenaje pluvial para el Barrio Santa Lucía de la ciudad de Coronel Oviedo”**, declara que voluntariamente cede a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo a los , del mes de del 2025

.....

Luz Andrea Volkmann Nuñez



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: _____

ACTA N°: _____

FECHA : _____

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

DEDICATORIA

Al Señor Jesús, por ser mi guía constante en cada paso de este camino. Gracias por darme fuerza en los momentos de cansancio, luz en mis días de incertidumbre y paz en medio de mis temores. Sin tu gracia y tu amor, este logro no hubiera sido posible. Que este trabajo sea testigo de que todo lo que entrego en tus manos prospera.

A mi madre Basilisa, por ser la luz más constante y amorosa en mi vida. Gracias por tu inmensa fortaleza, por tu ternura que abraza incluso en la distancia y por cada sacrificio silencioso que hiciste para que yo pudiera llegar hasta aquí. Tus palabras, tu fe en mí y tu amor incondicional me sostuvieron en los momentos en los que sentía que ya no podía más. Este logro también es tuyo, mamá, porque detrás de cada página escrita está tu dedicación, tu paciencia y tu entrega infinita. Gracias por enseñarme a ser fuerte, pero también a ser sensible, y por recordarme siempre que los sueños se alcanzan paso a paso.

A mi padre Ricardo, cuya rectitud, responsabilidad y valores han construido gran parte de la persona que soy hoy. Gracias por creer en mi capacidad incluso cuando mis dudas eran más grandes que mis certezas. Por enseñarme que el esfuerzo es una forma de amor y que la disciplina abre caminos que a veces no podemos ver al inicio. Tus consejos, tu ejemplo y tu apoyo constante fueron fundamentales para que este proyecto pudiera concretarse. Cada logro que alcanzo lleva un pedacito de todo lo que me enseñaste.

A mi novio Juan, por acompañarme y apoyarme en la última etapa de mi carrera. Gracias por estar siempre.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

AGRADECIMIENTOS

Al señor Jesús, por guiarme en todo momento y por darme la sabiduría necesaria para alcanzar este logro tan importante en mi vida.

A mi familia, por confiar en mí e impulsarme desde el inicio, por su incondicional apoyo emocional y por su paciencia a lo largo de este camino.

A mis compañeros, que me ayudaron y apoyaron, también por los buenos momentos compartidos.

Al Ing. Oscar Borja por su valiosa colaboración y asesoramiento durante el desarrollo de este proyecto, contribuyendo con su experiencia y orientación en este proceso.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias y Tecnologías, por su apoyo y formación a lo largo de este proceso.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

RESUMEN

El proyecto realiza una evaluación integral del sistema de drenaje pluvial en el Barrio Santa Lucía, con el objetivo de identificar deficiencias en la conducción de aguas y proponer soluciones que reduzcan el riesgo de inundaciones. Para ello, se llevó a cabo un análisis detallado de la topografía y la delimitación de cuencas aportantes, lo que permitió caracterizar el comportamiento hidrológico del área y establecer las condiciones necesarias para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje existentes.

La investigación identificó que el sistema actual no cuenta con la capacidad suficiente para evacuar los caudales generados durante eventos de lluvia intensa, provocando acumulaciones de agua y posibles desbordamientos en sectores críticos de la red. Con base en este diagnóstico, se procedió al diseño y dimensionamiento de sumideros, alcantarillas y conductos, considerando los requerimientos hidráulicos necesarios para garantizar un flujo controlado y eficiente.

Las simulaciones realizadas permitieron validar que las soluciones propuestas mejorarían significativamente la capacidad de evacuación de la red y reducirían la acumulación de aguas pluviales en las zonas vulnerables, demostrando la importancia de un dimensionamiento adecuado de la infraestructura y una correcta caracterización de las condiciones del terreno.

Además, las fórmulas hidráulicas estándar empleadas, así como los cálculos de dimensionamiento y las simulaciones del sistema, se encuentran documentadas en los anexos del proyecto, proporcionando una guía detallada para la implementación de las soluciones planteadas.

Este enfoque integral asegura que el sistema de drenaje propuesto no solo optimice la conducción de aguas pluviales, sino que también contribuya a la resiliencia de la zona frente a eventos de precipitación intensa, ofreciendo un marco técnico confiable y replicable para futuras intervenciones hidráulicas en contextos similares.

Palabras clave

- Hidráulica y Saneamiento
- Salud y Bienestar
- Tiempo de concentración
- Método Racional
- Sumidero



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ABSTRACT

The project presents a comprehensive evaluation of the stormwater drainage system in the Santa Lucía neighborhood, aiming to identify deficiencies in water conveyance and propose solutions to reduce the risk of flooding. A detailed analysis of the topography and the delineation of contributing catchments was conducted, allowing the characterization of the hydrological behavior of the area and the establishment of the necessary conditions for the design and sizing of the existing drainage structures.

The study identified that the current system lacks sufficient capacity to evacuate the flows generated during intense rainfall events, causing water accumulation and potential overflows in critical sections of the network. Based on this assessment, the design and sizing of inlets, culverts, and conduits were carried out, considering the hydraulic requirements necessary to ensure controlled and efficient flow.

The simulations performed validated that the proposed solutions would significantly improve the evacuation capacity of the network and reduce stormwater accumulation in vulnerable areas, demonstrating the importance of proper infrastructure sizing and accurate characterization of site conditions.

Additionally, the standard hydraulic formulas used, as well as the sizing calculations and system simulations, are documented in the project appendices, providing a detailed guide for the implementation of the proposed solutions.

This comprehensive approach ensures that the proposed drainage system not only optimizes stormwater conveyance but also contributes to the resilience of the Santa Lucía neighborhood against intense rainfall events, offering a reliable and replicable technical framework for future hydraulic interventions in similar contexts.

Keywords:

- Hydraulics and Sanitation
- Health and Well-being
- Time of Concentration
- Rational Method
- Inlet



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Presentación del proyecto	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Planteamiento y formulación del problema.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
CAPÍTULO II	5
METODOLOGÍA DE DISEÑO	5
2.1. Ubicación del proyecto.....	5
Figura 1: Ubicación del proyecto	5
2.2. Delimitación del alcance del proyecto.....	6
2.3. Situación actual de la zona	6
2.4. Hidrología de la situación actual	7
2.4.1. Determinación de la cuenca.....	7
2.4.2. Determinación de parámetros geomorfológicos.....	11
2.4.3. Determinación de caudales.....	12
2.4.4. Coeficiente de escurrimiento	12
2.4.5. Intensidad de precipitación (I).....	13
2.4.6. Tiempo de concentración (Tc).....	14
2.4.7 Tiempo de retorno (Tr).....	15
2.5. Simulación de la situación actual de la cuenca.....	17
2.6. Dimensionamiento de alcantarillas.....	20
2.7. Dimensionamiento de sumideros.....	23
2.8. Registros	25
CAPÍTULO III	27
ANÁLISIS ECONÓMICO	27
3. Presupuesto	27
CAPÍTULO IV	30



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
4.1. Conclusiones.....	30
4.2 Recomendaciones	31
CAPÍTULO V	32
Bibliografía.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 2 y 3: Ubicación de la cuenca en estudio	6
Figuras 4 y 5: Situación actual de la zona de estudio.....	7
Figura 6: DEM-ALOS-PALSAR de la ciudad de Coronel Oviedo	8
Figura 7: Cuenca con la calle en estudio.....	9
Figura 8: Zoom In de la calle en estudio	10
Figura 9: Cuencas de las calles principales	11
Figura 10: Curva IDF-Estación de Villarrica (1969-2009).....	14
Figura 11: Esquema final para el análisis hidráulico del sitio de estudio	18
Figura 12: Ubicación de las líneas de alcantarillado propuesto	20
Figura 13: Direcciones de flujo	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coeficientes de escorrentía para ser usados por el método racional.....	12
Tabla 2: Periodo de retorno de diseño.....	16
Tabla 3: Parámetros morfológicos obtenidos.....	17
Tabla 4: Resultados obtenidos de la simulación con la situación actual de la cuenca en estudio	18
Tabla 5: Resumen de los tipos de alcantarillas propuestas por calle – Parte I.....	22
Tabla 6: Resumen de los tipos de alcantarillas propuestas por calle – Parte II.....	23
Tabla 7: Dimensiones de los sumideros mixtos	24
Tabla 8: Dimensiones de los sumideros transversales	24
Tabla 9: Tipos de sumideros por calle	25
Tabla 10: Registros de conexión por calle	26
Tabla 11: Cómputo métrico y presupuesto	29

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Presentación del proyecto

El Barrio Santa Lucía, de la Ciudad de Coronel Oviedo, enfrenta dificultades significativas en relación con su sistema de drenaje pluvial, lo cual se evidencia principalmente durante los eventos de precipitación de alta intensidad. La insuficiencia del sistema actual provoca la acumulación de aguas superficiales, anegamientos en calles y viviendas, deterioro de la infraestructura vial y riesgos sanitarios para los habitantes. Estos problemas se ven agravados por la falta de una planificación adecuada de las obras de drenaje, generando complicaciones en la movilidad urbana y pérdidas económicas a nivel local.

Ante esta situación, surge la necesidad de implementar mejoras en el sistema de drenaje pluvial que permitan gestionar de manera eficiente los escurrimientos superficiales, reduciendo los daños ocasionados por inundaciones recurrentes. Dichas problemáticas impactan directamente en la calidad de vida de los residentes, en el tránsito vehicular y peatonal, así como en la infraestructura pública y privada del barrio.

El presente Proyecto tiene como objetivo principal diseñar una propuesta integral de drenaje pluvial para el área de estudio. Para ello, se realizará una caracterización topográfica del terreno, el análisis de los datos hidrológicos e hidráulicos correspondientes y la evaluación de alternativas técnicas que contribuyan a optimizar la recolección y evacuación de aguas pluviales. De esta manera, se busca garantizar un entorno más seguro, resiliente y saludable para los pobladores del barrio Santa Lucía.

1.2. Antecedentes

En el año 2024, Liz Verónica Brítez Urán y Alexis Hernán Toledo Franco, alumnos de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias y Tecnologías, presentaron un Proyecto Final de Grado denominado “Diseño de una solución al sistema de desagüe pluvial del área situada entre las calles Nanawa, Vera Centurión y San Justo de la ciudad de Coronel Oviedo” en el cual se abordó el diseño y la implementación de un sistema de drenaje eficiente para una zona específica, presentando como problema principal la gestión inadecuada de aguas pluviales que provoca inundaciones y afecta la infraestructura local. Se determinó la cuenca identificando puntos de captación y trayectorias de flujo, considerando tanto el relieve natural como obras de intervención humana que afectan el escurrimiento. Se dimensionaron alcantarillas y sumideros con fórmulas hidráulicas estándar y simulaciones de precipitaciones intensas, con el fin de calcular el tamaño y la capacidad óptima para los elementos del sistema. [1]

En el año 2020, Oscar Enmanuel Borja Florenciano y Helena Rosalía Espínola Cardozo, alumnos de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, han elaborado el Proyecto Final de Grado denominado “Optimización del drenaje pluvial de la cuenca urbana “Ykua Pa’i” de la ciudad de San Lorenzo”. Por consiguiente, se propone la optimización del drenaje pluvial de la cuenca urbana “Ykua Pa’i” de la ciudad de San Lorenzo, la cual desemboca en el arroyo que lleva el mismo nombre de la ciudad. Seguidamente se realizó un estudio topográfico del área afectada, a fin de obtener los perfiles de las calles para evaluar y diseñar una propuesta técnica-económicamente factible. Como conclusión del proyecto se pudo contemplar que se realizó un trazado de la red de desagüe pluvial. Se dimensionó un sistema de alcantarillas, tuberías de conexión, cunetas, registros y estructuras de disipación de energía. Se evaluó el estudio de impacto ambiental. Finalmente se realizó el cómputo y presupuesto de las obras a construir, así como el costo de mantenimientos futuros de dichas obras. [2].

1.3. Planteamiento y formulación del problema

El Barrio Santa Lucía se localiza en una de las zonas más bajas de Coronel Oviedo, lo que lo convierte en un punto crítico durante las precipitaciones intensas, al recibir escorrentías de barrios aledaños como el Centro y Capitán Roa. A esto se suman el crecimiento urbano y la pavimentación, que reducen la infiltración del agua y aumentan la sobrecarga del sistema de desagüe pluvial.

Como resultado, se generan problemáticas frecuentes: desbordes e inundaciones, deficiente interconexión de red, deterioro de las infraestructuras y acumulación de desechos que disminuyen la capacidad hidráulica del sistema. Estas condiciones afectan directamente a la población y a instituciones educativas, religiosas y comunitarias ubicadas en el área.

1.4. Justificación

El barrio Santa Lucía presenta, desde hace varios años, un incremento progresivo en los problemas de escurrimiento pluvial. La principal causa radica en que los sistemas de drenaje asociados a los pavimentos de calles y rutas no poseen la capacidad suficiente para evacuar de manera adecuada el caudal generado por las precipitaciones.

El análisis de los drenajes vinculados a la infraestructura vial constituye un aspecto estratégico para el municipio, dado que durante los periodos de lluvias intensas se manifiestan deficiencias de control en el flujo superficial. En este contexto, resulta esencial formular proyectos de diseño eficiente que puedan ejecutarse de manera técnica y económicamente viable.

La presente investigación propone un diseño hidrológico de los drenajes pluviales del barrio, incorporando alternativas de regulación de caudales con el propósito de:

- Reducir daños por inundaciones a las viviendas, los comercios y a la infraestructura vial.
- Mejorar las condiciones de tránsito en épocas de lluvias.
- Disminuir riesgos de inundación.
- Garantizar aportes hídricos controlados hacia los cauces naturales.
- Contribuir al desarrollo urbano sostenible y a la mejora de la calidad de vida de la población.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Identificar el impacto de las inundaciones en las distintas zonas del barrio con el propósito de delimitar el área a intervenir.
- Identificar características hidrológicas y topográficas del área, a modo de conocer los parámetros necesarios para un óptimo diseño de la propuesta de solución.
- Diseñar una propuesta de ingeniería económicamente viable, que garantice la seguridad, funcionalidad y perdurabilidad del proyecto.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE DISEÑO

2.1. Ubicación del proyecto

La zona propuesta se encuentra ubicada en el Barrio Santa Lucía de la ciudad de Coronel Oviedo, Departamento de Caaguazú, a una distancia aproximada de 100 metros de la Ruta PY08 Dr. Blas Garay, el camino público del lugar es de tipo empedrado, y un pequeño sector cuenta con pavimento asfáltico.

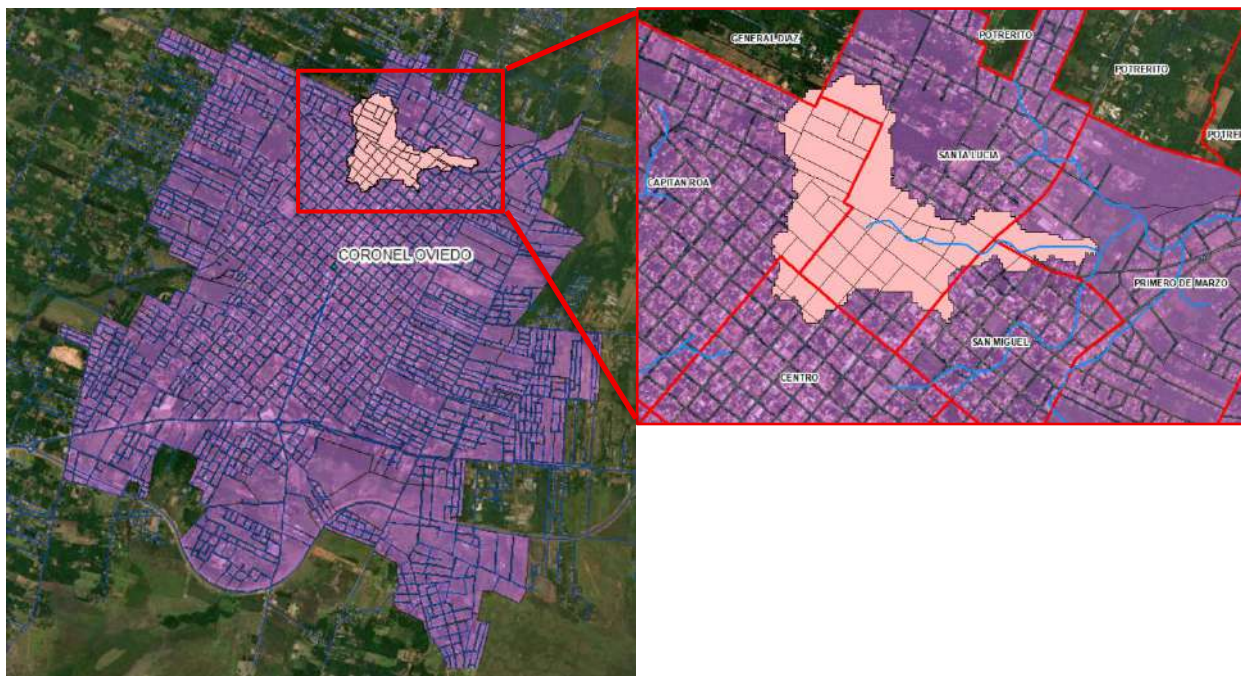


Figura 1: Ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

2.2. Delimitación del alcance del proyecto

El alcance del proyecto se enfoca en la evaluación y rediseño del sistema de drenaje pluvial de la cuenca del barrio Santa Lucía, previa realización de análisis en gabinete orientados a la delimitación de la cuenca, la obtención de perfiles de las calles y la identificación de los puntos críticos y de aporte de agua hacia las calles colectoras.



Figuras 2 y 3: Ubicación de la cuenca en estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps

2.3. Situación actual de la zona

Actualmente, la zona de estudio cuenta con canales de piedra bruta que presentan un marcado subdimensionamiento, lo que ocasiona que sean sobrepasados durante los eventos de lluvia intensa. A esta situación se suma la presencia de residuos sólidos y otros elementos contaminantes en su interior, los cuales reducen significativamente la sección hidráulica y limitan la conducción de flujo.



Figuras 4 y 5: Situación actual de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

2.4. Hidrología de la situación actual

En el barrio Santa Lucía, los escurrimientos superficiales siguen las pendientes naturales del terreno, concentrándose en las calles y zonas bajas. Durante eventos de lluvia, se observa acumulación de agua en sectores con menor pendiente o sin drenaje adecuado, lo que genera microcuencas locales que determinan la dirección y velocidad de los flujos. Este comportamiento hidrológico evidencia la necesidad de dimensionar correctamente la infraestructura pluvial para garantizar la evacuación eficiente de agua y prevenir inundaciones puntuales en el área de estudio.

2.4.1. Determinación de la cuenca

Para la delimitación de la cuenca en el área de estudio se empleó un Modelo Digital de Elevación (DEM) [3] de la ciudad de Coronel Oviedo, con una resolución raster de 12.5 m. Esta resolución permitió realizar un análisis preliminar de la cuenca, identificando las zonas donde se concentra y acumula el caudal superficial. Este enfoque facilitó la caracterización inicial del comportamiento hidrológico del área de estudio y sirvió de base para la definición de rutas de escurrimiento.

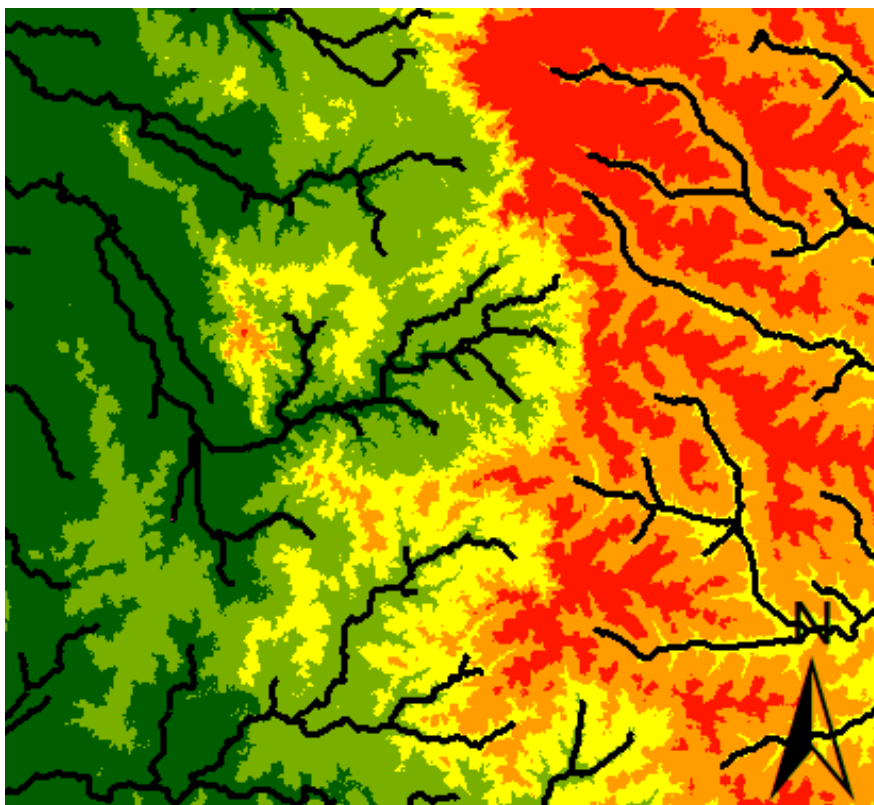


Figura 6: DEM-ALOS-PALSAR de la ciudad de Coronel Oviedo

Fuente: Elaboración propia a partir del DEM ALOS PALSAR, procesado en ArcGIS

La delimitación de la cuenca se realizó mediante un procedimiento técnico en Civil 3D [4], utilizando los planos urbanos de Coronel Oviedo y las cotas de elevación obtenidas del DEM [3]. Con esta información se generaron alineamientos longitudinales en las calles del área de estudio y se delimitaron microcuencas por cuadra, asumiendo que el escurrimiento superficial drena hacia las calles perimetrales, de acuerdo con la configuración urbana.

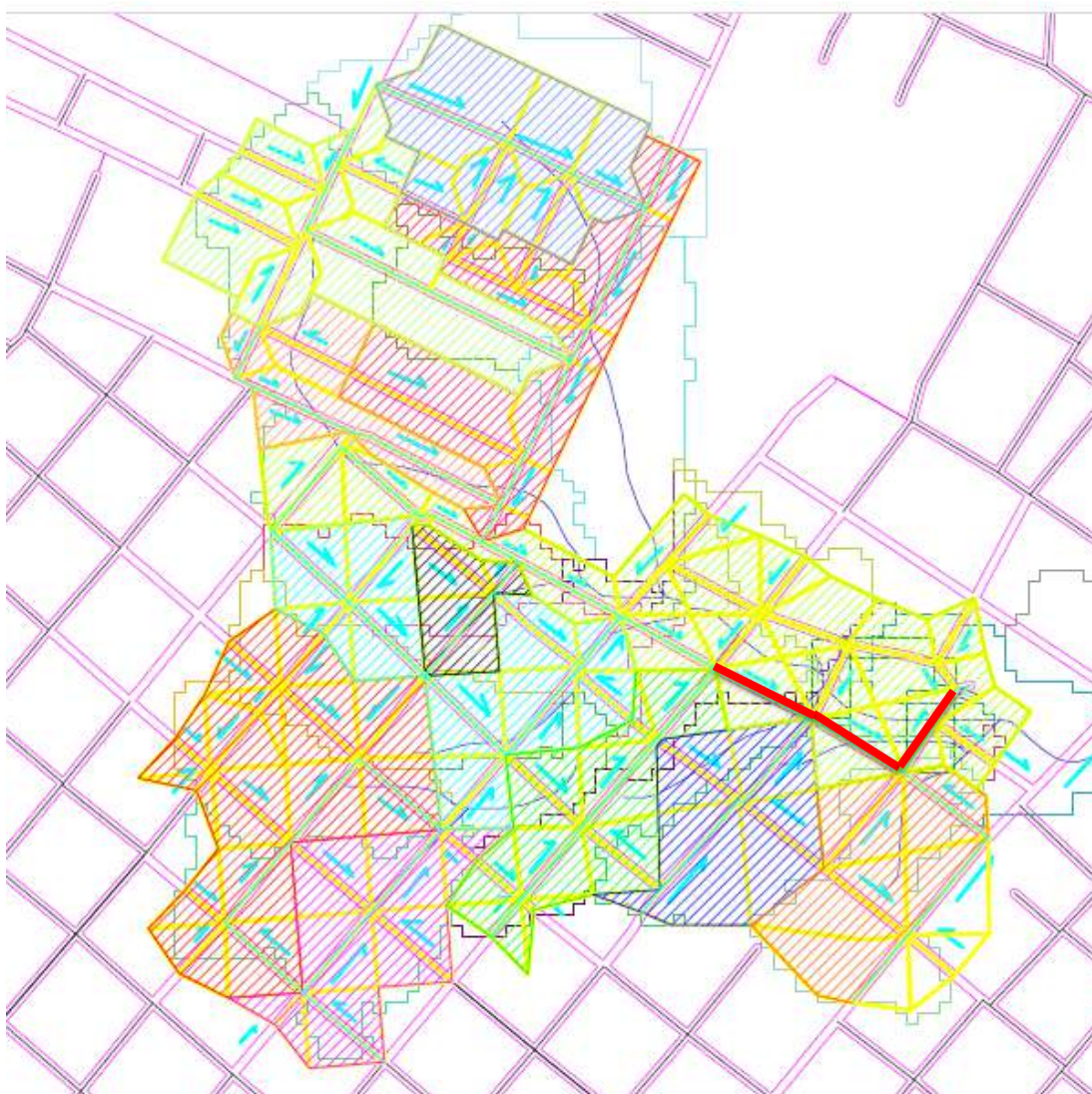


Figura 7: Cuenca con la calle en estudio

Fuente: Elaboración propia

Con esta información se analizó el sentido de escurrimiento de las aguas pluviales en cada calle, lo que permitió identificar las microcuencas correspondientes. El análisis consideró las pendientes naturales del terreno y los posibles puntos de convergencia del flujo, así como la influencia de las estructuras existentes sobre el comportamiento del drenaje.

El análisis del sentido de escurrimiento se fundamenta en la necesidad de representar el comportamiento real del drenaje en un entorno urbano, donde las pendientes de las calles y la disposición de las estructuras condicionan la dirección y concentración del flujo superficial. Este enfoque permite delimitar microcuencas coherentes y definir de manera adecuada los aportes de caudal al sistema pluvial.



Figura 8: Zoom In de la calle en estudio

Fuente: Elaboración propia

El relevamiento topográfico se realizó en los cursos que concentran los mayores volúmenes de escorrentía, incluyendo las calles Dr. Blas Garay, Caacupé, San Pedro y Juan León Mallorquín, así como la salida del canal abierto en esta última. Estos sectores actúan como colectores naturales del flujo superficial, por lo que su caracterización permitió identificar con precisión las rutas de escurrimiento y los puntos críticos del sistema de drenaje. La delimitación preliminar de las microcuencas se verificó en campo mediante el registro de parteaguas, cotas de estructuras hidráulicas, niveles de vereda y límites de la red vial. La integración de estos datos garantizó que el análisis hidrológico reflejara adecuadamente las condiciones reales del terreno y el impacto del escurrimiento superficial en el diseño de las obras hidráulicas. La tabla de dicho relevamiento topográfico se encuentra en el Anexo I.

