

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



PROYECTO FINAL DE GRADO

**“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE
PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU
POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”**

AUTORES

**NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ
ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ**

**TUTOR: PROF. ING. OSCAR DANIEL MARTÍNEZ PATRI
CO TUTORA: ING. ZUNY JOHANA PALACIOS GONZÁLEZ**

CORONEL OVIEDO, DICIEMBRE 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.

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniera 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.

DERECHO DE AUTOR

Quienes suscriben, **NICOLAS CARDOZO GONZÁLEZ** y **ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ** autores del trabajo de investigación titulado **“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO “ARANDU POTY” EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”**, declaran que voluntariamente ceden 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

.....

Nicolás Cardozo González

.....

Alexis Salvador Vega Britz



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

A **Dios y a la Virgen María**, por la fortaleza y acompañamiento que siempre recibí.

A mi padre **Amado Cardozo**, quien me ha apoyado siempre y enseñado a no decaer, así como también el valor de la perseverancia a través de su típica frase “Mente positiva campeón”.

A mi madre **Gloria González**, por su apoyo incondicional durante toda la vida y por enseñarme a “observar los problemas desde arriba como un águila”.

A ambos, mi profunda gratitud y le pido a Dios que me bendiga con mucha salud y longevidad para retribuirles algún día todo lo que hicieron por mí.

A mis **hermanos**, por estar en los momentos difíciles y brindándome siempre su apoyo para culminar la carrera.

A mi querida abuela **Fredesvinda Brítez**, por su apoyo y cariño que siempre iluminan mi camino.

A mis **compañeros de estudios**, por los momentos en donde nos apoyamos como hermanos.

A mi abuela **Julia Oliva (†)**, por ser mi ángel y velar siempre por mi persona.

Nicolás Cardozo González



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

A **Dios** y la **Virgen María**, por no desampararme, por guiarme a superar los desafíos con sabiduría y resiliencia.

A mis padres **Fabio Vega** y **Abelina Britez**, por inculcarme el valor de la perseverancia, por apoyarme durante todo el camino, gracias a su constante sacrificio me permitieron llegar aquí.

A mi **familia**, por su constante apoyo y cariño, hicieron más llevadero este viaje.

Al **abuelo Bartolomé (†)**, **tío Carlos (†)**, **tío Osmar (†)** y **Adrián (†)**, a pesar de haberse ido antes, siempre los recordaré con cariño.

A mis **compañeros de estudios**, por todas esas noches de estudios, por los buenos y malos momentos compartidos juntos.

Alexis Salvador Vega Britez



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

A nuestros tutores, el **Prof. Ing. Oscar Daniel Martínez Patri** y la **Ing. Zuny Johana Palacios González** por sus enseñanzas y valiosas orientaciones durante este largo camino en el desarrollo de este proyecto.

A la **Msc. Marcia Marina Palacio Lugo** por su invaluable ayuda, su buena predisposición y por compartir sus conocimientos de manera altruista, contribuyendo a la realización de este trabajo.

A la **Ing. Liz Verónica Brítez Urán** por su constante acompañamiento, su apoyo y sus consejos, que han sido de gran ayuda en cada etapa de este camino.



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 presente trabajo de tesis, titulado “Diseño integral de un sistema de desagüe pluvial para el campus universitario Arandu Poty en la ciudad de Coronel Oviedo – 2025”, aborda la problemática del deficiente manejo de aguas pluviales dentro del predio universitario, situación que afecta directamente al entorno educativo y al normal desarrollo de las actividades académicas. Actualmente, el campus presenta zanjas a cielo abierto que actúan como conductos principales de escurrimiento, las cuales evidencian procesos de erosión significativos en sus márgenes, además de una limitada capacidad hidráulica que provoca inundaciones y deterioro de la infraestructura.

Ante esta problemática, se desarrolló una propuesta técnica orientada a optimizar la recolección, conducción y descarga de las aguas pluviales mediante un sistema integral de desagüe. En primer lugar, se efectuó un estudio topográfico detallado del área con el objetivo de obtener las características físicas y altimétricas del terreno. Con base en dichos datos, se delimitaron las cuencas aportantes, identificando los puntos estratégicos de captación y las zonas más bajas del campus donde convergen los escurrimientos superficiales. Posteriormente, se determinó el caudal de diseño de cada cuenca aplicando criterios hidrológicos apropiados. Finalmente, se dimensionaron las secciones de los conductos y demás componentes del sistema mediante software especializado de simulación hidrológica, lo que permitió definir capacidades y dimensiones óptimas para un funcionamiento eficiente.

El trabajo se enmarca en la línea de investigación “Hidráulica y Saneamiento” de la Facultad de Ciencias y Tecnologías, al proponer soluciones sostenibles para la gestión de aguas pluviales. Asimismo, contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, particularmente al ODS 3: Salud y bienestar, ODS 4: Educación de calidad y ODS 13: Acción por el clima, promoviendo un entorno académico seguro, resiliente y ambientalmente responsable.

Palabras claves

- Hidráulica y Saneamiento
- ODS 3: Salud y bienestar
- ODS 4: Educación de calidad
- ODS 13: Acción por el clima



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

This thesis, entitled “Comprehensive Design of a Stormwater Drainage System for the Arandu Poty University Campus in the City of Coronel Oviedo – 2025”, addresses the issue of inadequate stormwater management within the university grounds, a situation that directly affects the educational environment and the normal development of academic activities. Currently, the campus features open ditches that function as the main runoff channels, which show significant erosion processes along their margins, as well as a limited hydraulic capacity that causes flooding and infrastructure deterioration.

To address this problem, a technical proposal was developed to optimize the collection, conveyance, and discharge of stormwater through an integrated drainage system. First, a detailed topographic survey of the area was carried out to obtain the physical and altimetric characteristics of the terrain. Based on these data, the contributing catchments were delineated, identifying strategic collection points and the lowest areas of the campus where surface runoff converges. Subsequently, the design flow for each basin was determined using appropriate hydrological criteria. Finally, the sections of the conduits and other system components were sized using specialized hydrological simulation software, which allowed the definition of optimal capacities and dimensions to ensure efficient operation.

This research falls within the “Hydraulics and Sanitation” research line of the Faculty of Science and Technology, as it proposes sustainable solutions for stormwater management. Moreover, it contributes to the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 3: Good Health and Well-being, SDG 4: Quality Education, and SDG 13: Climate Action, by promoting a safe, resilient, and environmentally responsible academic environment.

Keywords:

- Hydraulics and Sanitation
- SDG 3: Good Health and Well-being
- SDG 4: Quality Education
- SDG 13: Climate Action



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
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	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivos Generales.....	5
1.5.2 Objetivos Específicos	5
CAPITULO II	6
2. INGENIERÍA DEL PROYECTO	6
2.1 Ubicación del proyecto	6
2.1.1 Situación actual de la zona	6
2.2 Características topográficas de la zona	7
2.3 Delimitación de las cuencas	9
2.3.1 Modelo digital de elevaciones	9
2.3.2 Uso de suelo.....	12
2.3.3 Tiempo de Retorno	12
2.3.4 Determinación del coeficiente de escorrentía.....	13
2.3.5 Tiempo de concentración.....	14
2.3.6 Curva IDF.....	15
2.3.7 Cálculo de los caudales mediante el Método Racional:	16



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.

2.4	Dimensionamiento de alcantarillas	17
2.4.1	Número de curvas CN	17
2.4.2	Hietograma	18
2.4.3	Simulación hidrológica.....	18
2.5	Dimensionamiento de sumideros	23
2.6	Registros	24
CAPITULO III		25
3.	PRESUPUESTO.....	25
CAPITULO IV		26
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
4.1	Conclusiones	26
4.2	Recomendaciones	28
CAPITULO V		29
BIBLIOGRAFÍA.....		29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Ubicación del proyecto. Esc 1:10000.....	6
Figura 2 y Figura 3:	Situación actual de la zona de estudio	7
Figura 4:	Curvas de nivel del área de estudio	8
Figura 5:	DEM ALOS-PALSAR con la zona de estudio delimitada.....	9
Figura 6:	Subcuencas sobre el DEM.....	10
Figura 7:	Subcuenca sobre imagen satelital Google Earth Pro.....	11
Figura 8:	Zoom de la zona de estudio (SC1-SC3-SC6-SC8-SC9-SC11)	11
Figura 9:	Tabla de valores para coeficientes de escorrentía	13
Figura 10:	Hietograma de diseño para un Tr de 10 años.	18
Figura 11:	Esquema de los tramos superpuestos con imagen satelital	19
Figura 12:	Esquema de las direcciones de los flujos	20



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.

Figura 13: Red simulada con sus denominaciones y capacidades de trabajo21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tramos propuestos con sus características	8
Tabla 2: Porcentaje de uso de suelo en cada subcuenca.	12
Tabla 3: Coeficiente de escorrentía para cada subcuenca	14
Tabla 4: Tiempo de Concentración	15
Tabla 5: Intensidad de precipitación	16
Tabla 6: Caudales de las subcuencas.....	17
Tabla 7: Número de curva CN para cada subcuenca	17
Tabla 8: Características de los tramos - I	22
Tabla 9: Características de los tramos - II.....	22
Tabla 10: Características de los sumideros	23
Tabla 11: Cómputo y Presupuesto	25

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Presentación del proyecto

La implementación de un sistema de desagüe pluvial integral en el Campus Universitario Arandu Poty es de suma importancia por varias razones fundamentales. En primer lugar, la presencia de áreas críticas de inundación y puntos de erosión del suelo representa un riesgo significativo para la seguridad y el bienestar de la comunidad universitaria. Estos problemas pueden ocasionar daños a la infraestructura, incluyendo edificios, caminos y áreas verdes, lo que afecta negativamente el ambiente de aprendizaje y trabajo en el campus.

Contar con un correcto sistema de desagüe pluvial en el Campus Universitario Arandu Poty evitará inconvenientes en el desarrollo académico al garantizar un ambiente seguro y propicio para la educación, permitiendo a estudiantes, profesores y personal administrativo centrarse en sus actividades sin interrupciones ni preocupaciones por eventos climáticos adversos.

Además, la erosión del suelo causada por el mal manejo de las aguas pluviales puede tener consecuencias a largo plazo, debilitando la estabilidad del terreno y comprometiendo la integridad de las estructuras existentes. Un sistema de desagüe pluvial eficiente ayudará a mitigar estos riesgos al dirigir adecuadamente el flujo de agua y prevenir la acumulación de agua en áreas vulnerables, protegiendo así la infraestructura del campus y prolongando su vida útil.

La importancia en la implementación de un sistema de desagüe pluvial integral en el Campus Universitario Arandu Poty radica en la necesidad de mitigar riesgos y proteger la infraestructura, además de mejorar la calidad del entorno universitario, contribuyendo así al desarrollo integral de la institución educativa.

1.2 Antecedentes

Como primer antecedente se presenta el proyecto final de grado presentado en el año 1991 por el alumno de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, Alfredo Jesús Frachi Mongelos quien ha llevado a cabo el proyecto final de grado denominado “Desagüe pluvial del campus universitario de la UNA - San Lorenzo” que fue elaborado con la finalidad de controlar las aguas pluviales, para facilitar el transcurso por las inmediaciones del campus de la UNA, para la realización del proyecto presente se han realizado el levantamiento altimétrico, estudio hidrológico y análisis de costo. [1]

En segundo lugar, se presenta el proyecto final de grado se observa el trabajo final presentado por Víctor Ezequiel Romero y Rodrigo Veliz Rach en su trabajo sobre la “Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus U.N.N.E. Sede Resistencia”, llevado a cabo en Chaco, Argentina en el año 2023, con el objetivo de en la readecuación del sistema de desagües pluviales del campus UNNE, ubicado en la ciudad de Resistencia-Chaco. Este trabajo presenta un sistema de desagüe obsoleto y deteriorado que ocasiona inundaciones y una calzada en mal estado, provocando que se viertan los excesos en el campus. Se determinó que la optimización de la red de desagües pluviales del campus tendría efectos positivos para los que concurran el predio, mejorando la circulación vehicular y peatonal. [2]

En el tercer antecedente, se visualiza la investigación realizada en el año 2023, elaborado por Olger Joaquín Montero Ríos y Eliana Yurani Madariaga Ortiz, quienes fueron alumnos de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander, han llevado a cabo el proyecto final de grado con denominación “Propuesta de manejo de aguas pluviales del Campus Universitario de la Universidad Francisco de Paula Santander”. El presente proyecto de grado tiene como objetivo principal el desarrollo de un plan de gestión para resolver los problemas existentes en dicho campus relacionados con el manejo de aguas pluviales. Se realizó el diseño de un sistema de drenaje pluvial adecuado, que involucra la construcción de canales y tuberías para captar y conducir el agua de lluvia hacia áreas de descarga o almacenamiento. Se concluyó en la utilización de sumideros en puntos estratégicos para recolectar el agua de lluvia y prevenir su acumulación en superficies concurridas. [3]

1.3 Planteamiento y formulación del Problema

El Campus Universitario Arandu Poty de la Universidad Nacional del Caaguazú en la localidad de Tuju Puku situado en la ciudad de Coronel Oviedo enfrenta desafíos críticos en el manejo de aguas pluviales que afectan tanto la infraestructura universitaria como el medio ambiente circundante. El campus se encuentra fraccionado en 8 secciones para las sedes y el rectorado. La Universidad Nacional del Caaguazú cuenta con un aproximado de 3500 alumnos matriculados quienes resultarían beneficiarios de este proyecto.

El Campus Universitario Arandu Poty cuenta con un sistema de drenaje pluvial parcial, pero carece de un correcto dimensionamiento de canales, así como de otros componentes clave como sumideros y colectores. Estas deficiencias han provocado problemas recurrentes de inundaciones y erosión en el campus, esto a su vez afecta a la comunidad educativa dificultando el entorno de aprendizaje debido a las condiciones que se generan por las precipitaciones. Es necesario calcular el caudal requerido para completar y dimensionar el sistema, asegurando su eficiencia y adaptabilidad ante las demandas actuales y futuras de la comunidad universitaria.

La ausencia de un sistema integral y eficiente de drenaje pluvial ha ocasionado problemas recurrentes como inundaciones, erosión del suelo y daños en las instalaciones del Campus. El crecimiento urbano en general, y en particular el de la población universitaria que acude al campus, sumado a la falta de una infraestructura adecuada para el manejo y eliminación de aguas pluviales han exacerbado esta situación.

El cambio climático ha intensificado las precipitaciones, aumentando la presión sobre el sistema de drenaje existente y generando mayores riesgos de inundaciones y daños. Esta situación no solo pone en peligro la seguridad y el bienestar de la comunidad universitaria, sino que también amenaza la infraestructura física y los recursos naturales del campus.

Por lo tanto, es imperativo desarrollar una propuesta integral para un sistema de drenaje pluvial que aborde los desafíos actuales y futuros en el manejo de aguas pluviales en el campus Arandu Poty. Esta propuesta deberá considerar aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales para garantizar su efectividad, sostenibilidad y capacidad de adaptación frente a los efectos del cambio climático y el crecimiento urbano en la ciudad de Coronel Oviedo.

1.4 Justificación

La implementación de un sistema de desagüe pluvial integral en el Campus Universitario Arandu Poty se justifica por varias razones fundamentales. En primer lugar, la presencia de áreas críticas de inundación y puntos de erosión del suelo representa un riesgo significativo para la seguridad y el bienestar de la comunidad universitaria. Estos problemas pueden ocasionar daños a la infraestructura, incluyendo edificios, caminos y áreas verdes, lo que afecta negativamente el ambiente de aprendizaje y trabajo en el campus.

Contar con un correcto sistema de desagüe pluvial en el Campus Universitario Arandu Poty evitará inconvenientes en el desarrollo académico al garantizar un ambiente seguro y propicio para la educación, permitiendo a estudiantes, profesores y personal administrativo centrarse en sus actividades sin interrupciones ni preocupaciones por eventos climáticos adversos.

Además, la erosión del suelo causada por el mal manejo de las aguas pluviales puede tener consecuencias a largo plazo, debilitando la estabilidad del terreno y comprometiendo la integridad de las estructuras existentes. Un sistema de desagüe pluvial eficiente ayudará a mitigar estos riesgos al dirigir adecuadamente el flujo de agua y prevenir la acumulación de agua en áreas vulnerables, protegiendo así la infraestructura del campus y prolongando su vida útil.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos Generales

- Diseñar el desagüe pluvial integral para el Campus Universitario Arandu Poty, en la localidad de Tuju Puku de la ciudad de Coronel Oviedo en el año 2025.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar la situación actual del manejo de aguas pluviales en el Campus Universitario Arandu Poty, así como sus características climáticas, hidrológicas y topográficas.
- Establecer criterios de diseño y especificaciones técnicas para los componentes del sistema de desagüe pluvial.
- Elaborar el cómputo métrico y el presupuesto detallado del diseño integral del sistema de desagüe pluvial para garantizar una planificación económica precisa del proyecto.

CAPITULO II

2. INGENIERÍA DEL PROYECTO

2.1 Ubicación del proyecto

El Campus Universitario Arandu Poty se encuentra ubicado en la ciudad de Coronel Oviedo, Departamento de Caaguazú, sobre la Ruta Nacional N.º 8 Dr. Blas Garay, aproximadamente en el kilómetro 136. El acceso al campus se realiza mediante un desvío de unos 280 metros desde la vía principal, en una zona de entorno semiurbano con fácil conexión al centro de la ciudad.



Figura 1: Ubicación del proyecto. Esc 1:10000

Fuente: Google Earth Pro

2.1.1 Situación actual de la zona

En la actualidad, el campus universitario presenta diversas zanjas de drenaje que muestran un notable deterioro a causa de procesos de erosión progresiva en sus bordes. Este fenómeno ha generado la pérdida de material del terreno y la inestabilidad de las márgenes, comprometiendo tanto la eficiencia hidráulica de las zanjas como la seguridad de las áreas adyacentes.

Asimismo, se observan sectores donde la capacidad de conducción del sistema se encuentra claramente sobrepasada durante los eventos de lluvia, lo que ocasiona desbordamientos y acumulaciones de agua superficial. Estas condiciones reflejan la necesidad de una intervención técnica que permita optimizar el manejo de las aguas pluviales en el campus, como puede apreciarse en las siguientes imágenes.



Figura 2 y Figura 3: Situación actual de la zona de estudio

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Características topográficas de la zona

Se utilizaron estudios previos realizados en el predio del campus universitario mediante el uso del equipo GPS GNSS RTK Trimble R8s para el relevamiento topográfico y posteriormente la generación de curvas de nivel del terreno.

Dentro de los estudios utilizados, también se incluyen los puntos de elevación de las zanjas, que sirvieron para la obtención de las pendientes de los tramos a ser dimensionados.

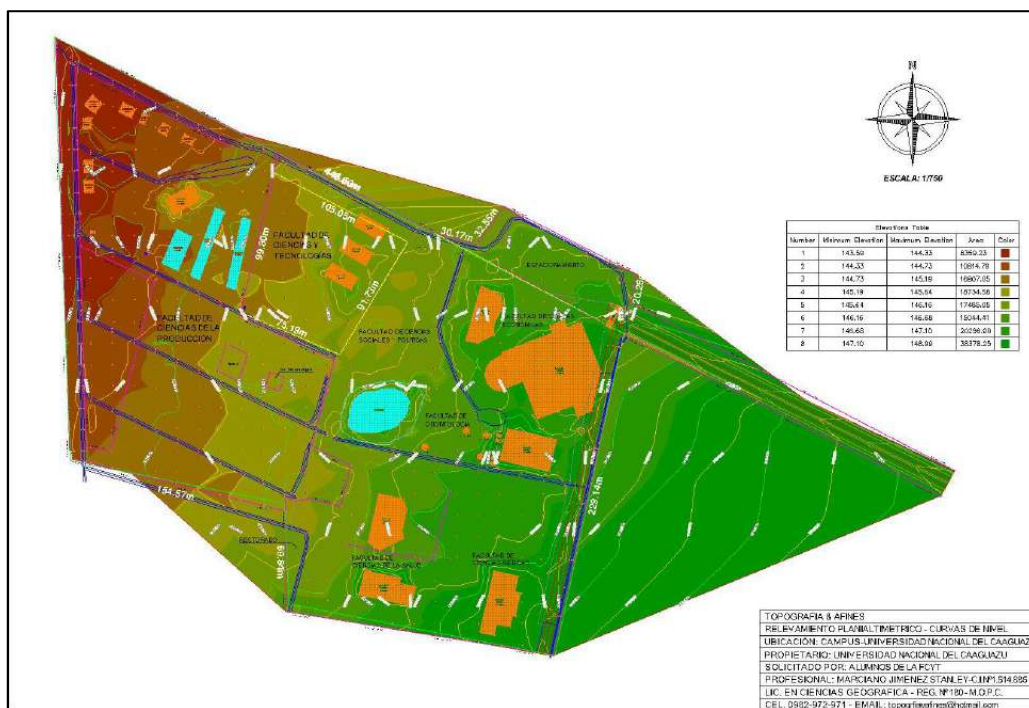
Asimismo, se llevaron a cabo nuevos estudios topográficos en la zona con el objetivo de complementar y actualizar la información existente, garantizando una mayor precisión en el análisis y en el diseño del sistema de desagüe pluvial.

A continuación, se detallan los tramos.

Tabla 1: Tramos propuestos con sus características

TRAMOS	COTA TERRENO		SECCION DEL CANAL	LONG. TRAMOS (m)	Pendiente So (m/m)	Pendiente So (%)
	SUPERIOR (m)	INFERIOR (m)				
T1-A	144,17	143,55	ACS - 1.5 x 1.5	100,000	0,0062	0,62
T6-1	146,03	144,17	ACS - 1.5 x 1.5	299,638	0,0062	0,62
T7-6	146,49	146,03	ACS - 1.0 x 1.0	161,944	0,0028	0,28
T2-1	144,29	144,17	CR - 1.6 x 1.3	53,670	0,0021	0,21
T3-2	144,45	144,29	ACS - 1.5 x 1.5	63,581	0,0025	0,25
T8-2	144,41	144,29	CR - 1.6 x 1.3	62,338	0,0021	0,21
T10-8	145,04	144,41	ACS - 1.5 x 1.5	198,908	0,0031	0,31
T4-10	146,11	145,04	ACS - 1.0 x 1.0	92,528	0,0115	1,15
T12-10	145,76	145,04	ACS - 1.0 x 1.0	53,695	0,0135	1,35
T9-8	144,53	144,41	CR - 1.6 x 1.3	57,006	0,0021	0,21
T12-9	145,76	144,53	ACS - 1.5 x 1.5	176,079	0,0070	0,70
T13-12	145,99	145,76	ACS - 1.5 x 1.5	32,105	0,0070	0,70
T5-13	146,24	145,99	ACS - 1.0 x 1.0	204,868	0,0012	0,12
T14-13	146,48	145,99	ACS - 1.0 x 1.0	94,493	0,0052	0,52
T15-14	146,93	146,48	ACS - 1.0 x 1.0	87,931	0,0052	0,52
T17-14	146,92	146,48	ACS - 1.0 x 1.0	77,234	0,0058	0,58
T11-9	144,65	144,53	CR - 1.6 x 1.3	54,445	0,0021	0,21
T12-11	145,76	144,65	ACS - 1.5 x 1.5	217,428	0,0051	0,51
T16-11	144,75	144,65	CR - 1.6 x 1.3	49,960	0,0021	0,21

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Facultad de Ciencias y Tecnologías de la UNCA

2.3 Delimitación de las cuencas

2.3.1 Modelo digital de elevaciones

Un modelo de elevación digital (DEM) es una representación en tres dimensiones de una superficie ya sea desde planetas, asteroides o un terreno que son elaborados a partir de datos de elevación.

Este modelo contiene todos los datos necesarios sobre la topografía del terreno, lo cual permite la delimitación de las cuencas y a su vez observar las características fisiográficas tales como su forma, extensión, relieve y disposición espacial.

Se utiliza las imágenes obtenidas del satélite avanzado de observación terrestre (ALOS) [4]

Los resultados del DEM se muestran a continuación:

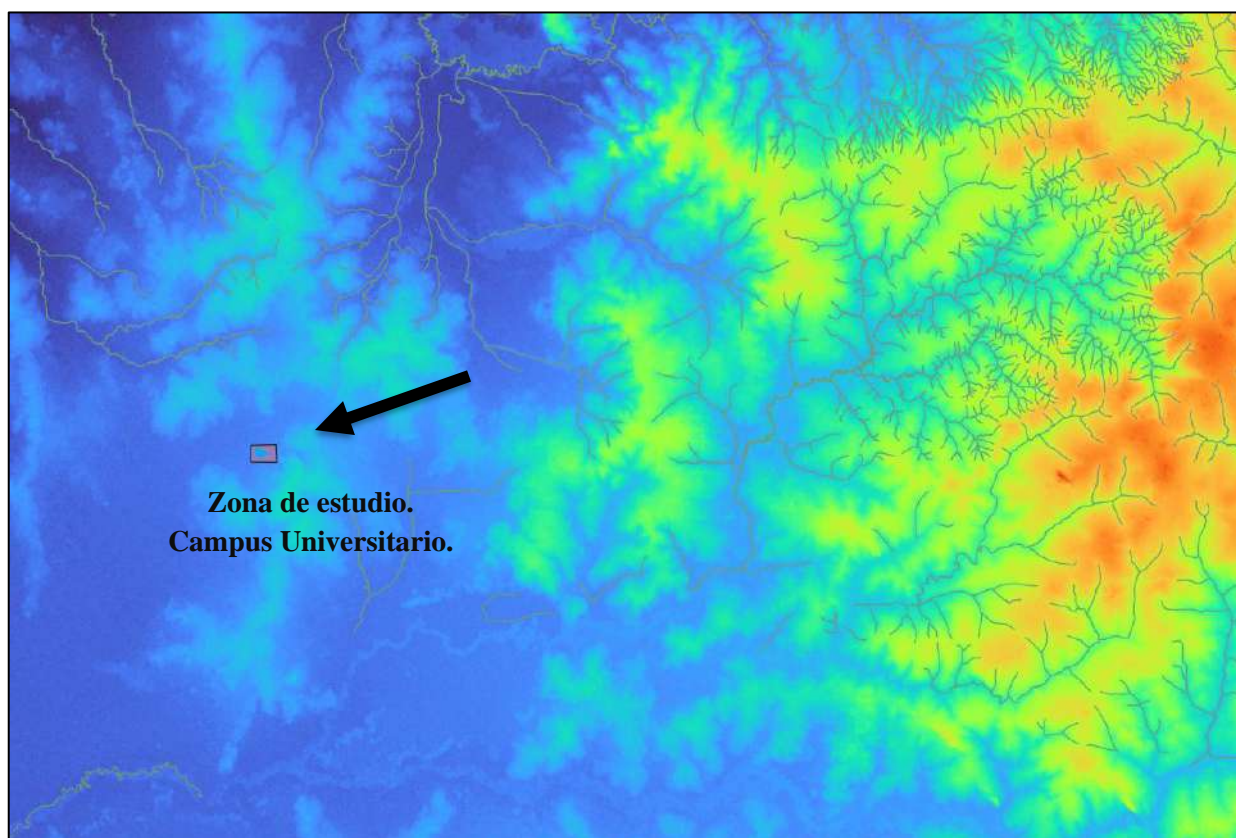


Figura 5: DEM ALOS-PALSAR con la zona de estudio delimitada

Fuente: Elaboración propia

Para la delimitación de las subcuencas de este Proyecto Final de Grado, se introdujo un umbral de 2 hectáreas teniendo en consideración el área del campus universitario para mayor precisión.

Se ajustaron manualmente las cuencas en función de las obras internas y externas existentes que puedan afectar el flujo del agua.

Primeramente, se procedió a superponer las curvas de nivel proporcionadas por el DEM e identificar el punto de salida de la cuenca de aporte como así también la dirección del flujo de agua.



Figura 6: Subcuencas sobre el DEM

Fuente: Elaboración Propia

En el presente proyecto se utilizaron las imágenes satelitales georreferenciadas actuales obtenidas de Google Earth Pro. En las siguientes figuras se pueden observar las subcuencas superpuestas con las imágenes satelitales, lo que evidencia la delimitación obtenida. A su vez, también se pueden observar la numeración utilizada de las subcuencas para futuras referencias.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se delimitaron un total de 12 subcuencas para su futura modelación hidrológica.

Las subcuencas poseen áreas con un rango similar, alcanzando así un total de 50,70 hectáreas. Los detalles de las características de cada una de las subcuencas se encuentran en los anexos.



Figura 7: Subcuenca sobre imagen satelital Google Earth Pro

Fuente: Elaboración propia

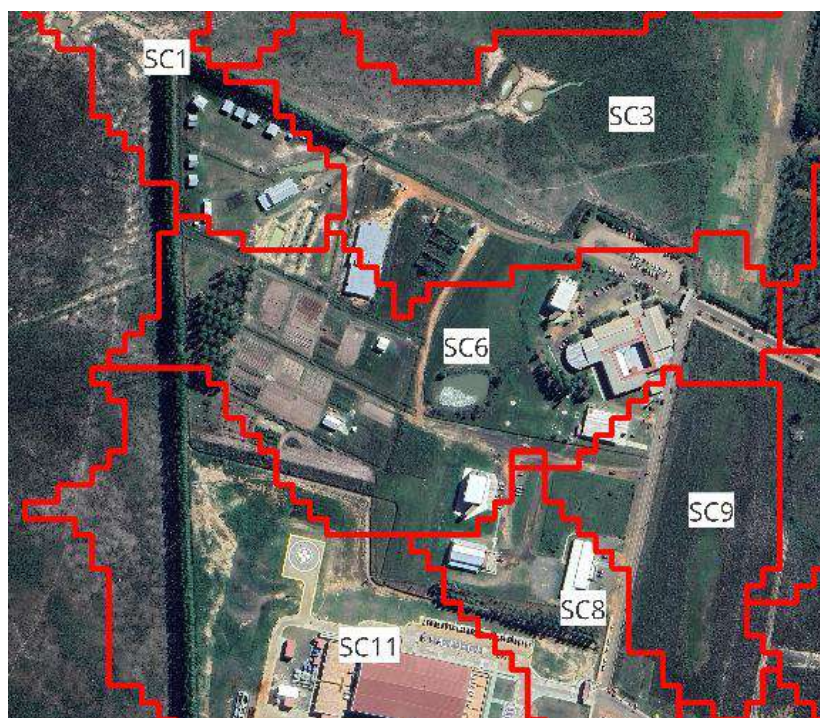


Figura 8: Zoom de la zona de estudio (SC1-SC3-SC6-SC8-SC9-SC11)

Fuente: Google Earth Pro con las cuencas delimitadas en el programa QGIS

2.3.2 Uso de suelo

Para este presente proyecto, se llevó a cabo una clasificación del uso del suelo mediante el software Google Earth Pro. [5]

Es importante mencionar que se adoptaron ciertos valores de uso de suelo correspondiente a las futuras edificaciones a ser construidas en el predio del campus universitario. Estos valores fueron adoptados en base a proyectos finales de grado de las futuras sedes académicas y administrativas, como así también se realizaron estimaciones del uso de suelo correspondientes a las edificaciones futuras que no poseen un proyecto definido.

Tabla 2: Porcentaje de uso de suelo en cada subcuenca.

Subcuenca	Áreas Desarrolladas			Áreas No desarrolladas		
	Techo	Asfalto	Zonas verdes	Cultivos	Pastizales	Bosques
	Porcentaje (%)					
SC1	11,1%	0,0%	0,0%	0,0%	83,7%	5,2%
SC2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
SC3	10,4%	0,0%	5,1%	0,0%	83,5%	0,9%
SC4	3,8%	6,1%	8,6%	0,0%	81,5%	0,0%
SC5	9,5%	7,7%	2,2%	0,0%	80,6%	0,0%
SC6	15,4%	2,9%	4,3%	16,5%	55,8%	5,1%
SC7	0,3%	14,5%	5,2%	0,0%	80,0%	0,0%
SC8	31,4%	10,2%	0,0%	0,0%	58,5%	0,0%
SC9	1,3%	4,6%	0,0%	0,0%	94,1%	0,0%
SC10	4,7%	10,2%	6,1%	0,0%	79,1%	0,0%
SC11	19,7%	14,4%	0,0%	0,0%	62,1%	3,8%
SC12	0,0%	7,2%	0,0%	0,0%	92,8%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Tiempo de Retorno

El tiempo de retorno de un evento o magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada. [6]

Para calcular los caudales de proyectos se utilizan los periodos de recurrencia y su determinación se encuentra en función de la importancia de los tipos de obras a dimensionar.

En este proyecto se han adoptado valores específicos a los tiempos de recurrencia. El caudal de diseño se ha establecido con un periodo de diseño de 10 años, lo que implica una probabilidad de ocurrencia anual del 10 %.

2.3.4 Determinación del coeficiente de escorrentía

Para la determinación del coeficiente de escurrimiento ponderado, se utilizan varios factores como el uso del suelo, el tipo de suelo predominante, la pendiente media del terreno, la cobertura vegetal y el tiempo de retorno mencionado anteriormente.

Teniendo los datos de los porcentajes del uso de suelo, se procede a asignar los valores correspondientes con los parámetros establecidos.

El coeficiente C ponderado para cada cuenca se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\sum(CxÁrea)}{Área}$$

Se utiliza la tabla extraída del libro de Hidrología Aplicada de Ven Te Chow [6] y se adoptan los valores indicados en la misma.

Figura 9. Coeficientes de escorrentía							
Coefficientes de escorrentía para ser usados en el método racional							
Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<i>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</i>							
<i>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
<i>Área de cultivos</i>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<i>Pastizales</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Bosques</i>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Figura 9: Tabla de valores para coeficientes de escorrentía

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow.

Tabla 3: Coeficiente de escorrentía para cada subcuenca

Subcuenca	Áreas Desarrolladas			Áreas No desarrolladas			C
	Techo	Asfalto	Zonas verdes	Cultivos	Pastizales	Bosques	
	Porcentaje (%)						Tr - 10 años
SC1	11,1%	0,0%	0,0%	0,0%	83,7%	5,2%	0,43
SC2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,38
SC3	10,4%	0,0%	5,1%	0,0%	83,5%	0,9%	0,43
SC4	3,8%	6,1%	8,6%	0,0%	81,5%	0,0%	0,43
SC5	9,5%	7,7%	2,2%	0,0%	80,6%	0,0%	0,46
SC6	15,4%	2,9%	4,3%	16,5%	55,8%	5,1%	0,47
SC7	0,3%	14,5%	5,2%	0,0%	80,0%	0,0%	0,45
SC8	31,4%	10,2%	0,0%	0,0%	58,5%	0,0%	0,56
SC9	1,3%	4,6%	0,0%	0,0%	94,1%	0,0%	0,41
SC10	4,7%	10,2%	6,1%	0,0%	79,1%	0,0%	0,45
SC11	19,7%	14,4%	0,0%	0,0%	62,1%	3,8%	0,53
SC12	0,0%	7,2%	0,0%	0,0%	92,8%	0,0%	0,41

Fuente: Elaboración propia

2.3.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración T_c es el tiempo de flujo desde el punto más alejado hasta la salida de la cuenca.

En el estudio se utiliza la ecuación por el método de Kirpich extraída del libro de Hidrología Aplicada de Ven Te Chow con un factor de conversión de unidades distinto debido a las unidades a utilizar (Sistema Internacional) [6].

$$T_c = \frac{0,01947 \times L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida en metros

S = Pendiente promedio de la cuenca en metros/metro

Tabla 4: Tiempo de Concentración

CUENCA / SUBCUENCA	AREA APORTE		LONG ESC (m)	LONG MEDIA ESCURR. (m)	Pendiente So (%)	Tiempo de concent s/ Kirpich
	(m2)	(Km2)				(min)
SC1	30500	0,031	292,05	104,43	5,682	4,65
SC2	50200	0,050	406,33	123,54	5,873	5,92
SC3	76700	0,077	707,66	108,39	6,349	8,80
SC4	45469	0,045	416,24	109,24	4,209	6,85
SC5	32969	0,033	348,12	94,70	6,985	4,91
SC6	67800	0,068	593,38	114,26	5,656	8,04
SC7	32188	0,032	459,80	70,00	5,730	6,57
SC8	21600	0,022	331,33	65,19	3,660	6,07
SC9	28750	0,029	298,56	96,30	4,552	5,15
SC10	13000	0,013	212,76	61,10	6,048	3,56
SC11	84063	0,084	664,98	126,41	5,779	8,70
SC12	23750	0,024	224,82	105,64	6,753	3,56

Fuente: Elaboración propia

2.3.6 Curva IDF

Para la realizar el cálculo de las intensidades de precipitación de este proyecto final de grado, se han utilizado las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) de la estación de Villarrica debido a la similitud climática de la zona y cercanía geográfica de estudio.

Estas curvas IDF fueron obtenidas del trabajo final de grado titulado “Actualización de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de precipitación en el Paraguay”, elaborado por los tesisistas Luis Cuevas y Ángel Rolón [7]

La fórmula utilizada para representar las intensidades de las precipitaciones para cada caso es:

$$I = \frac{902.31 \times Tr^{0.18139}}{(D + 5)^{0.72055}}$$

Donde:

I = Intensidad de precipitación de la cuenca en mm/h

Tr = Tiempo de retorno

D = Duración de la precipitación

En la siguiente tabla, se presenta el cálculo para el tiempo de concentración de cada subcuenca:

Tabla 5: Intensidad de precipitación

CUENCA / SUBCUENCA	AREA APORTE		LONG ESC (m)	LONG MEDIA ESCURR. (m)	Pendiente So (%)	Tiempo de concent s/ Kirpich	Tiempo de Recurrencia (Años)	i (mm/h) (min)
	(m2)	(Km2)				(min)		
SC1	30500	0,031	292,05	104,43	5,682	4,65	10	267,55
SC2	50200	0,050	406,33	123,54	5,873	5,92	10	244,74
SC3	76700	0,077	707,66	108,39	6,349	8,80	10	206,69
SC4	45469	0,045	416,24	109,24	4,209	6,85	10	230,66
SC5	32969	0,033	348,12	94,70	6,985	4,91	10	262,35
SC6	67800	0,068	593,38	114,26	5,656	8,04	10	215,37
SC7	32188	0,032	459,80	70,00	5,730	6,57	10	234,71
SC8	21600	0,022	331,33	65,19	3,660	6,07	10	242,35
SC9	28750	0,029	298,56	96,30	4,552	5,15	10	257,97
SC10	13000	0,013	212,76	61,10	6,048	3,56	10	291,75
SC11	84063	0,084	664,98	126,41	5,779	8,70	10	207,80
SC12	23750	0,024	224,82	105,64	6,753	3,56	10	291,75

Fuente: Elaboración propia

2.3.7 Cálculo de los caudales mediante el Método Racional:

Una vez determinado todos los parámetros necesarios, se procede a realizar el cálculo de los caudales utilizando el método racional. Es importante destacar que el método racional es el método más adecuado debido a que el tamaño de las cuencas delimitadas no sobrepasa el máximo recomendado de 25 km² por el manual de carreteras del Paraguay. [8]

La fórmula utilizada está dada por la siguiente expresión:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación en mm/h

A = Área de la cuenca en km²

Los resultados de los cálculos mencionados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6: Caudales de las subcuencas

CUENCA / SUBCUENCA	AREA APORTE		i (mm/h)	Coef C	Q diseño
	(m2)	(Km2)	(min)	adim	(m3/s)
SC1	30500	0,031	267,55	0,43	0,97
SC2	50200	0,050	244,74	0,38	1,30
SC3	76700	0,077	206,69	0,43	1,89
SC4	45469	0,045	230,66	0,43	1,25
SC5	32969	0,033	262,35	0,46	1,10
SC6	67800	0,068	215,37	0,47	1,90
SC7	32188	0,032	234,71	0,45	0,94
SC8	21600	0,022	242,35	0,56	0,82
SC9	28750	0,029	257,97	0,41	0,84
SC10	13000	0,013	291,75	0,45	0,47
SC11	84063	0,084	207,80	0,53	2,57
SC12	23750	0,024	291,75	0,41	0,79

Fuente: Elaboración propia

2.4 Dimensionamiento de alcantarillas

Para el dimensionamiento se llevó a cabo mediante el software EPA SWMM, para lo cual se procedieron a hallar los datos de entrada necesarios con el fin de realizar el cálculo de las secciones transversales como así también la simulación del sistema de drenaje pluvial propuesto.

2.4.1 Número de curvas CN

Luego de contar con las extensiones de uso de suelo expuestas anteriormente en cada subcuenca, se obtiene el número de curvas CN a través del método desarrollado por la Soil Conservation Services [9].

Tabla 7: Número de curva CN para cada subcuenca

Valores de CN Adoptados								
Tierras Cultivadas	Pastizal	Calles de Tierra	Calles Pavimentadas	Techos	Bosques			
75	68	85	98	98	63			
Uso de suelo en porcentaje								
SubCuencas	Area (m ²)	Tierras Cultivadas	Pastizal	Calles de tierra	Calles Pavimentadas	Techos	Bosques	CN PONDERADO
SC1	30500	0	83,68%	0	0	11,12%	5,21%	71
SC2	50200	0	100,00%	0	0	0	0	68
SC3	76700	0	83,46%	5,15%	0	10,45%	0,94%	72
SC4	45469	0	81,47%	8,62%	6,13%	3,77%	0	72
SC5	32969	0	80,60%	2,16%	7,72%	9,51%	0	73
SC6	67800	16,52%	55,80%	4,29%	2,90%	15,41%	5,09%	75
SC7	32188	0,00%	80,01%	5,19%	14,49%	0,30%	0,00%	73
SC8	21600	0,00%	58,47%	0,00%	10,17%	31,37%	0,00%	80
SC9	28750	0,00%	94,14%	0,00%	4,59%	1,27%	0,00%	69
SC10	13000	0,00%	79,11%	6,08%	10,15%	4,66%	0,00%	73
SC11	84063	0	62,15%	0	14,38%	19,65%	3,82%	78
SC12	23750	0,00%	92,76%	0,00%	7,24%	0,00%	0,00%	70

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Hietograma

Un hietograma es la representación del incremento de precipitación en intervalos de tiempo sucesivos. [6]

El hietograma elaborado para la posterior simulación hidrológica se presenta en la siguiente figura:

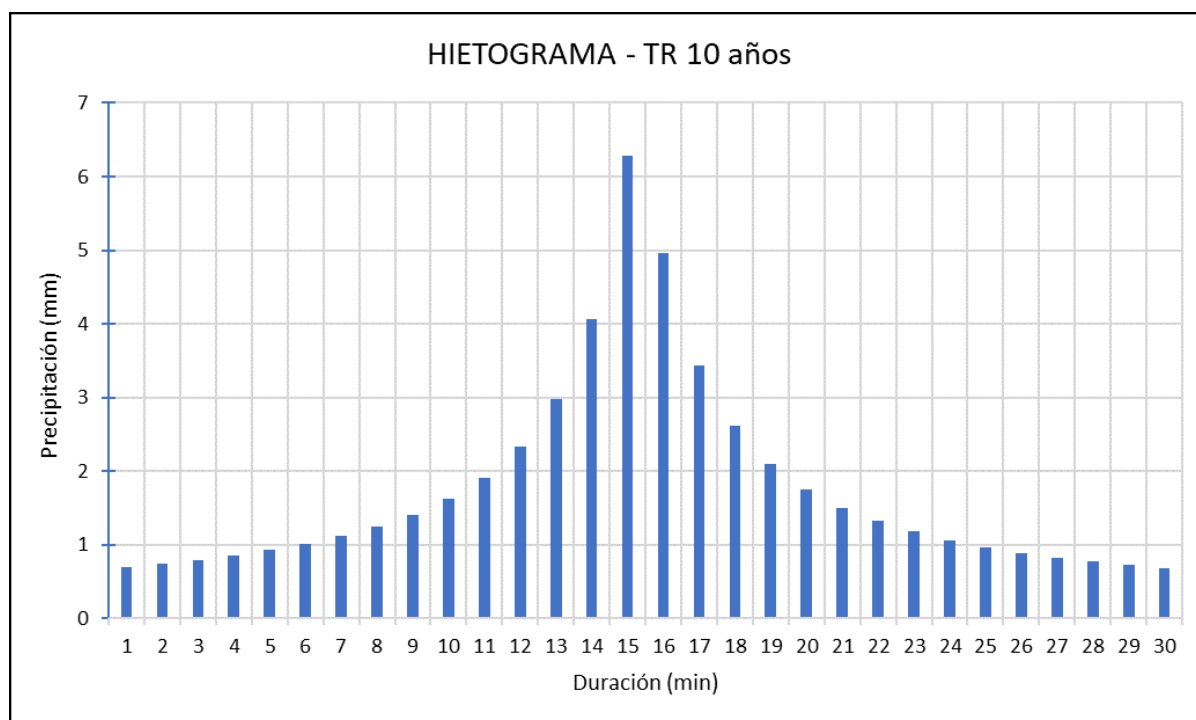


Figura 10: Hietograma de diseño para un Tr de 10 años.

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Simulación hidrológica

Para la simulación hidrológica se utilizó el software EPA SWMM, cuya descripción detallada se presenta en los anexos. Este programa permite simular el comportamiento del agua pluvial y del sistema de drenaje urbano, considerando diversos parámetros hidráulicos e hidrológicos.

Antes de ejecutar la simulación, se incorporaron los datos necesarios para representar correctamente el comportamiento hidrológico de la cuenca. En primer lugar, se definió el método de infiltración mediante el Número de Curva (CN), basado en la metodología del Soil Conservation Service (SCS) [9]. Además, se cargó el hietograma de diseño, que permitió representar la distribución temporal de la lluvia.