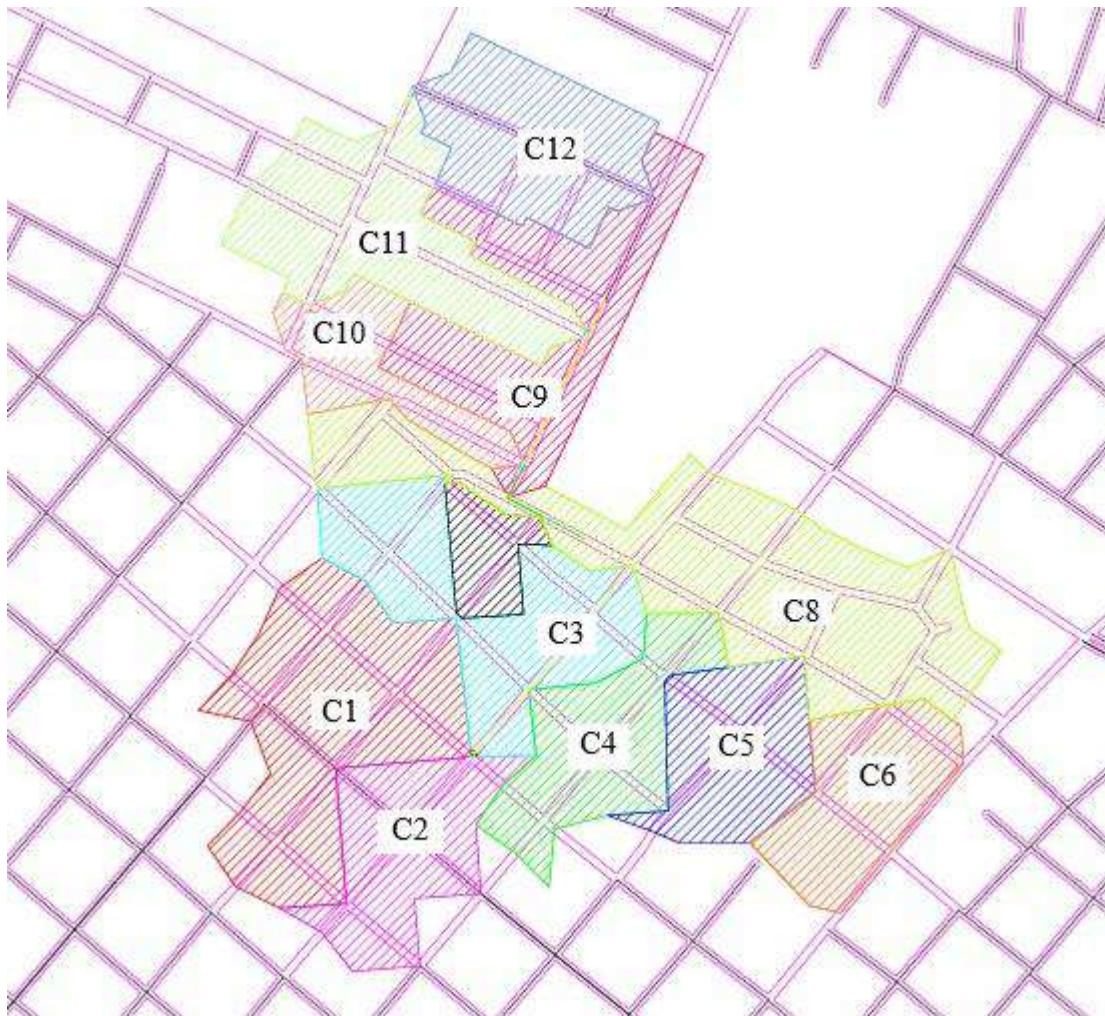


Figura 9: Cuencas de las calles principales

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Determinación de parámetros geomorfológicos

Para determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca se analizaron el área total, el desnivel y la pendiente del cauce principal, variables esenciales para caracterizar la dinámica hidrológica y estimar el tiempo de concentración. El área fue delimitada mediante un Modelo Digital de Elevación (DEM) [3], permitiendo estimar el volumen potencial de escorrentía. El desnivel se obtuvo a partir de la diferencia entre el punto de mayor elevación y el punto de salida, mientras que la pendiente del cauce principal se calculó relacionando este desnivel con su longitud. Estos parámetros inciden directamente en la velocidad del flujo y permiten el adecuado dimensionamiento de las obras de drenaje.

2.4.3. Determinación de caudales

La estimación de los caudales se realizó mediante el método racional, ampliamente utilizado para determinar el caudal máximo generado en una cuenca durante un evento de lluvia. Este método es recomendado para áreas menores a 2,5 km² [5] debido a su simplicidad y precisión dentro de dicho rango. En este estudio, la suma de las áreas de las microcuencas se mantuvo dentro de este límite, por lo que su aplicación fue técnicamente adecuada. La expresión utilizada para los cálculos en esta etapa es:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q es el caudal de la cuenca (medido en metros cúbicos por segundo, m^3/s);

C es el coeficiente de escurrimiento;

i es la intensidad de precipitación (medida en milímetros por hora, mm/h), y;

A es el área de la cuenca (medida en, km^2).

2.4.4. Coeficiente de escurrimiento

La tabla utilizada corresponde al Manual de Carreteras del Paraguay [6]. Se adoptó un rango de coeficiente conservador, considerando que la cuenca pasará de áreas verdes a un escenario de mayor impermeabilización por el desarrollo urbano futuro.

Tipo de Terreno	Coeficiente de Escurrimiento
Pavimentos de adoquín	0,50 - 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 - 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 - 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,80 - 0,95
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 - 0,65
Zonas de cultivo	0,20 - 0,40

Tabla 1: Coeficientes de escurrimiento para ser usados por el método racional

Fuente: Manual de Carreteras del Paraguay

El coeficiente de escurrimiento $C=0.82$ representa el comportamiento hidrológico de la cuenca bajo un escenario de urbanización consolidada. Se obtuvo mediante un promedio ponderado considerando 80% de superficies impermeables ($C=0.95$) y 20% de superficies permeables ($C=0.30$), reflejando el alto grado de impermeabilización y el uso urbano predominante. Este valor permite estimar de manera conservadora los caudales de diseño mediante

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

el método racional. La expresión utilizada para esta ponderación obedece a las directivas de Chow [7]:

$$C_p = \sum C_i f_i \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

C_i es el coeficiente de escorrentía de la sub área i;

f_i es la fracción del área correspondiente.

En el caso de la cuenca estudiada se consideraron dos tipos de superficie, impermeables ($C_1 = 0.95$, $f_1 = 0.80$) y permeables ($C_2 = 0.30$, $f_2 = 0.20$), resultando:

$$C_p = (0.95 \times 0.80) + (0.30 \times 0.20) = 0.82 \quad \text{Ecuación 3}$$

El coeficiente de escorrentía $C=0.82$ resulta pertinente para el análisis, ya que corresponde a un entorno urbano con alto grado de impermeabilización. Además, su adopción es coherente con la condición futura proyectada para la cuenca, donde el incremento de superficies pavimentadas y edificadas reduce la infiltración natural del terreno, aumentando el volumen de escurrimiento superficial.

2.4.5. Intensidad de precipitación (I)

Para la estimación de la intensidad de precipitación se utilizó la curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de Villarrica, dada la similitud de los patrones de lluvia. La curva relaciona intensidad, duración y frecuencia de los eventos pluviométricos, permitiendo calcular la intensidad de lluvia para distintos períodos de retorno, lo cual es esencial para aplicar correctamente el método racional y estimar caudales representativos de la región.

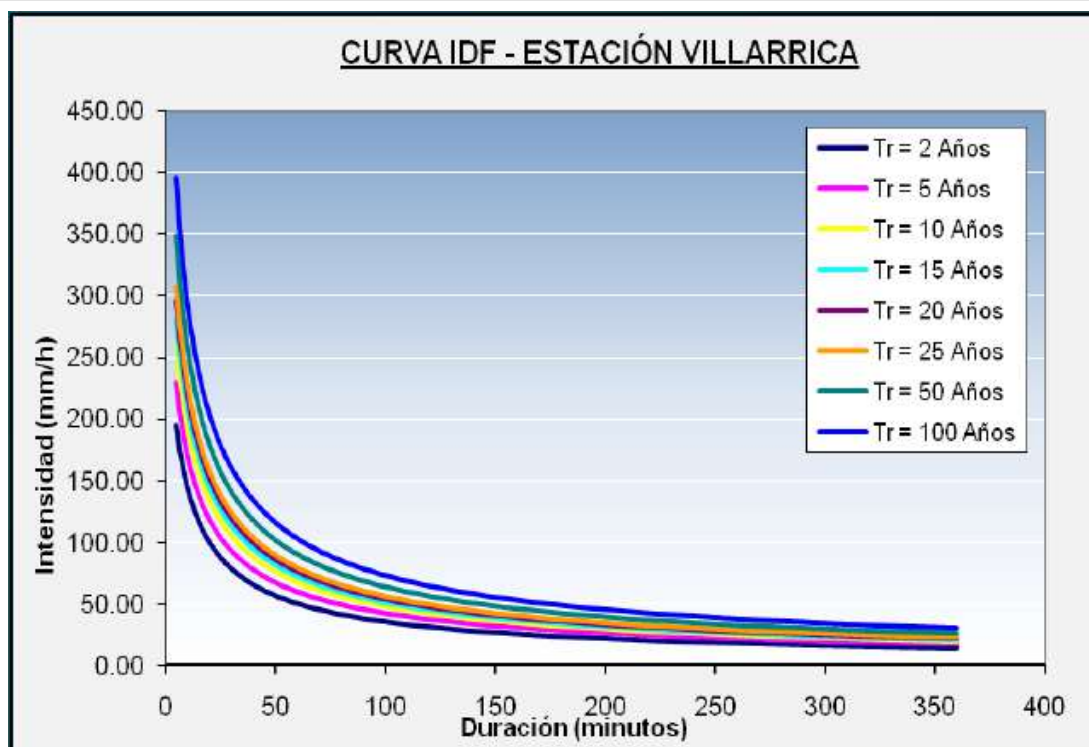


Figura 10: Curva IDF-Estación de Villarrica (1969-2009)

Fuente: DMH-DINAC: Dirección de Meteorología e Hidrología

2.4.6. Tiempo de concentración (Tc)

El Tiempo de Concentración (Tc) se define como el intervalo que tarda el agua en desplazarse desde los extremos de la cuenca hasta el punto de salida. Se recomienda estimarlo con precaución y ajustarlo si se dispone de datos adicionales para reflejar con mayor precisión el comportamiento hidrológico real. Siguiendo el Manual de Carreteras del Paraguay [8], se adoptó un Tc mínimo de 10 minutos. Para cuencas menores a 0.80 km², se utilizó la ecuación de Kirpich según el Manual de Hidrología Básica para Estructuras de Drenaje de Brasil [6].

$$Tc = 0.01947 \times \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Tc es el tiempo de concentración en minutos;

L es la longitud del cauce principal desde el punto más alejado hasta la salida de la cuenca (en metros);

S es pendiente del cauce principal en metros/metros.

El tiempo de concentración se calculó considerando las características geomorfológicas de la cuenca, previamente determinadas, tales como el área, desnivel, longitud y pendiente del cauce principal.

2.4.7 Tiempo de retorno (Tr)

La selección del período de retorno para el presente Proyecto Final de Grado se realizó siguiendo las recomendaciones del Manual de Carreteras del Paraguay [8]. De acuerdo con la clasificación presentada en la Tabla 3, para alcantarillas con sección útil menor a 1.75 m² y destinadas a caminos y carreteras primarias (β), se recomienda un período de retorno de 25 años para el diseño. Esta selección busca garantizar un equilibrio entre la vida útil de la estructura y un nivel de riesgo aceptable, considerando que un período de retorno mayor podría implicar sobredimensionamiento y costos innecesarios, mientras que un período menor podría comprometer la seguridad y el correcto funcionamiento de la alcantarilla ante eventos de lluvia significativos. En este contexto, el período de retorno adoptado asegura que la estructura cumpla adecuadamente con los requisitos de operación, mantenimiento y seguridad durante su vida útil prevista.

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

Tipo de obra	Tipo de Ruta	Período de Retorno (años)		Vida útil Supuesta (n: años)	Riesgo de Falla (%)			
		Diseño ⁽⁴⁾	Verificación ⁽⁵⁾		Diseño		Verificación	
Estructuras Especiales ⁽¹⁾	RVP	200	300	50	22		15	
Puentes ⁽²⁾	α	200	300 150	50 50	2 2		15	
	β	100			40		28	
Alcantarillas ($S > 1.75 \text{ m}^2$) o $H_{\text{terrap.}} \geq 10 \text{ m}$ y Estructuras Enterradas ⁽³⁾	α	1 0 0	150 100	50 30	4 0		28 26	
	β	50			45			
Alcantarillas ($S < 1.75 \text{ m}^2$)	α	50 25	100 50	50 30	6 4		40 45	
	β				71			
Defensas de Riberas	α	1 0 0	- -	20 20	1 8		- -	
	β	100			18			

S = Sección útil de la alcantarilla

RVP = Red Vial Primaria

α = Autopistas y Multicarriles

β = Caminos y Carreteras primarias.

⁽¹⁾ Estructuras especiales

⁽²⁾ En el caso de Puentes, el cálculo de caudales en crecida está destinado a calcular la socavación en las fundaciones de las pilas. Iguales períodos de retorno se emplearán para el cálculo de socavaciones en puentes.

⁽³⁾ Las Alcantarillas de drenaje construidas bajo terraplenes de altura mayores o iguales a 10 m deben diseñarse para estos Períodos de Retorno, cualquiera que sea su sección. En esta misma categoría se clasificarán las estructuras proyectadas bajo el nivel del terreno natural circundante, destinadas al cruce desnivelado de dos vías.

⁽⁴⁾ Para la etapa de diseño de puentes y defensas de ribera, la revancha mínima asociada a la cota de aguas máximas para el período de retorno de diseño debe ser de 1,0 m.

Tabla 2: Periodo de retorno de diseño

Fuente: Manual de Carreteras del Paraguay

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

Al finalizar el análisis de los parámetros geomorfológicos, se encuentra una tabla resumen con los resultados obtenidos del procedimiento realizado.

ID	AREA (m2)	LONGITUD (m)	COTA ENTRADA (m)	COTA SALIDA (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (%)	TC (min)	TC ADOP (min)	I (mm/h)	C	TR (años)	Q (m3/s)
C1	80,235.75	479.69	178.23	171.96	6.27	1.31%	11.99	11.99	210.12	0.82	25.00	3.84
C2	42,162.39	361.80	180.01	171.96	8.05	2.22%	7.86	10.00	229.88	0.82	25.00	2.21
C3	61,096.79	567.77	182.85	165.48	17.37	3.06%	9.84	10.00	229.88	0.82	25.00	3.20
C4	43,641.42	394.19	174.76	163.90	10.86	2.76%	7.74	10.00	229.88	0.82	25.00	2.29
C5	38,693.56	295.00	172.00	162.06	9.94	3.37%	5.73	10.00	229.88	0.82	25.00	2.03
C6	39,114.05	362.55	168.01	160.00	8.01	2.21%	7.90	10.00	229.88	0.82	25.00	2.05
C7	13,945.66	166.73	174.51	171.58	2.93	1.76%	4.74	10.00	229.88	0.82	25.00	0.73
C8	107,786.81	988.74	182.85	160.00	22.85	2.31%	16.81	16.81	175.55	0.82	25.00	4.31
C9	60,295.77	493.03	182.00	174.27	7.73	1.57%	11.42	11.42	215.37	0.82	25.00	2.96
C10	26,661.82	396.79	185.57	173.87	11.70	2.95%	7.58	10.00	229.88	0.82	25.00	1.40
C11	63,043.86	460.36	185.96	176.13	9.83	2.14%	9.62	10.00	229.88	0.82	25.00	3.30
C12	48,793.57	334.79	185.97	180.19	5.78	1.73%	8.17	10.00	229.88	0.82	25.00	2.55
											TOTAL	30.86

Tabla 3: Parámetros morfológicos obtenidos

Fuente: Elaboración propia

2.5. Simulación de la situación actual de la cuenca

Se realizó una simulación hidráulica utilizando el software SSA (Storm and Sanitary Analysis) [9] con el propósito de evaluar el comportamiento de la red de drenaje existente bajo diferentes escenarios de precipitación. La modelación permitió reproducir el tránsito de los caudales generados en la cuenca, considerando las características geomorfológicas, el uso del suelo y las condiciones de impermeabilización existentes. Mediante este análisis se identificaron los puntos críticos de la red, tales como desbordamientos, acumulaciones de agua y tramos con capacidad insuficiente para evacuar los escurrimientos, evidenciando las limitaciones del sistema. Los resultados obtenidos proporcionaron una base cuantitativa para justificar la necesidad de intervenciones o mejoras en la red, asegurando que las futuras propuestas de diseño optimicen la conducción del agua pluvial y minimicen los riesgos de inundación en la zona de estudio.

Para la simulación en el software SSA (Storm and Sanitary Analysis) [9] se consideraron los siguientes parámetros de entrada: modelo digital de elevación (DEM) [3] para la geometría de la cuenca y el cauce; propiedades del cauce, incluyendo sección transversal, pendiente y rugosidad; datos de precipitación, con intensidades y eventos de lluvia; y condiciones de contorno, tales como flujo de entrada, estructuras de control y niveles de descarga.

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

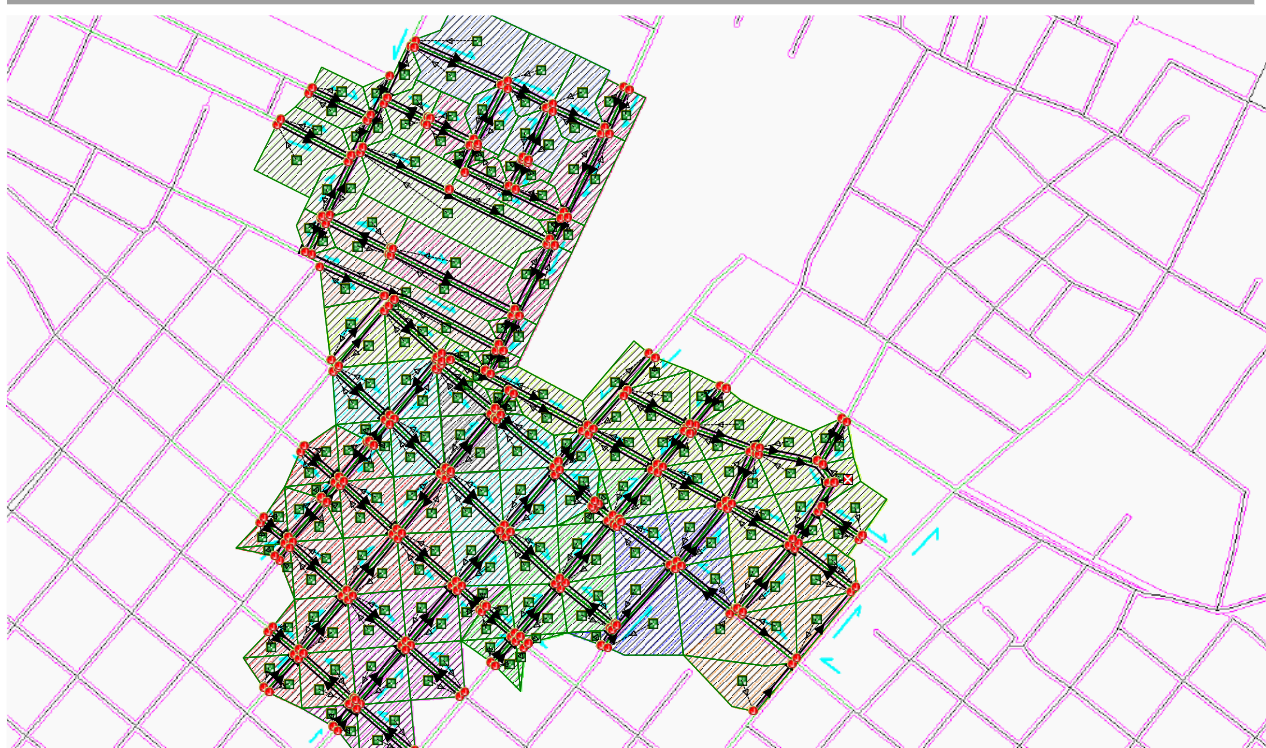


Figura 11: Esquema final para el análisis hidráulico del sitio de estudio

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS - SITUACION ACTUAL					
CALLE PRINCIPAL	CUENCAS APORTANTES	ID LINK DESCARGA	Q (m ³ /s)	NIVEL DE AGUA PROMEDIO (m)	DIAGNOSTICO
San Pedro	C8	LINK 170	6,41	0,91	Sobrepasa nivel de cordón
Maldonado	C9-C10-C11-C-12	LINK 198 - LINK 199	7,80	0,34	Sobrepasa nivel de cordón
Dra. Serafina Davalos	C7	LINK 140 - LINK 141	0,67	0,17	Sobrepasa nivel de cordón
Fulgencio R. Moreno	C1-C2-C3	LINK 88 - LINK 89	7,56	0,45	Sobrepasa nivel de cordón
Dr. Ignacio A. Pane	C4	LINK 112 - LINK 113	1,94	0,36	Sobrepasa nivel de cordón
Dr. Blas Garay	C5	LINK 124 - LINK 125	2,17	0,45	Sobrepasa nivel de cordón
Juan León Mallorquín	C6	LINK 130 - LINK 131	0,79	0,25	Sobrepasa nivel de cordón

Tabla 4: Resultados obtenidos de la simulación con la situación actual de la cuenca en estudio

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

Los niveles de agua promedio obtenidos representan la altura media del flujo superficial en cada vía durante los eventos evaluados. Los resultados indican que en todas las vías el nivel promedio supera el nivel de cordón de 10 cm de altura, evidenciando un sobrepaso generalizado y una insuficiencia hidráulica significativa en el sistema de drenaje existente.

2.6. Dimensionamiento de alcantarillas

El dimensionamiento se lleva a cabo mediante el software Storm and Sanitary Analysis (SSA) [9], cuyo desglose se encuentra en los anexos.

Se proponen seis líneas de alcantarillado, diseñadas para recolectar y conducir los flujos provenientes de las calles C/ Maldonado 1, C/Maldonado 2, Maldonado, Caacupé 1, Caacupé 2, 25 de diciembre, Remberto Jiménez, Dra. Serafina Dávalos, Fulgencio R. Moreno, Dr. Ignacio A. Pane, Dr. Blas Garay, San Pedro, Juan León Mallorquín, Caacupé y el último tramo que pasa por debajo de la RutaPY08 Dr. Blas Garay hasta su empalme con el punto de descarga hacia el drenaje existente que constituye la salida y el final de la red propuesta.



Figura 12: Ubicación de las líneas de alcantarillado propuesto

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar la necesidad de considerar correctamente las direcciones de flujo al realizar los modelados y cálculos correspondientes. Por este motivo, en la figura se presentan las direcciones principales del escurrimiento para su adecuada interpretación.



Figura 13: Direcciones de flujo

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionaron cinco ramales secundarios, dispuestos en forma paralela y transversal, además de un ramal principal. El primer ramal secundario se inicia en la intersección de la C/Maldonado 1 con la calle Maldonado y se desarrolla a lo largo de esta vía, conectando posteriormente con las calles C/Maldonado 2, Caacupé 1, Caacupé 2 y 25 de Diciembre. A lo largo de su recorrido se dispusieron galerías celulares simples, dobles y triples, según la capacidad requerida en cada tramo, todas ubicadas en el eje de la calzada para aprovechar el espacio disponible. El segundo ramal secundario inicia en la intersección de Fulgencio R. Moreno con San Pedro y cuenta con galerías celulares dobles en todo su desarrollo, igualmente situadas en el centro de la vía. El tercer ramal se origina en la intersección de la calle San Pedro con el tramo Juan León Mallorquín, incorporando galerías celulares triples ubicadas en el eje de la calle. El cuarto ramal

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

comienza con la intersección de Caacupé con Juan León Mallorquín, que también lleva galerías celulares triples en toda su extensión, asimismo, el tramo correspondiente al de la RutaPY08 Dr. Blas Garay también incorpora galerías celulares triples hasta su empalme con el drenaje existente ubicado al otro lado de la calzada. Esta disposición permite optimizar el espacio disponible y asegurar una conducción eficiente de las aguas pluviales.

El ramal principal corresponde a la calle San Pedro, cuya función es captar y transportar los caudales provenientes de los ramales secundarios que desembocan de manera transversal y paralela en dicha vía. El flujo es conducido a lo largo del ramal principal hasta el punto de descarga ubicado al final del tramo ubicado sobre la Ruta PY08 Dr. Blas Garay. En el tramo correspondiente a la RutaPY08, se identificó la presencia de un drenaje que cruza por debajo de la calzada, el cual conduce los escurrimientos hacia un sistema de drenaje existente al otro lado de la ruta. No obstante, dicho drenaje resulta hidráulicamente insuficiente para transportar el caudal aportado por los ramales secundarios, por lo que se proyecta su reemplazo por galerías triples, a fin de garantizar una adecuada capacidad de conducción en la condición futura.

Tramo	Tipo de alcantarilla	Longitud	Cota-Inicio	Cota-Final	Pendiente %
Maldonado	ACS 1,00x1,00	145,117	180.19	176.96	2.5
Maldonado	ACD 1,00x1,00	227,219	176.96	173.87	1.3
Maldonado	ACT 1,00x1,00	46,592	173.87	174.27	1.1
San Pedro	ACS 1,00x1,00	40,773	174.27	175.4	2.5
San Pedro	ACT 1,00x1,00	109,227	175.4	174.27	1
San Pedro	ACT 1,50x1,50	410,615	165.83	160	1
Fulgencio R. Moreno	ACD 1,00x1,00	307,360	171.77	172.51	0.82
Juan León Mallorquín	ACT 1,50x1,50	67.479	160	160.93	1
Caacupé	ACT 1,50x1,50	132.817	160	159.96	1
Ruta PY08	ACT 1,50x1,50	60.694	159.96	159.77	1.2

Tabla 5: Resumen de los tipos de alcantarillas propuestas por calle – Parte I

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

Tramo	Tipo de alcantarilla	Manning	Q transporte m ³ /s	Velocidad m/s	Tirante m
Maldonado	ACS 1,00x1,00	0.015	2.81	4.38	0.79
Maldonado	ACD 1,00x1,00	0.015	7.55	4.50	0.84
Maldonado	ACT 1,00x1,00	0.015	10.47	4.48	0.78
San Pedro	ACS 1,00x1,00	0.015	0.59	2.90	0.20
San Pedro	ACT 1,00x1,00	0.015	12.13	4.53	0.89
San Pedro	ACT 1,50x1,50	0.015	22.68	5.16	0.98
Fulgencio R. Moreno	ACD 1,00x1,00	0.015	7.38	4.48	0.82
Juan León Mallorquín	ACT 1,50x1,50	0.015	22.68	5.16	0.98
Caacupé	ACT 1,50x1,50	0.015	30	5.63	1.18
Ruta PY08	ACT 1,50x1,50	0.015	32.16	5.98	1.25

Tabla 6: Resumen de los tipos de alcantarillas propuestas por calle – Parte II

Fuente: Elaboración propia

La tabla detallada de los caudales, tirantes y velocidades resultantes de los cálculos realizados, se encuentran en el Anexo III.

2.7. Dimensionamiento de sumideros

El dimensionamiento de los sumideros se realizó considerando el caudal máximo esperado, las áreas de aporte de cada tramo, la pendiente de las calles y las características hidráulicas de la superficie.

Se seleccionaron dos tipos de sumideros, mixtos con rejillas simples, dobles, triples, cuádruples y transversales, según la capacidad requerida y la facilidad de mantenimiento. Para asegurar un funcionamiento óptimo, se establecieron criterios de diseño que incluyen la velocidad mínima y máxima de escorrentía en superficie, la distancia entre sumideros para garantizar la interceptación eficiente del flujo y la compatibilidad con las galerías celulares adyacentes.

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

Se presentan tablas resúmenes de los tipos de sumideros elegidos con sus dimensiones:

N.	cordón		Rejilla			Caudal captado(m ³ /s)
	Longitud (m)	Altura de abertura (m)	Ancho rejilla (m)	Longitud rejilla(m)	Área neta(m ²)	
SM1	1,5	0,2	0,6	1,5	0,45	0,53
SM2	3	0,2	0,6	3	0,9	1,06
SM3	4,5	0,2	0,6	4,5	1,35	1,59
SM4	6	0,2	0,6	6	1,8	2,12

Tabla 7: Dimensiones de los sumideros mixtos

Fuente: Elaboración propia

N.	Ancho rejilla (m)	Longitud rejilla(m)	A. neta(m ²)	Altura de agua (m)	Q(m ³ /s)
ST1	1,5	8	6	0,2	4,69

Tabla 8: Dimensiones de los sumideros transversales

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

A continuación, se muestra una tabla resumen de los tipos de sumideros propuestos clasificados por calle.

RESUMEN DE SUMIDEROS POR CALLE		
Calle	Cantidad	Tipo
Maldonado	4	SM1
C/Maldonado 1	2	SM2
C/Maldonado 2	2	SM1
Caacupé 1	1	SM3
	1	SM2
Caacupé 2	2	SM1
25 de diciembre	1	SM2
	1	SM1
San Pedro	8	SM1
Dra. Serafina Dávalos	2	SM1
Fulgencio R. Moreno	1	ST
	2	SM2
	2	SM1
Remberto Jiménez	2	SM2
Dr. Ignacio A. Pane	2	SM2
	2	SM1
Dr. Blas Garay	2	SM2
	1	SM3
	1	SM4
Juan León Mallorquín	2	SM1
Caacupé	2	SM1
	2	SM2
Ruta PY08	1	SM3
	1	SM2

Tabla 9: Tipos de sumideros por calle

Fuente: Elaboración propia

2.8. Registros

Los registros, también denominados pozos de visita o cámaras de inspección, constituyen elementos esenciales en los sistemas de drenaje pluvial, ya que permiten el acceso para labores de inspección, mantenimiento y reparación de la infraestructura.

Los registros de conexión son aquellos que se construyen para conectar alcantarillas. Pueden estar ubicados desde el sumidero hasta la red principal o la red de una calle a la red principal.

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

Los registros de inspección o tipo E son aquellos que se colocan cuando la distancia entre registros de conexión es mayor a 150 metros, por lo que estos registros deben colocarse en un intervalo mínimo de 80 metros.

Los registros de este proyecto deberán:

- Los registros de conexión deberán tener tapa de hierro fundido removible y de dimensiones mínimas de 600 mm x 600 mm, los registros de inspección deberán tener tapa de hierro fundido removible y de forma triangular de mínimo 600 mm de lado.
- Los registros de conexión se van a colocar en sitios donde haya cambio de sección entre alcantarillas, transición entre alcantarillas celulares de distinta cantidad de celdas (simple – doble, doble – triple) y cambio de dirección, y deberán tener las dimensiones de la alcantarilla de sección mayor a la que van a estar conectados. También se van a colocar registros de conexión en las cañerías que van a estar conectadas a la red principal. Podrán tener dimensiones de 1,00 m x 1,00 m, 1,00 x 2,30 m, 1,00 x 3,60 m y 1,5 m x 5,1 m dependiendo de la sección mayor de la alcantarilla a la que van a estar conectados.
- Los registros de inspección deben estar situados a un intervalo mínimo de 80 metros si el tramo entre registros de conexión excede los 150 metros. Deberán tener dimensiones de 1,00 x 2,30.