Posteriormente, se ingresaron las características propias de escorrentía de cada subcuenca, tales como el área de aporte, el ancho hidráulico, la pendiente y los valores de CN, con el objetivo de reproducir su respuesta ante un evento de lluvia. También se definieron las pendientes y cotas de cada tramo de la red, estableciendo las condiciones necesarias para la simulación y verificando parámetros como la capacidad de trabajo, los caudales y las velocidades de flujo.

En total, se dimensionaron 19 tramos, 5 tramos son canales abiertos (linderos) y los 14 tramos restantes son de canales cerrados para su uso peatonal. Los tramos de canales abiertos son tramos donde actualmente existen zanjas. Se proponen 3 nuevos tramos debido que, durante eventos de lluvia el suelo se encuentra saturado y se forman espejos de agua

A continuación, se muestran todos los tramos mencionados.

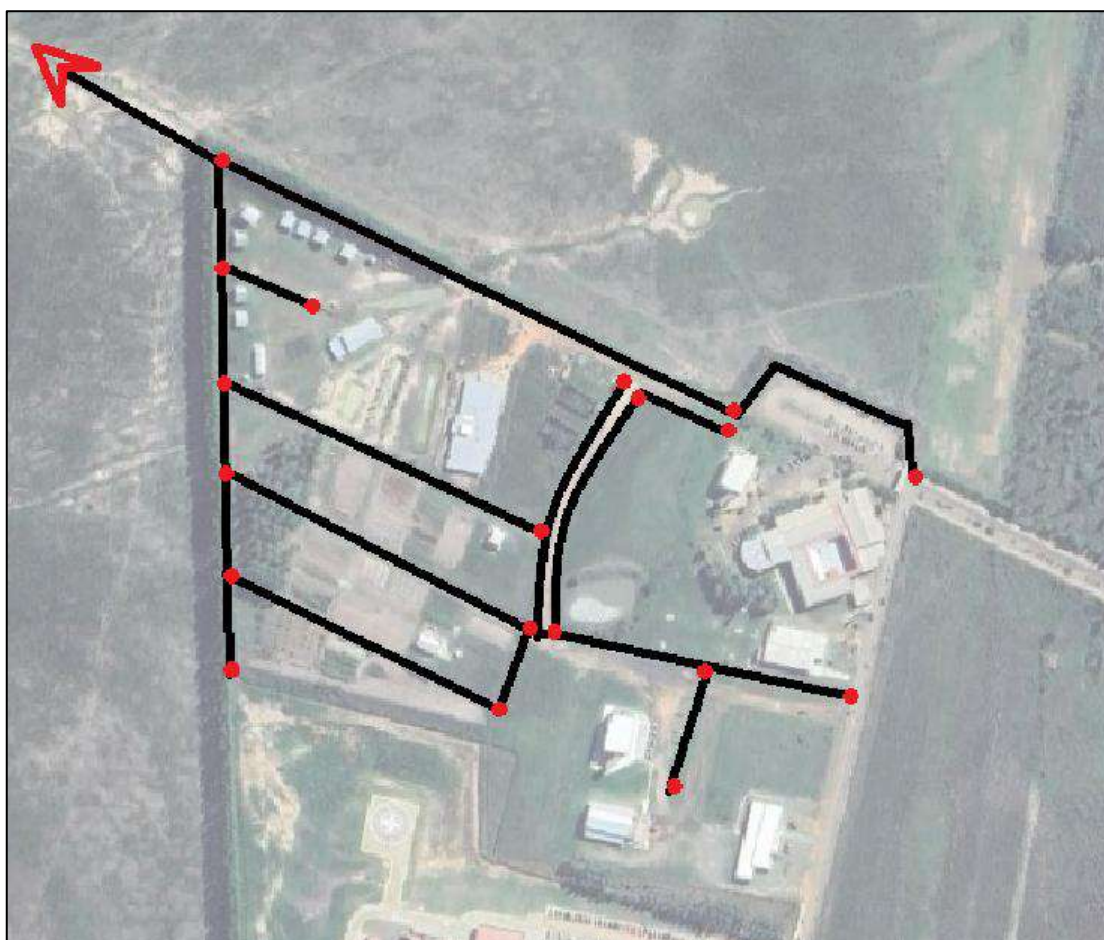


Figura 11: Esquema de los tramos superpuestos con imagen satelital

Fuente: Elaboración propia

Es de suma importancia conocer las direcciones de los flujos de los canales propuestos al momento de realizar los cálculos y modelados correspondientes, debido a lo mencionado se muestra en la figura 12 las direcciones.

Además, cabe resaltar que todas las direcciones de los flujos siguen el relieve del terreno actual del campus universitario, convergiendo de esta manera todos los caudales de los distintos tramos en el punto más bajo resaltado en la siguiente figura



Figura 12: Esquema de las direcciones de los flujos

Fuente: Elaboración propia

Se proponen 3 diferentes secciones para los 18 tramos mencionados, esto debido a la optimización realizada mediante el software EPA SWMM para mejorar la eficiencia en cada tramo y a su vez facilitar su elaboración y colocación en obra gracias a las pocas secciones calculadas previamente.

Para mejor comprensión y visualización, en la siguiente imagen se observan los tramos con sus respectivas denominaciones como así también las capacidades de trabajo de dichos tramos cuando el sistema se encuentra trabajando con el máximo caudal calculado.

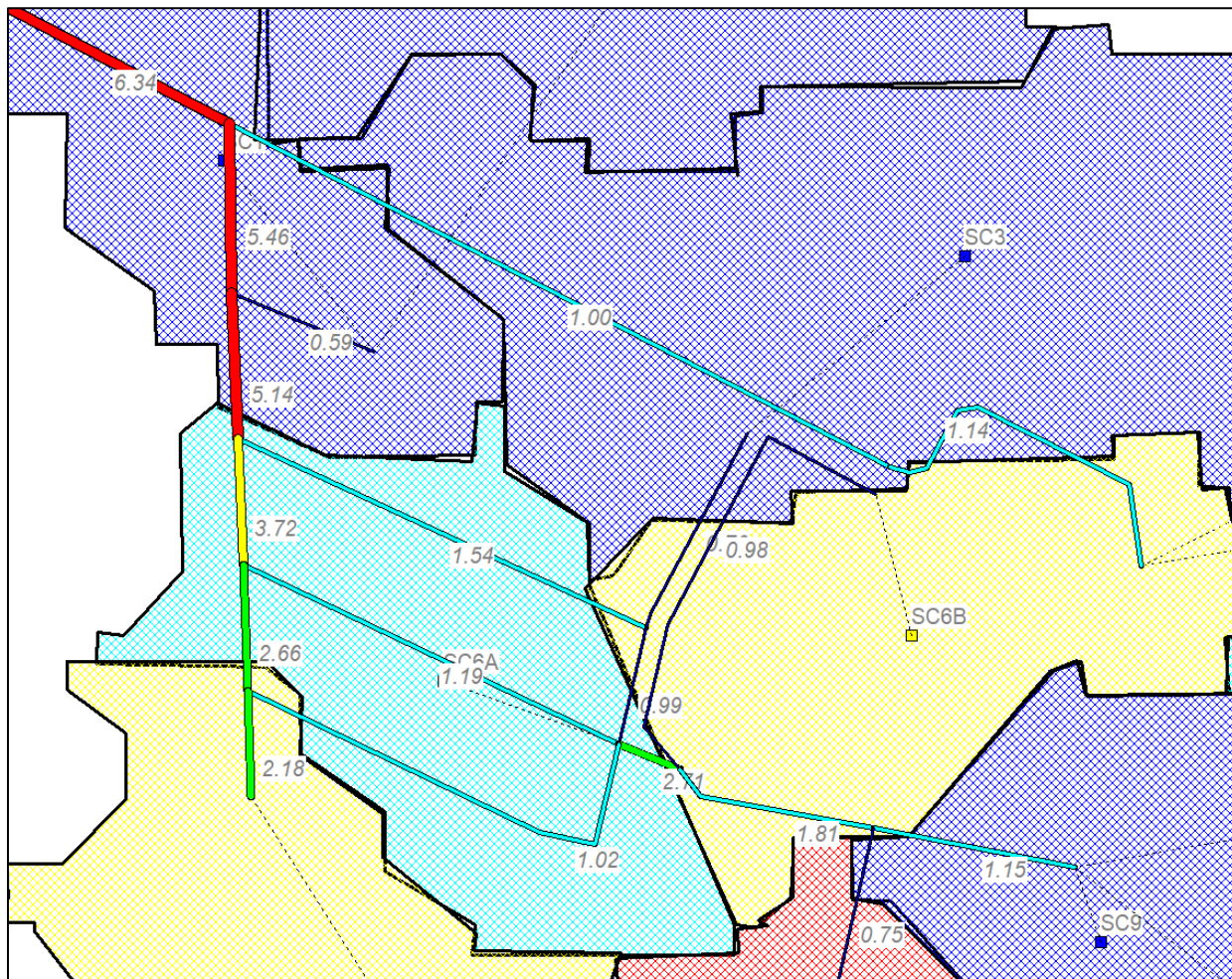


Figura 13: Red simulada con sus denominaciones y capacidades de trabajo

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se observan las características de los tramos, tanto sus dimensiones como así también sus características hidráulicas.

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Tabla 8: Características de los tramos - I

TRAMOS	COTA TERRENO		SECCION DEL CANAL	LONG. TRAMOS (m)	Pendiente So (m/m)	Pendiente So (%)
	SUPERIOR (m)	INFERIOR (m)				
T1-A	144,17	143,55	ACS - 1.5 m x 1.5 m	100,00	0,0062	0,62
T6-1	146,03	144,17	ACS - 1.5 m x 1.5 m	299,64	0,0062	0,62
T7-6	146,49	146,03	ACS - 1.0 m x 1.0 m	161,94	0,0028	0,28
T2-1	144,29	144,17	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	53,67	0,0021	0,21
T3-2	144,45	144,29	Canal H°A° con Loseta - 1.5 m x 1.5 m	63,58	0,0025	0,25
T8-2	144,41	144,29	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	62,34	0,0021	0,21
T10-8	145,04	144,41	Canal H°A° con Loseta - 1.5 m x 1.5 m	198,91	0,0031	0,31
T4-10	146,11	145,04	ACS - 1.0 m x 1.0 m	92,53	0,0115	1,15
T12-10	145,76	145,04	ACS - 1.0 m x 1.0 m	53,70	0,0135	1,35
T9-8	144,53	144,41	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	57,01	0,0021	0,21
T12-9	145,76	144,53	Canal H°A° con Loseta - 1.5 m x 1.5 m	176,08	0,0070	0,70
T13-12	145,99	145,76	ACS - 1.5 m x 1.5 m	32,11	0,0070	0,70
T5-13	146,24	145,99	ACS - 1.0 m x 1.0 m	204,87	0,0012	0,12
T14-13	146,48	145,99	ACS - 1.0 m x 1.0 m	94,49	0,0052	0,52
T15-14	146,93	146,48	ACS - 1.0 m x 1.0 m	87,93	0,0052	0,52
T17-14	146,92	146,48	ACS - 1.0 m x 1.0 m	77,23	0,0058	0,58
T11-9	144,65	144,53	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	54,45	0,0021	0,21
T12-11	145,76	144,65	Canal H°A° con Loseta - 1.5 m x 1.5 m	210,75	0,0053	0,53
T16-11	144,75	144,65	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	49,96	0,0021	0,21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Características de los tramos - II

CAUDAL POR TRAMO					
Tramo	Maximo caudal (m³/s)	Tiempo de maximo caudal (HH:MM)	Maxima velocidad (m/sec)	Caudal maximo / Caudal total	Profundidad maxima / Profundidad total
T1-A	6.337	00:20	4.11	0.75	0.69
T6-1	1.005	00:17	1.31	0.12	0.42
T7-6	1.141	00:17	2.89	0.59	0.40
T2-1	5.463	00:20	3.23	1.00	0.82
T3-2	0.587	00:16	0.88	0.11	0.68
T8-2	5.140	00:19	2.86	0.95	0.86
T10-8	1.536	00:18	1.34	0.26	0.54
T4-10	0.762	00:16	2.44	0.20	0.34
T12-10	0.991	00:18	2.62	0.24	0.38
T9-8	3.721	00:19	2.09	0.69	0.86
T12-9	1.186	00:18	1.21	0.13	0.46
T13-12	2.714	00:17	4.64	0.28	0.26
T5-13	0.976	00:18	1.71	0.77	0.58
T14-13	1.811	00:17	3.31	0.70	0.56
T15-14	1.154	00:16	2.11	0.44	0.55
T17-14	0.746	00:17	1.60	0.27	0.48
T11-9	2.665	00:17	1.82	0.49	0.81
T12-11	1.017	00:18	1.11	0.13	0.43
T16-11	2.184	00:17	1.88	0.50	0.73

Fuente: Elaboración propia

2.5 Dimensionamiento de sumideros

El proceso de dimensionar un sumidero depende directamente del tipo de dispositivo elegido, ya que cada uno se clasifica de acuerdo con su método de captación, es decir, la forma en que recoge y conduce el agua.

Estos métodos pueden diferir en su diseño y funcionamiento, lo que influye en aspectos como la capacidad de recolección, el caudal máximo que pueden admitir y la eficiencia con la que transportan el flujo hacia los sistemas de drenaje o almacenamiento. Por ello, la selección y el estudio adecuado del tipo de sumidero resultan fundamentales para establecer las características y parámetros de diseño del sistema.

Con el fin de disponer de varias alternativas, se han dimensionado seis modelos de sumideros del tipo S, considerados como sumideros mixtos. En la tabla 10 se presentan sus dimensiones geométricas, los caudales de captación correspondientes y la cantidad total definida para cada uno.

Tabla 10: Características de los sumideros

Cálculo de sumidero						
Tipo	Ancho (m)	Longitud (m)	S. ventana = q1 (m ³ /s)	S. Reja = q2 (m ³ /s)	S. Mixto = q1+0,75*q2 (m ³ /s)	Cantidad necesaria qmax = 9 m ³ /s
Tipo 1	0,5	1	0,11	0,61	0,56	17
Tipo 2	0,5	1,5	0,16	0,91	0,84	11
Tipo 3	0,5	2	0,21	1,22	1,12	9
Tipo 4	0,5	2,5	0,26	1,52	1,40	7
Tipo 5	0,5	3	0,32	1,82	1,68	6
Tipo 6	0,5	3,5	0,37	2,13	1,97	5

Fuente: Elaboración propia

Este proyecto opta por la utilización del sumidero S-TIPO 1 debido a que este modelo ofrece una destacada relación entre costo y capacidad, lo que lo convierte en una alternativa adecuada para satisfacer los criterios de eficiencia y economía. Su capacidad permite manejar de manera efectiva el volumen de agua previsto, reduciendo el riesgo de desbordamientos y contribuyendo a prolongar la vida útil de la infraestructura sin generar gastos innecesarios.

Por otra parte, las dimensiones del S-TIPO 1 se adaptan correctamente a los espacios contemplados en el diseño de la obra. Esto permite una instalación simple y eficiente que se ajusta a las condiciones físicas del sitio sin requerir cambios adicionales. Esta característica no solo agiliza el montaje del sistema, sino que también optimiza el uso del tiempo y los recursos durante la construcción, garantizando que el empleo del sumidero S-TIPO 1 sea una opción práctica y económicamente sostenible.

2.6 Registros

Los registros, también conocidos como pozos de visita o cámaras de inspección, constituyen componentes indispensables dentro de cualquier sistema de drenaje pluvial. Su función principal es permitir el acceso directo a la red subterránea para llevar a cabo actividades de control, limpieza, mantenimiento preventivo y eventual reparación de los conductos. Gracias a estas estructuras, es posible mantener la funcionalidad del sistema a lo largo del tiempo, identificar obstrucciones y realizar intervenciones sin necesidad de excavaciones adicionales.

Para este proyecto en particular, los registros deberán ajustarse a una serie de requisitos técnicos que garanticen su correcto desempeño y durabilidad.

Entre las especificaciones establecidas se incluyen:

- Tapa removible elaborada de manera prefabricada en H^ºA^º, lo que asegura resistencia y estabilidad. En caso de no utilizar este material, se podrá optar por tapas construidas con chapa antideslizante de 3,5 mm, asegurando así condiciones adecuadas de seguridad durante las tareas de inspección.
- Dimensiones internas de 1,00 × 1,00 metros, proporción que facilita la maniobrabilidad del personal técnico y el uso de herramientas durante las labores de mantenimiento.
- Ubicación estratégica en esquinas sin tránsito vehicular, evitando riesgos asociados a cargas móviles sobre la estructura. Además, los registros deberán instalarse de manera que la distancia entre ellos no supere los 200 metros, permitiendo un acceso periódico y eficiente a la red pluvial.

CAPITULO III

3. PRESUPUESTO

La evaluación económica del proyecto constituye un componente fundamental para determinar la viabilidad técnica y financiera de la propuesta de diseño del sistema de desagüe pluvial para el campus universitario Arandu Poty. Este análisis permite estimar los costos asociados a la construcción, implementación y puesta en funcionamiento del sistema, considerando los materiales, equipos y mano de obra requeridos.

El cómputo métrico y el presupuesto detallado proporcionan una visión clara y cuantificada de los recursos necesarios, asegurando una planificación adecuada y una gestión ordenada del proceso constructivo. De esta manera, se establece una base sólida para comprender el costo total de la obra y garantizar que su ejecución responda a los lineamientos técnicos definidos en el proyecto. Los costos utilizados en este análisis se establecieron tomando como referencia información proveniente de proyectos similares registrados en la base de datos de la DNCP. Este procedimiento permite asegurar que los valores adoptados se encuentren acorde a las normativas actuales y reflejen de manera adecuada los precios que predominan en el mercado como se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 11: Cómputo y Presupuesto

PLANILLA DE COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
SISTEMA DE DESAGUE PLUVIAL					
COD.	DESCRIPCION DEL RUBRO	UN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.0	Trabajos preliminares				
1.1	Marcación y replanteo	m ²	3570,17	8.067Gs.	28.800.569Gs.
1.2	Limpieza y despeje	m ²	3570,17	3.500Gs.	12.495.599Gs.
2.0	Movimiento de suelo				
2.1	Excavación de zanjas de drenaje	m ³	2695,21	93.750Gs.	252.676.195Gs.
2.2	Terraplen y nivelación de suelo	m ³	138,71	87.500Gs.	12.137.081Gs.
2.3	Relleno y compactación en zanjas	m ³	420,95	38.625Gs.	16.259.276Gs.
2.4	Transporte de tierra excedente	m ³	2135,55	32.000Gs.	68.337.636Gs.
3.0	Obras de drenaje				
3.1	Contrapiso de Hormigón de 10 cm de espesor (fck 90 kg/cm ²)	m ²	4209,52	83.730Gs.	352.463.227Gs.
3.2	Alcantarilla Celular Simple 1,00 m x 1,00 m (fck 210 kg/cm ²)	ml	772,69	2.814.500Gs.	2.174.744.449Gs.
3.3	Alcantarilla Celular Simple 1,50 m x 1,50 m (fck 210 kg/cm ²)	ml	431,74	3.310.962Gs.	1.429.484.667Gs.
3.4	Canal rectangular de Hormigón 1,60 m x 1,30 m; e = 20 cm (fck 210 kg/m ²)	ml	277,42	2.148.604Gs.	596.063.632Gs.
3.5	Canal de H ² A° 1,50 m x 1,50 m; e = 20 cm (fck 210 kg/m ²)	ml	649,31	2.092.520Gs.	1.358.700.504Gs.
3.6	Pase Peatonal - Loseta de 12 cm de espesor (fck 210 kg/cm ²)	ml	649,31	736.555Gs.	478.254.912Gs.
3.7	Sumidero mixto tipo 1	un	17	10.330.367Gs.	175.616.239Gs.
3.8	Registros 1,00 m x 1,00 m	un	9	2.388.100Gs.	21.492.900Gs.
4.0	Obras complementarias				
4.1	Colocación de Pasto kavaju	m ²	263,42	19.500Gs.	5.136.671Gs.
Total (IVA incluido):					6.982.663.556Gs.
Total en USD (1 USD = 6.714 Gs - fecha de referencia 15/12/2025):					1.040.015\$.
Obs: en los canales se tuvo en cuenta el sellado y relleno de juntas					

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El presente trabajo de tesis, titulado “Diseño de un Sistema de Desagüe Pluvial para el Campus Universitario Arandu Poty en la Ciudad de Coronel Oviedo – 2025”, permitió desarrollar una propuesta integral orientada a resolver la problemática de acumulación y conducción ineficiente de aguas pluviales dentro del campus. A lo largo del estudio se analizaron las características topográficas, hidráulicas y urbanas del área, lo que posibilitó plantear un sistema capaz de garantizar un drenaje adecuado durante eventos de precipitación, mejorando la seguridad, funcionalidad y durabilidad de la infraestructura existente.

El diseño final del sistema está compuesto por distintos elementos que trabajan de manera conjunta para asegurar un manejo eficiente del caudal captado. En primer lugar, se definieron canales rectangulares ACS de 1,0 m × 1,0 m y ACS de 1,5 m × 1,5 m, dimensionados conforme a los caudales aportantes de cada subcuenca y a las condiciones geométricas del sector. Estos canales permiten transportar los volúmenes principales de escorrentía con capacidad suficiente y adecuado comportamiento hidráulico.

Para optimizar la ejecución del proyecto, se consideró el uso de canales con tapas tipo loseta para el tránsito peatonal en los tramos previstos exclusivamente para este uso. Se adoptaron canales con dimensiones de 1,5 m x 1,5 m y un espesor de 20 cm, así como tapas de loseta con un espesor de 12 cm. La implementación de estos elementos permite realizar un cálculo más preciso y contribuye a economizar los costos del proyecto.

Complementariamente, se incorporó un canal rectangular de hormigón armado de 1,6 m × 1,3 m y 20 cm de espesor, destinado a atender los tramos donde el aporte de caudal y la morfología del terreno requieren una sección de mayor robustez estructural y mayor capacidad de conducción. Su inclusión garantiza la estabilidad y durabilidad del sistema en los sectores más críticos del proyecto.

En cuanto a la captación superficial, se seleccionaron sumideros mixtos que se encuentra conformado de sumideros tipo ventana de $1,0\text{ m} \times 0,15\text{ m}$ y sumideros tipo rejilla de $1,0\text{ m} \times 0,50\text{ m}$, los cuales fueron ubicados estratégicamente a lo largo de la red para maximizar la eficiencia en la recolección de las aguas pluviales. Estas unidades permiten reducir la acumulación en superficie, evitar encharcamientos y asegurar un adecuado ingreso del caudal hacia los conductos.

Para facilitar las tareas de inspección, limpieza y mantenimiento del sistema a lo largo de su vida útil, se incorporaron registros de $1,0\text{ m} \times 1,0\text{ m}$, instalados de acuerdo con criterios de accesibilidad y funcionalidad. Estos elementos resultan fundamentales para garantizar la operatividad y prevención de obstrucciones en la red pluvial.

En conjunto, todos los componentes diseñados conforman un sistema coherente, seguro y técnicamente fundamentado, que responde a las necesidades actuales del campus universitario Arandu Poty. La propuesta contribuye significativamente a mejorar el manejo de aguas pluviales, reducir riesgos asociados a inundaciones locales y optimizar las condiciones de tránsito peatonal y vehicular dentro del predio.

Finalmente, este proyecto no solo aporta una solución técnica a una problemática real, sino que también sienta las bases para futuras ampliaciones o adaptaciones del sistema, permitiendo que el campus cuente con una infraestructura hidráulica capaz de responder adecuadamente al crecimiento institucional y a las condiciones climáticas de la zona.

4.2 Recomendaciones

Para asegurar el correcto funcionamiento y la durabilidad del sistema de desagüe pluvial diseñado para el campus universitario Arandu Poty, se sugieren las siguientes acciones:

- Realizar mantenimiento periódico
Efectuar inspecciones y limpiezas regulares de los canales, sumideros y registros, eliminando sedimentos, basura y elementos que puedan obstruir el flujo.
- Revisar sumideros antes y durante la temporada de lluvias
Verificar especialmente los sumideros tipo ventana y tipo rejilla, ya que su eficiencia depende de que permanezcan libres de desechos.
- Promover la concienciación comunitaria
Fomentar que estudiantes y personal no arrojen basura en los canales ni en los sistemas de captación, mediante señalización y campañas informativas.
- Monitorear el sistema después de lluvias intensas
Realizar inspecciones puntuales tras eventos climáticos fuertes para detectar daños u obstrucciones y corregirlos de inmediato.
- Actualizar el sistema ante cambios en el campus
Revisar el diseño hidráulico en caso de ampliaciones o modificaciones del terreno que puedan alterar el comportamiento de la escorrentía.

CAPITULO V

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. J. F. Mongelos, "Desague pluvial del campus universitario de la UNA - San Lorenzo", Asunción, Paraguay, 1991.
- [2] V. E. Romero and R. Veliz Rach, "Readecuación del Sistema de Desagües Pluviales y Pavimento del Campus U.N.N.E. Sede Resistencia", Resistencia, 2023.
- [3] O. J. Montero Rios and E. Y. Madariaga Ortiz, "PROPUESTA DE MANEJO DE AGUAS LLUVIAS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER", San José de Cúcuta, 2023.
- [4] JAXA, "Advanced Land Observing Satellite," [Online]. Available: [https://search.asf.alaska.edu/#/..](https://search.asf.alaska.edu/#/)
- [5] QGIS Development Team, "QGIS Official Website," 2025. [Online]. Available: <https://www.qgis.org/>.
- [6] D. R. M. L. W. M. Ven Te Chow, Hidrología Aplicada.
- [7] L. G. C. B. y. A. D. R. Melgarejo, *Actualización de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de precipitación en el Paraguay*, Asunción, 2009.
- [8] A. P. d. Carreteras, *Manual de Carreteras del Paraguay*, 2019.
- [9] S. C. Service, "United States Dperatment of Agriculture," [Online]. Available: <https://directives.nrcs.usda.gov/sites/default/files2/1712930818/31754.pdf>.
- [10] US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, "HEC-HMS Hydrologic Modeling System," 2025. [Online]. Available: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>.
- [11] U.S. Environmental Protection Agency, "EPA," 2025. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>.
- [12] D. R. Betancourt, "¿SE JUSTIFICA LA SEPARACIÓN DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ?", BOGOTÁ D.C., 2016.
- [13] G. D. Cordero, EL CAMBIO CLIMÁTICO, Lisboa, Portugal, 2012.

- [14] N. E. O. S. D. a. I. System, "Alaska Satellite Facility," [Online]. Available: <https://search.asf.alaska.edu/>.
- [15] M. I. S. Angelone, I. M. T. Garibay and M. C. Casaux, PERMEABILIDAD DE SUELOS, Rosario, Argentina, 2006.
- [16] N. M. De los Santos, C. R. Jiménez and G. López Ocaña, "LA INNOVACION ALTERNATIVA INMINENTE EN LOS SISTEMAS DE DRENAJE PLUVIAL PARA MINIMIZAR LAS INUNDACIONES", Tabasco: Kuxulkab', 2018.
- [17] Cueva del ingeniero civil, "Cueva del ingeniero civil," [Online]. Available: <https://www.cuevadelcivil.com/2010/12/sumideros.html?m=1>.

ANEXO I

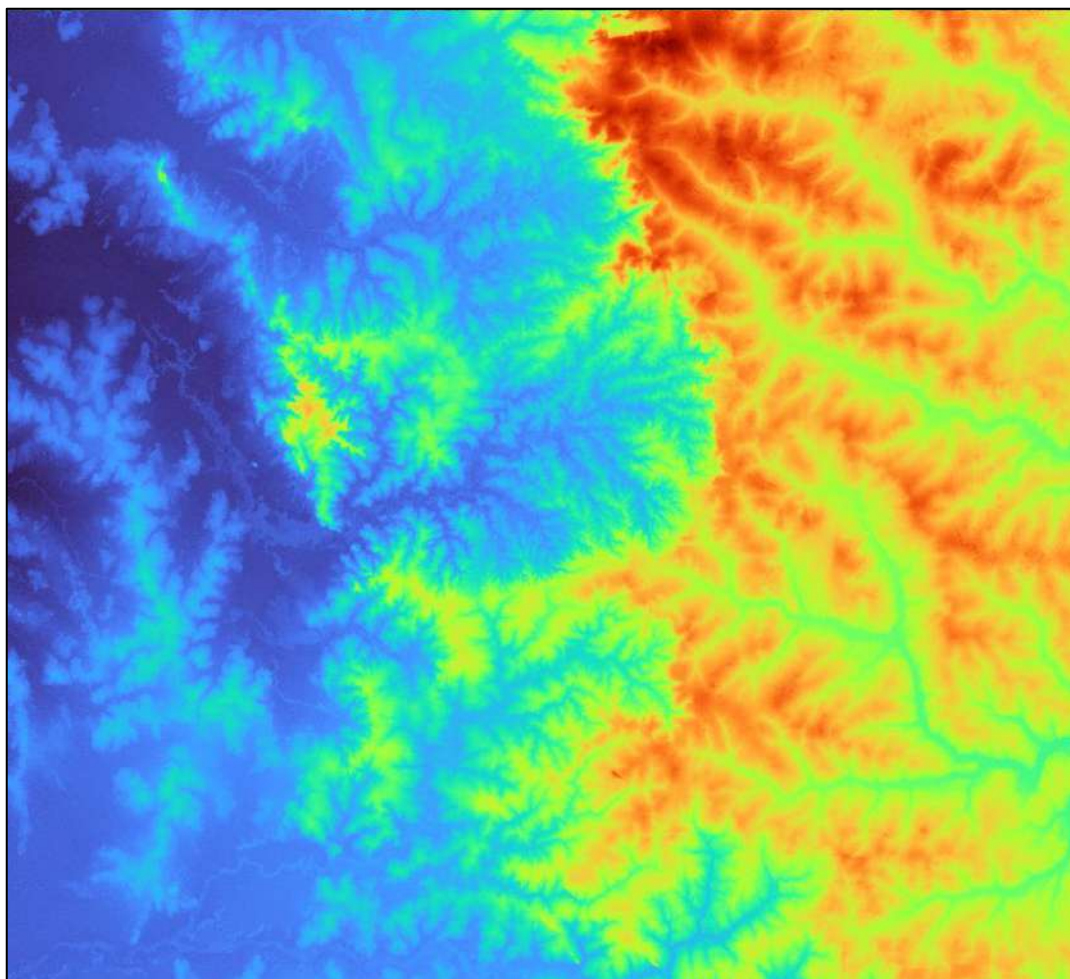
1. DEM ALOS PALSAR

1.1. Modelo de elevación digital (DEM).

El modelo de elevación digital utilizado en el presente proyecto contiene una resolución de 12,5 metros por píxel. El modelo utilizado para representa las características topográficas de la zona de estudio con una precisión de 12.5 metros por cada celda del raster.

La elección de este modelo es debido a su precisión para identificar la altimetría del terreno, esto permite facilitar la obtención de los datos morfológicos del área de estudio, lo que ayuda a dimensionar el sistema de desagüe pluvial.

La siguiente imagen muestra el DEM de ALOS PALSAR que fue utilizado, obtenido a partir de datos proporcionados por la Alaska Satellite Facility [4]. Este modelo fue generado mediante tecnología de radar de apertura sintética (SAR), lo que permite obtener información precisa.



1.2. Relevamiento Topográfico

Se realizaron trabajos de relevamientos topográficos para la obtención de datos necesarios sobre las características de las zanjas existentes que incluyen su profundidad y pendiente mediante el uso del equipo GPS GNSS RTK Trimble R8s. Así también se utilizaron datos topográficos del estudio previo realizado en la zona para mayor precisión.

Los resultados de los puntos relevados se observan en la siguiente tabla:

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
1	7.179.703.893	554.452.739	146.405	BC
2	7.179.701.313	554.467.865	146.491	BC
3	7.179.698.591	554.482.314	146.614	BC
4	7.179.695.517	554.497.615	146.760	BC
5	7.179.692.959	55.451.283	146.768	BC
6	7.179.690.478	554.526.127	146.765	BC
7	7.179.687.355	554.543.237	146.858	BC
8	7.179.684.199	554.557.978	146.949	BC
9	7.179.698.056	554.497.446	146.709	BC
10	7.179.695.453	554.511.197	146.794	BC
11	7.179.692.795	554.527.271	146.753	BC
12	7.179.690.127	554.541.629	146.858	BC
13	7.179.687.092	554.556.170	146.967	BC
14	7.179.685.942	554.561.629	147.132	BC
15	7.179.703.794	554.467.035	146.518	BC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
16	7.179.706.575	554.452.996	146.388	BC
17	7.179.762.234	554.302.639	145.099	BC
18	7.179.754.501	554.317.910	145.235	BC
19	7.179.747.421	554.332.229	145.382	BC
20	7.179.722.403	554.384.231	145.425	BC
21	7.179.699.914	554.316.933	145.262	BC
22	7.179.702.321	554.317.308	145.296	BC
23	7.179.695.019	554.332.286	145.305	BC
24	7.179.687.838	554.347.244	145.460	BC
25	7.179.680.577	554.362.395	145.647	BC
26	7.179.693.398	554.373.895	145.528	BC
27	7.179.707.781	554.379.934	145.557	BC
28	7.179.678.428	554.369.257	145.586	BC
29	7.179.725.277	554.377.946	145.552	BC
30	7.179.732.475	554.362.742	145.555	BC
31	7.179.740.045	554.347.105	145.466	BC
32	7.179.769.518	554.287.234	144.984	BC
33	7.179.776.885	554.272.138	144.761	BC
34	7.179.728.523	554.257.823	144.776	BC
35	7.179.721.306	554.272.746	144.871	BC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
36	7.179.714.088	554.287.909	144.967	BC
37	7.179.706.857	554.302.623	145.112	BC
38	7.179.685.165	554.347.506	145.456	BC
39	7.179.692.623	554.332.396	145.146	BC
40	7.179.677.548	554.362.586	145.687	BC
41	7.179.709.507	554.302.458	145.137	BC
42	7.179.716.534	554.287.815	145.035	BC
43	7.179.723.937	554.272.308	144.922	BC
44	7.179.731.207	554.257.335	144.805	BC
45	7.179.779.074	554.272.466	144.771	BC
46	7.179.771.714	554.287.620	144.924	BC
47	7.179.764.364	554.302.680	145.093	BC
48	7.179.757.143	554.317.665	145.259	BC
49	7.179.749.982	554.332.327	145.453	BC
50	7.179.742.731	554.347.175	145.522	BC
51	7.179.735.119	554.362.349	145.537	BC
52	7.179.727.901	554.377.570	145.610	BC
53	7.179.738.122	554.385.345	145.660	BC
54	7.179.753.260	554.389.344	145.589	BC
55	7.179.760.394	554.391.505	145.636	BC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
56	7.179.761.492	554.392.553	145.518	BC
57	7.179.760.108	554.392.793	145.651	BC
58	7.179.753.041	554.391.191	145.609	BC
59	7.179.737.987	554.387.475	145.632	BC
60	7.179.726.395	554.380.937	145.567	BC
61	7.179.729.205	554.383.843	145.599	BC
62	7.179.817.112	554.302.823	144.990	BC
63	7.179.824.325	554.287.582	144.777	BC
64	7.179.783.653	554.257.694	144.659	BC
65	7.179.786.202	554.257.759	144.557	BC
66	7.179.793.660	554.242.222	144.429	BC
67	7.179.791.160	554.242.373	144.482	BC
68	7.179.798.138	554.226.992	144.369	BC
69	7.179.800.632	554.227.596	144.225	BC
70	7.179.802.761	554.220.709	144.508	BC
71	7.179.805.870	554.220.755	144.519	BC
72	7.179.798.097	554.220.856	144.556	BC
73	7.179.783.194	554.221.150	144.602	BC
74	7.179.767.817	554.221.598	144.637	BC
75	7.179.753.380	554.222.052	144.685	BC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
76	7.179.751.402	554.222.266	144.692	BC
77	7.179.748.119	554.222.157	144.726	BC
78	7.179.745.659	554.227.909	144.554	BC
79	7.179.743.351	554.227.551	144.657	BC
80	7.179.735.713	554.242.372	144.700	BC
81	7.179.738.131	554.242.661	144.698	BC
82	7.179.737.978	554.222.522	144.715	BC
83	7.179.723.136	554.222.990	144.797	BC
84	7.179.708.120	554.223.683	144.788	BC
85	7.179.700.278	554.223.972	144.748	BC
86	7.179.700.813	554.221.676	144.636	BC
87	7.179.708.327	55.422.1220	144.650	BC
88	7.179.723.144	554.220.629	144.707	BC
89	7.179.737.817	554.220.208	144.620	BC
90	7.179.753.504	554.219.655	144.631	BC
91	7.179.768.454	554.219.363	144.554	BC
92	7.179.783.019	554.219.023	144.505	BC
93	7.179.798.409	554.218.415	144.524	BC
94	7.179.813.314	554.220.467	144.225	BC
95	7.179.812.978	554.218.338	144.404	BC

**“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS
UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025**

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
96	7.179.828.532	554.218.136	144.308	BC
97	7.179.828.349	554.219.963	144.188	BC
98	7.179.843.113	554.219.602	144.216	BC
99	7.179.843.046	554.217.658	144.262	BC
100	7.179.863.063	554.219.086	144.291	BC
101	7.179.859.551	554.219.110	144.411	BC
102	7.179.857.951	554.219.119	144.252	BC
103	7.179.858.126	554.216.947	144.349	BC
104	7.179.873.473	554.216.467	144.341	BC
105	7.179.873.713	554.218.662	144.302	BC
106	7.179.888.250	554.218.550	144.186	BC
107	7.179.888.254	554.216.172	144.220	BC
108	7.179.903.353	554.215.976	144.072	BC
109	7.179.903.728	554.218.054	143.996	BC
110	7.179.918.178	554.217.784	144.126	BC
111	7.179.918.217	554.215.612	144.136	BC
112	7.179.921.785	554.217.730	144.151	BC
113	7.179.924.743	554.217.852	144.202	BC
114	7.179.933.097	554.217.272	144.173	BC
115	7.179.933.185	554.215.080	144.110	BC

**“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS
UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025**

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
116	7.179.948.347	554.214.670	144.101	BC
117	7.179.948.710	554.216.705	144.017	BC
118	7.179.963.134	554.216.112	144.085	BC
119	7.179.963.017	554.214.391	144.041	BC
120	7.179.979.150	554.212.312	144.028	BC
121	7.179.978.064	554.213.001	144.065	BC
122	7.179.976.999	554.215.485	144.025	BC
123	7.179.979.473	554.216.365	143.943	BC
124	7.179.982.463	554.212.936	144.069	BC
125	7.179.992.815	554.203.345	143.865	BC
126	7.179.988.898	554.203.489	143.896	BC
127	7.179.973.871	554.227.444	144.011	BC
128	7.179.970.942	554.227.538	144.061	BC
129	7.179.963.134	554.242.687	144.116	BC
130	7.179.966.176	554.242.601	144.062	BC
131	7.179.958.418	554.257.379	144.108	BC
132	7.179.955.671	554.257.375	144.229	BC
133	7.179.947.484	554.272.594	144.301	BC
134	7.179.950.436	554.272.454	144.206	BC
135	7.179.942.715	554.287.482	144.331	BC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
136	7.179.939.725	554.287.657	144.424	BC
137	7.179.931.945	554.302.674	144.579	BC
138	7.179.935.293	554.302.260	144.429	BC
139	7.179.928.199	554.317.325	144.708	BC
140	7.179.925.341	554.317.297	144.615	BC
141	7.179.919.209	554.332.752	144.954	BC
142	7.179.922.372	554.332.686	144.778	BC
143	7.179.919.510	554.347.430	144.862	BC
144	7.179.916.305	554.347.503	144.734	BC
145	7.179.809.968	554.317.491	145.115	BC
146	7.179.826.477	554.287.564	144.709	BC
147	7.179.833.786	554.272.386	144.503	BC
148	7.179.831.848	554.272.341	144.596	BC
149	7.179.839.283	554.257.123	144.254	BC
150	7.179.840.717	554.257.673	144.134	BC
151	7.179.848.728	554.242.061	144.445	BC
152	7.179.846.380	554.241.922	144.299	BC
153	7.179.853.514	554.227.202	144.240	BC
154	7.179.855.749	554.227.296	144.244	BC
155	7.179.915.070	554.227.256	144.248	BC

**“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS
UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025**

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
156	7.179.908.367	554.242.857	144.274	BC
157	7.179.901.893	554.257.472	144.282	BC
158	7.179.894.807	554.272.941	144.433	BC
159	7.179.896.985	554.273.668	144.456	BC
160	7.179.812.342	554.317.241	145.057	BC
161	7.179.819.612	554.301.874	144.997	BC
162	7.179.679.030	554.366.924	145.193	BC
163	7.179.693.103	554.376.589	145.614	BC
164	7.179.657.221	554.363.475	145.614	BC
165	7.179.654.568	554.363.469	145.666	BC
166	7.179.650.725	554.376.804	145.624	BC
167	7.179.651.407	554.379.007	145.559	BC
168	7.179.643.334	554.379.236	145.774	BC
169	7.179.595.782	554.367.176	145.950	BC
170	7.179.596.166	554.364.997	146.033	BC
171	7.179.721.305	554.391.825	145.945	BC
172	7.179.718.958	554.391.897	145.947	BC
173	7.179.716.180	554.396.973	145.962	BC
174	7.179.717.836	554.396.562	145.820	BC
175	7.179.910.716	554.242.855	144.236	BC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
176	7.179.917.639	554.227.223	144.274	BC
177	7.179.904.395	554.257.004	144.286	BC
178	7.179.847.354	554.503.406	146.136	BC
179	7.179.847.603	554.497.248	146.075	BC
180	7.179.854.508	554.512.796	145.948	BC
181	7.179.868.893	554.521.652	145.952	BC
182	7.179.869.191	554.527.350	145.992	BC
183	7.179.862.165	554.542.718	146.089	BC
184	7.179.854.804	554.556.864	146.190	BC
185	7.179.846.213	554.572.999	146.202	BC
186	7.179.838.988	554.587.311	146.269	BC
187	7.179.833.547	554.597.740	146.387	BC
188	7.179.828.188	554.597.140	146.304	BC
189	7.179.827.737	554.599.490	146.368	BC
190	7.179.808.202	554.599.918	146.383	BC
191	7.179.808.529	554.602.205	146.457	BC
192	7.179.844.830	554.485.599	146.183	BC
193	7.179.844.531	554.487.342	146.195	BC
194	7.179.795.181	554.469.033	145.936	BC
195	7.179.784.310	554.470.674	145.903	BC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
196	7.179.780.194	554.596.454	146.524	BC
197	7.179.780.657	554.595.299	146.625	BC
198	7.179.709.406	554.580.538	146.590	BC
199	7.179.709.630	554.579.292	146.684	BC
200	7.179.671.457	554.572.055	146.681	BC
201	7.179.671.681	554.570.818	146.723	BC
202	7.179.631.910	554.563.173	147.102	BC
203	7.179.632.285	554.562.030	147.114	BC
204	7.179.592.975	554.554.732	147.297	BC
205	7.179.593.303	554.553.550	147.351	BC
206	7.179.973.880	554.216.364	144.253	BC
207	7.179.983.701	554.207.361	144.128	BC
208	7.179.999.064	554.189.958	144.005	BC
209	7.180.006.542	554.176.201	143.801	BC
210	7.180.014.240	554.161.684	143.624	BC
211	7.180.018.930	554.151.429	143.526	BC
212	7.180.024.715	554.136.573	143.619	BC
213	7.180.029.739	554.121.967	143.551	BC
214	7.179.768.103	554.403.358	145.039	BC
215	7.179.852.904	554.449.003	146.289	Calle

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
216	7.179.812.012	554.422.891	146.188	Calle
217	7.179.797.050	554.413.683	145.945	Calle
218	7.179.767.562	554.405.438	145.028	Calle
219	7.179.567.883	554.538.447	147.424	EC
220	7.179.790.181	554.361.837	144.422	EC
221	7.179.796.922	554.347.468	144.398	EC
222	7.179.803.221	554.334.315	144.268	EC
223	7.179.804.252	554.331.971	144.416	EC
224	7.179.804.503	554.333.601	144.379	EC
225	7.179.809.559	554.335.063	144.594	EC
226	7.179.775.502	554.393.732	144.723	EC
227	7.179.773.665	554.398.521	145.312	EC
228	7.179.782.612	554.377.904	144.445	EC
229	7.179.684.149	554.564.391	146.258	EC
230	7.179.757.370	554.482.623	145.918	EC
231	7.179.736.287	554.497.279	146.154	EC
232	7.179.760.185	554.392.167	145.097	EC
233	7.179.726.746	554.379.794	144.670	EC
234	7.179.726.752	554.377.483	144.505	EC
235	7.179.729.418	554.382.665	144.818	EC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
236	7.179.738.461	554.386.435	144.766	EC
237	7.179.753.162	554.390.281	144.853	EC
238	7.179.755.998	554.317.216	144.309	EC
239	7.179.748.571	554.332.439	144.357	EC
240	7.179.741.270	554.347.560	144.432	EC
241	7.179.734.099	554.362.084	144.367	EC
242	7.179.763.453	554.302.203	144.105	EC
243	7.179.771.019	554.286.777	144.025	EC
244	7.179.777.942	554.272.540	143.951	EC
245	7.179.785.036	554.257.673	143.887	EC
246	7.179.792.467	554.242.401	143.763	EC
247	7.179.799.429	554.227.477	143.705	EC
248	7.179.804.710	554.219.712	143.472	EC
249	7.179.750.288	554.220.967	143.769	EC
250	7.179.749.657	554.222.389	143.838	EC
251	7.179.744.489	554.227.759	143.813	EC
252	7.179.737.002	554.242.791	143.817	EC
253	7.179.700.553	554.222.716	143.883	EC
254	7.179.708.256	554.222.276	143.871	EC
255	7.179.723.371	554.221.812	143.803	EC