A continuación, se presenta una tabla resumen de los registros de conexión por cada calle con sus respectivas dimensiones.

RESUMEN DE REGISTROS DE CONEXIÓN POR CALLE		
Calle	Cantidad	Dimensiones
Maldonado	2	1,00 m x 1,00 m
	4	1,00 m x 2,30 m
	2	1,00 m x 3,60 m
San Pedro	1	1,00 m x 1,00 m
	2	1,00 m x 3,60 m
	8	1,5 m x 5,10 m
Fulgencio R. Moreno	2	1,00 m x 2,30 m
	1	1,5 m x 5,10 m
Juan León Mallorquín	1	1,5 m x 5,10 m
Caacupé	2	1,5 m x 5,10 m
Ruta PY08	2	1,5 m x 5,10 m

Tabla 10: Registros de conexión por calle

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

ANÁLISIS ECONÓMICO

3. Presupuesto

Para una gestión eficiente del proyecto de desagüe pluvial en el barrio Santa Lucía, se llevó a cabo una evaluación detallada de costos y cómputo métrico. Este análisis permite garantizar estimaciones realistas, asegurar el cumplimiento de la normativa vigente y proporcionar una visión clara de los recursos requeridos, facilitando la planificación y la ejecución del proyecto. A continuación, se presenta un resumen del presupuesto.

Diseño de un sistema de desagüe pluvial para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

PLANILLA DE CÓMPUTO Y PRESUPUESTO					
ÍTEMS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PREPARACIÓN DE OBRA				
1.1	Montaje de campamento con obrador y terreno	gl	1	23,000,000	23,000,000
2	MOVIMIENTO DE SUELO				
2.1	Excavación de zanjas de drenaje	m3	11,287.520	70,000	790,126,400
2.2	Relleno y compactación de zanjas	m3	1,350.530	100,000	135,053,000
2.3	Relleno y compactación sobre alcantarillas	m3	2,917.960	144,200	420,769,832
2.4	Transporte de tierra excedente	m3	8,717.810	39,000	339,994,590
3	DEMOLICIONES				
3.1	Demolición de canal abierto de PBC	ml	549.212	150,000	82,381,800
4	PAVIMENTOS				
4.1	Remoción de pavimento tipo empedrado existente	m2	4863.264	25,000	121,581,600
4.2	Reposición de pavimento tipo empedrado existente	m2	4863.264	95,000	462,010,080
4.3	Placa o sello de hormigón pobre de 5 cm de espesor	m2	2431.63	48,000	116,718,240
5	OBRAS DE DRENAJE				
5.1	Alcantarillas celulares de H° A°				
5.1.1	ACS 1,00x1,00	ml	204.666	2,570,000	525,991,620
5.1.2	ACD 1,00x1,00	ml	534.579	6,823,500	3,647,699,807
5.1.3	ACT 1,00x1,00	ml	155.819	10,956,455	1,707,223,862
5.1.4	ACT 1,50x1,50	ml	693.774	13,603,939	9,438,059,176
5.1.5	ATS Ø800 mm	ml	351.998	843,535	296,922,633
5.2	Sumideros				
5.2.1	SM1	un	29	9,546,880	276,859,520
5.2.2	SM2	un	14	11,952,137	167,329,918
5.2.3	SM3	un	4	17,770,739	71,082,956
5.2.4	SM4	un	1	23,413,216	23,413,216
5.2.5	ST	un	1	8,203,725	8,203,725
5.3	Registros				
5.3.1	De inspección 1,00x2,30	un	2	7,610,000	15,220,000
5.3.2	De conexión 1,00x1,00	un	3	1,813,247	5,439,741
5.3.3	De conexión 1,00x2,30	un	6	7,610,000	45,660,000
5.3.4	De conexión 1,00x3,60	un	4	9,700,000	38,800,000
5.3.5	De conexión 1,50x5,10	un	13	10,313,000	134,069,000
Total IVA incluido en Gs					20.782.971.786 gs
Total IVA incluido en USD 1 dólar=7004,08 valor de fecha 02/12/2025					2.967.266 USD

Tabla 11: Cómputo métrico y presupuesto

Fuente: Elaboración propia

Los precios aplicados se fundamentan en los valores de obras comparables previamente registrados en la base de datos de la DNCP, lo que asegura su conformidad con los estándares vigentes y su alineación con las condiciones actuales del mercado.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

El presente proyecto evidencia que el diseño adecuado de sistemas de drenaje, sustentado en un análisis topográfico detallado y en una delimitación precisa de las cuencas aportantes, es esencial para la gestión eficiente de aguas pluviales en áreas susceptibles a inundaciones.

Los métodos aplicados permitieron caracterizar las dimensiones del terreno y determinar el dimensionamiento óptimo de alcantarillas y sumideros, asegurando un tránsito hidráulico controlado y reduciendo la probabilidad de acumulaciones en sectores críticos. Los resultados validan la efectividad de la solución propuesta y su capacidad de la solución propuesta y su capacidad para mitigar los efectos de eventos de precipitación de alta intensidad.

Las dimensiones finales adoptadas, en cumplimiento con los requerimientos del proyecto, son las siguientes:

- Alcantarillas:

Alcantarilla celular simple de 1,00 m x 1,00 m

Alcantarilla celular doble de 1,00 m x 1,00 m

Alcantarilla celular triple de 1,00 m x 1,00 m

Alcantarilla celular triple de 1,50 m x 1,50 m

- Sumideros:

Sumidero Mixto de una ventana de 1,5 m x 0,6 m y altura de abertura de 20 cm

Sumidero mixto de dos ventanas de 3 m x 0,6 m y altura de abertura de 20 cm

Sumidero mixto de tres ventanas de 4,5 m x 0,6 m y altura de abertura de 20 cm

Sumidero mixto de cuatro ventanas de 6 m x 0,6 m y altura de abertura de 20 cm

Sumidero transversal de 1,5 m x 8 m

- Registros:

Registro de inspección de 1,00 m x 2,30 m x 1,00 m

Registro de conexión de 1,00 m x 2,30 m x 1,00 m

Registro de conexión de 1,00 m x 3,60 m x 1,00 m

Registro de conexión de 1,50 m x 5,10 m x 1,00 m

El costo final de la obra, presentado en el análisis económico, ofrece una estimación precisa de los recursos financieros requeridos y confirma la viabilidad económica del proyecto.

En conclusión, este trabajo final de grado no solo satisface los objetivos planteados, sino que también establece un estándar elevado en el diseño de infraestructuras destinadas al manejo de aguas pluviales.

4.2 Recomendaciones

- **Disposición de un escalón de 1 metro de altura en cada registro**

Se considera necesario incorporar escalones de 1 m de altura en cada registro con el fin de reducir la velocidad del flujo interno. Esta disposición permite disipar energía de manera progresiva, minimizando erosiones internas y garantizando un tránsito hidráulico más controlado dentro del sistema de alcantarillado.

- **Implementación de escalones disipadores de energía**

Se sugiere la incorporación de escalones disipadores de energía en los tramos San Pedro-Fulgencio R. Moreno, San Pedro-Dr. Ignacio A. Pane, Juan León Mallorquín, Caacupé, tramo RutaPY08 con el fin de disminuir la velocidad del flujo y asegurar un comportamiento hidráulico estable en los sectores donde se presentan pendientes más pronunciadas.

- **Mantenimiento de canales y alcantarillas**

Para garantizar el desempeño adecuado del sistema de drenaje a largo plazo, se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo que incluya la limpieza periódica y la inspección de canales, alcantarillas y demás estructuras hidráulicas.

- **Continuación del análisis de los tramos agua abajo**

Se recomienda que futuros estudios o alumnos continúen con el análisis de los tramos restantes del sistema de drenaje, desde el punto de descarga considerado en este proyecto hasta su desembocadura final en el arroyo Tacuary. Esto permitirá evaluar el comportamiento hidráulico del sistema en su totalidad, considerando la continuidad del flujo y los posibles efectos acumulativos en los tramos aguas abajo, que no fueron abordados en el presente trabajo debido a la extensión y complejidad de la cuenca.

- **Promoción a los Trabajos Finales de Grado**

Se sugiere que la Facultad de Ciencias y Tecnologías brinde apoyo a los estudiantes en la elaboración de proyectos de fin de grado que aporten beneficios directos a la comunidad. Esta iniciativa fomentará un enfoque de la ingeniería orientado al desarrollo de soluciones que contribuyan al bienestar social.

CAPÍTULO V

Bibliografía

- [1] A. T. Liz Britez, Diseño de una solución al sistema de desagüe pluvial del área situada entre las calles Nanawa, Vera Centurión y San Justo de la ciudad de Coronel Oviedo, Coronel Oviedo, 2024.
- [2] H. E. Oscar Borja, Optimización del drenaje pluvial de la cuenca urbana "Ykua Pa'í" de la Ciudad de San Lorenzo, San Lorenzo, 2020.
- [3] J. (. A. E. A. /. NASA, «ALOS PALSAR Digital Elevation Model (DEM),» JAXA / NASA, Tokio, Japón, 2025.
- [4] Autodesk, «AutoCAD Civil 3D versión 2023,» Autodesk, San Rafael, CA, USA, 2023.
- [5] C. E. M. (. Tucci, Hidrologia: Ciência e Aplicação, Porto Alegre, Brasil: Editora da UFRGS/ABRH, 1993.
- [6] I. d. P. H. d. Brasil, Manual de Hidrología Básica para Estructuras de Drenaje, São Paulo, Brasil, 2005.
- [7] V. T. M. D. R. Chow y L. W. Mays, Hidrología Aplicada, Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 1994.
- [8] M. d. O. P. y. C. (MOPC), Manual de Carreteras del Paraguay, Asunción, Paraguay: MOPC, 2019.
- [9] Autodesk, «SSA - Storm and Sanitary Analysis versión 2025,» Autodesk, San Rafael, CA, USA, 2025.

ANEXOS

ANEXO I

MODELO HIDROLÓGICO STORM AND SANITARY ANALYSIS

1. Hidrología de la situación actual

En la zona de estudio, los escurrimientos siguen las pendientes naturales, concentrándose en calles y zonas bajas. Durante las lluvias se acumula agua en sectores sin drenaje adecuado, formando microcuencas locales que determinan la dirección de los flujos y evidencian la necesidad de dimensionar correctamente la infraestructura pluvial.

1.1. Determinación de la cuenca

Para la delimitación de la cuenca en el área de estudio se empleó un Modelo Digital de Elevación (DEM) de la ciudad de Coronel Oviedo, con una resolución raster de 12.5 m. Esta resolución permitió realizar un análisis preliminar del comportamiento hidrológico de la cuenca, identificando de manera inicial las áreas donde se concentra y acumula el caudal superficial. Esta precisión espacial facilitó la delimitación de microcuencas y la identificación de las rutas de escurrimiento predominantes, considerando las pendientes naturales del terreno.

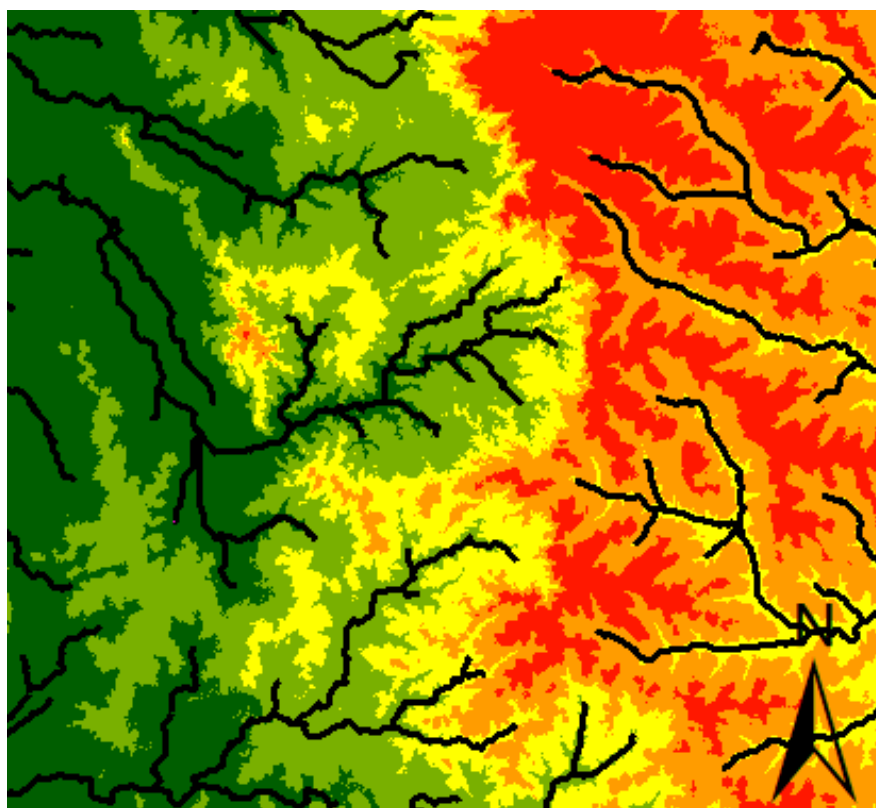


Figura 1: DEM-ALOS-PALSAR de la ciudad de Coronel Oviedo

Fuente: Elaboración propia a partir del DEM ALOS PALSAR, procesado en ArcGIS

La delimitación de cuencas se llevó a cabo mediante un procedimiento técnico basado en el uso del software Civil 3D [4], integrado con los planos urbanos de la ciudad de Coronel Oviedo y cotas de elevación obtenidas del DEM [3]. A partir de esta información, se generaron los alineamientos longitudinales de cada calle del área de estudio, lo que permitió analizar las pendientes y definir las direcciones de escurrimiento superficial. Con base en dichos alineamientos, se trazaron microcuencas por cuadra, suponiendo que el escurrimiento generado drena hacia las calles perimetrales, en concordancia con la configuración urbana existente. Este enfoque permitió representar de manera adecuada el comportamiento del drenaje superficial y establecer una base consistente para el diseño de las obras hidráulicas.

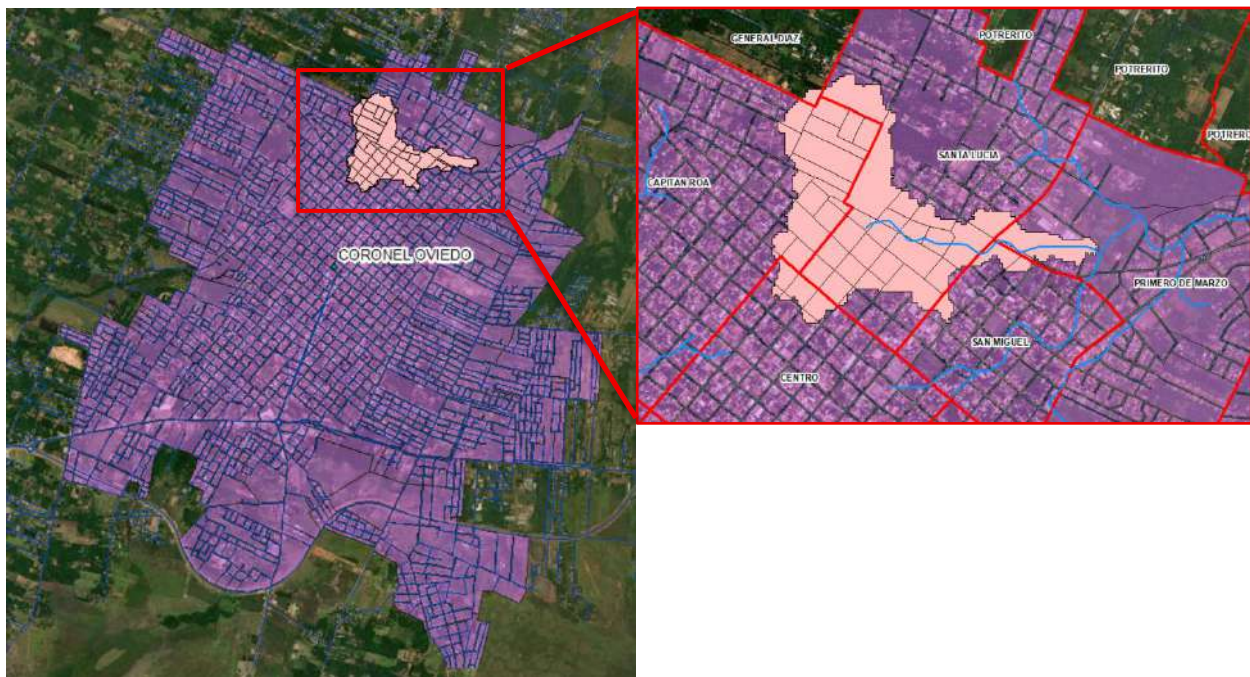


Figura 2: Ubicación de la cuenca de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps

El análisis del sentido de escurrimiento de las aguas pluviales en cada calle se justifica por tratarse de un entorno urbano, donde la topografía y la geometría vial condicionan directamente la dirección y concentración del flujo superficial. La evaluación de las pendientes longitudinales permitió definir el desplazamiento natural del escurrimiento, mientras que la identificación de puntos de convergencia posibilitó delimitar microcuencas representativas por cuadra. Asimismo, la consideración de las estructuras resulta necesaria, ya que estas pueden modificar localmente el comportamiento del drenaje y la concentración de caudales, influyendo en el diseño y dimensionamiento del sistema pluvial.

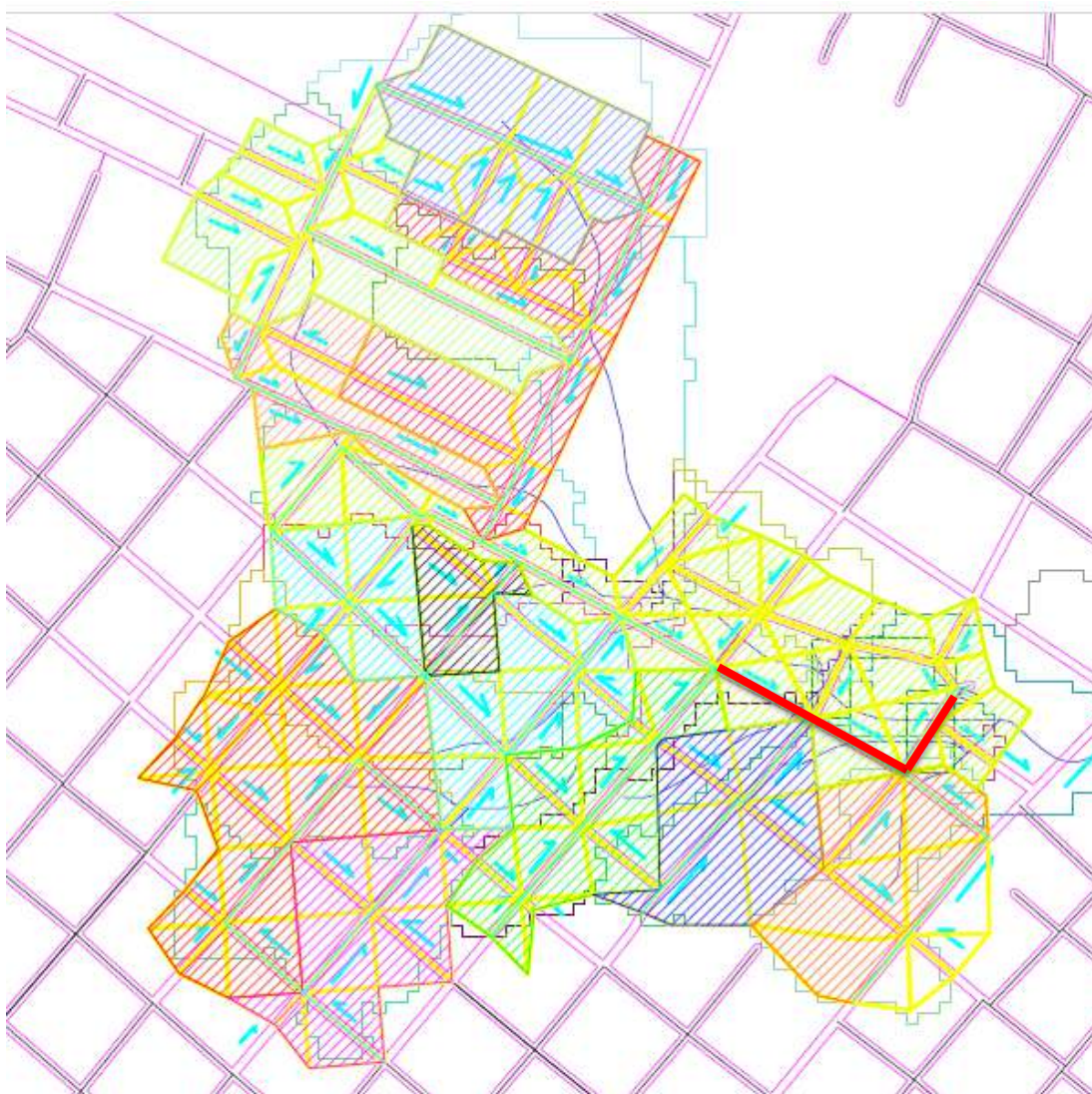


Figura 3: Microcuencas con la calle en estudio

Fuente: Elaboración propia

El relevamiento topográfico se efectuó en los cursos que concentran los mayores volúmenes de escorrentía generados por las precipitaciones, los cuales constituyen los principales aportadores de la cuenca. Este trabajo incluyó las calles Dr. Blas Garay, Caacupé, San Pedro y Juan León Mallorquín, que funcionan como colectores naturales del flujo superficial, así como la salida del canal abierto ubicado sobre la calle Juan León Mallorquín. La caracterización detallada de estos sectores permitió identificar con precisión las rutas de escurrimiento y los puntos críticos del sistema de drenaje. Posteriormente, la delimitación preliminar de las microcuencas realizada en gabinete fue verificada en campo mediante relevamiento topográfico, registrándose los parteaguas, las cotas y ubicaciones de las estructuras hidráulicas existentes, los niveles de vereda y los límites de los principales componentes de la red vial. La integración de esta información aseguró que el análisis hidrológico representara de manera fiel las condiciones reales del terreno

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

y permitiera evaluar adecuadamente el impacto del escurrimiento superficial en el diseño de las obras hidráulicas.

P	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	556.814.596	7.186.438.178	158.341	Base_0
2	556.716.556	7.186.488.347	159.342	Calle 1
3	556.716.871	7.186.489.986	159.188	Calle 2
4	556.717.658	7186485.46	159.305	Calle 3
5	556.713.285	7.186.484.362	159.252	Calle 4
6	556.709.664	7.186.480.124	159.292	Calle 5
7	556.712.001	7.186.479.898	159.311	Calle 6
8	556.714.937	7.186.478.218	159.257	Calle 7
9	556.701.416	7.186.479.122	159.375	Eje de asfalto
10	556.717.218	7.186.498.204	159.343	Eje de asfalto 0
11	556.707.569	7.186.486.534	159.36	Eje de asfalto 1
12	556.732.428	7.186.468.536	159.063	Calle 8
13	556.734.468	7.186.471.871	159.122	Calle 9
14	556.736.597	7.186.475.203	159.008	Calle 10
15	556.728.074	7.186.481.725	157.819	Canal 1
16	556727.71	7.186.480.924	159.109	Borde canal 1
17	556.753.467	7.186.466.107	158.786	Calle 11
18	556.751.155	7186462.97	158.969	Calle 12
19	556.748.689	7.186.460.108	158.908	Calle 13
20	556.756.216	7186466.13	157.629	Canal 2
21	556.756.216	7186466.13	157.629	Borde canal 2
22	556.745.397	7.186.460.588	158.397	Canal 3
23	556.755.419	7.186.453.783	158.38	Canal 4
24	556.771.754	7.186.447.519	158.556	Calle 14
25	556.769.989	7.186.447.615	157.735	Canal 5

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

26	556.770.923	7.186.447.528	158.745	Borde canal 5
27	556.773.323	7.186.451.257	158.709	Calle 15
28	556.774.871	7.186.455.061	158.6	Calle 16
29	556.775.021	7.186.456.273	157.584	Canal 6
30	556.774.244	7.186.455.756	158.746	Borde canal 6
31	556.775.262	7.186.457.032	158.635	Borde canal 7
32	556.756.626	7.186.466.775	158.788	Borde canal 8
33	556.728.445	7.186.482.717	159.085	Borde canal 9
34	556.811.529	7.186.435.922	158.273	Calle 17
35	556.809.164	7.186.432.561	158.364	Calle 18
36	556.807.116	7.186.429.09	158.278	Calle 19
37	556.804.82	7.186.429.544	157.3	Canal 7
38	556.805.007	7.186.429.916	158.221	Canal 8
39	556.804.703	7.186.429.144	158.262	Canal 9
40	556.812.21	7.186.426.334	158.142	Calle 20
41	556.816.418	7.186.428.71	158.195	Calle 21
42	556.818.544	7.186.432.165	158.182	Calle 22
43	556.820.2	7.186.426.619	158.223	Calle 23
44	556.822.4	7.186.429.775	158.198	Calle 24
45	556.817.682	7.186.423.869	158.245	Calle 25
46	556.827.337	7.186.427.763	156.97	Canal 10
47	556.826.939	7.186.427.554	158.4	Canal 11
48	556.829.343	7.186.428.705	158.288	Canal 12
49	556.844.922	7.186.416.955	158.206	Calle 26
50	556.842.582	7.186.413.657	158.311	Calle 27
51	556.840.357	7.186.410.477	158.144	Calle 28
52	556.862.629	7.186.406.803	158.131	Calle 29
53	556.860.604	7.186.403.414	158.298	Calle 30

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

54	556858.15	7.186.400.187	158.159	Calle 31
55	556.874.459	7.186.399.898	158.222	Canal 13
56	556875.45	7.186.400.655	156.856	Canal 14
57	556.911.778	7.186.376.119	157.852	Calle 32
58	556.909.608	7.186.372.798	157.873	Calle 33
59	556907.35	7.186.369.551	157.8	Calle 34
60	556912.54	7.186.377.379	156.591	Canal 15
61	556911.96	7.186.376.501	157.829	Canal 16
62	556913.17	7.186.378.284	157.939	Canal 17
63	556.916.243	7.186.373.245	157.816	Calle 35
64	556.913.229	7186365.72	157.79	Calle 36
65	556.916.217	7.186.363.831	157.762	Calle 37
66	556.920.368	7.186.361.758	157.862	Calle 38
67	556.923.142	7.186.364.993	157.901	Calle 39
68	556.925.687	7.186.369.468	157.879	Calle 40
69	556.922.239	7.186.372.614	157.807	Calle 41
70	556.916.381	7.186.373.649	157.824	Canal 18
71	556.915.395	7.186.377.229	157.648	Canal 19
72	556.917.543	7.186.375.976	157.604	Canal 20
73	556934.76	7.186.386.556	157.397	Calle 42
74	556.931.728	7.186.388.849	157.522	Calle 43
75	556.929.135	7.186.392.589	157.504	Calle 44
76	556.928.676	7.186.393.816	157.27	Canal 21
77	556.940.143	7.186.409.117	155.579	Canal 22
78	556.938.355	7.186.407.552	157.017	Canal 23
79	556.935.344	7.186.403.682	157.074	Canal 24
80	556.942.078	7.186.409.828	156.975	Canal 25
81	556940.42	7.186.411.765	156.923	Canal 26

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

82	556.949.303	7.186.409.247	156.975	Calle 45
83	556.946.631	7.186.409.788	156.912	Calle 46
84	556.942.489	7.186.409.717	157.072	Calle 47
85	556.945.268	7.186.410.113	156.976	Canal 27
86	556.945.652	7.186.411.481	156.968	Canal 28
87	556.946.15	7.186.413.124	156.872	Canal 29
88	556.950.282	7.186.412.972	156.865	Canal 30
89	556.950.287	7.186.411.318	156.901	Canal 31
90	556.950.31	7.186.409.702	156.909	Canal 32
91	556.958.559	7.186.424.346	156.416	Calle 48
92	556.955.733	7.186.426.674	156.489	Calle 49
93	556.953.095	7.186.429.035	156.301	Calle 50
94	556.967.369	7.186.438.199	156.254	Calle 51
95	556.964.343	7.186.440.501	156.307	Calle 52
96	556.961.738	7.186.442.362	156.195	Calle 53
97	556.966.879	7.186.437.051	156.269	Canal 33
98	556.968.601	7.186.435.89	156.496	Canal 34
99	556.970.084	7.186.442.568	154.546	Canal 35
100	556.971.691	7.186.444.888	156.154	Canal 36
101	556.973.754	7.186.443.902	156.073	Canal 37
102	556.977.469	7.186.454.069	155.935	Canal 38
103	556.979.626	7.186.457.874	155.871	Canal 39
104	556.981	7.186.458.567	155.816	Canal 40
105	556.979.498	7.186.456.961	154.183	Canal 41
106	556.977.923	7.186.457.62	156.013	Calle 54
107	556.976.25	7.186.459.766	155.989	Calle 55
108	556.973.54	7.186.461.478	156.114	Calle 56
109	556.973.603	7.186.461.559	156.094	Tubo 1

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

110	556.975.697	7.186.460.355	156.036	Tubo 2
111	556.979.308	7.186.458.064	155.797	Tubo 3
112	556.972.881	7.186.462.032	155.465	Canal 42
113	556.999.439	7.186.450.904	156.632	Canal 43
114	556.999.908	7.186.450.723	154.965	Canal 44
115	556.979.594	7.186.464.617	156.123	Calle 57
116	556.977.039	7.186.465.354	156.152	Calle 58
117	556.973.584	7.186.465.687	156.115	Calle 59
118	556.970.97	7.186.470.428	156.214	Calle 60
119	556.972.773	7.186.472.139	156.314	Calle 61
120	556.975.445	7.186.473.749	156.322	Calle 62
121	556.971.281	7.186.479.043	156.292	Calle 63
122	556.968.641	7.186.477.732	156.341	Calle 64
123	556.964.968	7.186.476.331	156.435	Calle 65
124	556.961.973	7.186.478.617	155.949	Canal 45
125	556.962.302	7.186.478.873	156.232	Canal 46
126	556.961.624	7.186.478.321	156.209	Canal 47
127	556.963.443	7.186.490.411	156.501	Calle 66
128	556.959.615	7.186.489.974	156.495	Calle 67
129	556.955.404	7.186.487.91	156.677	Calle 68
130	556.953.746	7.186.488.322	156.272	Canal 48
131	556.950.999	7.186.494.242	156.861	Calle 69
132	556.953.036	7.186.497.077	156.973	Calle 70
133	556.954.529	7.186.499.918	156.972	Calle 71
134	556.928.06	7.186.498.333	156.997	Calle 72
135	556.926.431	7.186.502.619	157.128	Calle 73
136	556.912.244	7.186.501.131	157.32	Calle 74
137	556.913.496	7.186.504.778	157.248	Calle 75

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

138	556.914.649	7.186.509.279	157.154	Calle 76
139	556.893.581	7.186.513.684	157.446	Calle 77
140	556.891.525	7.186.509.571	157.744	Calle 78
141	556.889.459	7.186.505.863	157.649	Calle 79
142	556.874.07	7.186.508.848	158.033	Calle 80
143	556.875.496	7.186.513.009	158.06	Calle 81
144	556.876.473	7.186.516.856	158.095	Calle 82
145	556.865.64	7.186.510.663	158.213	Calle 83
146	556.863.348	7.186.510.378	158.339	Calle 84
147	556.860.721	7.186.508.621	158.54	Calle 85
148	556.857.787	7.186.512.197	158.353	Calle 86
149	556.851.58	7.186.513.13	158.462	Calle 87
150	556.853.625	7.186.517.127	158.549	Calle 88
151	556.848.476	7.186.521.968	158.825	Calle 89
152	556.847.597	7.186.518.416	158.753	Calle 90
153	556.846.616	7.186.514.636	158.583	Calle 91
154	556.859.112	7.186.515.96	158.542	Calle 92
155	556.851.408	7.186.507.761	158.551	Calle 93
156	556.854.981	7.186.506.052	158.666	Calle 94
157	556.854.495	7.186.495.977	158.366	Calle 95
158	556.850.95	7.186.497.824	158.488	Calle 96
159	556.847.297	7.186.499.423	158.451	Calle 97
160	556.843.031	7.186.492.427	157.503	Canal 49
161	556.843.389	7.186.492.358	158.35	Canal 50
162	556.842.776	7.186.492.647	158.239	Canal 51
163	556.837.052	7.186.480.192	157.387	Canal 52
164	556.836.013	7.186.476.483	158.216	Calle 98
165	556.839.511	7.186.474.649	158.37	Calle 99

166	556.843.559	7.186.473.624	158.227	Calle 100
167	556.826.552	7.186.457.266	158.21	Calle 101
168	556.830.207	7.186.455.624	158.358	Calle 102
169	556.833.88	7.186.455.128	158.311	Calle 103
170	556.825.962	7.186.457.521	157.526	Canal 53
171	556.817.176	7.186.439.828	157.363	Canal 54
172	556.816.824	7.186.439.933	158.105	Canal 55
173	556.817.443	7.186.439.628	158.164	Canal 56
174	556.815.86	7.186.435.749	158.264	Canal 57
175	556.814.708	7.186.436.722	158.291	Canal 58
176	556.813.637	7.186.435.025	158.309	Canal 59
177	556.819.176	7.186.434.427	158.187	Calle 104
178	556.816.282	7.186.436.114	158.229	Calle 105
179	556.822.656	7.186.432.577	158.279	Calle 106

Tabla 1: Puntos levantados en campo

Fuente: Elaboración propia

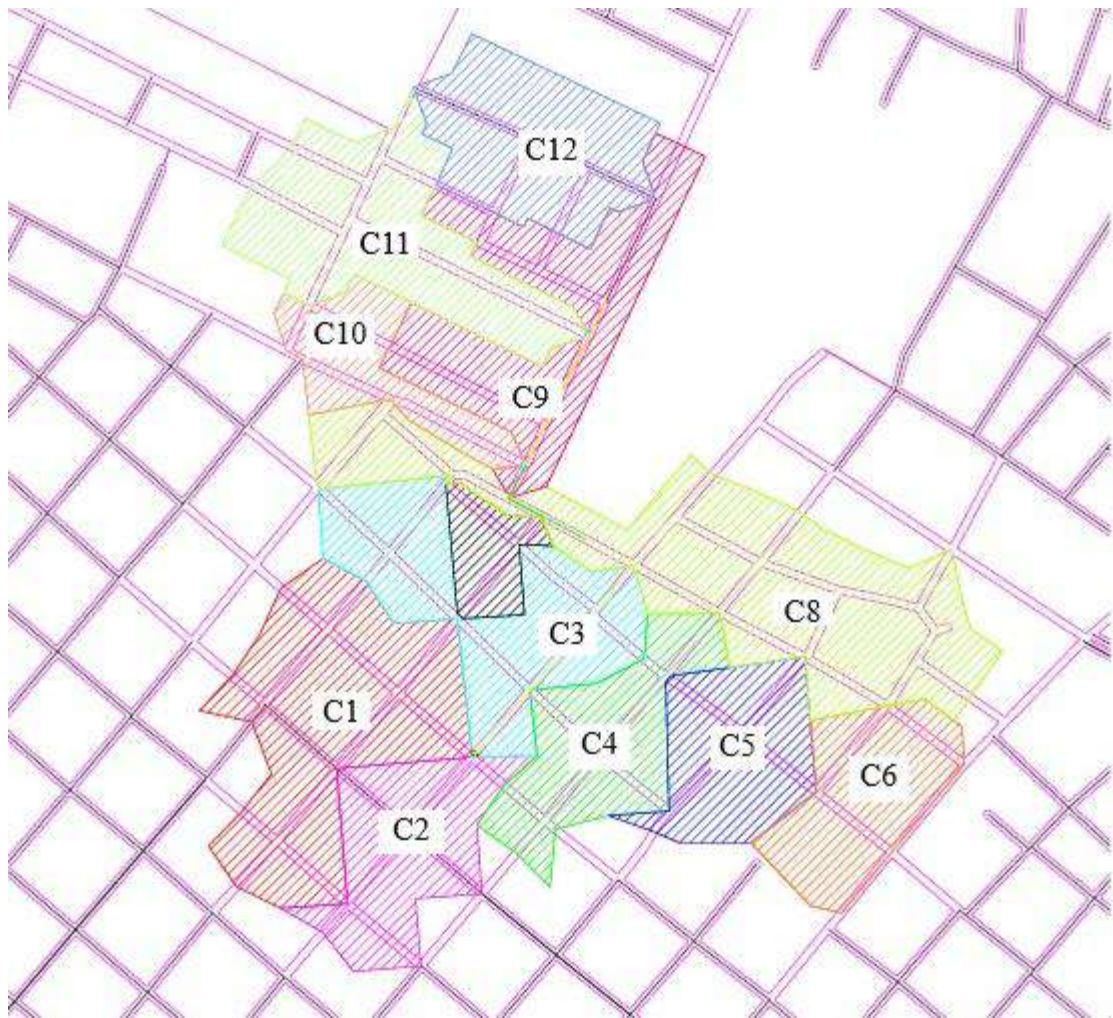


Figura 4: Cuencas procesadas en Civil 3D

Fuente: Elaboración propia

1.2. Determinación de parámetros geomorfológicos

Para la determinación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca se analizaron tres aspectos principales: el área total, el desnivel y la pendiente del cauce principal. Estos parámetros constituyen elementos fundamentales para comprender la dinámica hidrológica y para estimar el tiempo de concentración, variable crítica en el diseño de obras hidráulicas.

En primer lugar, se delimitó el área de la cuenca mediante un Modelo Digital de Elevación (DEM) [3], permitiendo estimar el volumen de escorrentía que puede ser recolectado y conducido. Posteriormente, se determinó el desnivel entre el punto de mayor elevación y el punto de salida, parámetro que influye en la velocidad del flujo. Finalmente, se evaluó la pendiente del cauce principal a partir de la relación entre el desnivel y su longitud, factor que incide directamente en la rapidez del escurrimiento y en la estimación del tiempo de concentración, variable fundamental para el dimensionamiento de los sistemas de drenaje y la prevención de inundaciones.

Todos los parámetros mencionados se encuentran descritos en la Tabla 3. Parámetros estimados y caudales de diseño calculados.

1.3. Determinación de caudales

La metodología empleada para la determinación de los caudales fue el método racional, ampliamente utilizado en hidrología para estimar el caudal máximo generado por una cuenca durante un evento de lluvia. Este método es recomendado para cuencas con áreas menores a $2,5 \text{ km}^2$ [5], debido a su sencillez y adecuada precisión dentro de este rango. En el presente estudio, la suma de las áreas de las microcuencas analizadas se mantuvo dentro de este límite, por lo que su aplicación resultó pertinente. El método racional se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q es el caudal de la cuenca (medido en metros cúbicos por segundo, m^3/s);

C es el coeficiente de escurrimiento;

i es la intensidad de precipitación (medida en milímetros por hora, mm/h), y;

A es el área de la cuenca (medida en, km^2).

Para aplicar el método racional, se aplicaron varios pasos:

1.3.1. Coeficiente de escurrimiento

La tabla utilizada para la selección de los coeficientes de escorrentía corresponde al Manual de Carreteras del Paraguay [8], que establece rangos según el tipo de superficie y grado de impermeabilización. Actualmente, la cuenca presenta áreas verdes con vegetación moderada; sin embargo, considerando el crecimiento poblacional y el desarrollo urbanístico proyectado, se adoptó un rango de coeficiente que representa una condición conservadora de máxima impermeabilización, permitiendo estimar de manera segura los caudales de diseño bajo el escenario futuro.

Tipo de Terreno	Coeficiente de Escurrimiento
Pavimentos de adoquín	0,50 - 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 - 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 - 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,80 - 0,95
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 - 0,65
Zonas de cultivo	0,20 - 0,40

Tabla 2: Coeficientes de escorrentía para ser usados por el método racional

Fuente: Manual de Carreteras del Paraguay

El coeficiente de escorrentía $C=0.82$ fue adoptado para representar el comportamiento hidrológico de la cuenca bajo un escenario de urbanización consolidada. Dicho valor se determinó mediante un promedio ponderado, considerando un 80% de superficies impermeables, asociadas principalmente a edificaciones, pavimentos y áreas de circulación, para las cuales se adoptó un coeficiente de escorrentía típico de 0.95, y un 20% de superficies permeables, correspondientes a áreas verdes y suelos expuestos, con un coeficiente de 0.30.

La combinación de ambos tipos de superficie refleja un elevado grado de impermeabilización del área de estudio, coherente con el uso urbano predominante considerado para la condición futura. En consecuencia, el valor resultante del coeficiente de escorrentía representa de manera conservadora la reducción de la infiltración y el incremento de la escorrentía superficial, siendo adecuado para la estimación de los caudales de diseño mediante el método racional.

El coeficiente de escorrentía adoptado se determinó mediante un promedio ponderado por áreas, considerando el tipo de superficie, grado de impermeabilización y uso del área de la cuenca, conforme a la metodología propuesta por Chow [7]. La expresión utilizada fue:

$$C_p = \sum C_i f_i \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: C_i es el coeficiente de escorrentía de la sub área i y f_i es la fracción del área correspondiente. En el caso de la cuenca estudiada se consideraron dos tipos de superficie, impermeables ($C_1 = 0.95$, $f_1 = 0.80$) y permeables ($C_2 = 0.30$, $f_2 = 0.20$), resultando:

$$C_p = (0.95 \times 0.80) + (0.30 \times 0.20) = 0.82 \quad \text{Ecuación 3}$$

Este resultado de $C=0.82$ refleja que su uso es pertinente para la proyección a futuro de la cuenca en estudio, previendo el crecimiento poblacional y urbanístico y con él, el aumento de construcciones en la zona, lo que conlleva a que habrá una alta impermeabilización.

1.3.2. Intensidad de precipitación (I)

Para la estimación de la intensidad de precipitación en el análisis hidrológico se utilizó la curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la ciudad de Villarrica, debido a la similitud en los patrones de lluvia. Esta curva relaciona la intensidad, duración y frecuencia de los eventos pluviométricos, permitiendo calcular la intensidad de lluvia esperada para distintos períodos de retorno. Estos valores son fundamentales para la correcta aplicación del método racional, garantizando que el caudal estimado refleje adecuadamente las condiciones meteorológicas de la región estudiada.

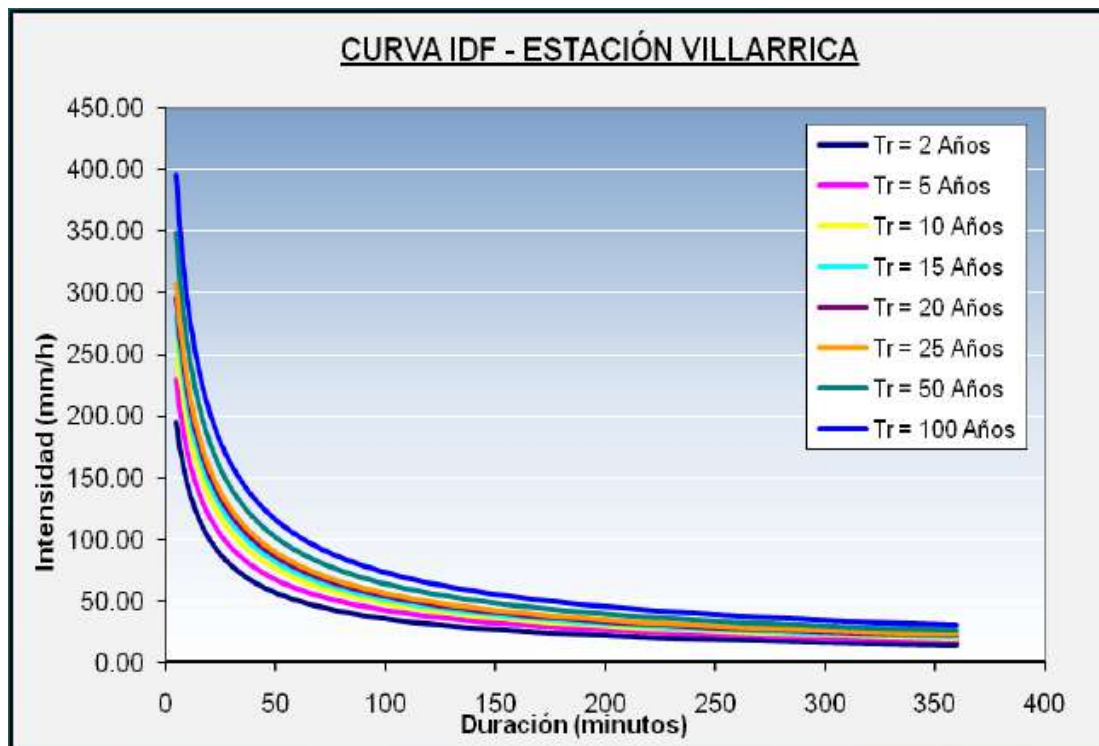


Figura n° Curva IDF-Estación de Villarrica (1969-2009)

Fuente: DMH-DINAC: Dirección de Meteorología e Hidrología

1.3.3. Tiempo de concentración (Tc)

El Tiempo de Concentración (Tc) se define como el intervalo que tarda el agua de lluvia en desplazarse desde los extremos de la cuenca hasta el punto de salida. Existen diversas metodologías empíricas para su estimación, específicas para distintos tipos de cuencas. Por lo tanto, se recomienda manejar el Tc con precaución y, en caso de contar con datos adicionales, ajustarlo para que los caudales calculados representen con mayor precisión el comportamiento hidrológico real.

Siguiendo las directrices del Manual de Carreteras del Paraguay [8], se adoptó un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos. Para este análisis se utilizó la ecuación de Kirpich, recomendada para cuencas con áreas menores a 0.80 km^2 según el Manual de Hidrología Básica para Estructuras de Drenaje de Brasil [6], aplicándose mediante la siguiente expresión:

$$Tc = 0.01947 \times \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Tc es el tiempo de concentración en minutos;

L es la longitud del cauce principal desde el punto más alejado hasta la salida de la cuenca (en metros);

S es pendiente del cauce principal en metros/metros.

El tiempo de concentración se calculó considerando las características geomorfológicas de la cuenca, previamente determinadas, tales como el área, desnivel, longitud y pendiente del cauce principal.

1.3.4. Tiempo de retorno (Tr)

La selección del período de retorno para el presente Proyecto Final de Grado se realizó conforme a las directrices del Manual de Carreteras del Paraguay [8]. Según la clasificación presentada en la Tabla 2, para alcantarillas con una sección útil menor a 1.75 m^2 y destinadas a caminos y carreteras primarias (β), se recomienda un período de retorno de 25 años para el diseño. Esta elección permite equilibrar la vida útil de la estructura con un nivel de riesgo aceptable, asegurando condiciones adecuadas de operación y seguridad durante su funcionamiento.

Tipo de obra	Tipo de Ruta	Período de Retorno (años)		Vida útil Supuesta (n: años)	Riesgo de Falla (%)			
		Diseño ⁽⁴⁾	Verificación ⁽⁵⁾		Diseño		Verificación	
Estructuras Especiales ⁽¹⁾	RVP	200	300	50	22		15	
Puentes ⁽²⁾	α	200	300 150	50 50	2 2		15	
	β	100			40		28	
Alcantarillas ($S > 1.75 \text{ m}^2$) o $H_{\text{terrap.}} \geq 10 \text{ m}$ y Estructuras Enterradas ⁽³⁾	α	1 0 0	150 100	50 30	4 0		28 26	
	β	50			45			
Alcantarillas ($S < 1.75 \text{ m}^2$)	α	50 25	100 50	50 30	6 4		40 45	
	β				71			
Defensas de Riberas	α	1 0 0	- -	20 20	1 8		- -	
	β	100			18			

S = Sección útil de la alcantarilla

RVP = Red Vial Primaria

α = Autopistas y Multicarriles

β = Caminos y Carreteras primarias.

⁽¹⁾ Estructuras especiales

⁽²⁾ En el caso de Puentes, el cálculo de caudales en crecida está destinado a calcular la socavación en las fundaciones de las pilas. Iguaes períodos de retorno se emplearán para el cálculo de socavaciones en puentes.

⁽³⁾ Las Alcantarillas de drenaje construidas bajo terraplenes de altura mayores o iguales a 10 m deben diseñarse para estos Períodos de Retorno, cualquiera que sea su sección. En esta misma categoría se clasificarán las estructuras proyectadas bajo el nivel del terreno natural circundante, destinadas al cruce desnivelado de dos vías.

⁽⁴⁾ Para la etapa de diseño de puentes y defensas de ribera, la revancha mínima asociada a la cota de aguas máximas para el período de retorno de diseño debe ser de 1,0 m.

Tabla 2: Periodo de retorno de diseño

Fuente: Manual de Carreteras del Paraguay

1.4. Resultados obtenidos

Con los parámetros previamente estimados, el cálculo de los caudales se efectuó mediante el método racional. A continuación, se presenta una tabla resumen con los parámetros utilizados y los caudales obtenidos para cada cuenca de aporte.

ID	AREA (m2)	LONGITUD (m)	COTA ENTRADA (m)	COTA SALIDA (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (%)	TC (min)	TC ADOP (min)	I (mm/h)	C	TR (años)	Q (m3/s)
C1	80,235.75	479.69	178.23	171.96	6.27	1.31%	11.99	11.99	210.12	0.82	25.00	3.84
C2	42,162.39	361.80	180.01	171.96	8.05	2.22%	7.86	10.00	229.88	0.82	25.00	2.21
C3	61,096.79	567.77	182.85	165.48	17.37	3.06%	9.84	10.00	229.88	0.82	25.00	3.20
C4	43,641.42	394.19	174.76	163.90	10.86	2.76%	7.74	10.00	229.88	0.82	25.00	2.29
C5	38,693.56	295.00	172.00	162.06	9.94	3.37%	5.73	10.00	229.88	0.82	25.00	2.03
C6	39,114.05	362.55	168.01	160.00	8.01	2.21%	7.90	10.00	229.88	0.82	25.00	2.05
C7	13,945.66	166.73	174.51	171.58	2.93	1.76%	4.74	10.00	229.88	0.82	25.00	0.73
C8	107,786.81	988.74	182.85	160.00	22.85	2.31%	16.81	16.81	175.55	0.82	25.00	4.31
C9	60,295.77	493.03	182.00	174.27	7.73	1.57%	11.42	11.42	215.37	0.82	25.00	2.96
C10	26,661.82	396.79	185.57	173.87	11.70	2.95%	7.58	10.00	229.88	0.82	25.00	1.40
C11	63,043.86	460.36	185.96	176.13	9.83	2.14%	9.62	10.00	229.88	0.82	25.00	3.30
C12	48,793.57	334.79	185.97	180.19	5.78	1.73%	8.17	10.00	229.88	0.82	25.00	2.55
TOTAL												30.86

Tabla 3: Parámetros estimados y caudales hidrológicos de diseño calculados

Fuente: Elaboración propia

ANEXO II

SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2. Hidráulica

2.1. Simulación hidráulica de la situación actual

El software SSA (Storm and Sanitary Analysis) es una herramienta especializada para el análisis hidráulico de sistemas de drenaje pluvial y alcantarillado sanitario. Permite simular el comportamiento del flujo en redes hidráulicas y evaluar su capacidad frente a eventos de precipitación. Su interfaz gráfica facilita la integración de datos topográficos, de diseño y de lluvia, permitiendo realizar modelaciones precisas del desempeño del sistema.

2.1.1. Parámetros de entrada y condiciones de contorno

Para la ejecución de la simulación en el software SSA (Storm and Sanitary Analysis) [9], se consideraron como parámetros de entrada los siguientes:

- Datos topográficos: Modelo Digital de Elevación (DEM) para definir la geometría del cauce y su cuenca de aporte;
- Propiedades del cauce: Geometría de la sección transversal, pendiente y rugosidad;
- Datos de precipitación: Intensidades de lluvia y eventos de precipitación;
- Condiciones de contorno: Condiciones de entrada y salida del cauce, como flujo de entrada, estructuras de control, y niveles de agua en los puntos de descarga.

La figura 1 presenta el modelo generado en el software SSA (Storm and Sanitary Analysis), en el cual se definieron y cargaron las cuencas, nodos y conexiones del sistema del drenaje. El proceso se inicia con la delimitación de las microcuencas, representadas en el mapa como áreas sombreadas, las cuales corresponden a las distintas zonas de aporte que contribuyen al flujo dentro del sistema.

Los nodos, representados en la figura mediante símbolos específicos, corresponden a puntos críticos del sistema, tales como intersecciones de flujo y puntos de control. Las líneas que los conectan representan los conductos hidráulicos, a través de los cuales se distribuye el caudal entre los distintos elementos del sistema. Una vez definidos los límites de cuencas, nodos y conexiones, el modelo fue configurado en su totalidad y se ejecutaron las simulaciones para evaluar el comportamiento hidráulico del sistema de drenaje bajo distintos escenarios de precipitación.

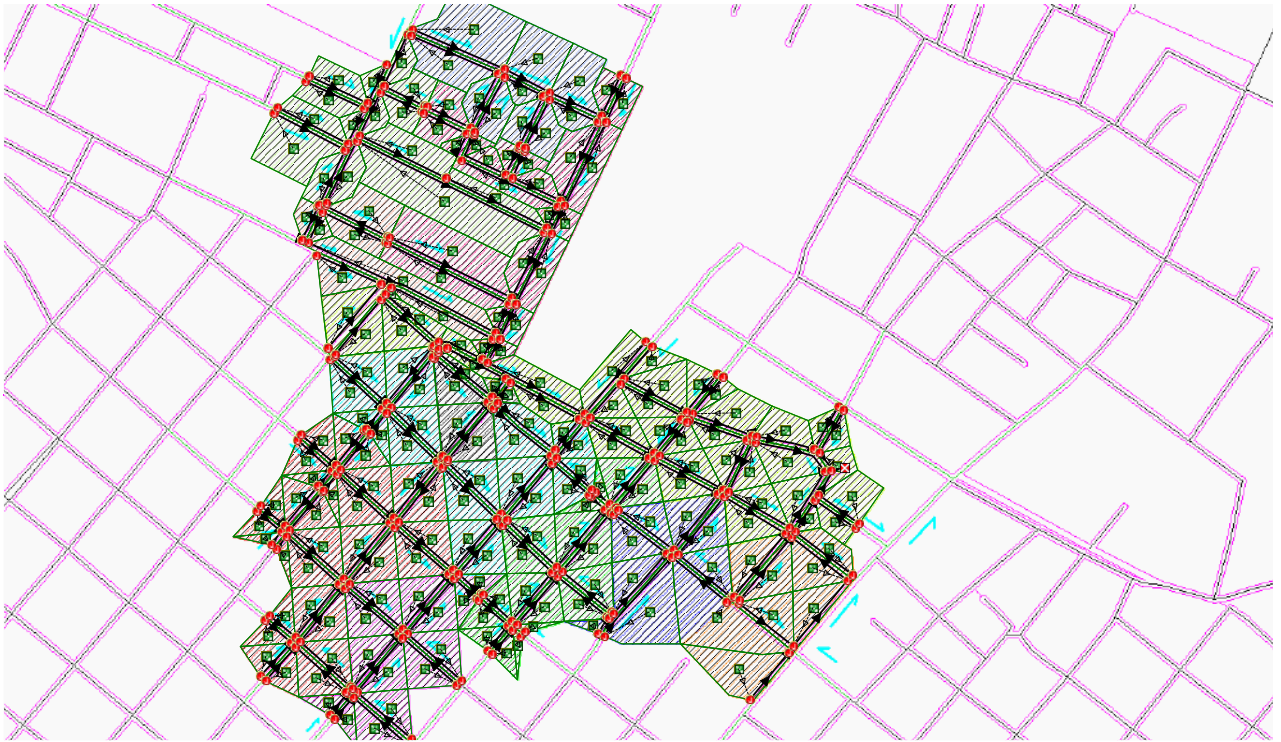


Figura 1: Esquema final para el análisis hidráulico del sitio de estudio

Fuente: Elaboración propia

Para la simulación se han introducido los siguientes datos:

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

PARÁMETROS DE ENTRADA PARA LAS SUBCUENCAS							
SN	Elemento	Area	Nodo de descarga	Coef. de esc.	Pend. de la cuenca	Long. de esc.	Tiempo de concentración
	ID	(m²)	Node ID		(%)	(m)	(days hh:mm:ss)
1	{SC:}.SC: : 1	3610,00	J-25	0,8200	1,7500	115,48	0 00:03:35
2	{SC:}.SC: : 10	1420,00	J-13	0,8200	1,9400	43,87	0 00:01:38
3	{SC:}.SC: : 100	1380,00	J-50	0,8200	1,2500	40,72	0 00:01:50
4	{SC:}.SC: : 101	7540,00	J-124	0,8200	2,2000	93,63	0 00:02:47
5	{SC:}.SC: : 102	13060,00	J-120	0,8200	2,0300	229,23	0 00:05:44
6	{SC:}.SC: : 103	9240,00	J-106	0,8200	3,8700	172,00	0 00:03:35
7	{SC:}.SC: : 104	3620,00	J-108	0,8200	2,0700	98,61	0 00:02:58
8	{SC:}.SC: : 107	4250,00	J-121	0,8200	1,3600	108,67	0 00:03:46
9	{SC:}.SC: : 108	4420,00	J-128	0,8200	2,7300	132,02	0 00:03:20
10	{SC:}.SC: : 109	4230,00	J-126	0,8200	2,0700	109,44	0 00:03:13
11	{SC:}.SC: : 11	3540,00	J-262	0,8200	0,1600	104,31	0 00:08:19
12	{SC:}.SC: : 110	3420,00	J-118	0,8200	2,8300	112,91	0 00:02:55
13	{SC:}.SC: : 111	4070,00	J-110	0,8200	4,1300	124,20	0 00:02:43
14	{SC:}.SC: : 112	3600,00	J-112	0,8200	1,2700	117,85	0 00:04:07
15	{SC:}.SC: : 118	2210,00	J-133	0,8200	0,1800	76,48	0 00:06:16
16	{SC:}.SC: : 119	1180,00	J-131	0,8200	0,5000	57,48	0 00:03:23
17	{SC:}.SC: : 12	1720,00	J-02	0,8200	0,2500	52,44	0 00:04:07
18	{SC:}.SC: : 120	3140,00	J-127	0,8200	1,8400	111,21	0 00:03:25
19	{SC:}.SC: : 121	2600,00	J-172	0,8200	2,6500	33,92	0 00:01:11
20	{SC:}.SC: : 122	4560,00	J-134	0,8200	0,1700	77,29	0 00:06:27
21	{SC:}.SC: : 123	1760,00	J-170	0,8200	1,1200	75,05	0 00:03:03
22	{SC:}.SC: : 124	4600,00	J-264	0,8200	2,4700	121,94	0 00:03:16
23	{SC:}.SC: : 125	3340,00	J-142	0,8200	2,0300	105,50	0 00:03:09
24	{SC:}.SC: : 126	3320,00	J-163	0,8200	1,6000	110,29	0 00:03:35
25	{SC:}.SC: : 127	3850,00	J-116	0,8200	2,8700	110,21	0 00:02:51
26	{SC:}.SC: : 128	2890,00	J-140	0,8200	3,7500	94,30	0 00:02:17
27	{SC:}.SC: : 13	3560,00	J-35	0,8200	2,6200	109,09	0 00:02:56
28	{SC:}.SC: : 130	2810,00	J-173	0,8200	0,8600	83,92	0 00:03:41
29	{SC:}.SC: : 131	2930,00	J-164	0,8200	1,4300	111,50	0 00:03:46
30	{SC:}.SC: : 132	1990,00	J-186	0,8200	1,2900	66,61	0 00:02:38
31	{SC:}.SC: : 133	4080,00	J-265	0,8200	2,0300	90,36	0 00:02:48
32	{SC:}.SC: : 134	1540,00	J-169	0,8200	0,8400	75,29	0 00:03:25
33	{SC:}.SC: : 135	1490,00	J-182	0,8200	1,6900	74,41	0 00:02:35
34	{SC:}.SC: : 136	5040,00	J-177	0,8200	0,1000	97,55	0 00:09:28
35	{SC:}.SC: : 137	4520,00	J-189	0,8200	2,1600	108,49	0 00:03:09
36	{SC:}.SC: : 138	2310,00	J-181	0,8200	1,7900	75,28	0 00:02:33
37	{SC:}.SC: : 139	2160,00	J-188	0,8200	1,9900	146,18	0 00:04:05
38	{SC:}.SC: : 14	3450,00	J-08	0,8200	1,2900	106,99	0 00:03:48
39	{SC:}.SC: : 140	2220,00	J-160	0,8200	1,9900	146,18	0 00:04:05
40	{SC:}.SC: : 141	2350,00	J-185	0,8200	1,2600	66,50	0 00:02:40
41	{SC:}.SC: : 142	2460,00	J-190	0,8200	1,9600	107,99	0 00:03:16

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

42	{SC:}.SC: : 143	2080,00	J-150	0,8200	0,6100	70,75	0 00:03:41
43	{SC:}.SC: : 144	2810,00	J-90	0,8200	4,7200	119,60	0 00:02:31
44	{SC:}.SC: : 145	1270,00	J-149	0,8200	0,3800	61,13	0 00:03:57
45	{SC:}.SC: : 147	4240,00	J-102	0,8200	3,2800	119,04	0 00:02:53
46	{SC:}.SC: : 148	2920,00	J-156	0,8200	5,6400	114,10	0 00:02:16
47	{SC:}.SC: : 149	770,00	J-153	0,8200	2,7800	37,00	0 00:01:15
48	{SC:}.SC: : 15	3600,00	J-41	0,8200	1,6600	108,06	0 00:03:28
49	{SC:}.SC: : 150	1510,00	J-86	0,8200	4,8200	102,34	0 00:02:13
50	{SC:}.SC: : 151	170,00	J-84	0,8200	0,5000	23,96	0 00:01:44
51	{SC:}.SC: : 152	1590,00	J-82	0,8200	4,2300	107,17	0 00:02:25
52	{SC:}.SC: : 153	730,00	J-154	0,8200	1,7700	34,40	0 00:01:24
53	{SC:}.SC: : 154	3840,00	J-155	0,8200	5,9000	113,74	0 00:02:13
54	{SC:}.SC: : 157	3960,00	J-96	0,8200	3,8400	116,46	0 00:02:40
55	{SC:}.SC: : 16	3740,00	J-54	0,8200	1,7900	111,67	0 00:03:28
56	{SC:}.SC: : 161	3760,00	J-81	0,8200	0,1100	112,61	0 00:10:11
57	{SC:}.SC: : 162	3630,00	J-198	0,8200	2,3900	106,65	0 00:02:59
58	{SC:}.SC: : 163	1410,00	J-85	0,8200	3,5800	72,61	0 00:01:54
59	{SC:}.SC: : 164	3300,00	J-200	0,8200	2,8200	176,36	0 00:04:08
60	{SC:}.SC: : 165	760,00	J-191	0,8200	1,7600	35,89	0 00:01:27
61	{SC:}.SC: : 166	2180,00	J-199	0,8200	2,7000	110,99	0 00:02:56
62	{SC:}.SC: : 167	5260,00	J-74	0,8200	1,6200	128,06	0 00:03:59
63	{SC:}.SC: : 168	3660,00	J-201	0,8200	1,3500	109,39	0 00:03:47
64	{SC:}.SC: : 169	4870,00	J-187	0,8200	0,5400	87,44	0 00:04:32
65	{SC:}.SC: : 17	3710,00	J-11	0,8200	2,0200	111,88	0 00:03:19
66	{SC:}.SC: : 170	5130,00	J-88	0,8200	5,1100	169,08	0 00:03:11
67	{SC:}.SC: : 171	1110,00	J-205	0,8200	2,0400	53,55	0 00:01:52
68	{SC:}.SC: : 172	3040,00	J-208	0,8200	1,0100	107,33	0 00:04:11
69	{SC:}.SC: : 173	5990,00	J-209	0,8200	3,4200	210,38	0 00:04:23
70	{SC:}.SC: : 174	990,00	J-194	0,8200	0,8300	48,39	0 00:02:26
71	{SC:}.SC: : 175	8560,00	J-202	0,8200	2,7100	312,70	0 00:06:31
72	{SC:}.SC: : 176	17200,00	J-217	0,8200	2,3400	322,78	0 00:07:04
73	{SC:}.SC: : 177	3070,00	J-224	0,8200	0,7300	111,61	0 00:04:53
74	{SC:}.SC: : 178	11760,00	J-210	0,8200	3,5400	211,03	0 00:04:20
75	{SC:}.SC: : 179	5400,00	J-207	0,8200	0,9200	107,34	0 00:04:20
76	{SC:}.SC: : 18	3690,00	J-12	0,8200	1,8500	111,94	0 00:03:25
77	{SC:}.SC: : 180	2990,00	J-212	0,8200	0,9700	106,89	0 00:04:14
78	{SC:}.SC: : 181	2910,00	J-211	0,8200	2,1400	93,74	0 00:02:49
79	{SC:}.SC: : 182	1620,00	J-204	0,8200	2,3900	56,87	0 00:01:50
80	{SC:}.SC: : 183	3480,00	J-247	0,8200	3,0700	164,98	0 00:03:48
81	{SC:}.SC: : 184	740,00	J-246	0,8200	0,4800	35,26	0 00:02:22
82	{SC:}.SC: : 185	3810,00	J-223	0,8200	3,0700	173,16	0 00:03:56
83	{SC:}.SC: : 186	5740,00	J-218	0,8200	1,2800	149,51	0 00:04:56
84	{SC:}.SC: : 187	890,00	J-240	0,8200	2,5400	48,74	0 00:01:36
85	{SC:}.SC: : 188	2610,00	J-232	0,8200	3,7700	74,02	0 00:01:53
86	{SC:}.SC: : 189	2450,00	J-229	0,8200	1,3200	70,24	0 00:02:43
87	{SC:}.SC: : 19	3760,00	J-34	0,8200	2,8700	111,85	0 00:02:53

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

88	{SC:}.SC: : 190	1740,00	J-227	0,8200	1,4900	74,05	0 00:02:43
89	{SC:}.SC: : 191	3530,00	J-214	0,8200	1,6500	122,18	0 00:03:49
90	{SC:}.SC: : 192	1230,00	J-221	0,8200	0,3000	59,94	0 00:04:16
91	{SC:}.SC: : 193	3140,00	J-219	0,8200	0,2600	100,62	0 00:06:43
92	{SC:}.SC: : 194	1360,00	J-226	0,8200	2,9300	66,62	0 00:01:55
93	{SC:}.SC: : 195	3420,00	J-220	0,8200	0,2500	99,70	0 00:06:46
94	{SC:}.SC: : 196	4730,00	J-255	0,8200	2,2600	133,54	0 00:03:38
95	{SC:}.SC: : 197	2040,00	J-253	0,8200	1,6300	82,69	0 00:02:51
96	{SC:}.SC: : 198	3280,00	J-251	0,8200	0,1200	83,97	0 00:07:52
97	{SC:}.SC: : 199	2040,00	J-244	0,8200	3,6000	81,71	0 00:02:05
98	{SC:}.SC: : 2	3660,00	J-17	0,8200	3,0600	109,93	0 00:02:47
99	{SC:}.SC: : 20	2620,00	J-37	0,8200	1,0100	78,53	0 00:03:17
100	{SC:}.SC: : 201	1440,00	J-249	0,8200	3,3900	45,10	0 00:01:21
101	{SC:}.SC: : 202	3380,00	J-242	0,8200	1,5500	97,02	0 00:03:17
102	{SC:}.SC: : 203	890,00	J-241	0,8200	2,5000	104,56	0 00:02:53
103	{SC:}.SC: : 204	1590,00	J-241	0,8200	2,5000	69,55	0 00:02:07
104	{SC:}.SC: : 205	1340,00	J-248	0,8200	3,0400	46,02	0 00:01:26
105	{SC:}.SC: : 206	2860,00	J-250	0,8200	0,3000	83,74	0 00:05:31
106	{SC:}.SC: : 207	1530,00	J-237	0,8200	0,3700	68,18	0 00:04:20
107	{SC:}.SC: : 208	2400,00	J-239	0,8200	1,3800	93,89	0 00:03:21
108	{SC:}.SC: : 209	3030,00	J-231	0,8200	3,3700	74,15	0 00:01:59
109	{SC:}.SC: : 21	3650,00	J-46	0,8200	3,8500	109,86	0 00:02:32
110	{SC:}.SC: : 210	2750,00	J-230	0,8200	0,7800	70,35	0 00:03:20
111	{SC:}.SC: : 211	2230,00	J-233	0,8200	0,5400	87,44	0 00:04:32
112	{SC:}.SC: : 212	5880,00	J-235	0,8200	2,5200	147,62	0 00:03:46
113	{SC:}.SC: : 213	5700,00	J-254	0,8200	1,5000	87,48	0 00:03:04
114	{SC:}.SC: : 214	6910,00	J-238	0,8200	0,3200	78,64	0 00:05:07
115	{SC:}.SC: : 215	11800,00	J-234	0,8200	2,5600	154,40	0 00:03:52
116	{SC:}.SC: : 216	1980,00	J-257	0,8200	2,2800	68,44	0 00:02:10
117	{SC:}.SC: : 22	1110,00	J-39	0,8200	5,6800	32,38	0 00:00:51
118	{SC:}.SC: : 23	1100,00	J-38	0,8200	4,0400	32,44	0 00:00:59
119	{SC:}.SC: : 24	2400,00	J-42	0,8200	3,4600	70,43	0 00:01:53
120	{SC:}.SC: : 25	3730,00	J-72	0,8200	3,6400	110,29	0 00:02:37
121	{SC:}.SC: : 26	3500,00	J-91	0,8200	0,1500	107,05	0 00:08:42
122	{SC:}.SC: : 27	3640,00	J-47	0,8200	3,4000	109,76	0 00:02:40
123	{SC:}.SC: : 28	2330,00	J-49	0,8200	1,3400	68,86	0 00:02:40
124	{SC:}.SC: : 29	1390,00	J-51	0,8200	0,9900	40,42	0 00:01:59
125	{SC:}.SC: : 3	3480,00	J-16	0,8200	0,5000	104,73	0 00:05:23
126	{SC:}.SC: : 30	3360,00	J-57	0,8200	1,7700	101,40	0 00:03:14
127	{SC:}.SC: : 31	3490,00	J-55	0,8200	2,0800	112,24	0 00:03:17
128	{SC:}.SC: : 32	3770,00	J-92	0,8200	0,1200	106,41	0 00:09:26
129	{SC:}.SC: : 33	3740,00	J-94	0,8200	3,6300	116,92	0 00:02:44
130	{SC:}.SC: : 34	3700,00	J-97	0,8200	1,6500	107,81	0 00:03:28
131	{SC:}.SC: : 35	3550,00	J-79	0,8200	3,7700	108,63	0 00:02:32
132	{SC:}.SC: : 36	3200,00	J-80	0,8200	0,4100	101,49	0 00:05:40
133	{SC:}.SC: : 38	3490,00	J-263	0,8200	4,2700	106,31	0 00:02:23

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

134	{SC:}.SC: : 39	1620,00	J-64	0,8200	4,2000	50,05	0 00:01:20
135	{SC:}.SC: : 4	3610,00	J-27	0,8200	2,8400	110,24	0 00:02:52
136	{SC:}.SC: : 40	3650,00	J-26	0,8200	1,7500	111,02	0 00:03:28
137	{SC:}.SC: : 41	3630,00	J-23	0,8200	2,1500	110,42	0 00:03:12
138	{SC:}.SC: : 42	3630,00	J-22	0,8200	2,2400	110,25	0 00:03:08
139	{SC:}.SC: : 43	2010,00	J-62	0,8200	1,0900	59,51	0 00:02:35
140	{SC:}.SC: : 44	1850,00	J-63	0,8200	0,4300	60,00	0 00:03:43
141	{SC:}.SC: : 45	3370,00	J-59	0,8200	1,9000	100,85	0 00:03:08
142	{SC:}.SC: : 46	1480,00	J-61	0,8200	2,3100	47,11	0 00:01:37
143	{SC:}.SC: : 47	510,00	J-71	0,8200	1,1000	16,38	0 00:00:57
144	{SC:}.SC: : 48	3130,00	J-67	0,8200	3,7200	97,07	0 00:02:20
145	{SC:}.SC: : 49	3700,00	J-98	0,8200	1,5500	107,70	0 00:03:34
146	{SC:}.SC: : 5	3580,00	J-40	0,8200	1,5800	107,52	0 00:03:31
147	{SC:}.SC: : 51	3880,00	J-114	0,8200	1,0900	115,60	0 00:04:18
148	{SC:}.SC: : 52	3590,00	J-101	0,8200	3,3200	111,28	0 00:02:43
149	{SC:}.SC: : 53	2630,00	J-145	0,8200	2,5000	74,34	0 00:02:13
150	{SC:}.SC: : 54	3870,00	J-141	0,8200	1,5800	100,58	0 00:03:21
151	{SC:}.SC: : 55	1080,00	J-143	0,8200	0,9600	28,16	0 00:01:31
152	{SC:}.SC: : 56	840,00	J-144	0,8200	0,7000	28,75	0 00:01:45
153	{SC:}.SC: : 57	1940,00	J-146	0,8200	2,2200	72,90	0 00:02:17
154	{SC:}.SC: : 58	3420,00	J-138	0,8200	3,6400	92,86	0 00:02:17
155	{SC:}.SC: : 59	2830,00	J-159	0,8200	1,3800	110,75	0 00:03:48
156	{SC:}.SC: : 6	550,00	J-70	0,8200	0,1200	16,34	0 00:02:14
157	{SC:}.SC: : 60	2520,00	J-160	0,8200	1,2000	111,79	0 00:04:02
158	{SC:}.SC: : 61	2110,00	J-178	0,8200	0,4000	94,63	0 00:05:25
159	{SC:}.SC: : 62	3720,00	J-132	0,8200	0,5000	102,67	0 00:05:18
160	{SC:}.SC: : 63	2680,00	J-174	0,8200	1,1500	85,76	0 00:03:21
161	{SC:}.SC: : 64	3930,00	J-167	0,8200	1,8600	111,19	0 00:03:24
162	{SC:}.SC: : 65	2980,00	J-168	0,8200	1,8500	108,96	0 00:03:21
163	{SC:}.SC: : 66	3760,00	J-119	0,8200	2,1600	105,21	0 00:03:04
164	{SC:}.SC: : 67	4430,00	J-122	0,8200	5,9800	126,04	0 00:02:23
165	{SC:}.SC: : 68	4260,00	J-123	0,8200	5,8300	126,08	0 00:02:25
166	{SC:}.SC: : 7	1610,00	J-65	0,8200	1,4500	49,08	0 00:01:59
167	{SC:}.SC: : 71	3670,00	J-73	0,8200	3,6300	108,39	0 00:02:34
168	{SC:}.SC: : 72	260,00	J-199	0,8200	0,5000	24,23	0 00:01:44
169	{SC:}.SC: : 73	3610,00	J-75	0,8200	2,6000	110,11	0 00:02:58
170	{SC:}.SC: : 74	2020,00	J-196	0,8200	1,0300	59,04	0 00:02:37
171	{SC:}.SC: : 75	1040,00	J-193	0,8200	2,1500	41,44	0 00:01:30
172	{SC:}.SC: : 76	4180,00	J-260	0,8200	0,8200	122,06	0 00:05:00
173	{SC:}.SC: : 77	1530,00	J-261	0,8200	0,7000	47,21	0 00:02:34
174	{SC:}.SC: : 78	4740,00	J-259	0,8200	2,4200	144,61	0 00:03:46
175	{SC:}.SC: : 79	2440,00	J-258	0,8200	2,1000	74,43	0 00:02:23
176	{SC:}.SC: : 8	3640,00	J-20	0,8200	1,0700	110,73	0 00:04:11
177	{SC:}.SC: : 80	8570,00	J-213	0,8200	1,6200	124,36	0 00:03:54
178	{SC:}.SC: : 81	3100,00	J-69	0,8200	4,9000	96,48	0 00:02:06
179	{SC:}.SC: : 82	910,00	J-105	0,8200	1,2800	29,60	0 00:01:25

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

180	{SC:}.SC: : 83	3690,00	J-104	0,8200	0,8000	105,56	0 00:04:31
181	{SC:}.SC: : 84	2950,00	J-107	0,8200	2,5200	98,41	0 00:02:45
182	{SC:}.SC: : 85	1650,00	J-30	0,8200	3,1100	50,82	0 00:01:32
183	{SC:}.SC: : 86	830,00	J-29	0,8200	0,8100	24,72	0 00:01:28
184	{SC:}.SC: : 87	3610,00	J-19	0,8200	1,5900	110,76	0 00:03:36
185	{SC:}.SC: : 88	3440,00	J-06	0,8200	1,1300	107,22	0 00:04:00
186	{SC:}.SC: : 89	2300,00	J-04	0,8200	0,1000	70,20	0 00:07:21
187	{SC:}.SC: : 9	1450,00	J-14	0,8200	1,9400	43,87	0 00:01:38
188	{SC:}.SC: : 90	1740,00	J-01	0,8200	0,2300	52,34	0 00:04:15
189	{SC:}.SC: : 91	2290,00	J-03	0,8200	0,1000	70,59	0 00:07:23
190	{SC:}.SC: : 92	830,00	J-28	0,8200	0,3600	24,88	0 00:02:01
191	{SC:}.SC: : 93	2580,00	J-36	0,8200	1,6700	78,55	0 00:02:43
192	{SC:}.SC: : 94	1620,00	J-31	0,8200	3,9300	48,57	0 00:01:21
193	{SC:}.SC: : 95	1600,00	J-60	0,8200	2,2700	47,12	0 00:01:37
194	{SC:}.SC: : 96	3270,00	J-103	0,8200	0,8100	106,29	0 00:04:31
195	{SC:}.SC: : 97	3440,00	J-78	0,8200	3,5800	108,56	0 00:02:35
196	{SC:}.SC: : 98	2400,00	J-43	0,8200	4,0800	70,67	0 00:01:46
197	{SC:}.SC: : 99	2310,00	J-48	0,8200	0,4900	69,16	0 00:03:56

Tabla 1: Parámetros de entrada para las cuencas en el modelo de la situación actual de la zona de estudio extraído del software SSA

Fuente: Elaboración propia a partir del software SSA

ID	Cota de fondo (m)	Cota de tapa (m)
J-01	178,07	178,07
J-02	178,06	178,06
J-03	178,01	178,01
J-04	178,01	178,01
J-05	177,95	177,95
J-06	177,93	177,93
J-07	177,95	177,95
J-08	177,93	177,93
J-09	176,72	176,72
J-10	176,55	176,55
J-100	169,85	169,85
J-101	169,64	169,64
J-102	169,87	169,87
J-103	169,85	169,85
J-104	169,64	169,64
J-105	171,96	171,96
J-106	172,00	172,00
J-107	171,58	171,58
J-108	170,93	170,93
J-109	171,58	171,58
J-11	176,39	176,39

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

J-110	170,93	170,93
J-111	169,10	169,10
J-112	168,89	168,89
J-113	168,99	168,99
J-114	168,80	168,80
J-115	165,80	165,80
J-116	165,25	165,25
J-117	165,76	165,76
J-118	165,27	165,27
J-119	167,54	167,54
J-12	176,42	176,42
J-120	167,99	167,99
J-121	167,36	167,36
J-122	167,54	167,54
J-123	167,36	167,36
J-124	168,02	168,02
J-125	165,96	165,96
J-126	162,28	162,28
J-127	162,05	162,05
J-128	165,88	165,88
J-129	160,01	160,01
J-13	178,97	178,97
J-130	160,00	160,00
J-131	159,94	159,94
J-132	159,94	159,94
J-133	160,14	160,14
J-134	160,13	160,13
J-135	160,00	160,00
J-136	160,00	160,00
J-137	167,54	167,54
J-138	167,35	167,35
J-139	167,39	167,39
J-14	179,92	179,92
J-140	167,39	167,39
J-141	167,39	167,39
J-142	167,39	167,39
J-143	167,81	167,81
J-144	167,55	167,55
J-145	167,81	167,81
J-146	167,55	167,55
J-147	165,95	165,95
J-148	165,96	165,96
J-149	165,93	165,93
J-15	178,12	178,12
J-150	165,93	165,93
J-151	172,91	172,91

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

J-152	172,67	172,67
J-153	172,37	172,37
J-154	172,61	172,61
J-155	172,67	172,67
J-156	172,37	172,37
J-157	165,70	165,70
J-158	165,47	165,47
J-159	165,50	165,50
J-16	177,98	177,98
J-160	165,25	165,25
J-161	163,97	163,97
J-162	163,91	163,91
J-163	163,85	163,85
J-164	163,66	163,66
J-165	162,09	162,09
J-166	162,06	162,06
J-167	162,07	162,07
J-168	162,02	162,02
J-169	161,97	161,97
J-17	178,25	178,25
J-170	161,74	161,74
J-171	161,34	161,34
J-172	160,90	160,90
J-173	162,78	162,78
J-174	163,01	163,01
J-175	163,17	163,17
J-176	158,12	158,12
J-177	163,26	163,26
J-178	163,16	163,16
J-179	158,07	158,07
J-18	178,82	178,82
J-181	164,75	164,75
J-182	164,52	164,52
J-183	163,35	163,35
J-184	163,40	163,40
J-185	164,75	164,75
J-186	164,52	164,52
J-187	169,05	169,05
J-188	168,16	168,16
J-189	165,74	165,74
J-19	180,01	180,01
J-190	165,47	165,47
J-191	175,00	175,00
J-192	175,10	175,10
J-193	175,00	175,00
J-194	175,50	175,50

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

J-195	175,62	175,62
J-196	175,61	175,61
J-197	180,41	180,41
J-198	179,95	179,95
J-199	179,97	179,97
J-20	180,01	180,01
J-200	179,98	179,98
J-201	181,89	181,89
J-202	183,83	183,83
J-203	184,64	184,64
J-204	186,00	186,00
J-205	184,92	184,92
J-206	185,01	185,01
J-207	186,00	186,00
J-208	186,00	186,00
J-209	182,70	182,70
J-21	174,85	174,85
J-210	183,10	183,10
J-211	186,00	186,00
J-212	185,01	185,01
J-213	186,00	186,00
J-214	186,00	186,00
J-215	183,99	183,99
J-216	183,99	183,99
J-217	183,97	183,97
J-218	183,97	183,97
J-219	184,27	184,27
J-22	174,60	174,60
J-220	184,27	184,27
J-221	184,01	184,01
J-222	184,02	184,02
J-223	182,05	182,05
J-224	176,43	176,43
J-225	176,74	176,74
J-226	185,97	185,97
J-227	185,07	185,07
J-228	185,45	185,45
J-229	186,00	186,00
J-23	174,67	174,67
J-230	186,00	186,00
J-231	186,00	186,00
J-232	186,00	186,00
J-233	185,92	185,92
J-234	185,96	185,96
J-235	185,92	185,92
J-236	182,20	182,20

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

J-237	182,00	182,00
J-238	182,00	182,00
J-239	183,50	183,50
J-24	174,89	174,89
J-240	183,21	183,21
J-241	183,21	183,21
J-242	183,50	183,50
J-243	180,60	180,60
J-244	180,22	180,22
J-245	177,28	177,28
J-246	176,91	176,91
J-247	181,97	181,97
J-248	182,00	182,00
J-249	181,75	181,75
J-25	176,82	176,82
J-250	182,00	182,00
J-251	181,75	181,75
J-252	181,75	181,75
J-253	181,65	181,65
J-254	181,75	181,75
J-255	180,30	180,30
J-256	180,44	180,44
J-257	182,00	182,00
J-258	182,00	182,00
J-259	180,44	180,44
J-26	176,50	176,50
J-260	176,61	176,61
J-261	176,94	176,94
J-262	178,12	178,12
J-263	177,45	177,45
J-264	163,01	163,01
J-265	163,17	163,17
J-27	177,98	177,98
J-28	179,67	179,67
J-29	179,86	179,86
J-30	181,24	181,24
J-31	181,57	181,57
J-32	179,66	179,66
J-33	179,66	179,66
J-34	179,63	179,63
J-35	179,58	179,58
J-36	180,97	180,97
J-37	180,42	180,42
J-38	180,97	180,97
J-39	180,42	180,42
J-40	176,55	176,55

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

J-41	176,39	176,39
J-42	182,10	182,10
J-43	182,10	182,10
J-44	179,66	179,66
J-45	179,22	179,22
J-46	178,58	178,58
J-47	178,19	178,19
J-48	179,56	179,56
J-49	179,11	179,11
J-50	179,56	179,56
J-51	179,11	179,11
J-52	174,35	174,35
J-53	174,46	174,46
J-54	174,13	174,13
J-55	174,18	174,18
J-56	172,13	172,13
J-57	171,85	171,85
J-58	172,30	172,30
J-59	171,77	171,77
J-60	173,37	173,37
J-61	172,86	172,86
J-62	173,37	173,37
J-63	172,86	172,86
J-64	174,82	174,82
J-65	174,72	174,72
J-66	172,72	172,72
J-67	172,60	172,60
J-68	174,01	174,01
J-69	173,83	173,83
J-70	174,03	174,03
J-71	174,01	174,01
J-72	183,07	183,07
J-73	182,81	182,81
J-74	182,48	182,48
J-75	182,81	182,81
J-76	179,05	179,05
J-77	178,88	178,88
J-78	178,58	178,58
J-79	178,71	178,71
J-80	179,00	179,00
J-81	179,00	179,00
J-82	177,14	177,14
J-83	177,40	177,40
J-84	179,20	179,20
J-85	176,97	176,97
J-86	176,93	176,93

J-87	174,37	174,37
J-88	174,11	174,11
J-89	172,00	172,00
J-90	171,34	171,34
J-91	174,62	174,62
J-92	174,31	174,31
J-93	174,62	174,62
J-94	174,31	174,31
J-95	174,69	174,69
J-96	174,34	174,34
J-97	174,69	174,69
J-98	174,34	174,34
J-99	170,06	170,06

Tabla 2: Parámetros de entrada para los nodos en el modelo de la situación actual de la zona de estudio extraído del software SSA