**“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS
UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”**
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
256	7.179.737.984	554.221.081	143.789	EC
257	7.179.753.691	554.220.729	143.739	EC
258	7.179.768.454	554.220.438	143.700	EC
259	7.179.783.204	554.220.051	143.633	EC
260	7.179.798.505	554.219.618	143.591	EC
261	7.179.813.211	554.219.271	143.388	EC
262	7.179.828.670	554.219.063	143.429	EC
263	7.179.843.338	554.218.725	143.511	EC
264	7.179.861.687	554.218.093	143.456	EC
265	7.179.861.536	554.219.011	143.487	EC
266	7.179.857.947	554.218.118	143.483	EC
267	7.179.873.598	554.217.486	143.142	EC
268	7.179.888.354	554.217.231	143.420	EC
269	7.179.903.587	554.217.069	143.168	EC
270	7.179.917.884	554.216.718	143.290	EC
271	7.179.923.266	554.217.524	143.368	EC
272	7.179.933.240	554.216.104	143.169	EC
273	7.179.948.486	554.215.720	143.181	EC
274	7.179.963.276	554.215.226	142.894	EC
275	7.179.977.627	554.214.482	142.942	EC

**“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS
UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”**
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
276	7.179.978.502	554.215.659	143.138	EC
277	7.179.990.745	554.203.530	142.845	EC
278	7.179.972.589	554.227.429	143.190	EC
279	7.179.964.756	554.242.745	143.291	EC
280	7.179.957.344	554.257.161	143.410	EC
281	7.179.949.132	554.272.764	143.488	EC
282	7.179.941.391	554.287.589	143.544	EC
283	7.179.933.774	554.302.342	143.496	EC
284	7.179.926.996	554.316.921	143.619	EC
285	7.179.920.694	554.332.844	143.706	EC
286	7.179.918.164	554.347.649	143.786	EC
287	7.179.810.899	554.317.831	144.166	EC
288	7.179.818.175	554.302.624	144.020	EC
289	7.179.825.470	554.287.614	143.921	EC
290	7.179.832.879	554.272.255	143.795	EC
291	7.179.839.924	554.257.552	143.738	EC
292	7.179.847.609	554.241.797	143.572	EC
293	7.179.854.459	554.227.520	143.545	EC
294	7.179.915.923	554.227.477	143.169	EC
295	7.179.909.185	554.243.150	143.361	EC

**“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS
UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”**
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
296	7.179.902.786	554.257.852	143.530	EC
297	7.179.896.164	554.273.369	143.656	EC
298	7.179.708.318	554.302.037	144.113	EC
299	7.179.722.371	554.272.850	143.975	EC
300	7.179.693.329	554.333.033	144.221	EC
301	7.179.679.367	554.362.237	144.501	EC
302	7.179.675.048	554.370.733	144.772	EC
303	7.179.678.505	554.367.812	144.522	EC
304	7.179.693.574	554.375.289	144.819	EC
305	7.179.708.538	554.378.841	144.819	EC
306	7.179.714.130	554.380.143	145.002	EC
307	7.179.655.951	554.363.493	144.666	EC
308	7.179.651.274	554.378.249	144.736	EC
309	7.179.596.117	554.366.152	145.925	EC
310	7.179.597.920	554.366.306	145.108	EC
311	7.179.720.203	554.391.667	145.808	EC
312	7.179.720.523	554.389.942	144.763	EC
313	7.179.716.819	554.396.804	145.648	EC
314	7.179.716.819	554.397.940	145.166	EC
315	7.179.900.410	554.298.206	144.004	EC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

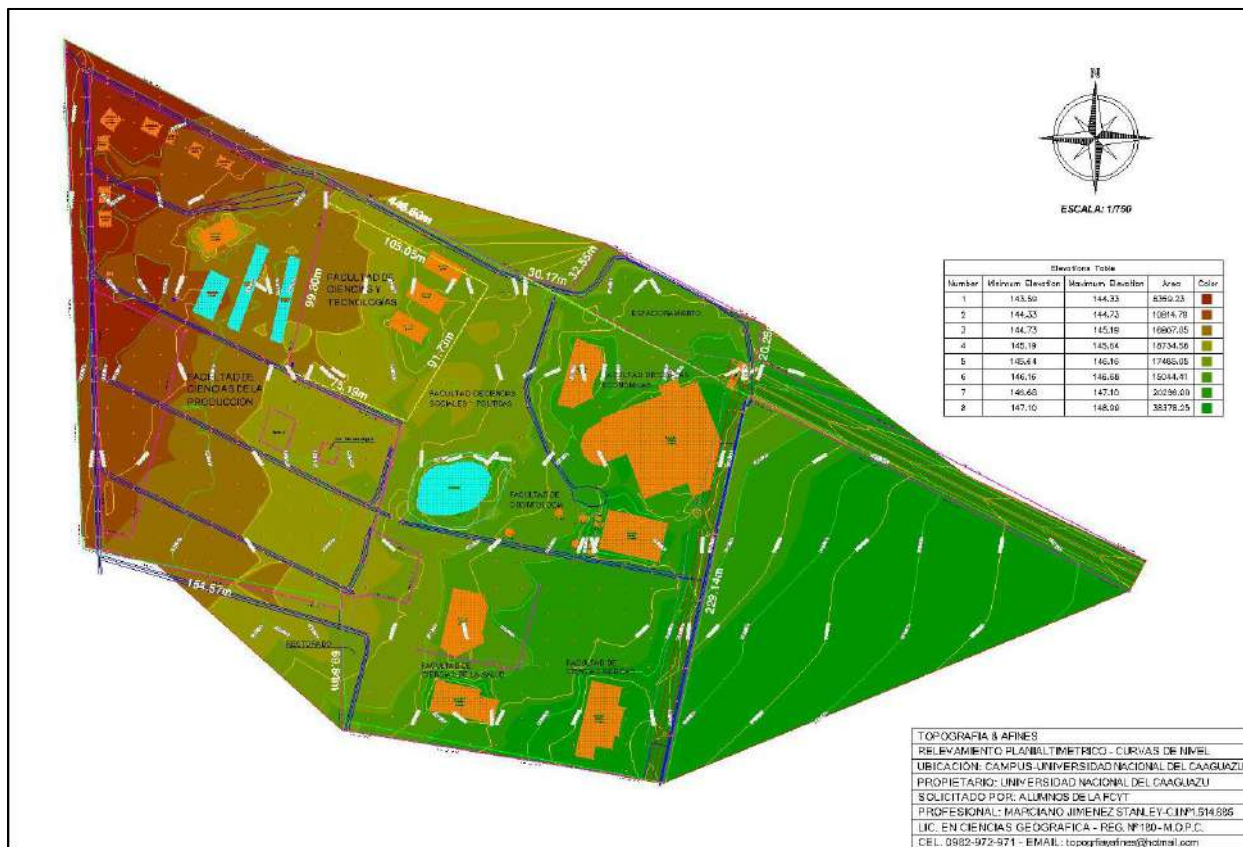
Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
316	7.179.908.467	554.341.253	143.896	EC
317	7.179.911.203	554.361.371	143.927	EC
318	7.179.894.705	554.393.701	144.229	EC
319	7.179.861.336	554.455.400	144.648	EC
320	7.179.849.357	554.497.760	145.178	EC
321	7.179.869.809	554.521.377	144.819	EC
322	7.179.869.976	554.527.713	144.892	EC
323	7.179.846.981	554.573.408	145.257	EC
324	7.179.828.106	554.598.071	145.687	EC
325	7.179.808.427	554.600.876	145.888	EC
326	7.179.807.018	554.601.376	145.963	EC
327	7.179.844.468	554.486.239	145.267	EC
328	7.179.795.519	554.470.077	144.920	EC
329	7.179.785.101	554.599.706	146.157	EC
330	7.179.780.483	554.595.898	146.173	EC
331	7.179.762.086	554.590.486	146.251	EC
332	7.179.762.047	554.582.609	146.420	EC
333	7.179.749.147	554.588.759	146.209	EC
334	7.179.709.751	554.580.012	146.226	EC
335	7.179.682.337	554.572.626	146.279	EC

Puntos	Eje X	Eje y	Eje Z	Referencia
336	7.179.671.542	554.571.414	146.358	EC
337	7.179.632.150	554.562.607	146.750	EC
338	7.179.592.972	554.554.054	146.943	EC
339	7.179.589.133	554.543.510	146.969	EC
340	7.179.586.763	554.551.763	146.864	EC
341	7.179.974.090	554.217.314	143.084	EC

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
 NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

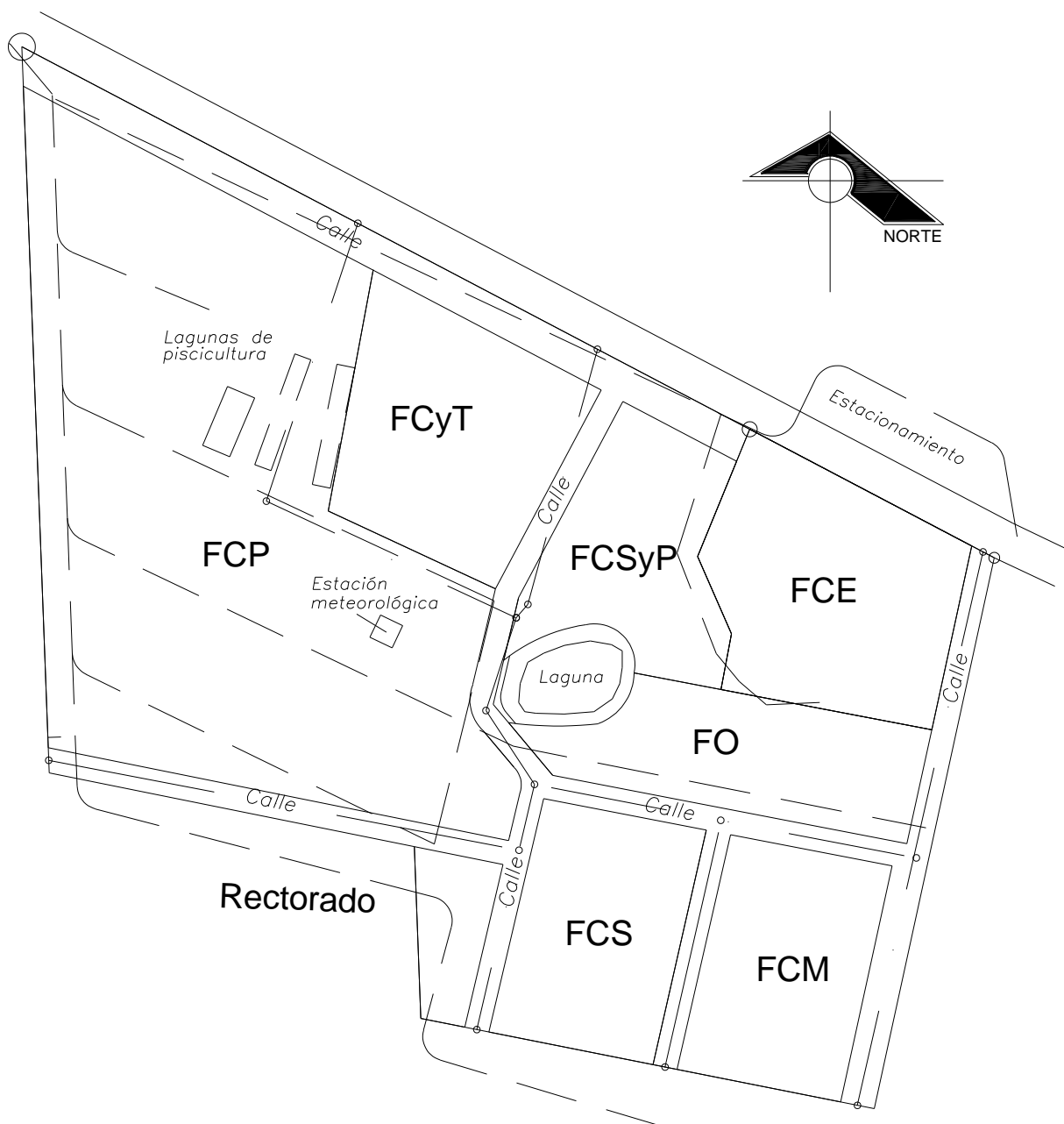
La siguiente imagen representa el estudio topografico previamente realizado, se puede visualizar las curvas de nivel obtenidas del relevamiento, además se indica la distribución del sistema de zanjas que cuenta el campus actualmente.

Las curvas del nivel muestran como las elevaciones del terreno son mayores en las entrada del previo del campus y como las elevaciones son menores en el lindero noroeste del predio de la facultad de producción, lo que indica que la escorrentia durante eventos de lluvia por gravedad va hacia esa zona, representando la zona mas critica.



Elevations Table				
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Area	Color
1	143.59	144.33	8359.23	Dark Red
2	144.33	144.73	10814.79	Red
3	144.73	145.19	16807.05	Orange
4	145.19	145.64	18734.58	Light Green
5	145.64	146.16	17485.05	Green
6	146.16	146.68	15044.41	Dark Green
7	146.68	147.10	20296.00	Very Dark Green
8	147.10	148.99	38378.25	Black

En la siguiente se muestra la superficie del campus con la distribución de sus distintas unidades académicas de la UNCA:



En el siguiente cuadro se indica la superficie de cada unidad académica de la UNCA:

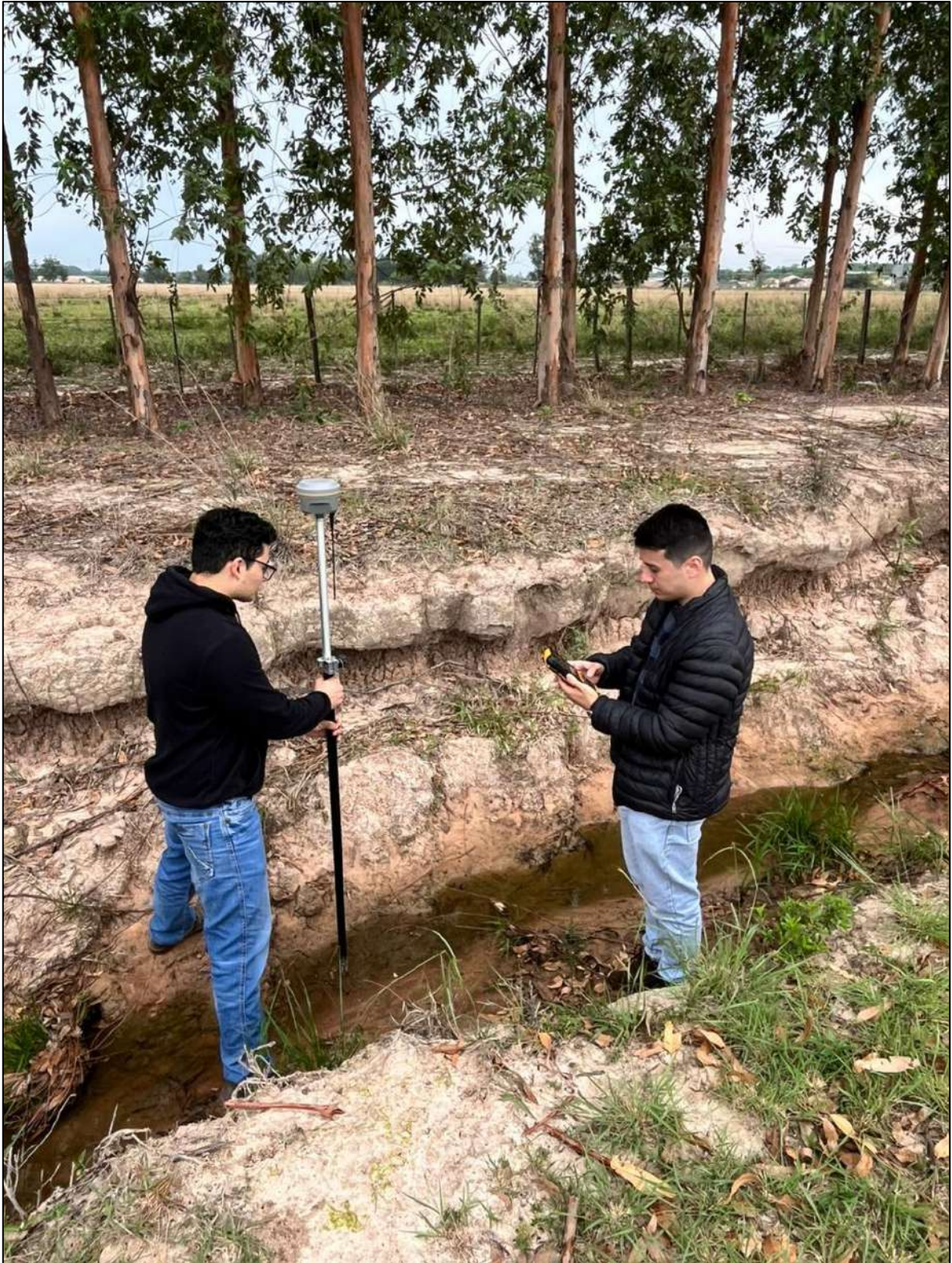
Cuadro de superficies:

FCP:	3 Has	7.840 m ²
FCyT:		8.453 m ²
FCPyS:		6.339 m ²
FCE:		9.035 m ²
FO:		6.665 m ²
FM:		6.641 m ²
FCS:		6.641 m ²
Rectorado:		1.878 m ²
SubTotal:	8 Has	3.492 m ²
<hr/>		
Laguna:		1.760 m ²
Calles:	1 Ha	4.748 m ²
Total:	10 Hectáreas	

A continuación, se presentan las imágenes del relevamiento topográfico donde se puede observar la erosión en las zanjas, evidenciada por el desgaste del terreno. Estas fotografías permiten identificar el crítico y precario estado en el cual se encuentra actualmente el sistema de desagüe del campus.







ANEXO II

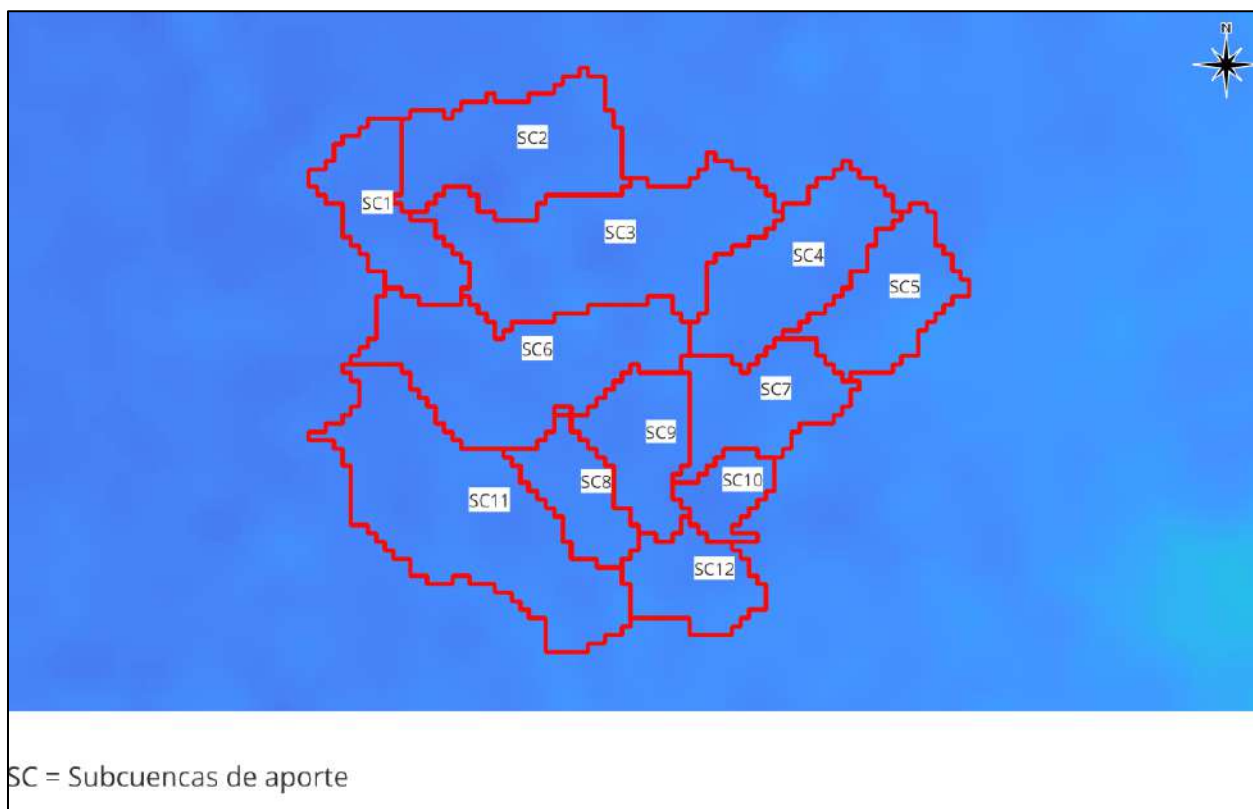
1. DELIMITACIÓN HEC-HMS Y CÁLCULO DE CAUDAL

1.1. Delimitación de las cuencas

Se utilizó el DEM como dato (ráster) de entrada para realizar la delimitación de manera automática gracias a los datos del terreno proporcionados por el modelo de elevación digital.

El software HEC-HMS utiliza algoritmos para la determinación de la dirección de flujos, corrección de depresiones para evitar falsos escurrimientos y otros parámetros para su posterior delimitación automática mediante un punto de aforo o salida.

Se introdujo un umbral de 2 hectáreas para la delimitación de cuencas teniendo en cuenta la extensión del predio a ser dimensionado para mayor precisión y exactitud.



Para la modelización hidrológica se delimitaron un total de 12 subcuencas, estas abarcan las cuencas que se encuentran dentro del predio del campus como también aquellas subcuencas que aportan un caudal a las subcuencas del campus con una extensión total de 50,17 hectáreas. En la siguiente imagen satelital se puede observar la zona de estudio



1.2. Tipo y uso de suelo

Se realizó una clasificación del uso del suelo mediante el uso del software Google Earth Pro, delimitando las distintas zonas con sus respectivos usos en porcentajes como así también sus extensiones.

Es importante mencionar que se adoptaron ciertos valores de uso de suelo correspondiente a las futuras edificaciones a ser construidas en el predio del campus universitario. Estos valores fueron adoptados en base a proyectos finales de grado de las futuras sedes académicas y administrativas, como así también se realizaron estimaciones del uso de suelo correspondientes a las edificaciones futuras que no poseen un proyecto definido.

A continuación, se detallan los usos del suelo del área de cada subcuenca con sus respectivas extensiones correspondientes esto con la finalidad de obtener la mayor precisión posible para el cálculo del coeficiente de escorrentía.

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 1:

SC1		
Techo	Area (m2)=	3391
	Porcentaje=	11,12%
Asfalto	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Bosques	Area (m2)=	1588
	Porcentaje=	5,21%
Pastizales	Area (m2)=	25521
	Porcentaje=	83,68%
Zonas Verdes	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	30500

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 2:

SC2		
Techo	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Asfalto	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Bosques	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Pastizales	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
Zonas Verdes	Area (m2)=	52243
	Porcentaje=	100%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	52243

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 3:

SC3		
Techo	Area (m2)=	8013,75
	Porcentaje=	10,45%
Asfalto	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Bosques	Area (m2)=	719,8
	Porcentaje=	0,94%
Zone Verde	Area (m2)=	3950
	Porcentaje=	5,15%
Pastizales	Area (m2)=	64016
	Porcentaje=	83,46%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	76700

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 4:

SC4		
Techo	Area (m2)=	1716
	Porcentaje=	3,77%
Asfalto	Area (m2)=	2789
	Porcentaje=	6,13%
Bosques	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Zone Verde	Area (m2)=	3919
	Porcentaje=	8,62%
Pastizales	Area (m2)=	37045
	Porcentaje=	81,47%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	45469

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 5:

SC5		
Techo	Area (m2)=	3136,8
	Porcentaje=	9,51%
Asfalto	Area (m2)=	2546
	Porcentaje=	7,72%
Bosques	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Zone Verde	Area (m2)=	712
	Porcentaje=	2,16%
Pastizales	Area (m2)=	26574
	Porcentaje=	80,60%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	32969

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 6:

SC6		
Techo	Area (m2)=	10447,4
	Porcentaje=	15,41%
Asfalto	Area (m2)=	1965,62
	Porcentaje=	2,90%
Bosques	Area (m2)=	3451
	Porcentaje=	5,09%
Zone Verde	Area (m2)=	2907
	Porcentaje=	4,29%
Pastizales	Area (m2)=	37830
	Porcentaje=	55,80%
Cultivos	Area (m2)=	11199
	Porcentaje=	17%
	Area Total (m2) =	67800

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 7:

SC7		
Techo	Area (m2)=	96,8
	Porcentaje=	0,30%
Asfalto	Area (m2)=	4665
	Porcentaje=	14,49%
Bosques	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Zone Verde	Area (m2)=	1671
	Porcentaje=	5,19%
Pastizales	Area (m2)=	25755
	Porcentaje=	80,01%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	32188

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 8:

SC8		
Techo	Area (m2)=	6775
	Porcentaje=	31,37%
Asfalto	Area (m2)=	2196
	Porcentaje=	10,17%
Bosques	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Zone Verde	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Pastizales	Area (m2)=	12629
	Porcentaje=	58,47%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	21600

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 9:

SC9		
Techo	Area (m2)=	364
	Porcentaje=	1,27%
Asfalto	Area (m2)=	1320
	Porcentaje=	4,59%
Bosques	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Zone Verde	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Pastizales	Area (m2)=	27066
	Porcentaje=	94,14%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	28750

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 10:

SC10		
Techo	Area (m2)=	606
	Porcentaje=	4,66%
Asfalto	Area (m2)=	1320
	Porcentaje=	10,15%
Bosques	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Zone Verde	Area (m2)=	790
	Porcentaje=	6,08%
Pastizales	Area (m2)=	10284
	Porcentaje=	79,11%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	13000

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 11:

SC11		
Techo	Area (m2)=	16519,4
	Porcentaje=	19,65%
Asfalto	Area (m2)=	12088
	Porcentaje=	14,38%
Bosques	Area (m2)=	3213
	Porcentaje=	3,82%
Pastizales	Area (m2)=	52243
	Porcentaje=	62,15%
Zonas Verdes	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	84063

A continuación, se detalla el uso del suelo de la subcuenca 12:

SC12		
Techo	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Asfalto	Area (m2)=	1720
	Porcentaje=	7,24%
Bosques	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Zone Verde	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0,00%
Pastizales	Area (m2)=	22030
	Porcentaje=	92,76%
Cultivos	Area (m2)=	0
	Porcentaje=	0%
	Area Total (m2) =	23750

El resumen del uso de suelo de cada subcuenca se observa en la siguiente tabla.

Subcuenca	Áreas Desarrolladas			Áreas No desarrolladas		
	Techo	Asfalto	Zonas verdes	Cultivos	Pastizales	Bosques
	Porcentaje (%)					
SC1	11,1%	0,0%	0,0%	0,0%	83,7%	5,2%
SC2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
SC3	10,4%	0,0%	5,1%	0,0%	83,5%	0,9%
SC4	3,8%	6,1%	8,6%	0,0%	81,5%	0,0%
SC5	9,5%	7,7%	2,2%	0,0%	80,6%	0,0%
SC6	15,4%	2,9%	4,3%	16,5%	55,8%	5,1%
SC7	0,3%	14,5%	5,2%	0,0%	80,0%	0,0%
SC8	31,4%	10,2%	0,0%	0,0%	58,5%	0,0%
SC9	1,3%	4,6%	0,0%	0,0%	94,1%	0,0%
SC10	4,7%	10,2%	6,1%	0,0%	79,1%	0,0%
SC11	19,7%	14,4%	0,0%	0,0%	62,1%	3,8%
SC12	0,0%	7,2%	0,0%	0,0%	92,8%	0,0%

1.3. Determinación del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (C) es un parámetro fundamental dentro del método racional, ya que representa la fracción de la precipitación que se transforma en escorrentía directa sobre la superficie de la cuenca. Su valor depende de diversos factores, entre los que destacan el tipo de suelo, el uso y cobertura del terreno, la pendiente, y el grado de impermeabilización existente. Una correcta estimación de este coeficiente es esencial para obtener caudales de diseño representativos y coherentes con la realidad hidrológica del área de estudio.

El coeficiente de escorrentía presenta limitaciones y simplificaciones para lo que es el cálculo de la cantidad de escorrentía directa, ya que este representa la una simplificación del comportamiento que posee una cuenca. Su valor varía en relación a la compactación del suelo, la intensidad de la lluvia como así el estado previo de humedad del terreno. Además, no tiene en cuenta el cambio de estos parámetros, tampoco tiene en cuenta las condiciones climáticas adversas.

En el presente apartado se desarrolla el procedimiento utilizado para la determinación del coeficiente de escorrentía de cada subcuenca delimitada. Para ello, se consideraron las características físicas y de ocupación del terreno previamente identificadas, asignando valores de C basados en la tabla proporcionada por el autor Ven Te Chow [6]. La selección de estos valores permite posteriormente integrar el coeficiente de escorrentía en la ecuación del método racional, contribuyendo a la estimación del caudal máximo esperado para cada período de retorno analizado.

El coeficiente C ponderado para cada cuenca se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\sum(CxÁrea)}{Área}$$

Se utiliza la tabla sobre coeficientes de escorrentía extraída del libro de Hidrología Aplicada de Ven Te Chow [6] y se adoptan los valores indicados en la misma.

Como la tabla indica el coeficiente de escorrentía C varía de acuerdo a la pendiente de la cuenca, en la zona de estudio todas las subcuencas tienen pendiente promedio, por lo cual se consideró así de manera a mantener la precisión del cálculo

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<i>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</i>							
<i>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
<i>Área de cultivos</i>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<i>Pastizales</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Bosques</i>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

La tabla siguiente muestra el resultado de los coeficientes de escorrentía por cada subcuenca, este se obtiene después de utilizar la fórmula de coeficiente de escorrentía ponderado.

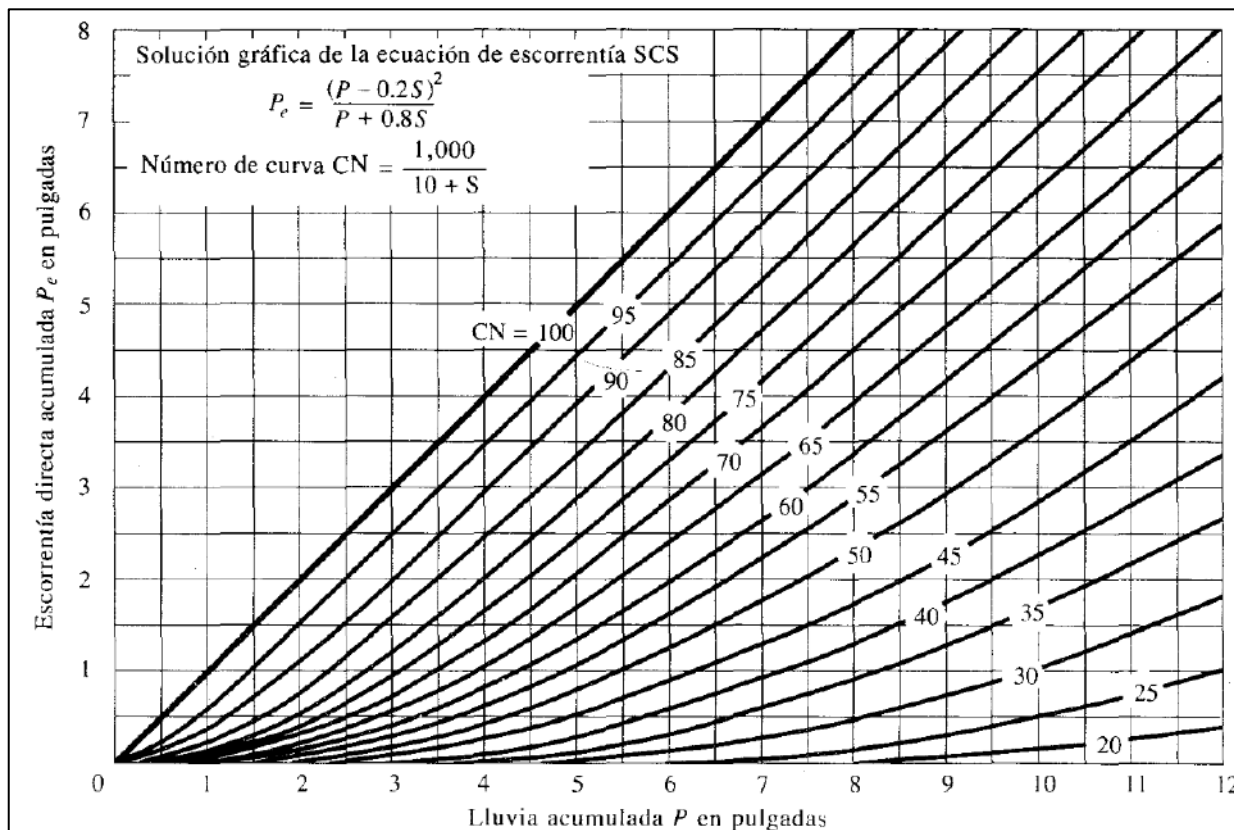
Subcuenca	Áreas Desarrolladas			Áreas No desarrolladas			C
	Techo	Asfalto	Zonas verdes	Cultivos	Pastizales	Bosques	
	Porcentaje (%)						Tr - 10 años
SC1	11,1%	0,0%	0,0%	0,0%	83,7%	5,2%	0,43
SC2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,38
SC3	10,4%	0,0%	5,1%	0,0%	83,5%	0,9%	0,43
SC4	3,8%	6,1%	8,6%	0,0%	81,5%	0,0%	0,43
SC5	9,5%	7,7%	2,2%	0,0%	80,6%	0,0%	0,46
SC6	15,4%	2,9%	4,3%	16,5%	55,8%	5,1%	0,47
SC7	0,3%	14,5%	5,2%	0,0%	80,0%	0,0%	0,45
SC8	31,4%	10,2%	0,0%	0,0%	58,5%	0,0%	0,56
SC9	1,3%	4,6%	0,0%	0,0%	94,1%	0,0%	0,41
SC10	4,7%	10,2%	6,1%	0,0%	79,1%	0,0%	0,45
SC11	19,7%	14,4%	0,0%	0,0%	62,1%	3,8%	0,53
SC12	0,0%	7,2%	0,0%	0,0%	92,8%	0,0%	0,41

1.4. Cálculo de infiltración y escurrimiento

El Número de Curva (CN) es un parámetro hidrológico desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) y ampliamente difundido en obras de referencia como Hidrología Aplicada de Ven Te Chow [6]. Este coeficiente fue desarrollado para permitir la comprensión de la cantidad de escorrentía que se genera en una cuenca durante una tormenta. El principio es que una vez el suelo alcanza el límite de la cantidad de precipitación que puede absorber, esta recibe el nombre de abstracción inicial, el exceso de precipitación genera la escorrentía directa, a la vez que una parte de las precipitaciones siga manteniendo la abstracción inicial.

Este método propone que existe una relación entre la retención inicial y la escorrentía potencial en cada evento de lluvia, para facilitar su comprensión el SCS introdujo el número de curvas, un parámetro que indica la capacidad de generar escorrentía de la cuenca. Los valores del CN se encuentran en un rango tal que $0 \leq CN \leq 100$, un bajo CN indica una superficie permeable mientras que un CN alto indica una taza menor de infiltración, mediante el siguiente gráfico es posible estimar la escorrentía directa de las cuencas.

El CN integra en un solo valor teniendo en cuenta diversos factores como: el tipo de suelo, la cobertura vegetal, el uso del suelo y el estado de humedad antecedente, lo que lo convierte en una herramienta fundamental para el análisis y diseño de obras de drenaje pluvial.



Para la obtención del número de curvas CN presentados en la figura corresponden a condiciones de humedad normales en la cuenca, denominada AMC II. Para casos donde el suelo se encuentre húmedo (ACM III) o en periodos donde se encuentre seco (ACM I) es necesario ajustar el valor del número de curvas CN.

Realizar este ajuste permite que el método mantenga su precisión para poder estimar la escorrentía directa, debido a que esta considera la capacidad de infiltración del suelo de acuerdo al estado previo de la humedad del mismo. Los números de curvas equivalentes se pueden calcular mediante la siguiente equivalencia:

Para condiciones secas (AMC I):

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

Para condiciones húmedas (AMC III):

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

En la siguiente tabla se establece la manera de poder clasificar el estado previo de humedad del suelo, ya sea si el suelo se encuentra en condiciones de sequedad, normal o de alta humedad, esto ayuda a que se mantenga la precisión

Por la razón mencionada, se adoptó la condición de humedad AMC II.

Clasificación de clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia del SCS		
Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg)	
	Estación inactiva	Estación de crecimiento
I	Menor que 0.5	Menor que 1.4
II	0.5 a 1.1	1.4 a 2.1
III	Sobre 1.1	Sobre 2.1

La tabla del número de curvas CN se clasifica según el grupo hidrológico del suelo, este permite clasificar a los terrenos según su capacidad de infiltración y escurrimiento, lo cual es fundamental para determinar el Número de Curva (CN) en el método del SCS-CN. Cada grupo representa un comportamiento distinto frente al agua, dependiendo principalmente de su textura, profundidad, plasticidad y contenido orgánico.

- **Grupo A:** Arena profunda, suelos muy permeables formados por depósitos eólicos y limos agregados. Presentan alta infiltración y bajo escurrimiento.
- **Grupo B:** Suelos poco profundos depositados por el viento y margas arenosas. Tienen infiltración moderadamente alta.
- **Grupo C:** Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas y suelos con bajo contenido orgánico o con alta proporción de arcilla. Exhiben infiltración moderadamente baja.
- **Grupo D:** Suelos muy arcillosos o altamente plásticos, que se expanden al humedecerse, así como ciertos suelos salinos. Poseen muy baja infiltración y generan alto escurrimiento.

A partir de esta clasificación, los valores de CN se asignan según el tipo de uso del suelo de la cuenca, permitiendo estimar de forma coherente el escurrimiento superficial para diferentes condiciones de humedad.

La siguiente tabla muestra los CN utilizados previamente hecho un promedio entre los valores de la de la tabla del número de curvas que corresponden a las columnas B y C ya que son las más representativas en el caso de estudio debido a las condiciones del terreno.

Descripción del uso de la tierra	Grupo Hidrológico del suelo		CN ADOPTADO
	B	C	
	CN(II)	CN(II)	
Tierras Cultivadas	71	78	75
Pastizales	61	74	68
Calles de Tierra	82	87	85
Calles Pavimentadas	98	98	98
Techos	98	98	98
Bosques	55	70	63

Una vez identificadas las condiciones idóneas que mejor representen la zona de estudio, se seleccionan los valores correspondientes de las tablas del SCS y, cuando el área de estudio está compuesta por distintas unidades de uso o suelo, el CN se obtiene mediante un promedio ponderado en función de la superficie de cada zona expresada en la siguiente fórmula:

$$CN = \frac{\sum(CN_n \times \text{Área}_n)}{\text{Área Total}}$$

A continuación, se muestra en la siguiente tabla los valores adoptados para el número de curvas CN después de la realización de un promedio entre los dos grupos hidrológicos de suelos más representativos de la zona de estudio.

Valores de CN Adoptados					
Tierras Cultivadas	Pastizal	Calles de Tierra	Calles Paviamentadas	Techos	Bosques
75	68	85	98	98	63

Los datos obtenidos para cada subcuenca se detallan en la siguiente tabla donde muestran los números de curvas CN ponderados obtenidos de cada subcuenca.

Uso de suelo en porcentaje								
SubCuencas	Area (m ²)	Tierras Cultivadas	Pastizal	Calles de tierra	Calles Paviamentadas	Techos	Bosques	CN PONDERADO
SC1	30500	0	83,68%	0	0	11,12%	5,21%	71
SC2	50200	0	100,00%	0	0	0	0	68
SC3	76700	0	83,46%	5,15%	0	10,45%	0,94%	72
SC4	45469	0	81,47%	8,62%	6,13%	3,77%	0	72
SC5	32969	0	80,60%	2,16%	7,72%	9,51%	0	73
SC6	67800	16,52%	55,80%	4,29%	2,90%	15,41%	5,09%	75
SC7	32188	0,00%	80,01%	5,19%	14,49%	0,30%	0,00%	73
SC8	21600	0,00%	58,47%	0,00%	10,17%	31,37%	0,00%	80
SC9	28750	0,00%	94,14%	0,00%	4,59%	1,27%	0,00%	69
SC10	13000	0,00%	79,11%	6,08%	10,15%	4,66%	0,00%	73
SC11	84063	0	62,15%	0	14,38%	19,65%	3,82%	78
SC12	23750	0,00%	92,76%	0,00%	7,24%	0,00%	0,00%	70

1.5. Modelo Hidrológico en HEC-HMS

Tras la introducción del DEM en el software HEC-HMS se pudo obtener la delimitación de las cuencas en el área del campus como las subcuencas adyacentes que también aportan caudal a las subcuencas del campus

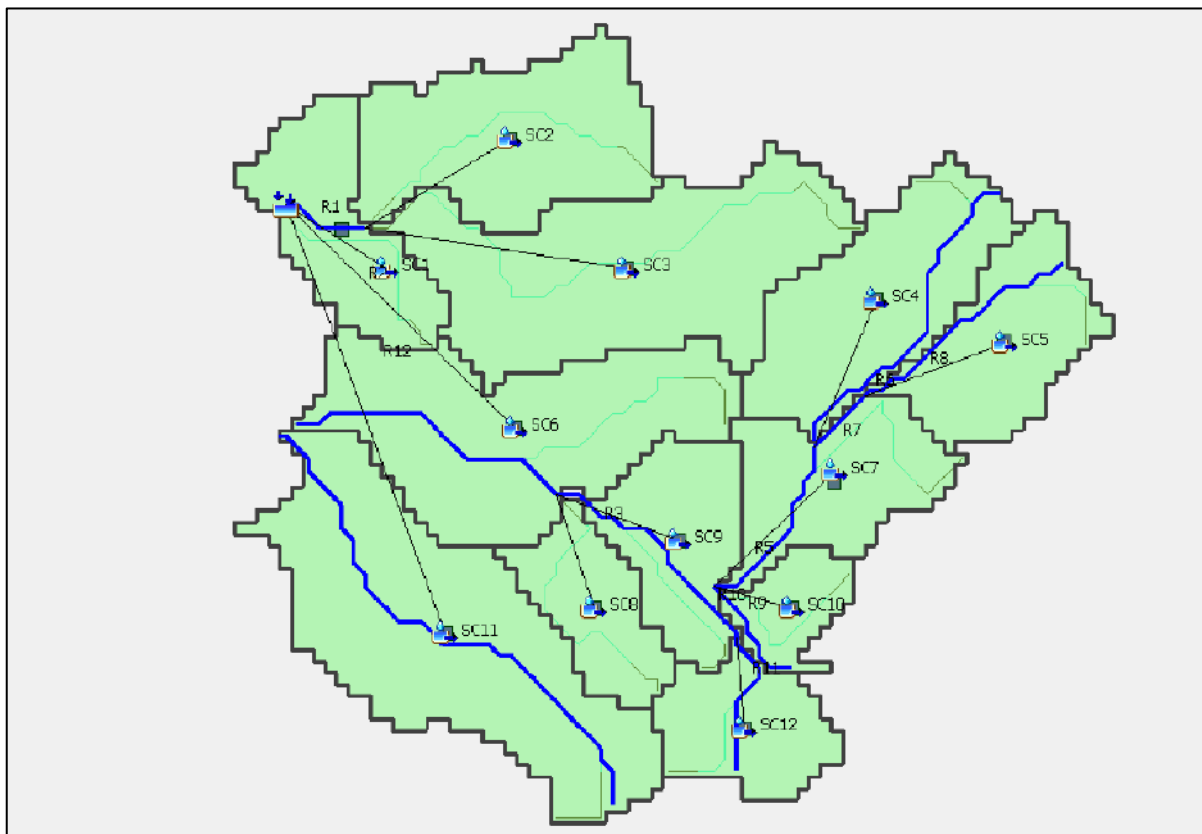
El HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) [10] es una herramienta desarrollada por el Hydrologic Engineering Center del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, diseñada para simular los procesos hidrológicos que ocurren en una cuenca.

Este modelo permite representar de manera integrada elementos como la precipitación, las pérdidas por infiltración, la escorrentía directa y el flujo en los cauces, constituyéndose en un recurso ampliamente utilizado para estudios de drenaje, diseño hidráulico y evaluación de comportamientos hidrológicos bajo diferentes escenarios.

En el presente estudio, el modelo HEC-HMS se empleó principalmente como herramienta de delimitación y análisis espacial de las cuencas, con base en los puntos de aforo definidos dentro del área de estudio. En lugar de realizar el cálculo completo de los caudales mediante los módulos internos del software, se utilizó el modelo para identificar las divisorias, caracterizar geométricamente las subcuencas y obtener parámetros relevantes como áreas, pendientes y longitudes de escurrimiento.