Fuente: Elaboración propia a partir del software SSA

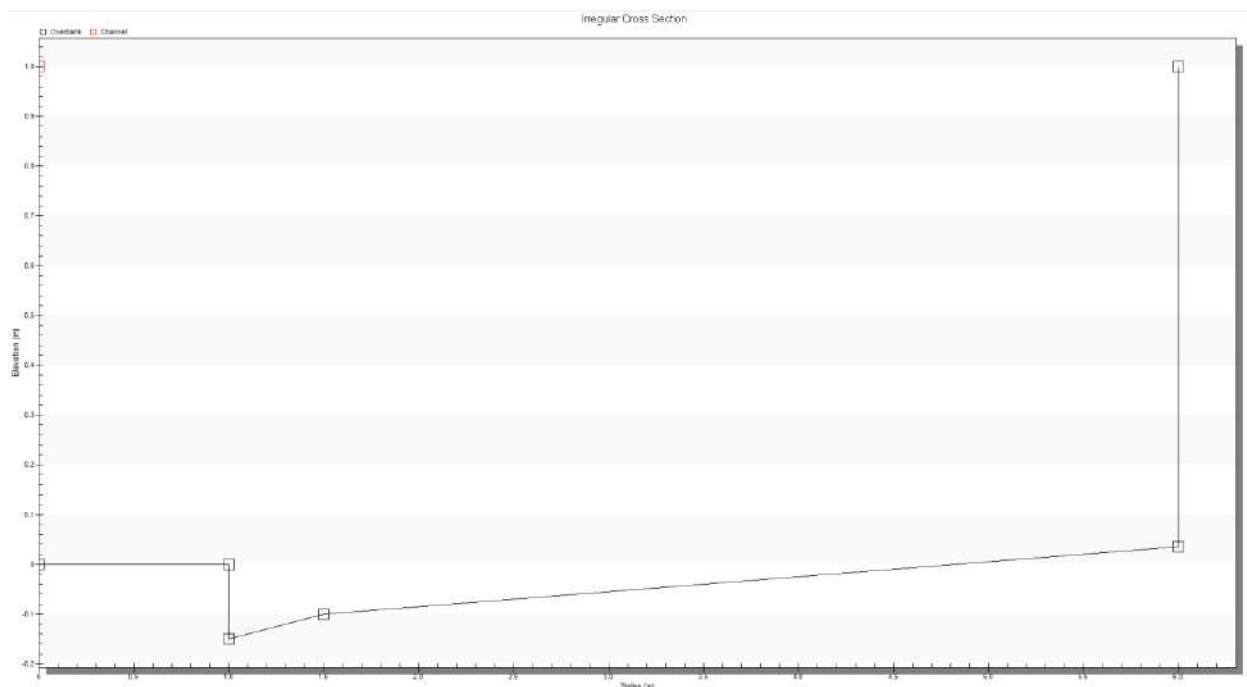


Figura 2: Esquema de la sección transversal XS-01 considerada para calles con cunetas de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

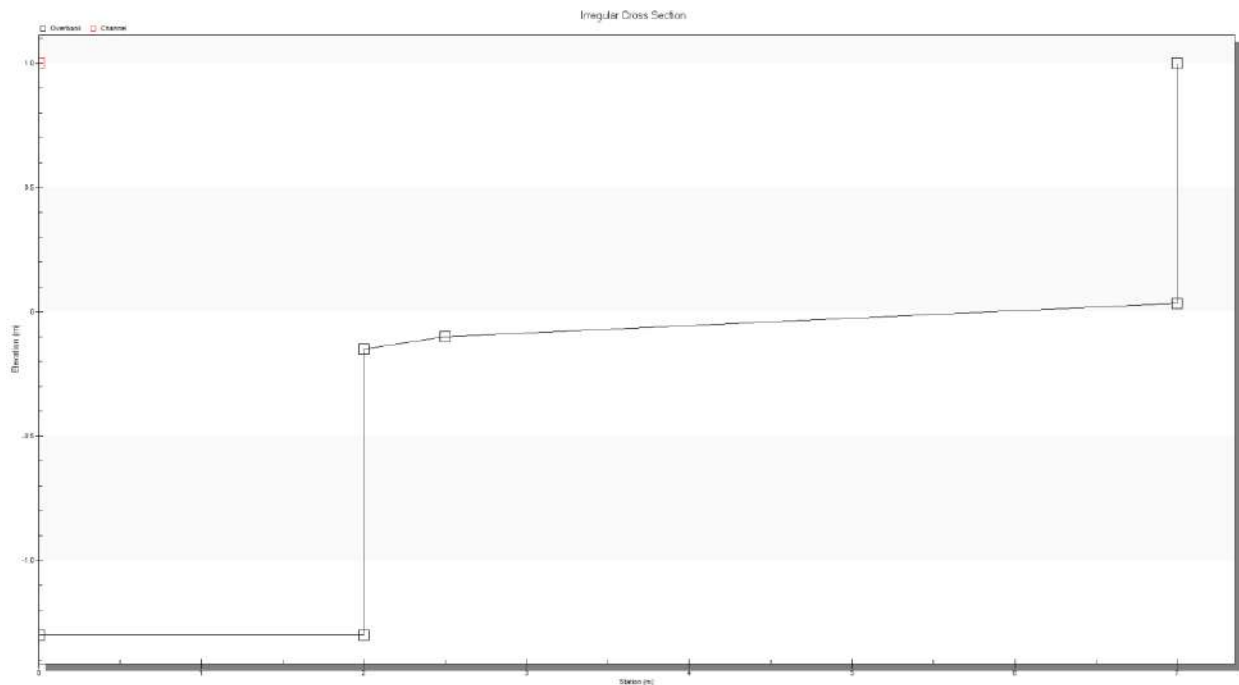


Figura 3: Esquema de la sección transversal XS-02 considerada para las calles que cuentan con canales abiertos en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Resultados obtenidos

En la zona de estudio, el escurrimiento superficial es conducido principalmente mediante canales abiertos, por lo que el análisis se centró en determinar el caudal que circula efectivamente por estos cauces durante los eventos de diseño. Para ello, se delimitaron las microcuencas de aporte y se cuantificaron los caudales generados que alcanzan cada segmento del canal. El término caudal real se refiere al caudal remanente que, una vez producido el aporte superficial, es colectado y transportado por el canal hasta el siguiente tramo de conducción. La simulación hidráulica permitió identificar los sectores donde el canal opera próximo o por encima de su capacidad, información fundamental para evaluar el desempeño del sistema existente y definir las mejoras necesarias para garantizar un adecuado manejo del escurrimiento.

El objetivo principal de la simulación consiste en representar de manera detallada el comportamiento hidráulico de las calles bajo las condiciones reales de las estructuras existentes, considerando la interacción entre los colectores, cunetas, canales abiertos y demás componentes de la red pluvial-vial. Este enfoque permite caracterizar el tránsito de la escorrentía superficial a lo largo de los distintos elementos del sistema y, con ello, determinar los caudales finales en los puntos de estudio. La simulación proporciona una evaluación integral del desempeño del drenaje urbano en la situación actual, permitiendo identificar limitaciones en la capacidad hidráulica y zonas críticas de acumulación.

La evaluación hidráulica detallada de la cuenca ha evidenciado que la capacidad del sistema de drenaje existente se encuentra ampliamente superada, incluso bajo condiciones de precipitación de baja intensidad. Los análisis realizados indican que las cunetas, canales abiertos y estructuras de conducción disponibles actualmente no cuentan con la sección transversal ni con el gradiente hidráulico necesario para transportar de manera eficiente los caudales generados durante los episodios de lluvia, lo que da lugar a desbordamientos frecuentes y a la acumulación de volúmenes significativos de agua sobre la calzada y en áreas adyacentes. Esta insuficiencia se refleja en la ocurrencia de anegamientos prácticamente en cada evento de precipitación, afectando tanto la seguridad vial como la habitabilidad de los sectores intervenidos. Además, la incapacidad del sistema actual para evacuar los escurrimientos contribuye a la erosión superficial, sedimentación en los cauces y posibles daños a la infraestructura urbana existente. En consecuencia, los resultados de la evaluación hidráulica confirman de manera inequívoca la insuficiencia del sistema de drenaje actual y sustentan la necesidad de diseñar e implementar una red de alcantarillado pluvial eficiente, capaz de garantizar la conducción adecuada de los escurrimientos y minimizar los impactos asociados a las precipitaciones sobre la cuenca.

Las principales vías que presentan concentraciones críticas de escorrentía superficial y acumulaciones significativas de caudal corresponden a las calles Maldonado, San Pedro, Dra. Serafina Dávalos, Fulgencio R. Moreno, Dr. Ignacio A. Pane, Dr. Blas Garay y Juan León Mallorquín. En estos sectores, el nivel alcanzado por el flujo superficial supera los 10 cm de altura del cordón, evidenciando una condición de insuficiencia hidráulica que posiciona a estas áreas como puntos prioritarios de intervención.

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS - SITUACION ACTUAL					
CALLE PRINCIPAL	CUENCAS APORTANTES	ID LINK DESCARGA	Q (m ³ /s)	NIVEL DE AGUA PROMEDIO (m)	DIAGNOSTICO
San Pedro	C8	LINK 170	6,41	0,91	Sobrepasa nivel de cordón
Maldonado	C9-C10-C11-C-12	LINK 198 - LINK 199	7,80	0,34	Sobrepasa nivel de cordón
Dra. Serafina Davalos	C7	LINK 140 - LINK 141	0,67	0,17	Sobrepasa nivel de cordón
Fulgencio R. Moreno	C1-C2-C3	LINK 88 - LINK 89	7,56	0,45	Sobrepasa nivel de cordón
Dr. Ignacio A. Pane	C4	LINK 112 - LINK 113	1,94	0,36	Sobrepasa nivel de cordón
Dr. Blas Garay	C5	LINK 124 - LINK 125	2,17	0,45	Sobrepasa nivel de cordón
Juan León Mallorquín	C6	LINK 130 - LINK 131	0,79	0,25	Sobrepasa nivel de cordón

Tabla 4: Resultados obtenidos de la simulación con la situación actual de la cuenca en estudio

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, los niveles de agua promedio obtenidos para los caudales calculados representan la altura media del flujo superficial que alcanza cada vía durante los eventos evaluados. Los resultados muestran que el nivel de cordón de todas las calles, considerado éste con un valor de 10 cm, se ve sobrepasado por el flujo superficial resultante de las escorrentías presentes en la zona en épocas de temporales, evidenciando una condición generalizada de sobrepaso y una insuficiencia hidráulica significativa en el sistema de drenaje existente.

Las premisas de modelación consideradas fueron las siguientes:

- Cuencas (Subbasins): se definieron las cuencas discretizadas correspondientes a cada calle, asignando sus parámetros geomorfológicos y de escorrentía, conforme a lo establecido en las Tablas 1 y 2. Estas subcuencas se vinculan a los nodos para representar los aportes de escurrimiento generados por la lluvia.
- Parámetros de entrada y condiciones de contorno: las subcuencas se conectaron a los nodos con el fin de incorporar los caudales de aporte según la hidrología definida.

- Conductos (Links): se modeló cada tramo vial considerando dos configuraciones hidráulicas: una parte de las calles fue representada mediante cordones cuneta del tipo XS-01, mientras que la otra parte se modeló con canales abiertos del tipo XS-02. Asimismo, se incorporaron las tuberías pluviales que conectan los canales siguiendo la pendiente longitudinal de cada calle, constituyendo los elementos responsables del transporte del caudal captado.
- Nodos (Nodes): se elaboraron los perfiles longitudinales de las calles incluidas en el estudio y se incorporaron al modelo los nodos de esquina, tramos intermedios y puntos de captación. Cada nodo define la dirección de escurrimiento y su conexión con los conductos simulados.

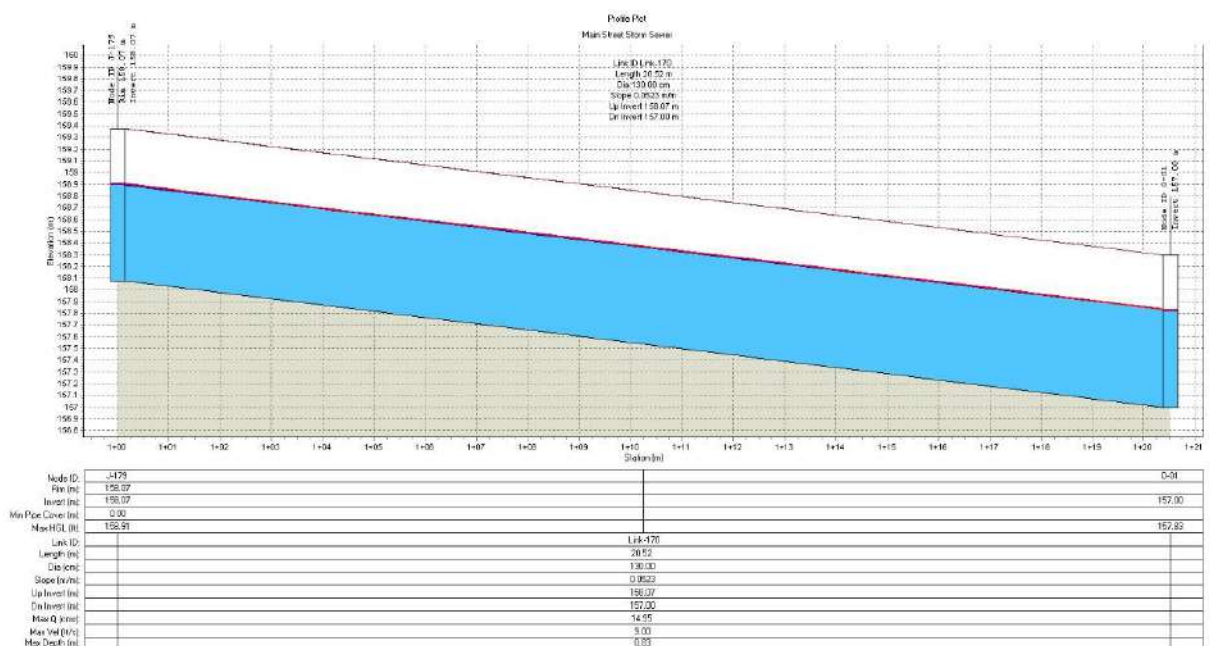


Figura 4: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle San Pedro

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

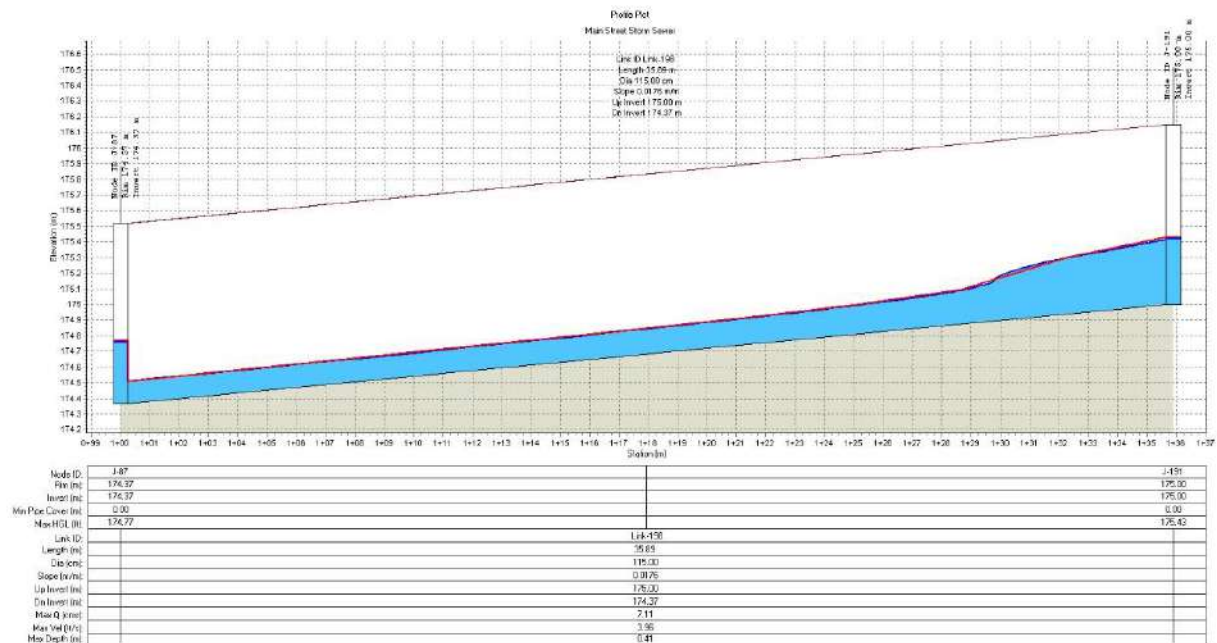


Figura 5: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Maldonado (Link 198)

Fuente: Elaboración propia

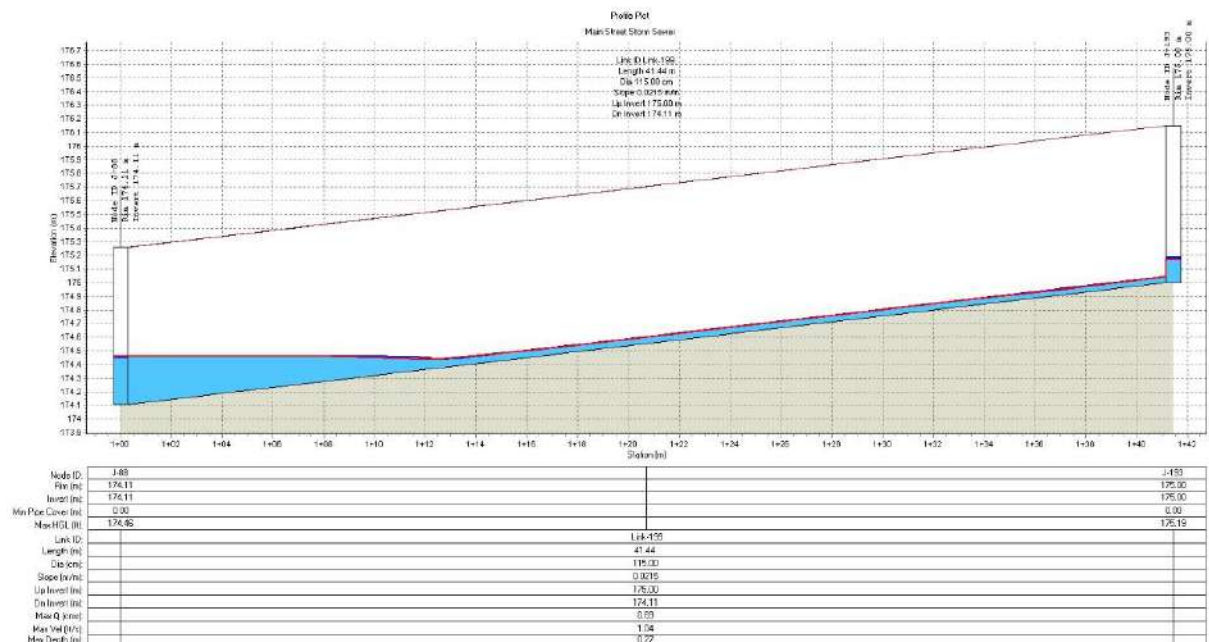


Figura 6: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Maldonado (Link 199)

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

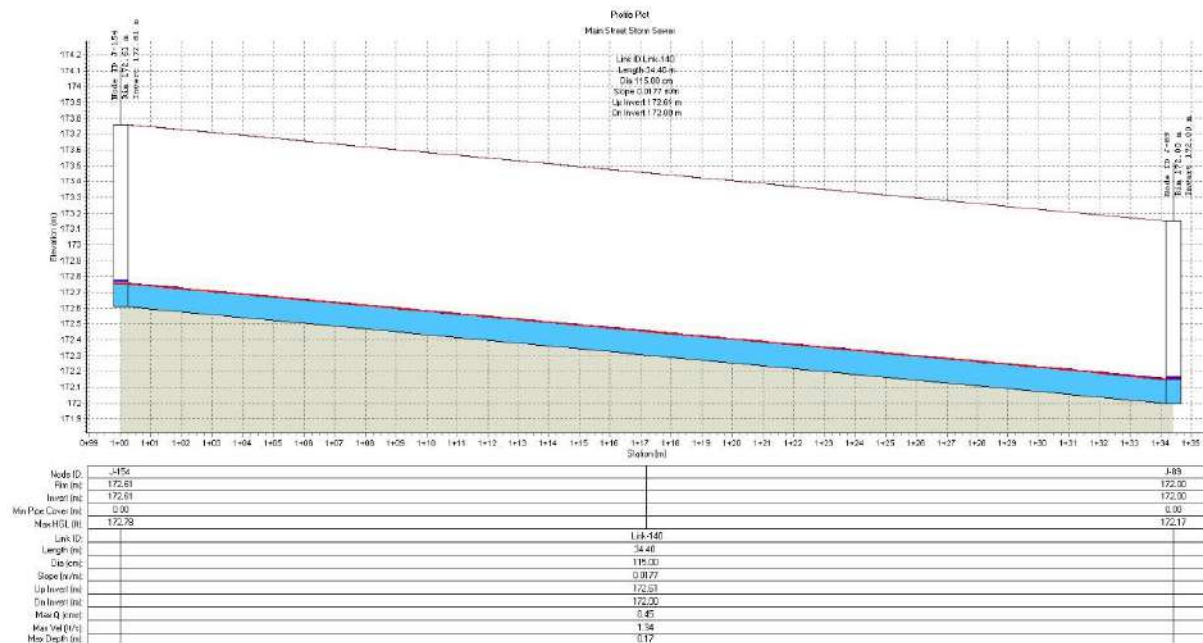


Figura 7: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Dra. Serafina Dávalos (Link 140)
Fuente: Elaboración propia

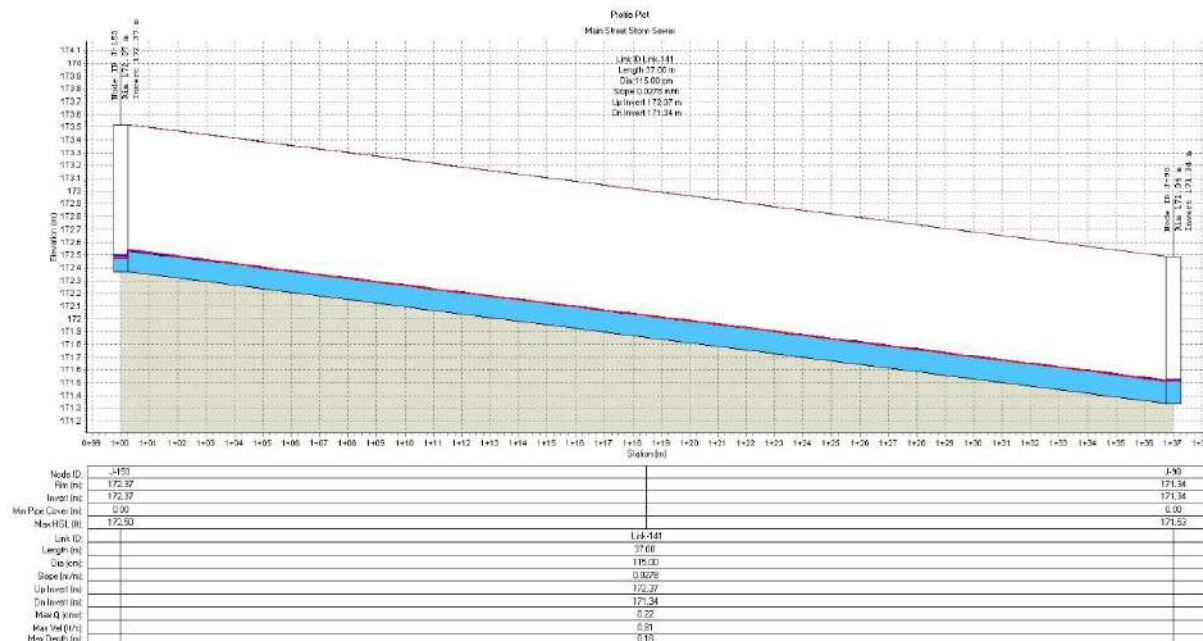


Figura 8: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Dra. Serafina Dávalos (Link 141)
Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

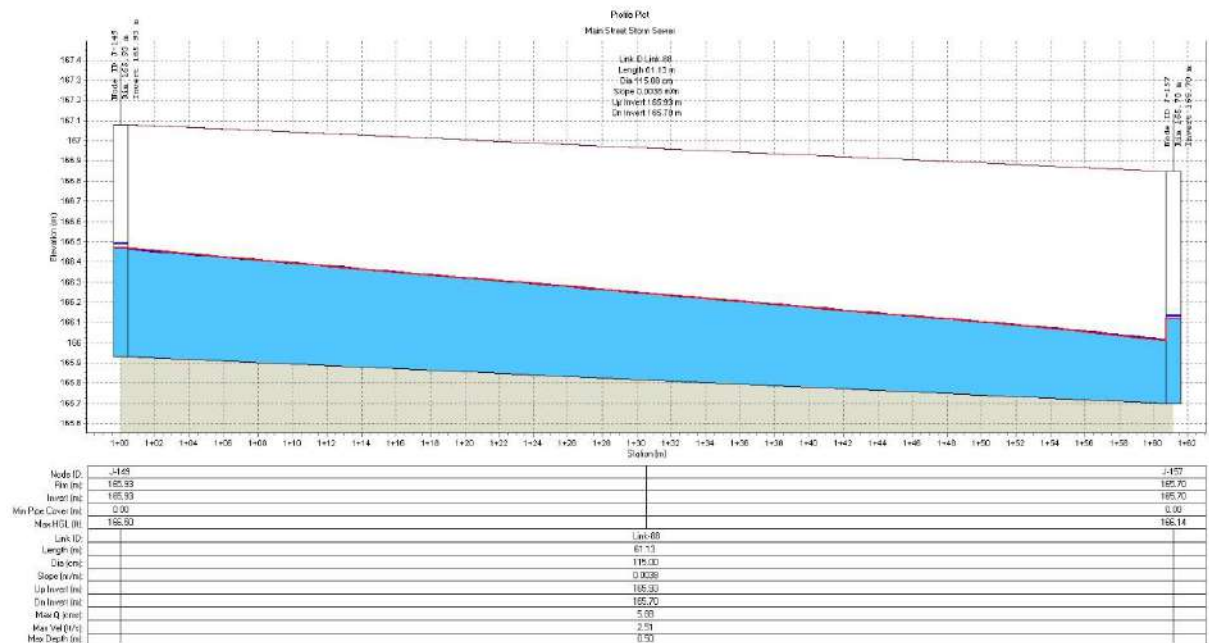


Figura 9: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Fulgencio R. Moreno (Link 88)
Fuente: Elaboración propia

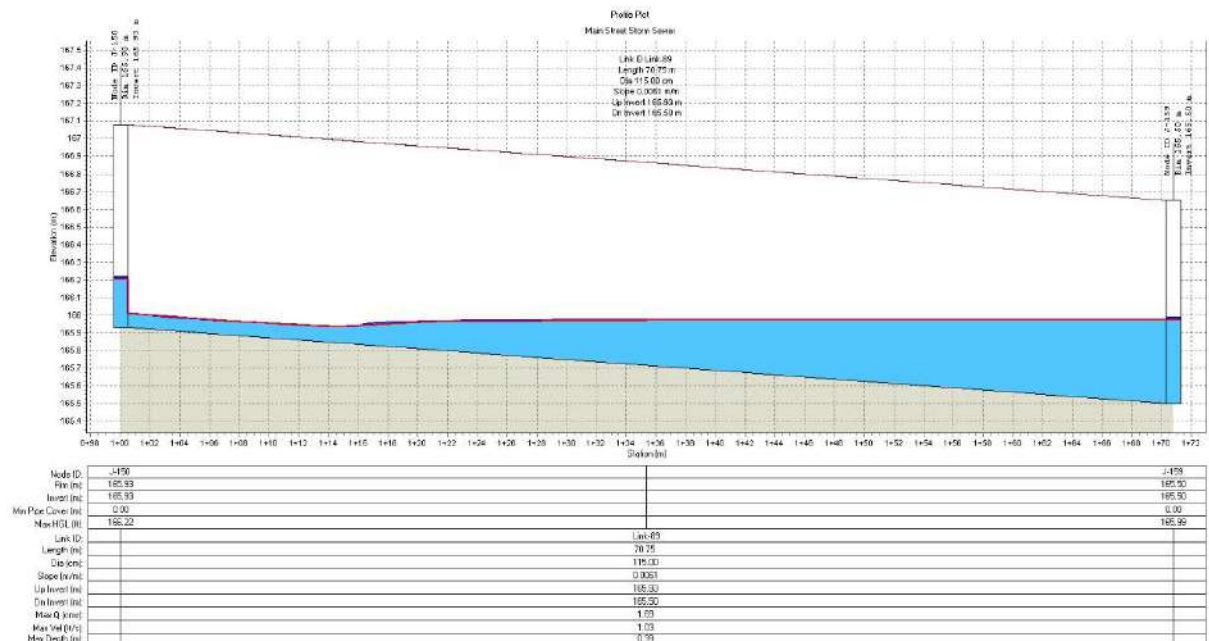


Figura 10: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Fulgencio R. Moreno (Link 89)
Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