Esta información constituye la base para la posterior estimación de los caudales de diseño empleando el método racional, seleccionado para el dimensionamiento hidráulico correspondiente.

De esta manera, el uso del HEC-HMS en este trabajo se centra en la definición precisa de las cuencas aportantes y en la determinación de sus características hidrológicas fundamentales, asegurando así una correcta aplicación de los métodos analíticos utilizados en las etapas siguientes.



En la figura se pueden observar las direcciones de los caudales de aporte de cada subcuenca que fueron utilizados posteriormente para la simulación hidrológica del sistema de drenaje pluvial propuesto.

1.6. Cálculo del tiempo de concentración

El tiempo de concentración representa el periodo de tiempo en el que una gota de agua tarda en desplazarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida de la cuenca. Este parámetro es utilizado para poder estimar el caudal pico

Para el tiempo de concentración se utilizó la formula según Kirpich, esta se desarrolló para áreas menores a 0.8 km^2 esta fue desarrollada a partir del SCS (Soil Conservation Service) [9] para su aplicación en cuencas rurales con pendiente entre 3% al 10%, esta expresada según la siguiente formula:

$$T_c = \frac{0,01947 \times L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud de la cuenca en metros

S = Pendiente de la cuenca en m/m

Los valores obtenidos del tiempo de concentración se encuentran en la siguiente tabla.

CUENCA / SUBCUENCA	AREA APORTE		LONG ESC (m)	LONG MEDIA ESCURR. (m)	Pendiente So (m/m)	Pendiente So (%)	Tiempo de concent s/ Kirpich
	(m2)	(Km2)					(min)
SC1	30500	0,031	292,05	104,43	0,0568	5,682	4,65
SC2	50200	0,050	406,33	123,54	0,0587	5,873	5,92
SC3	76700	0,077	707,66	108,39	0,0635	6,349	8,80
SC4	45469	0,045	416,24	109,24	0,0421	4,209	6,85
SC5	32969	0,033	348,12	94,70	0,0699	6,985	4,91
SC6	67800	0,068	593,38	114,26	0,0566	5,656	8,04
SC7	32188	0,032	459,80	70,00	0,0573	5,730	6,57
SC8	21600	0,022	331,33	65,19	0,0366	3,660	6,07
SC9	28750	0,029	298,56	96,30	0,0455	4,552	5,15
SC10	13000	0,013	212,76	61,10	0,0605	6,048	3,56
SC11	84063	0,084	664,98	126,41	0,0578	5,779	8,70
SC12	23750	0,024	224,82	105,64	0,0675	6,753	3,56

1.7. Precipitación y tiempo de retorno

1.7.1 Tiempo de Retorno

El tiempo de retorno de un evento o magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada. [6]

Para calcular los caudales de proyectos se utilizan los periodos de recurrencia y su determinación se encuentra en función de la importancia de los tipos de obras a dimensionar.

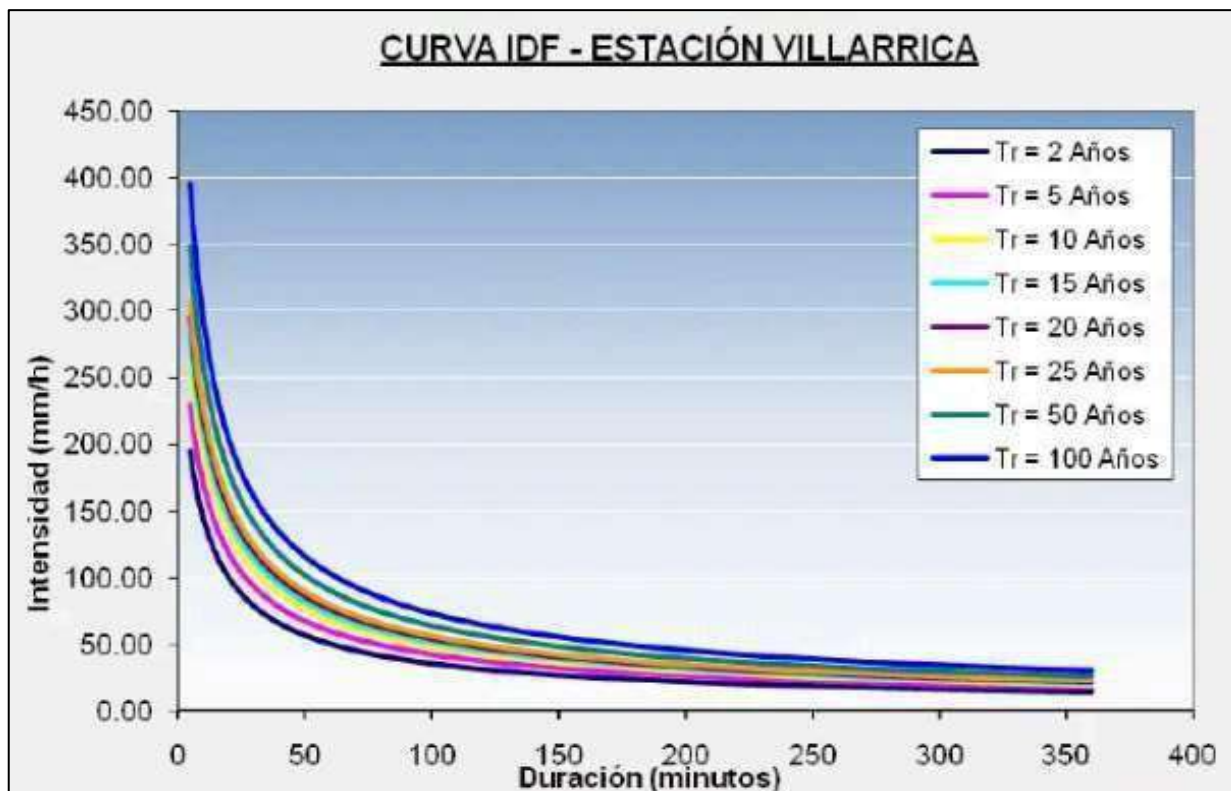
En este proyecto se han adoptado valores específicos a los tiempos de recurrencia. El caudal de diseño se ha establecido con un periodo de diseño de 10 años, lo que implica una probabilidad de ocurrencia anual del 10 %.

La elección del periodo de retorno de 10 años corresponde al criterio aplicado a obras de drenaje pluvial, en el que se busca la rápida evacuación de la es correntía sin sobredimensionar la red de drenaje para abaratar costos

1.7.2 Curva de Intensidad – Duración – Frecuencia

Las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) constituyen una herramienta esencial en el análisis hidrológico, ya que permiten relacionar la intensidad de una precipitación con su duración y su período de retorno. Estas curvas son fundamentales para la estimación de caudales de diseño, especialmente cuando se emplean métodos como el método racional, que dependen directamente de la intensidad de lluvia asociada al evento crítico.

En el presente estudio se utilizaron las curvas IDF obtenidas en un Trabajo Final de Grado desarrollado por los tesisistas Cuevas–Rolón [7], quienes elaboraron dichas curvas a partir del procesamiento estadístico de datos pluviométricos de estaciones meteorológicas. Debido a que en Coronel Oviedo no existe una curva IDF, se decidió por optar usar la curva IDF de Villarrica, por su proximidad, en la siguiente figura se observan las distintas curvas IDF según su tiempo de retorno



“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

La fórmula utilizada para representar las intensidades de las precipitaciones para cada caso es:

$$I = \frac{902.31 \times Tr^{0.18139}}{(D + 5)^{0.72055}}$$

Donde:

I = Intensidad de precipitación de la cuenca en mm/h

Tr = Tiempo de retorno en años

D = Duración de la precipitación en minutos

En la siguiente tabla, se presenta el cálculo para la intensidad de lluvia de cada subcuenca:

CUENCA / SUBCUENCA	AREA APORTE		LONG ESC (m)	LONG MEDIA ESCURR. (m)	Pendiente So (m/m)	Pendiente So (%)	Tiempo de concent s/ Kirpich	Tiempo de Recurrencia (Años)	i (mm/h) (min)
	(m ²)	(Km ²)					(min)		
SC1	30500	0,031	292,05	104,43	0,0568	5,682	4,65	10	267,55
SC2	50200	0,050	406,33	123,54	0,0587	5,873	5,92	10	244,74
SC3	76700	0,077	707,66	108,39	0,0635	6,349	8,80	10	206,69
SC4	45469	0,045	416,24	109,24	0,0421	4,209	6,85	10	230,66
SC5	32969	0,033	348,12	94,70	0,0699	6,985	4,91	10	262,35
SC6	67800	0,068	593,38	114,26	0,0566	5,656	8,04	10	215,37
SC7	32188	0,032	459,80	70,00	0,0573	5,730	6,57	10	234,71
SC8	21600	0,022	331,33	65,19	0,0366	3,660	6,07	10	242,35
SC9	28750	0,029	298,56	96,30	0,0455	4,552	5,15	10	257,97
SC10	13000	0,013	212,76	61,10	0,0605	6,048	3,56	10	291,75
SC11	84063	0,084	664,98	126,41	0,0578	5,779	8,70	10	207,80
SC12	23750	0,024	224,82	105,64	0,0675	6,753	3,56	10	291,75

1.8. Cálculo de los caudales

Para hallar el caudal se usó el método racional que permite estimar el caudal pico, este método es recomendable en casos de cuencas rurales pequeñas como es el caso y se recomienda su uso hasta las 80 ha de área de la cuenca, la expresión del método racional es la siguiente:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación en mm/h

A = Área de la cuenca en km²

Los resultados de los cálculos mencionados se detallan en la siguiente tabla:

CUENCA / SUBCUENCA	AREA APORTE		i (mm/h)	Coef C	Q diseño
	(m2)	(Km2)	(min)	adim	(m3/s)
SC1	30500	0,031	267,55	0,43	0,97
SC2	50200	0,050	244,74	0,38	1,30
SC3	76700	0,077	206,69	0,43	1,89
SC4	45469	0,045	230,66	0,43	1,25
SC5	32969	0,033	262,35	0,46	1,10
SC6	67800	0,068	215,37	0,47	1,90
SC7	32188	0,032	234,71	0,45	0,94
SC8	21600	0,022	242,35	0,56	0,82
SC9	28750	0,029	257,97	0,41	0,84
SC10	13000	0,013	291,75	0,45	0,47
SC11	84063	0,084	207,80	0,53	2,57
SC12	23750	0,024	291,75	0,41	0,79

ANEXO III

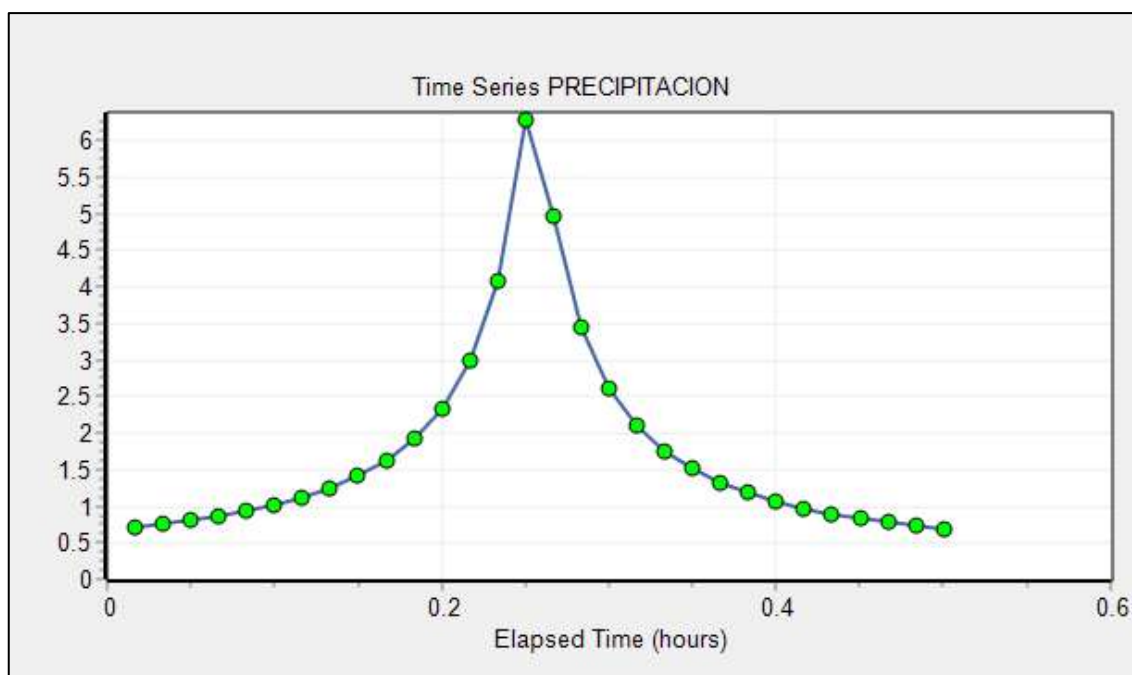
1. DIMENSIONAMIENTO DE RED DE DRENAJE PLUVIAL

1.1. Hietograma de diseño

Para poder realizar la simulación en el software EPA SWMM [11] se necesita como dato de entrada un hietograma de diseño, para la realización de este se usó el método de los bloques alternos para obtener una distribución normal del hietograma, se usaron intervalos de tiempo de 1 minuto en el hietograma debido a que los tiempos de concentración de las subcuencas son menores a 10 minutos, por eso se adoptó ese intervalo para obtener una mejor precisión dentro de la simulación

DURACION (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	HIETOGRAMA TR 10 años
1	376,75	6,28	6,28	0,70
2	337,14	11,24	4,96	0,75
3	306,21	15,31	4,07	0,80
4	281,30	18,75	3,44	0,86
5	260,73	21,73	2,97	0,93
6	243,43	24,34	2,62	1,02
7	228,63	26,67	2,33	1,12
8	215,82	28,78	2,10	1,25
9	204,60	30,69	1,91	1,41
10	194,68	32,45	1,76	1,62
11	185,83	34,07	1,62	1,91
12	177,89	35,58	1,51	2,33
13	170,71	36,99	1,41	2,97
14	164,19	38,31	1,32	4,07
15	158,23	39,56	1,25	6,28
16	152,76	40,74	1,18	4,96
17	147,73	41,86	1,12	3,44
18	143,07	42,92	1,07	2,62
19	138,75	43,94	1,02	2,10
20	134,73	44,91	0,97	1,76
21	130,97	45,84	0,93	1,51
22	127,46	46,74	0,89	1,32
23	124,16	47,60	0,86	1,18
24	121,06	48,43	0,83	1,07
25	118,14	49,23	0,80	0,97
26	115,38	50,00	0,77	0,89
27	112,77	50,75	0,75	0,83
28	110,30	51,47	0,73	0,77
29	107,95	52,18	0,70	0,73
30	105,72	52,86	0,68	0,68

El hietograma de diseño como dato de entrada para las simulación hidrológica en el software EPA SWMM.



1.2. Sistema propuesto en el software EPA SWMM

Para la simulación hidrológica del sistema de drenaje pluvial se utilizó el software EPA SWMM, una herramienta ampliamente empleada para modelar el comportamiento de cuencas urbanas y redes de conducción. Este programa permite representar de manera integrada los procesos de precipitación, infiltración, escorrentía superficial y flujo en los conductos, ofreciendo una visión detallada del desempeño hidráulico bajo diferentes escenarios de lluvia.

Previo a la ejecución de la simulación, se incorporaron los parámetros necesarios para describir adecuadamente el comportamiento hidrológico de la cuenca. Se definió el método de infiltración mediante el Número de Curva (CN), siguiendo la metodología propuesta por el Soil Conservation Service (SCS) [9], y se cargó el hietograma de diseño, que permitió modelar la variación temporal de la lluvia durante el evento analizado.

Asimismo, se ingresaron las características específicas de escorrentía de cada subcuenca, tales como el área de aporte, el ancho hidráulico, la pendiente y los valores de CN, con el fin de reproducir su respuesta ante la precipitación.

También se establecieron las pendientes y cotas correspondientes a cada tramo de la red de drenaje, permitiendo evaluar condiciones como la capacidad de conducción, los caudales generados y las velocidades de flujo.

En total, se modelaron 18 tramos del sistema, de los cuales 2 corresponden a tramos nuevos propuestos en zonas donde no existían zanjas, mientras que 16 representan tramos actualmente presentes en el área de estudio. De estos, 5 son canales abiertos (linderos) y 9 corresponden a canales cerrados. La incorporación de los dos tramos nuevos se fundamenta en la necesidad de mitigar los problemas de acumulación y estancamiento de agua identificados en dichas zonas.

En la siguiente figura se observa la red de drenaje simulada.



Además, resulta fundamental identificar correctamente las direcciones de flujo dentro de la cuenca y a lo largo de la red de drenaje, ya que este aspecto determina el recorrido real que seguirá la escorrentía durante un evento de lluvia.

Conocer estas direcciones permite comprender la dinámica del sistema, localizar puntos críticos, verificar el sentido adecuado de los conductos y asegurar que la simulación represente fielmente el comportamiento hidráulico del área de estudio.

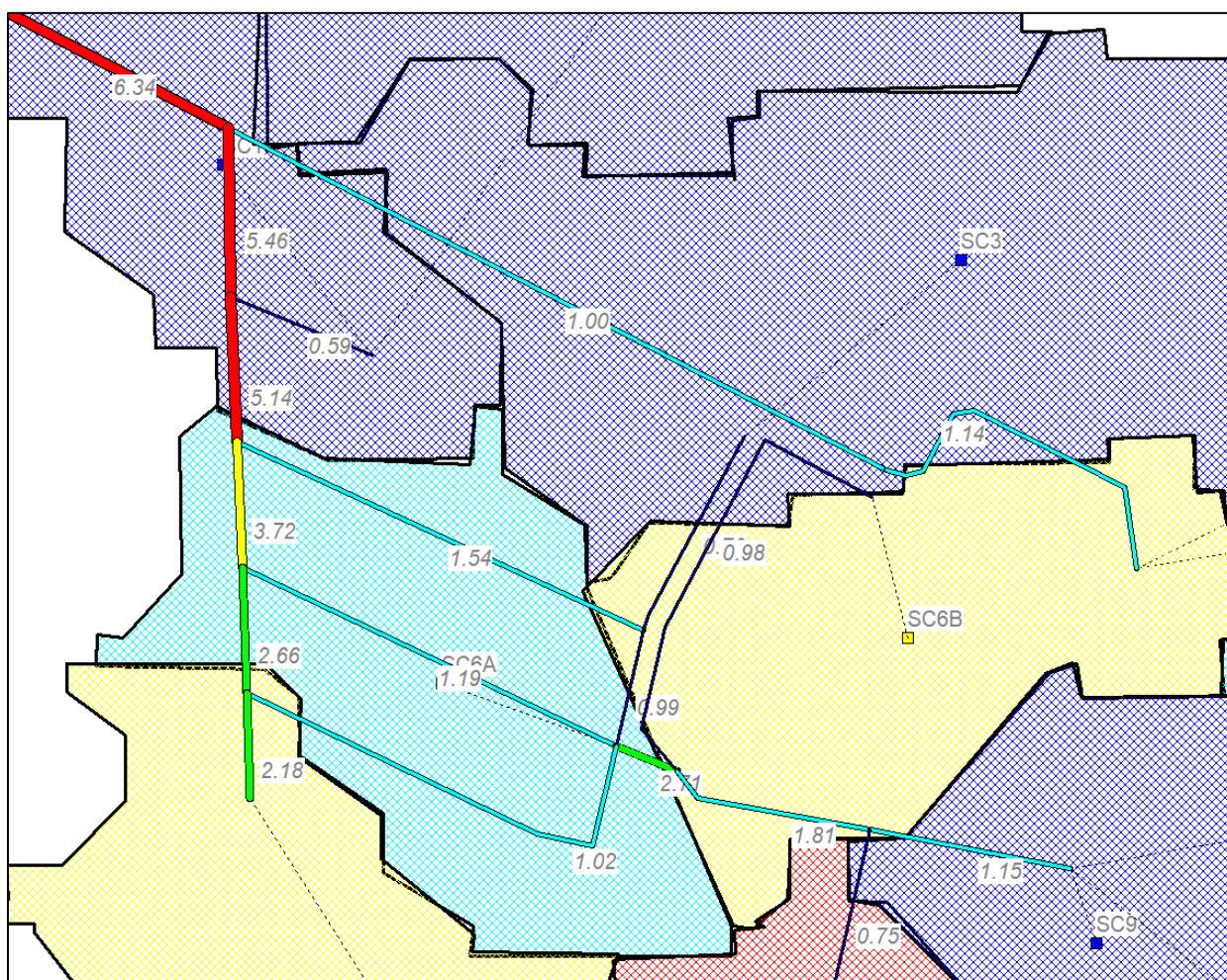
Por ello, se elaboró un esquema detallado con las direcciones de flujo, el cual se presenta a continuación para complementar la interpretación del modelo.