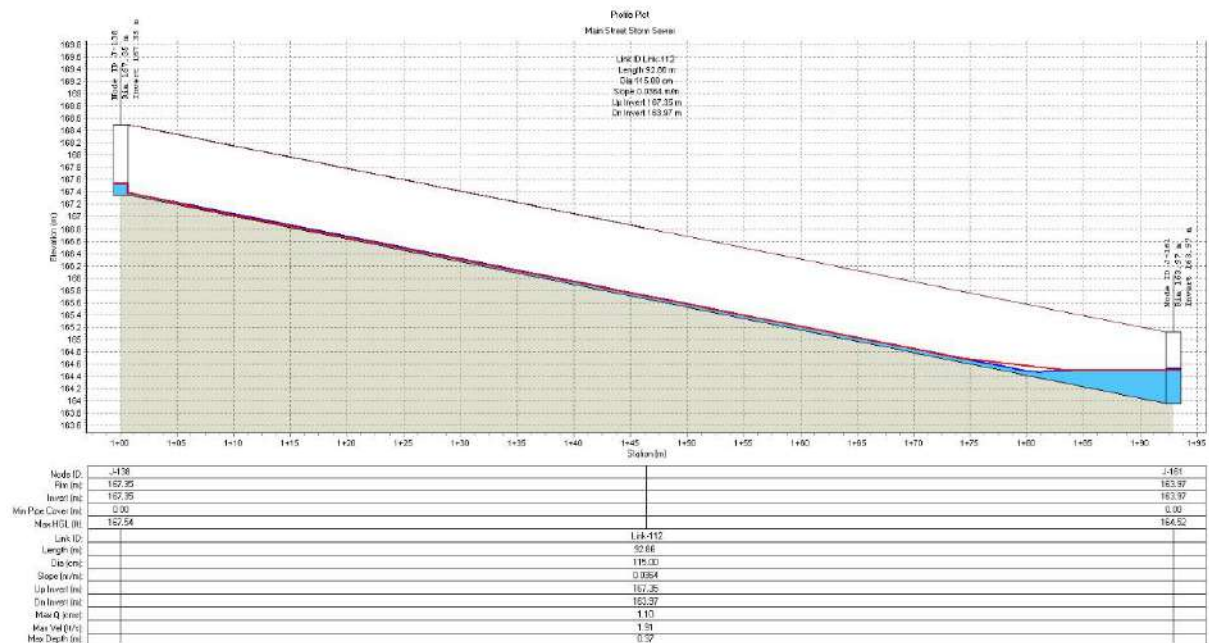


Figura 11: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Dr. Ignacio A. Pane (Link 112)
Fuente: Elaboración propia

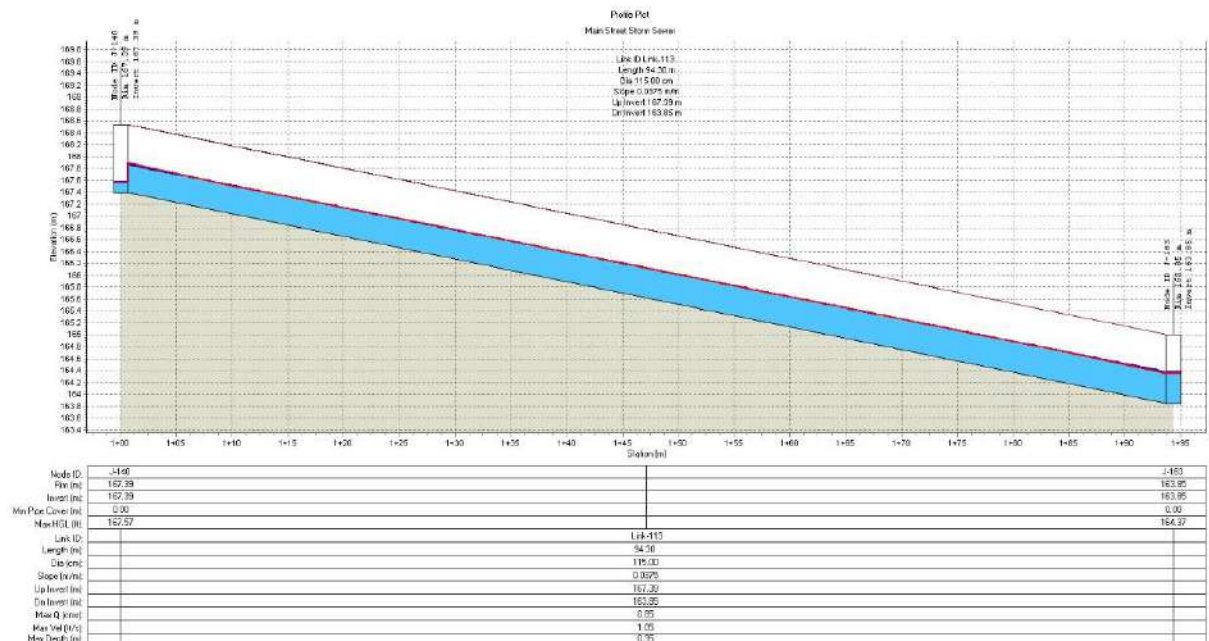


Figura 12: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Dr. Ignacio A. Pane (Link 113)
Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

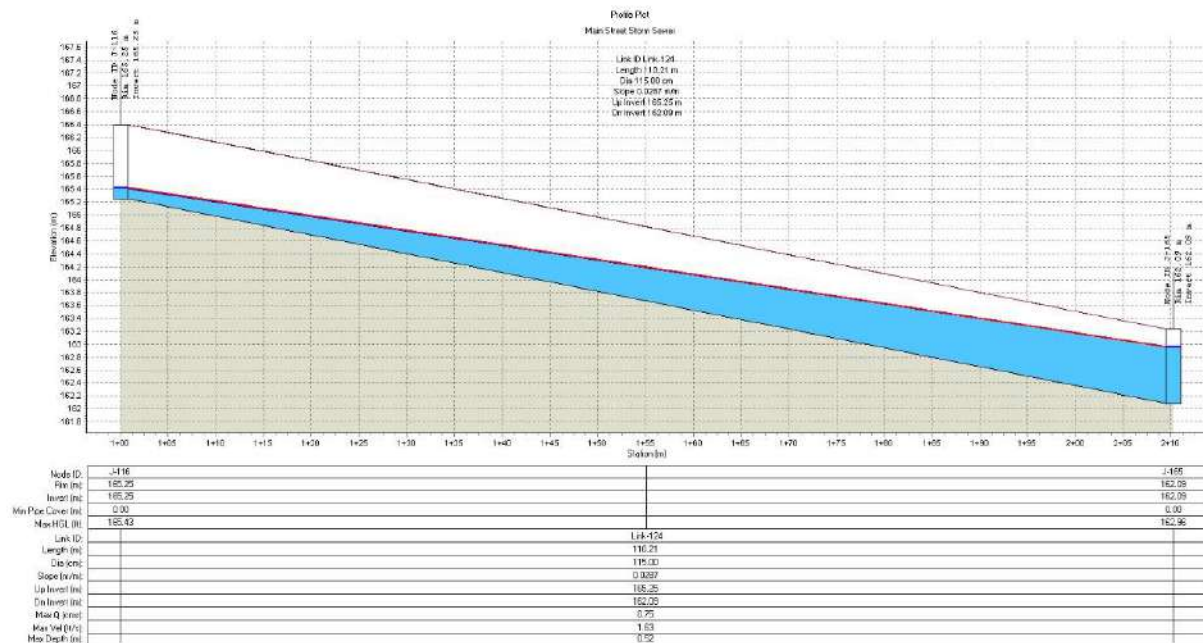


Figura 13: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Dr. Blas Garay (Link 124)

Fuente: Elaboración propia

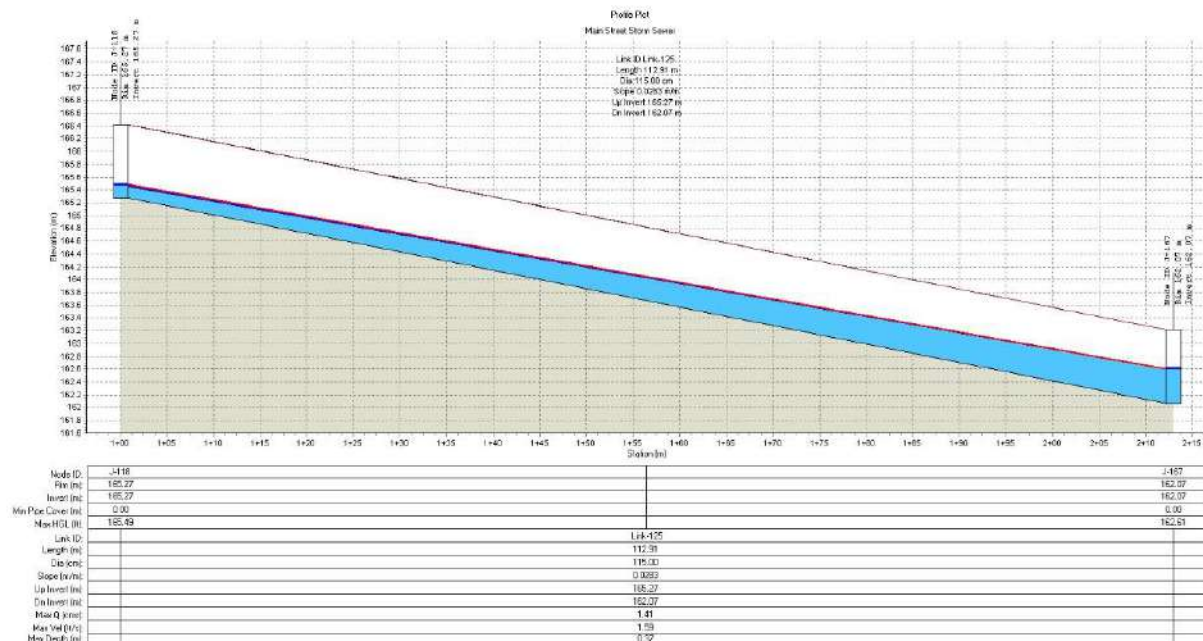


Figura 14: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Dr. Blas Garay (Link 125)

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

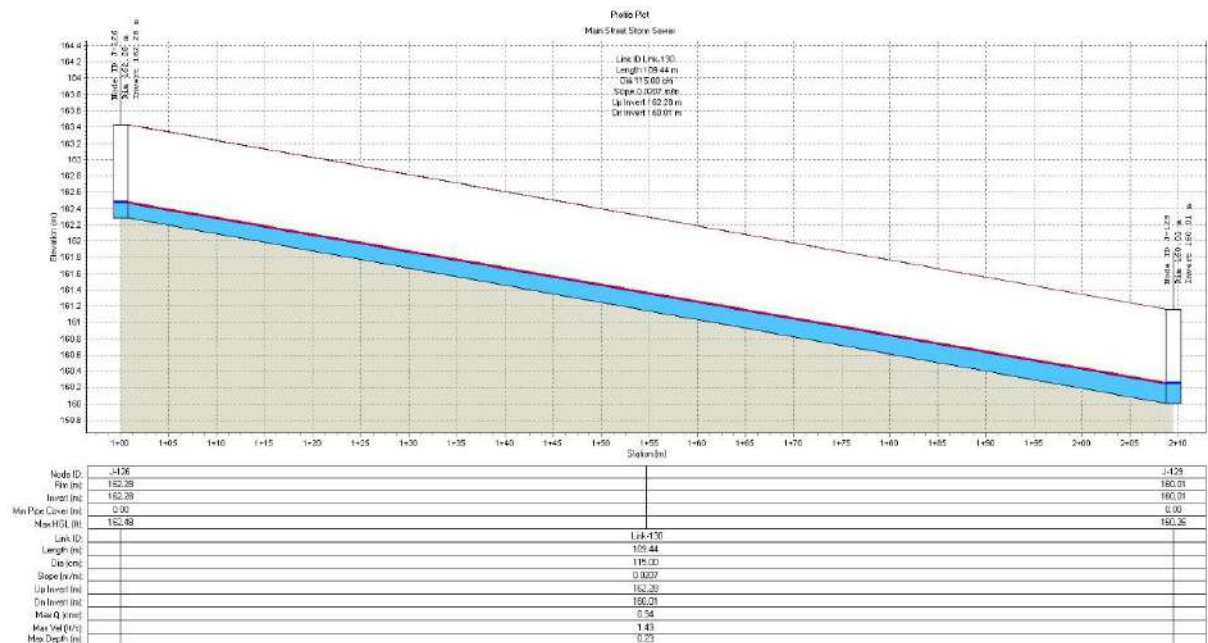


Figura 16: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Ruta PY08-San Pedro (Link 130)
Fuente: Elaboración propia

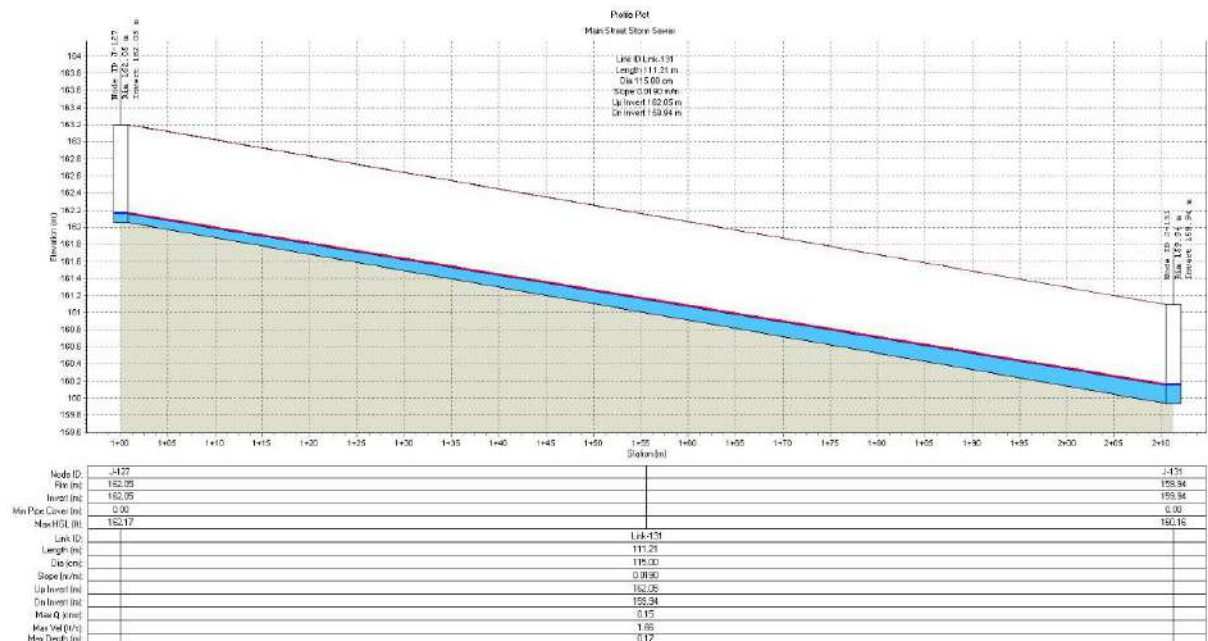


Figura 17: Esquema en perfil de la simulación del canal sistema existente sobre la calle Ruta PY08-San Pedro (Link 131)
Fuente: Elaboración propia

ANEXO III

DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS

1. Simulación hidráulica de la solución propuesta

Se proponen seis líneas de alcantarillado, diseñadas para recolectar y conducir los flujos provenientes de las calles C/ Maldonado 1, C/Maldonado 2, Maldonado, Caacupé 1, Caacupé 2, 25 de diciembre, Remberto Jiménez, Dra. Serafina Dávalos, Fulgencio R. Moreno, Dr. Ignacio A. Pane, Dr. Blas Garay, San Pedro, Juan León Mallorquín, Caacupé y el último tramo que pasa por debajo de la RutaPY08 Dr. Blas Garay hasta su empalme con el punto de descarga hacia el drenaje existente que constituye la salida y el final de la red propuesta.

El análisis hidráulico del sistema se desarrolló mediante Autodesk Storm and Sanitary Analysis (SSA) empleando un esquema de enrutamiento hidrodinámico basado en las ecuaciones unidimensionales de continuidad de Saint-Venant para flujo no permanente. Este enfoque permite representar efectos de retroceso, almacenamiento, variaciones en la lámina de agua y condiciones de presión parcial o total en las conducciones.

$$\frac{\delta A}{\delta t} + \frac{\delta Q}{\delta x} = 0 \quad \text{Ec. Continuidad} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta(Q^2/A)}{\delta x} + gA * \frac{\delta H}{\delta x} + gA + gAh_L = 0 \quad \text{Ec. Momento} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- A es el área de flujo transversal.
- Q es el caudal o descarga volumétrica.
- x es la coordenada espacial a lo largo del conducto.
- t es el tiempo.
- h es la altura o elevación piezométrica de la lámina de agua.
- g es la aceleración de la gravedad.
- Sf es la pendiente de fricción o pérdida de energía por fricción.
- hL es la pérdida de energía local por unidad de longitud del conducto.

Para un conducto con sección transversal conocida, el área hidráulica A depende de la profundidad del flujo, la cual se determina a partir de la carga hidráulica H calculada mediante el método Static Surface Analysis (SSA) [9]. En este método, las variables involucradas, el caudal Q y la carga H , son funciones tanto de la posición x como del tiempo t , evaluándose bajo un enfoque cuasi-permanente en cada intervalo.

La pendiente por pérdida de carga por fricción S_f puede obtenerse utilizando la ecuación de Manning, de la siguiente forma:

$$S_f = \frac{n^2 * V * |V|}{R^{4/3}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- n es el coeficiente de rugosidad de Manning;
- V es la velocidad del flujo (equivalente a Q/A);
- R corresponde al radio hidráulico de la sección transversal.

Las pérdidas de carga localizadas h_L se expresan mediante:

$$h_L = K * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 4}$$

En donde K es el coeficiente asociado a la pérdida localizada y g es representa la aceleración de la gravedad.

Para aplicar la ecuación de energía a lo largo de un conducto bajo el método SSA, se requiere establecer las condiciones iniciales de H y Q en el tiempo $t=0$, así como las condiciones de contorno en $x=0$ y $x=L$ para todos los instantes. El procedimiento asume una superficie hidráulica continua entre los nodos y los tramos que los conectan. La variación temporal de la carga hidráulica H en un nodo se determina mediante:



Figura 1: Representación de enlace de nodo de subcuenca para definir el modelo numérico que se analizó en SSA

Fuente: Guía de uso del Programa Autodesk Análisis Sanitario de Tormentas, 2018



Figura 2: Esquema del sistema simulado

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

Es fundamental considerar las direcciones de flujo durante la realización de modelados y cálculos correspondientes. En la figura 3 se ilustran dichas direcciones.

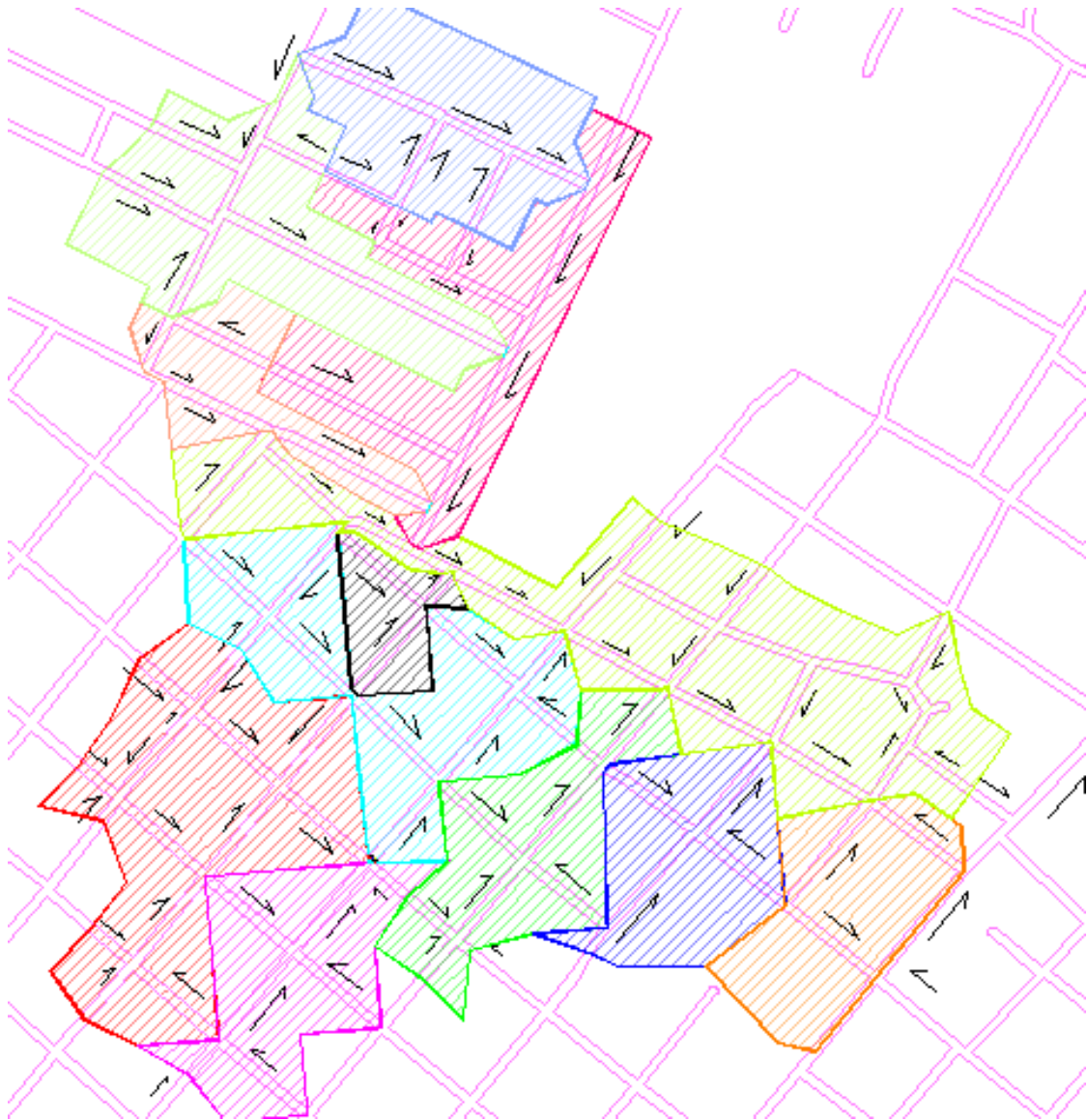


Figura 3: Direcciones de flujo

Fuente: Elaboración propia

Resultados del modelo hidráulico

Se seleccionaron cinco ramales secundarios, dispuestos en forma paralela y transversal, además de un ramal principal. El primer ramal secundario se inicia en la intersección de la C/Maldonado 1 con la calle Maldonado y se desarrolla a lo largo de esta vía, conectando posteriormente con las calles C/Maldonado 2, Caacupé 1, Caacupé 2 y 25 de Diciembre. A lo largo de su recorrido se dispusieron galerías celulares simples, dobles y triples, según la capacidad requerida en cada tramo, todas ubicadas en el eje de la calzada para aprovechar el espacio disponible. El segundo ramal secundario inicia en la intersección de Fulgencio R. Moreno con San Pedro y cuenta con galerías celulares dobles en todo su desarrollo, igualmente situadas en el centro de la vía. El tercer ramal se origina en la intersección de la calle San Pedro con el tramo Juan León Mallorquín, incorporando galerías celulares triples ubicadas en el eje de la calle. El cuarto ramal

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

comienza con la intersección de Caacupé con Juan León Mallorquín, que también lleva galerías celulares triples en toda su extensión, asimismo, el tramo correspondiente al de la RutaPY08 Dr. Blas Garay también incorpora galerías celulares triples hasta su empalme con el drenaje existente ubicado al otro lado de la calzada. Esta disposición permite optimizar el espacio disponible y asegurar una conducción eficiente de las aguas pluviales.

El ramal principal corresponde a la calle San Pedro, cuya función es captar y transportar los caudales provenientes de los ramales secundarios que desembocan transversalmente en dicha vía. El flujo es conducido a lo largo del ramal principal hasta el punto de descarga ubicado al final del tramo ubicado sobre la Ruta PY08 Dr. Blas Garay. En el tramo correspondiente a la RutaPY08, se identificó la presencia de un drenaje que cruza por debajo de la calzada, el cual conduce los escurrimientos hacia un sistema de drenaje existente al otro lado de la ruta. No obstante, dicho drenaje resulta hidráulicamente insuficiente para transportar el caudal aportado por los ramales secundarios, por lo que se proyecta su reemplazo por galerías triples, a fin de garantizar una adecuada capacidad de conducción en la condición futura.

ELECCIÓN ALCANTARILLAS						
CALLE	Q TRANSPORTE (m ³ /s)	ALCANTARILLA	PENDIENTE	TIRANTE (m)	VELOCIDAD (m/s)	OBSERVACIONES
C/ Maldonado 1	2.12	ACS 1.00x1.00	1.50%	0.61	3.46	
Maldonado	2.81	ACS 1.00x1.00	2.50%	0.79	4.38	
C/ Maldonado 2	3.48	ACD 1.00x1.00	1.90%	0.50	4.43	
Caacupe	5.94	ACD 1.00x1.00	1.30%	0.79	4.40	
Maldonado	7.55	ACD 1.00x1.00	1.30%	0.84	4.50	
Caacupe 2	8.41	ACD 1.00x1.00	1.20%	0.94	4.50	
25 de diciembre	9.83	ACT 1.00x1.00	1.10%	0.75	4.39	
Maldonado	10.47	ACT 1.00x1.00	1.10%	0.78	4.48	
Dra. Serafinia Davalos	0.67	ATS Ø800mm	1.83%	0.37	2.97	
Fulgencio R. Moreno	4.69	ACD 1.00x1.00	1.50%	0.57	4.14	
Fulgencio R. Moreno y Remberto Jimenez	6.10	ACD 1.00x1.00	1.50%	0.68	4.47	
Fulgencio R. Moreno	7.38	ACD 1.00x1.00	1.30%	0.82	4.48	

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

Dr. Ignacio A. Pane	1.94	ACS 1.00x1.00	1.83%	0.53	3.65	
Dr. Blas Garay	2.17	ACS 1.00x1.00	0.50%	0.97	2.25	
Caacupe	0.43	ATS Ø800mm	0.50%	0.41	1.64	
San Pedro	1.10	ATS Ø800mm	1.00%	0.63	2.60	
Fulgencio R. Moreno	0.34	ATS Ø800mm	2.90%	0.23	2.91	
Dr. Ignacio A. Pane	0.22	ATS Ø800mm	1.84%	0.20	2.19	
Dr. Blas Garay	2.49	ACS 1.00x1.00	1.00%	0.82	3.05	
San Pedro	0.59	ACS 1.00x1.00	2.50%	0.20	2.90	
San Pedro, Maldonado y Dra. Serafina Davalos	12.13	ACT 1.00x1.00	1.00%	0.89	4.53	
San Pedro y Fulgencio R. Moreno	20.17	ACT 1.50x1.50	1.00%	0.90	4.97	AGREGAR ESCALONES DISIPADORES
San Pedro y Dr. Ignacio A. Pane	22.68	ACT 1.50x1.50	1.00%	0.98	5.16	AGREGAR ESCALONES DISIPADORES
Caacupe	30.00	ACT 1.50x1.50	1.00%	1.18	5.63	AGREGAR ESCALONES DISIPADORES
Ruta PY08	32.16	ACT 1.50x1.50	1.20%	1.25	5.98	AGREGAR ESCALONES DISIPADORES

Tabla 1: Resultados del dimensionamiento de alcantarillas

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

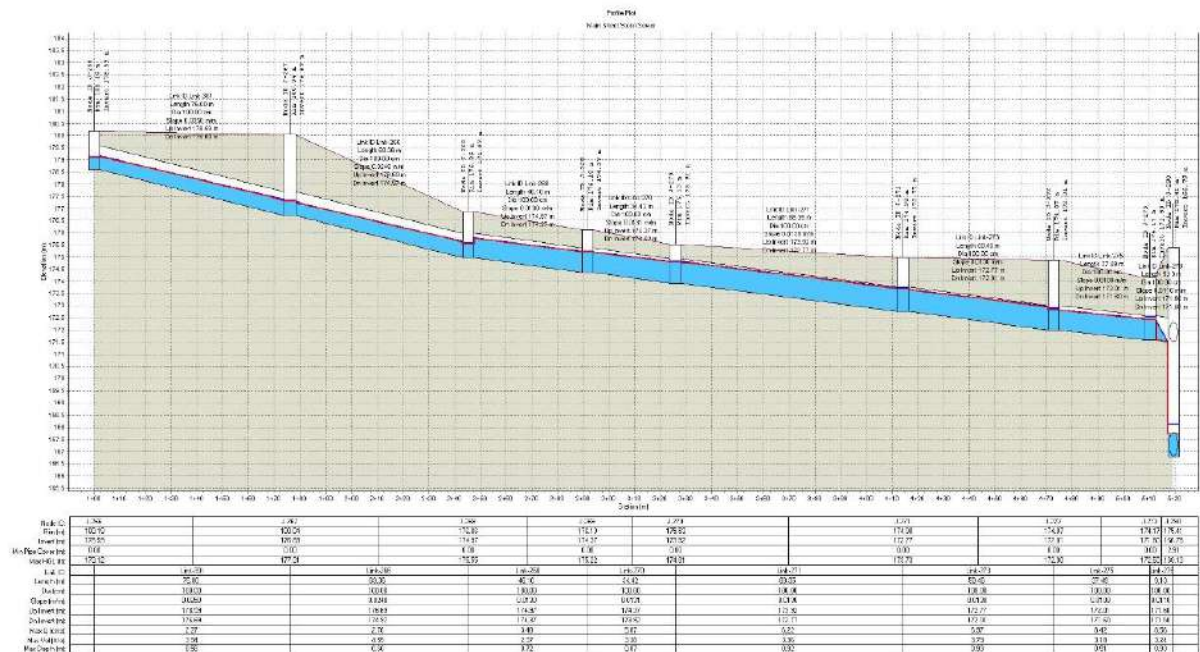


Figura 4: Esquema en perfil de la simulación del alcantarillado de la solución propuesta sobre la calle Maldonado

Fuente: Elaboración propia



Figura 5: Esquema en planta de la simulación del alcantarillado de la solución propuesta sobre la calle Maldonado

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

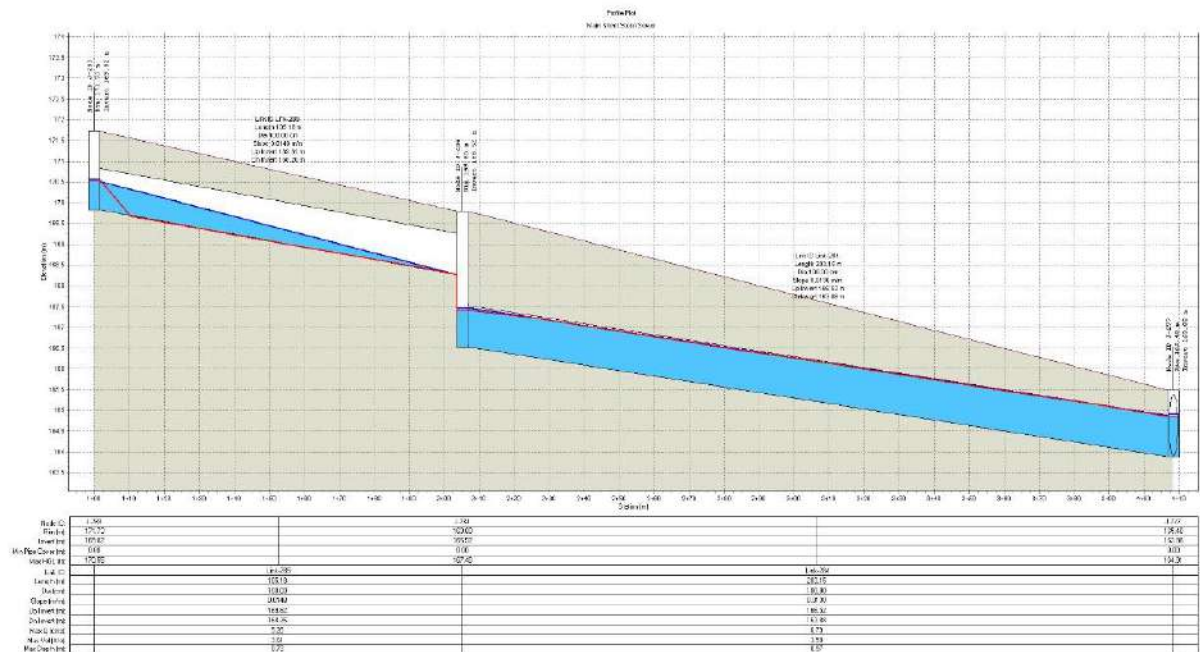


Figura 6: Esquema en perfil de la simulación del alcantarillado de la solución propuesta sobre la calle Fulgencio R. Moreno
Fuente: Elaboración propia

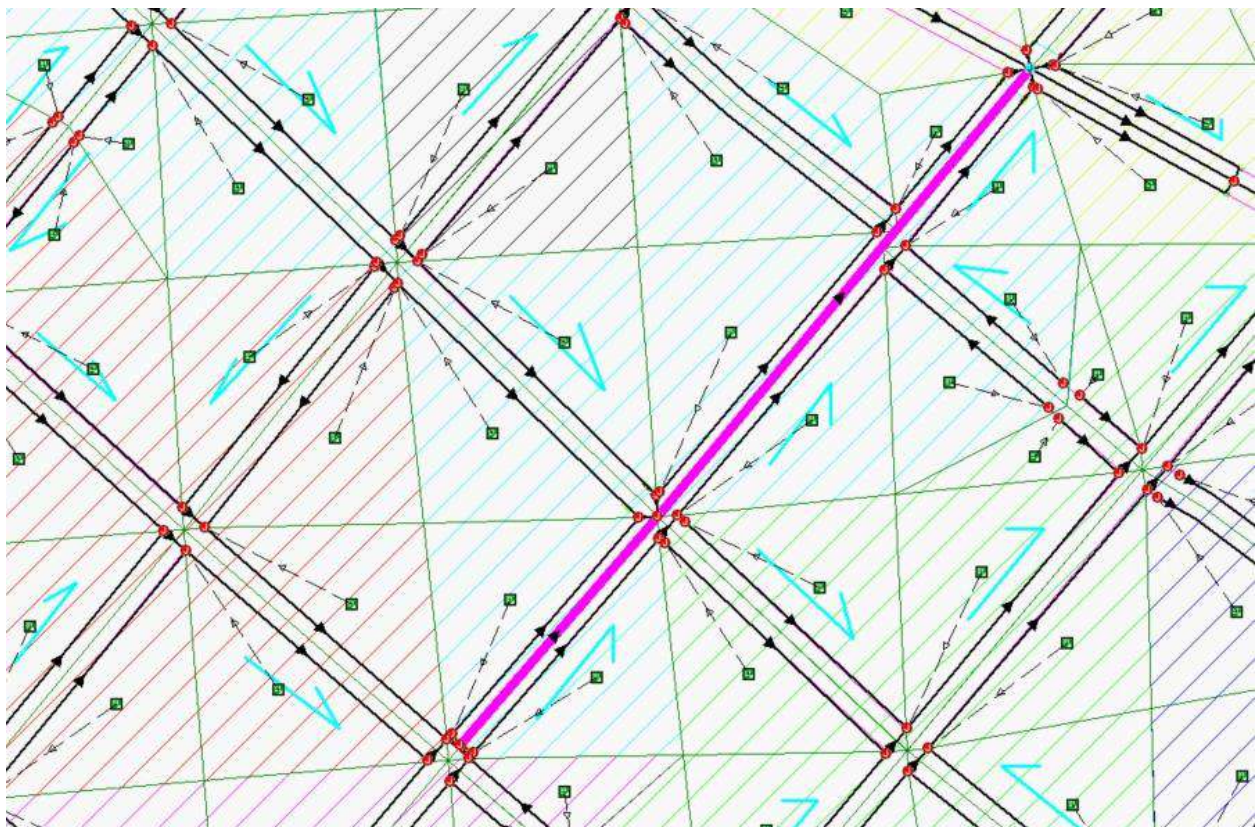


Figura 7: Esquema en planta de la simulación del alcantarillado de la solución propuesta sobre la calle Fulgencio R. Moreno
Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

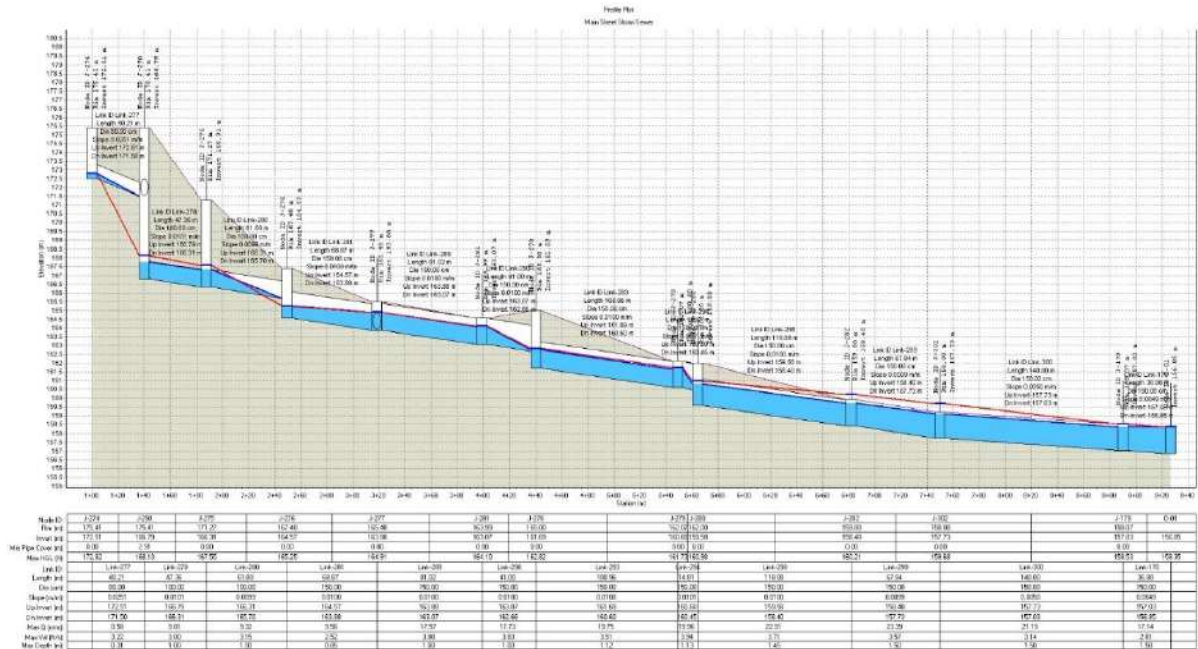


Figura 8: Esquema en perfil de la simulación del canal solución propuesta sobre las calles San Pedro – Juan León Mallorquín – Caacupé y tramo Rutapy08

Fuente: Elaboración propia

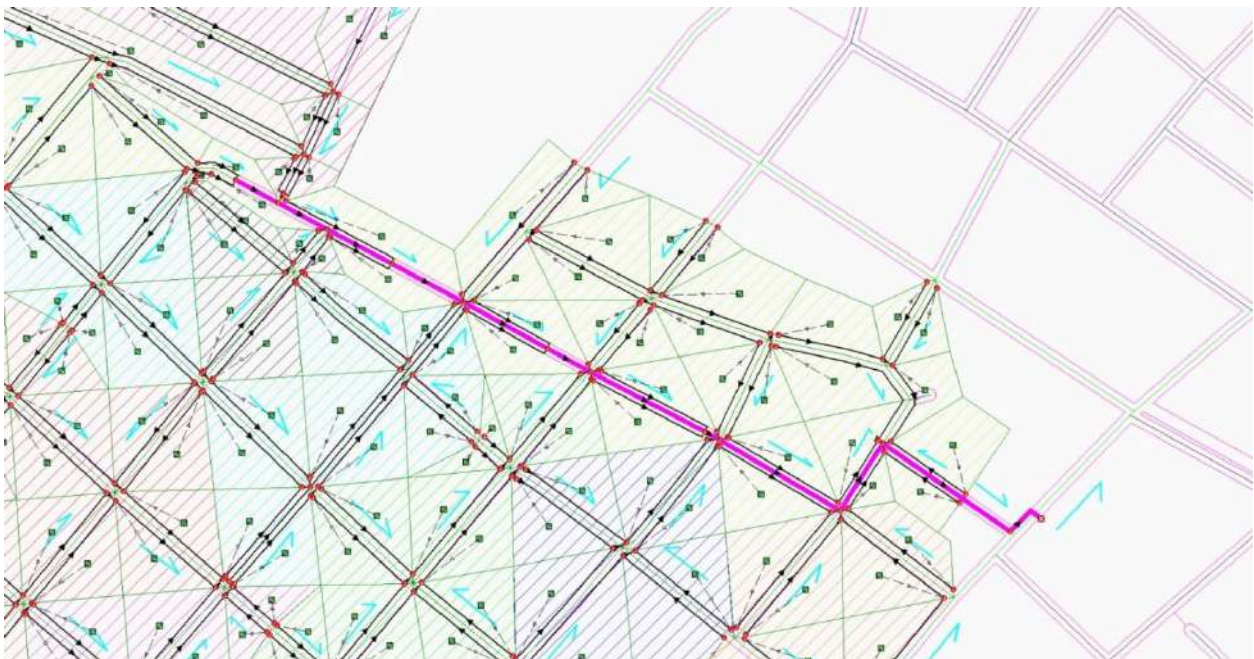


Figura 9: Esquema en planta de la simulación del alcantarillado de la solución propuesta sobre las calles San Pedro – Juan León Mallorquín – Caacupé y tramo Rutapy08

Fuente: Elaboración propia

ANEXO IV

DIMENSIONAMIENTO DE SUMIDEROS

Los sumideros constituyen elementos fundamentales del sistema de drenaje urbano, diseñados para interceptar y conducir eficientemente el flujo superficial generado por la esorrentía de calles y áreas urbanizadas hacia las galerías de alcantarillado. Su correcta ubicación y distribución a lo largo de los ramales permiten prevenir acumulaciones de agua sobre la calzada, garantizar la seguridad de los usuarios y mantener la funcionalidad del sistema durante eventos de precipitación intensos.

El dimensionamiento de los sumideros se realizó considerando el caudal máximo esperado, las áreas de aporte de cada tramo, la pendiente de las calles y las características hidráulicas de la superficie. Se seleccionaron dos tipos de sumideros, mixtos incluyendo rejillas simples, dobles, triples, cuádruples y sumideros transversales, combinadas con pozos de inspección, según la capacidad requerida y la facilidad de mantenimiento. Para asegurar un funcionamiento óptimo, se establecieron criterios de diseño que incluyen la velocidad mínima y máxima de esorrentía en superficie, la distancia entre sumideros para garantizar la interceptación eficiente del flujo y la compatibilidad con las galerías celulares adyacentes.

La integración de los sumideros con el sistema de alcantarillado garantiza una transición fluida del flujo desde la superficie hacia la red subterránea, evitando desbordamientos y acumulaciones de agua, y permitiendo un transporte hidráulicamente seguro hasta el punto de descarga final del sistema. Este enfoque asegura que el diseño cumpla con los requisitos de eficiencia hidráulica, seguridad y mantenibilidad exigidos por los estándares técnicos locales.

Para la separación entre sumideros se consideró una distancia promedio de 150 metros, ya que en la zona estudiada se encuentra una calle bastante larga y con pendiente pronunciada de mayor o igual a 1.5%, por ello es eficiente considerar dicha distancia para evitar la acumulación de flujos en los puntos bajos y evitar que sobrepase el nivel de cordón.

Los sumideros fueron dimensionados siguiendo la metodología propuesta por Tucci [5], la cual permite calcular la capacidad necesaria de captación considerando el caudal superficial generado por la esorrentía urbana, la pendiente de las calles y la superficie aportante a cada estructura. Este enfoque proporciona criterios precisos para determinar el área efectiva de la rejilla y el volumen del pozo de inspección, garantizando que los sumideros puedan interceptar y

conducir eficientemente los flujos hacia las galerías de alcantarillado, evitando desbordamientos durante eventos de lluvia de diseño. La aplicación de la fórmula de Tucci asegura que el dimensionamiento sea consistente con los estándares de drenaje urbano adoptados en la región y compatible con la capacidad hidráulica de la red subterránea proyectada. Dicha fórmula se cita a continuación:

$$Q = c \times (1.7Ly^{\frac{1}{2}} + 2.91Ay^{\frac{1}{2}})$$

Ecuación 1

Donde:

- Q es el caudal;
- A es el área neta de la rejilla;
- y es la profundidad de la lámina del agua;
- c es el factor de reducción (se utilizó 0.6);
- L es la longitud del sumidero.

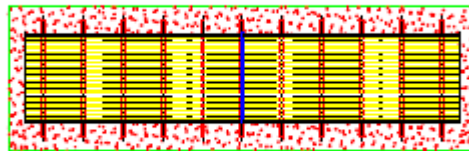


Figura 1: Esquema del sumidero transversal elegido

Fuente: Elaboración propia

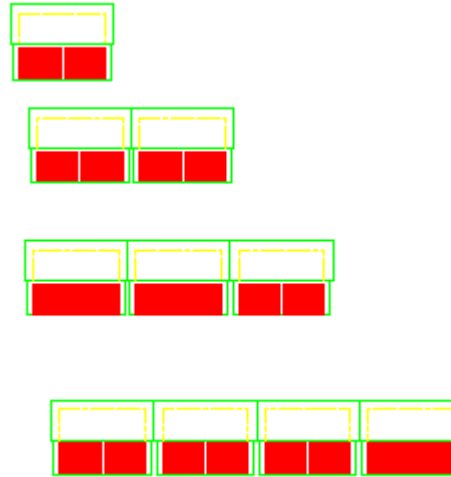


Figura 2: Esquema de sumideros mixtos elegidos

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla resumen de las dimensiones de los sumideros mixtos y transversales, respectivamente :

N.	cordón		Rejilla			Caudal captado(m ³ /s)
	Longitud (m)	Altura de abertura (m)	Ancho rejilla (m)	Longitud rejilla(m)	Área neta(m ²)	
SM1	1,5	0,2	0,6	1,5	0,45	0,53
SM2	3	0,2	0,6	3	0,9	1,06
SM3	4,5	0,2	0,6	4,5	1,35	1,59
SM4	6	0,2	0,6	6	1,8	2,12

Tabla 1: Dimensiones de sumideros mixtos

Fuente: Elaboración propia

N.	Ancho rejilla (m)	Longitud rejilla(m)	A. neta(m ²)	Altura de agua (m)	Q(m ³ /s)
ST1	1,5	8	6	0,2	4,69

Tabla 2: Dimensiones de sumideros transversales

Fuente: Elaboración propia

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

CALLE	Q INCIDENTE (m3/s)			SUMIDERO IZQUIERDA			
	Q izq (m3/s)	Q der (m3/s)	Q TOTAL (m3/s)	SUMIDERO	Q CAPTACION (m3/s)	Q REMANENTE (m3/s)	Σ Q REMANENTES (m3/s)
C/ Maldonado 1	1.14	1.07	2.21	SM2	1.06	0.08	0.08
Maldonado	0.35	0.34	0.69	SM1	0.53	- 0.18	-
C/ Maldonado 2	0.35	0.33	0.68	SM1	0.53	- 0.18	-
Caacupe 1	1.08	1.38	2.46	SM2	1.06	0.03	0.03
Maldonado	1.37	0.23	1.60	SM3	1.59	- 0.21	-
Caacupe 2	0.58	0.29	0.86	SM1	0.53	0.05	0.05
25 de diciembre	0.87	0.55	1.43	SM2	1.06	- 0.18	-
Maldonado	0.51	0.12	0.63	SM1	0.53	- 0.02	-
Dra. Serafina Davalos	0.45	0.22	0.67	SM1	0.53	- 0.08	-
Fulgencio R. Moreno	4.20	1.33	5.52	ST	4.69	0.84	0.84
Fulgencio R. Moreno y Remberto Jimenez	0.78	0.64	1.42	SM2	1.06	- 0.28	-
Fulgencio R. Moreno	0.63	0.64	1.27	SM2	1.06	- 0.43	-
Dr. Ignacio A. Pane	1.10	0.85	1.94	SM2	1.06	0.04	0.04
Dr. Blas Garay	0.75	1.41	2.17	SM2	1.06	- 0.30	-
Caacupe	0.22	0.21	0.43	SM1	0.53	- 0.31	-
San Pedro	0.94	0.16	1.10	SM2	1.06	- 0.12	-
Fulgencio R. Moreno	0.10	0.24	0.34	SM1	0.53	- 0.43	-
Dr. Ignacio A. Pane	0.10	0.12	0.22	SM1	0.53	- 0.43	-
Dr. Blas Garay	0.71	1.79	2.49	SM2	1.06	- 0.35	-

San Pedro	0.18	0.40	0.59	SM1	0.53	- 0.34	-
San Pedro, Maldonado y Dra. Serafina Davalos	0.27	0.15	0.41	SM1	0.53	- 0.26	-
San Pedro y Fulgencio R. Moreno	0.15	0.17	0.32	SM1	0.53	- 0.38	-
San Pedro y Dr. Ignacio A. Pane	0.16	0.20	0.36	SM1	0.53	- 0.37	-
Caacupe	0.42	0.72	1.14	SM1	0.53	- 0.11	-
Ruta PY08	1.37	0.23	1.60	SM3	1.59	- 0.22	-

Tabla 3: Tipos de sumideros por calle – Margen izquierda

Fuente: Elaboración propia

CALLE	Q INCIDENTE (m3/s)			SUMIDERO DERECHA			
	Q izq (m3/s)	Q der (m3/s)	Q TOTAL (m3/s)	SUMIDERO	Q CAPTACION (m3/s)	Q REMANENTE (m3/s)	Σ Q REMANENTES (m3/s)
C/ Maldonado 1	1.14	1.07	2.21	SM2	1.06	0.01	0.01
Maldonado	0.35	0.34	0.69	SM1	0.53	- 0.19	-
C/ Maldonado 2	0.35	0.33	0.68	SM1	0.53	- 0.20	-
Caacupe 1	1.08	1.38	2.46	SM3	1.59	- 0.21	-
Maldonado	1.37	0.23	1.60	SM1	0.53	- 0.30	-
Caacupe 2	0.58	0.29	0.86	SM1	0.53	- 0.24	-

Diseño de un sistema de desagüe pluvial eficiente para el Barrio Santa Lucía de la Ciudad de Coronel Oviedo

25 de diciembre	0.87	0.55	1.43	SM1	0.53	0.02	0.02
Maldonado	0.51	0.12	0.63	SM1	0.53	- 0.41	-
Dra. Serafina Davalos	0.45	0.22	0.67	SM1	0.53	- 0.31	-
Fulgencio R. Moreno	4.20	1.33	5.52			-	-
Fulgencio R. Moreno y Remberto Jimenez	0.78	0.64	1.42	SM2	1.06	- 0.42	-
Fulgencio R. Moreno	0.63	0.64	1.27	SM2	1.06	- 0.42	-
Dr. Ignacio A. Pane	1.10	0.85	1.94	SM2	1.06	- 0.21	-
Dr. Blas Garay	0.75	1.41	2.17	SM3	1.59	- 0.17	-
Caacupe	0.22	0.21	0.43	SM1	0.53	- 0.32	-
San Pedro	0.94	0.16	1.10	SM1	0.53	- 0.37	-
Fulgencio R. Moreno	0.10	0.24	0.34	SM1	0.53	- 0.29	-
Dr. Ignacio A. Pane	0.10	0.12	0.22	SM1	0.53	- 0.41	-
Dr. Blas Garay	0.71	1.79	2.49	SM4	2.12	- 0.33	-
San Pedro	0.18	0.40	0.59	SM1	0.53	- 0.13	-
San Pedro, Maldonado y Dra. Serafina Davalos	0.27	0.15	0.41	SM1	0.53	- 0.38	-
San Pedro y Fulgencio R. Moreno	0.15	0.17	0.32	SM1	0.53	- 0.36	-
San Pedro y Dr. Ignacio A. Pane	0.16	0.20	0.36	SM1	0.53	- 0.32	-

Caacupe	0.42	0.72	1.14	SM2	1.06	- 0.34	-
Ruta PY08	1.37	0.23	1.60	SM2	1.06	- 0.83	-

Tabla 4: Tipos de sumideros por calle – Margen derecha

Fuente: Elaboración propia

ANEXO V

RECOMENDACIONES OPERATIVAS Y DE CAMPO

4.1. Procesos constructivos previos

4.1.2. Generalidades y cercos

El Contratista será responsable de gestionar ante los organismos competentes todos los permisos y servicios requeridos para la ejecución, habilitación y operación de la obra, asumiendo los costos asociados.

Todas las tareas deberán cumplir con la normativa vigente de Higiene y Seguridad en el Trabajo y sus decretos reglamentarios.

Asimismo, el Contratista deberá restringir el acceso de personal no autorizado mediante la instalación de cercos de madera o alambre tejido con una altura mínima de 1,80 m.

4.1.3. Limpieza del Terreno, Materiales Recuperables y Tierra Sobrante

El Contratista no podrá cortar árboles o plantas fuera del área de excavación sin autorización de la Fiscalización, siendo responsable de su preservación y de adoptar las medidas necesarias para su protección. Deberá además ejecutar las demoliciones y retiros de cimientos, muros, bases u otros elementos que interfieran con la obra.

El Contratista deberá obtener de los organismos competentes la información completa sobre servicios públicos existentes en la zona, independientemente de lo indicado en los planos. Asimismo, deberá realizar los sondeos necesarios para detectar obstáculos conocidos o no declarados; la Fiscalización podrá requerir estudios adicionales. Toda modificación, reparación o restitución de servicios afectados será a cargo del Concesionario.

Se prohíbe hincar estacas profundas o tablestacas sin verificar previamente la existencia de obstáculos.

Se consideran materiales de recuperación aquellos cuya remoción sea necesaria y que puedan reutilizarse (p. ej., perfiles de acero, adoquines, rieles, postes, durmientes y cordones). Estos materiales son propiedad de la Ciudad de Coronel Oviedo y deberán ser trasladados por el Contratista, quien actuará como depositario hasta su entrega en los sitios designados. No se incluyen materiales provenientes de demoliciones de inmuebles ejecutadas por el Contratista.

Las excavaciones generadas por la extracción de vegetación deberán rellenarse con material apto y compactarse hasta igualar el terreno circundante, excepto en áreas que deban excavar posteriormente.

La tierra y los escombros sobrantes de excavaciones y demoliciones serán propiedad de la Ciudad de Coronel Oviedo y deberán transportarse a los lugares indicados por la Fiscalización.

El Contratista podrá reservar material para rellenos si es aprobado por la Inspección. Si fuera insuficiente, deberá proveer material apto por su cuenta. Los excedentes serán propiedad de la Ciudad y deberán trasladarse según lo disponga la Fiscalización.

El Contratista deberá mantener el área de obra en condiciones adecuadas de orden y limpieza durante toda la ejecución.

4.1.4. Replanteo y Nivelación

Los ejes de replanteo y de las estructuras deberán materializarse mediante alambres tensados a una altura adecuada, conservándolos hasta que las estructuras alcancen dicho nivel. Todos los puntos fijos para la ubicación de ejes y cotas deberán ejecutarse con macizos de hormigón debidamente protegidos y registrados en los planos de replanteo. El Contratista deberá proveer a la Inspección de Obra el personal auxiliar requerido para verificar replanteos y nivelaciones cuando éste sea solicitado.

4.1.5. Agua y Energía para la Construcción

El Contratista deberá gestionar oportunamente la provisión de agua apta para la construcción —y de agua potable, en caso de ser necesario—, así como el suministro de energía eléctrica para iluminación, fuerza motriz y operación del obrador, maquinarias y equipos. Todos los costos derivados de trámites, provisión y consumo de agua y energía serán asumidos por el Contratista. Al finalizar los trabajos, el Contratista deberá solicitar la baja de los servicios utilizados.

4.1.6. Interferencia con Instalaciones de Servicios Públicos

El Contratista deberá realizar, a su exclusivo cargo, el relevamiento e investigación de posibles interferencias del proyecto con infraestructuras de servicios públicos, incluyendo redes sanitarias, gasoductos, instalaciones eléctricas, estaciones transformadoras, líneas subterráneas y cualquier otra instalación cuya afectación pueda generar perjuicios a terceros.

Los costos asociados a gestiones, remociones, traslados o modificaciones de dichas instalaciones serán asumidos íntegramente por el Contratista.

Asimismo, deberá gestionar ante el Gobierno de la Ciudad la remoción de aceras, pavimentos, semáforos, luminarias y otras instalaciones bajo su jurisdicción. El Contratista será responsable de la reparación o restitución de las fachadas y elementos afectados por las remociones, así como de cualquier daño producido por descuido o negligencia.

4.1.7. Mantenimiento del Tránsito Vehicular y Peatonal

El Contratista deberá planificar procesos y secuencias constructivas que permitan mantener el tránsito peatonal y vehicular sin interrupciones o con afectación mínima. Para ello, deberá elaborar un cronograma de desvíos coordinado con el plan de obra, contemplando tanto el área de intervención como su entorno, e incluyendo los desvíos y paradas transitorias del transporte público.

Cuando sea necesario, deberán acondicionarse o mejorar las vías utilizadas como desvíos, así como construir pasos peatonales temporarios con señalización e iluminación adecuadas.

El Contratista deberá instalar y mantener un sistema integral de señalización, defensas y balizamiento, operativo las 24 h, orientado a minimizar riesgos para peatones y vehículos. Con 30 días de anticipación, deberá presentar el proyecto completo de señalamiento y balizamiento, con señales informativas y reglamentarias reflectivas conforme a la Ley Nacional de Tránsito; las señales de desvío deberán ser de fondo naranja y retirarse al finalizar su necesidad.

La documentación técnica deberá incluir planos de desvíos y un modelo microscópico de simulación de tránsito para garantizar la circulación durante la obra. El proyecto de desvíos requerirá aprobación de la Inspección de Obra, quien previamente consultará al Gobierno de la Ciudad. El desvío sólo podrá implementarse tras la aprobación formal por orden de servicio.

Todo el sistema de seguridad vial y ordenamiento deberá mantenerse en perfecto estado durante la obra. Los costos del proyecto e implementación del señalamiento, defensas y balizamiento se consideran incluidos en los ítems del Contrato y no tendrán pago directo.

4.1.8. Carteles de Señalización de Precaución

Estos carteles estarán contruidos en madera semidura cepillada en todos sus lados y perfectamente abulonados entre sus partes.

Los carteles serán tratados con una mano de imprimación de fondo blanco y dos manos de pintura sintética del mismo color.

La tipología de las letras y la cantidad de estos serán establecidas por la Fiscalización.

4.1.9. Señalamiento de Obra en Construcción

El Contratista deberá implementar, bajo su exclusiva responsabilidad, el señalamiento necesario para garantizar la seguridad del tránsito vehicular, peatonal, terceros y personal de obra en todas las zonas donde los trabajos ejecutados o sus efectos generen riesgos, tales como estrechamientos de calzada, desvíos provisorios, excavaciones, cunetas profundas, desniveles, riegos bituminosos, voladuras o presencia de maquinaria y operarios.

Los dispositivos, elementos y esquemas de ubicación deberán ajustarse a las características y configuraciones específicas establecidas. El Contratista podrá incorporar dispositivos de mayor tecnología u otros esquemas de señalización que incrementen las condiciones de seguridad según lo requiera cada situación.