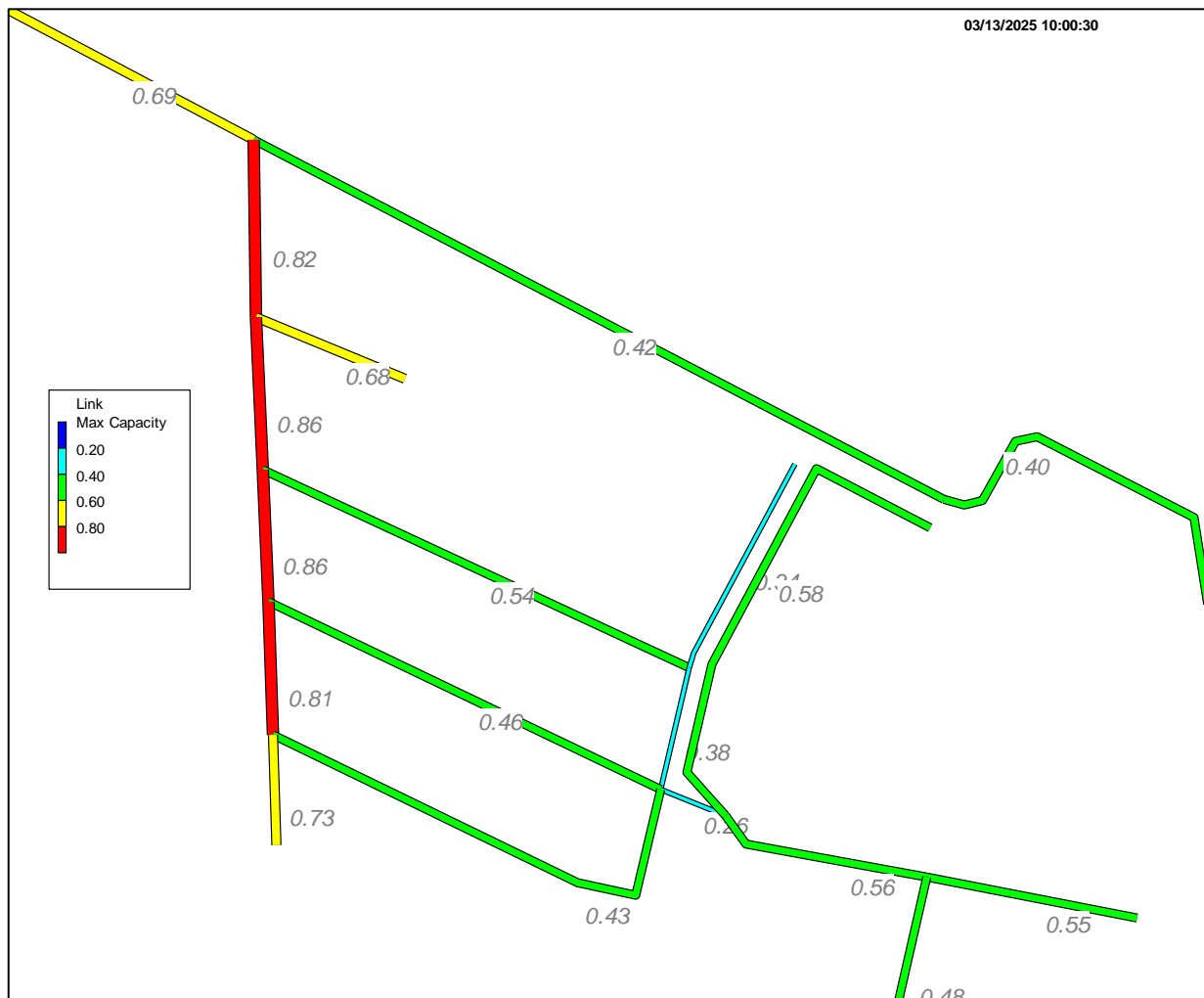
1.3. Resultado del modelo hidráulico

El modelado hidráulico realizado permitió simular el comportamiento del sistema de drenaje pluvial del área de estudio bajo las condiciones de diseño establecidas. A partir de la simulación en EPA SWMM, se obtuvieron resultados detallados sobre los caudales, niveles de agua y velocidades de flujo en los distintos tramos de la red.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos.

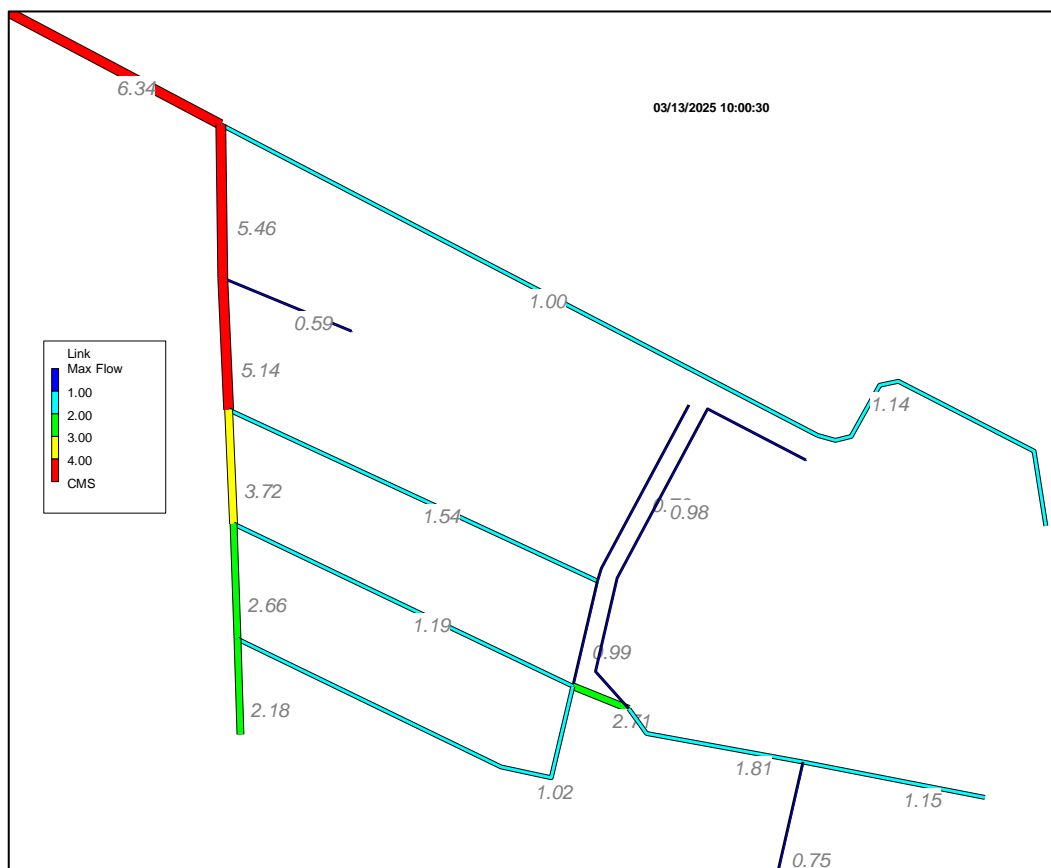


En la figura se puede visualizar cual es la capacidad máxima a la cual va a trabajar cada tramo según su sección calculada. Como se observa ningún tramo va a trabajar a la totalidad de su capacidad.



En la siguiente figura se indica el caudal máximo que alcanza cada tramo de la red simulada.

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
 NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025



En la siguiente tabla indica que sección tiene cada tramo, esto pueden ser un canal cerrado para el caso de las alcantarillas celulares simples (ACS) o también existen canales abiertos en el caso de los canales rectangulares (CR).

TRAMOS	COTA TERRENO		SECCION DEL CANAL	LONG. TRAMOS (m)	Pendiente So (m/m)	Pendiente So (%)
	SUPERIOR (m)	INFERIOR (m)				
T1-A	144,17	143,55	ACS - 1.5 m x 1.5 m	100,00	0,0062	0,62
T6-1	146,03	144,17	ACS - 1.5 m x 1.5 m	299,64	0,0062	0,62
T7-6	146,49	146,03	ACS - 1.0 m x 1.0 m	161,94	0,0028	0,28
T2-1	144,29	144,17	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	53,67	0,0021	0,21
T3-2	144,45	144,29	Canal H°A° con Loseta - 1.5 m x 1.5 m	63,58	0,0025	0,25
T8-2	144,41	144,29	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	62,34	0,0021	0,21
T10-8	145,04	144,41	Canal H°A° con Loseta - 1.5 m x 1.5 m	198,91	0,0031	0,31
T4-10	146,11	145,04	ACS - 1.0 m x 1.0 m	92,53	0,0115	1,15
T12-10	145,76	145,04	ACS - 1.0 m x 1.0 m	53,70	0,0135	1,35
T9-8	144,53	144,41	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	57,01	0,0021	0,21
T12-9	145,76	144,53	Canal H°A° con Loseta - 1.5 m x 1.5 m	176,08	0,0070	0,70
T13-12	145,99	145,76	ACS - 1.5 m x 1.5 m	32,11	0,0070	0,70
T5-13	146,24	145,99	ACS - 1.0 m x 1.0 m	204,87	0,0012	0,12
T14-13	146,48	145,99	ACS - 1.0 m x 1.0 m	94,49	0,0052	0,52
T15-14	146,93	146,48	ACS - 1.0 m x 1.0 m	87,93	0,0052	0,52
T17-14	146,92	146,48	ACS - 1.0 m x 1.0 m	77,23	0,0058	0,58
T11-9	144,65	144,53	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	54,45	0,0021	0,21
T12-11	145,76	144,65	Canal H°A° con Loseta - 1.5 m x 1.5 m	210,75	0,0053	0,53
T16-11	144,75	144,65	Canal Rectangular H°A° - 1.6 m x 1.3 m	49,96	0,0021	0,21

“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

La siguiente tabla es un dato de salida del software EPA SWMM que indica las condiciones máximas de cada tramo como también indica el tiempo cuando ocurre el caudal máximo para cada subcuenca.

CAUDAL POR TRAMO					
Tramo	Maximo caudal (m³/s)	Tiempo de maximo caudal (HH:MM)	Maxima velocidad (m/sec)	Caudal maximo / Caudal total	Profundidad maxima / Profundidad total
T1-A	6.337	00:20	4.11	0.75	0.69
T6-1	1.005	00:17	1.31	0.12	0.42
T7-6	1.141	00:17	2.89	0.59	0.40
T2-1	5.463	00:20	3.23	1.00	0.82
T3-2	0.587	00:16	0.88	0.11	0.68
T8-2	5.140	00:19	2.86	0.95	0.86
T10-8	1.536	00:18	1.34	0.26	0.54
T4-10	0.762	00:16	2.44	0.20	0.34
T12-10	0.991	00:18	2.62	0.24	0.38
T9-8	3.721	00:19	2.09	0.69	0.86
T12-9	1.186	00:18	1.21	0.13	0.46
T13-12	2.714	00:17	4.64	0.28	0.26
T5-13	0.976	00:18	1.71	0.77	0.58
T14-13	1.811	00:17	3.31	0.70	0.56
T15-14	1.154	00:16	2.11	0.44	0.55
T17-14	0.746	00:17	1.60	0.27	0.48
T11-9	2.665	00:17	1.82	0.49	0.81
T12-11	1.017	00:18	1.11	0.13	0.43
T16-11	2.184	00:17	1.88	0.50	0.73

La siguiente tabla es obtenida tras la simulación en el EPA SWMM, en esta nos indica, el comportamiento de cada subcuenca, cual es la abstracción inicial como también la cantidad de escorrentía directa.

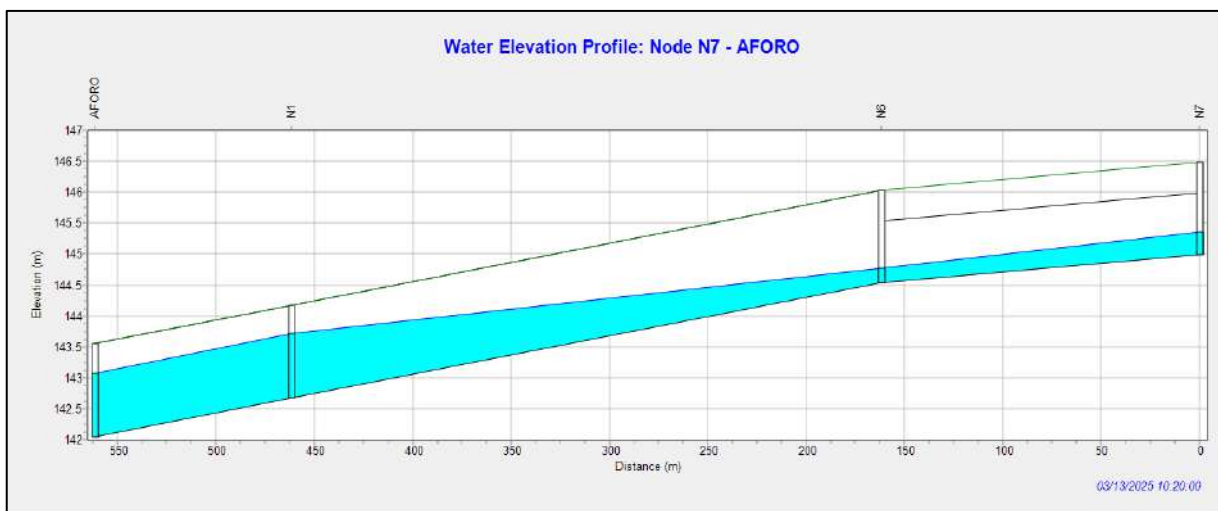
Escorrentía por Subcuenca								
Subcuenca	Precipitación total (mm)	Infiltración total (mm)	Escorr. Impermeable (mm)	Escorr. Permeable (mm)	Escorrentía total (mm)	Escorrentía total (10⁶ litros)	Caudal pico (m³/s)	Coef. de escorrentía
SC1	52.87	33.75	5.87	4.05	9.92	0.30	0.36	0.188
SC2	52.86	37.93	2.64	2.66	5.31	0.27	0.28	0.100
SC3	52.87	33.48	5.48	2.16	7.64	0.59	0.74	0.145
SC4	52.87	32.66	6.26	2.92	9.18	0.42	0.52	0.174
SC5	52.87	29.56	9.73	4.29	14.02	0.46	0.59	0.265
SC6A	52.87	28.37	10.01	2.82	12.83	0.43	0.56	0.243
SC6B	52.87	21.62	19.65	2.68	22.33	0.76	1.00	0.422
SC7	52.87	30.86	8.03	3.19	11.22	0.36	0.46	0.212
SC8	52.87	17.55	21.96	4.67	26.62	0.58	0.75	0.504
SC9	52.87	36.12	3.70	3.44	7.13	0.21	0.22	0.135
SC10	52.86	30.77	8.07	5.80	13.88	0.18	0.21	0.263
SC11	52.86	21.28	17.90	2.95	20.85	1.75	2.26	0.394
SC12	52.87	35.29	4.49	5.00	9.50	0.23	0.23	0.180

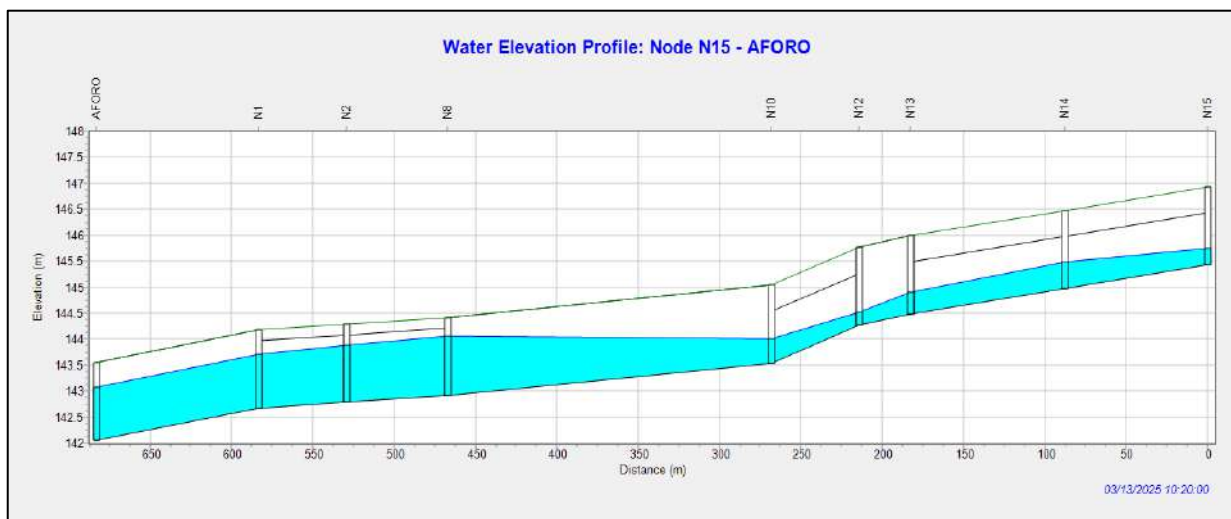
“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Esta tabla extraída del EPA SWMM indica la profundidad que alcanza cada nodo, en su intersección, punto de inicio o final de cada tramo.

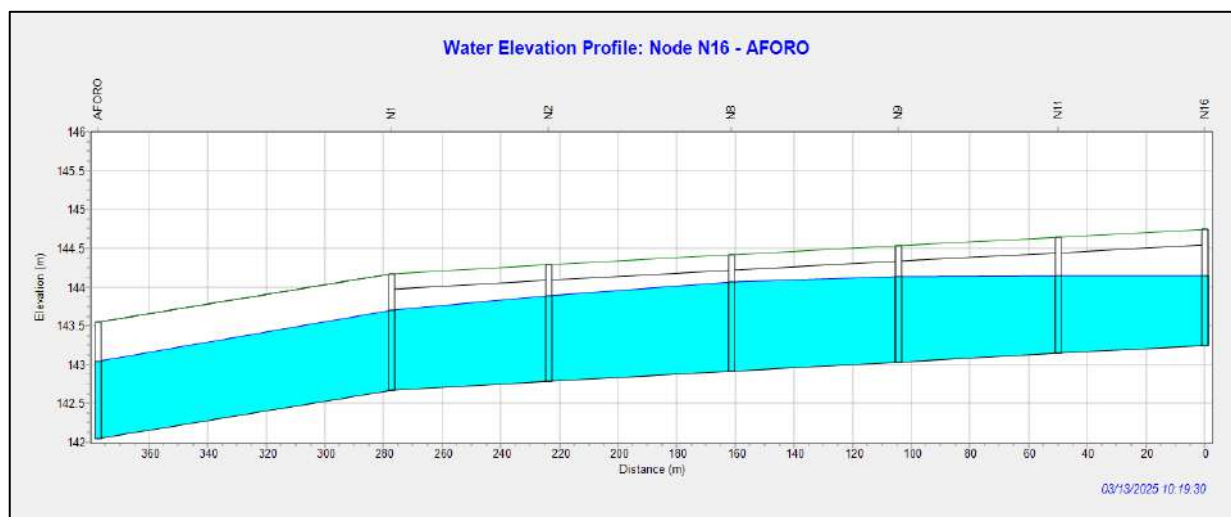
PROFUNDIDAD POR NODO					
Nodo	Profundidad promedio (m)	Profundidad máxima (m)	HGL máximo (m)	Hora de profundidad máxima	Profundidad máxima reportada (m)
N1	0.55	1.04	143.71	00:19	1.04
N2	0.62	1.11	143.89	00:20	1.11
N3	0.49	0.95	143.90	00:19	0.95
N4	0.13	0.26	144.86	00:16	0.25
N5	0.32	0.68	145.42	00:17	0.68
N6	0.15	0.27	144.81	00:17	0.27
N7	0.27	0.55	145.54	00:16	0.55
N8	0.63	1.15	144.06	00:19	1.15
N9	0.59	1.10	144.13	00:19	1.10
N10	0.26	0.47	144.00	00:18	0.47
N11	0.53	1.01	144.15	00:19	1.01
N12	0.15	0.29	144.56	00:18	0.29
N13	0.25	0.49	144.97	00:17	0.49
N14	0.32	0.64	145.62	00:17	0.64
N15	0.24	0.50	145.93	00:16	0.49
N16	0.46	0.90	144.15	00:19	0.90
N17	0.16	0.32	145.74	00:17	0.32
AFORO	0.54	1.03	143.08	00:20	1.03

En las siguientes figuras se muestran los perfiles longitudinales donde se observan la capacidad de trabajo ante los caudales pico de los tramos con caudales aportantes principales hasta el punto de aforo.

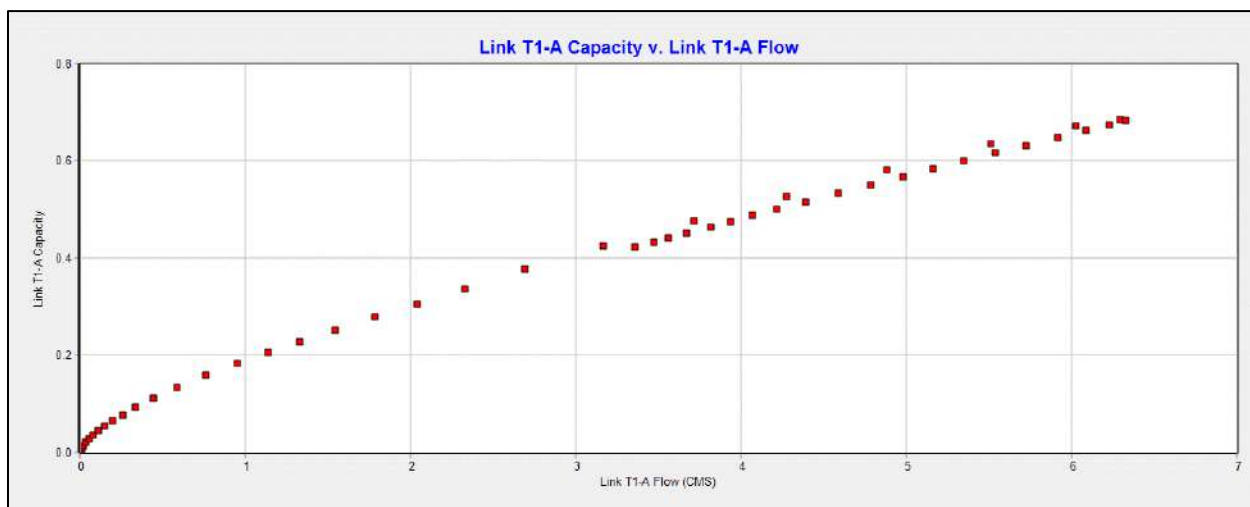




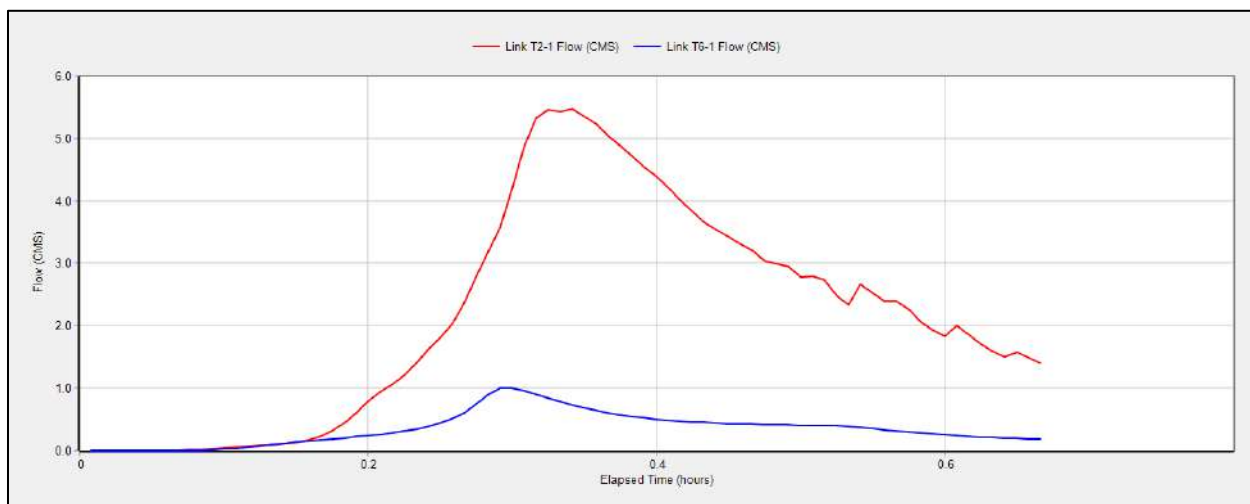
Tras una visita a campo para el reconocimiento de la dirección de flujo de las zanjas existentes se pudo constatar que el hospital general su caudal aporta al campus mediante las zanjas existentes, debido a que el campus se encuentra en una zona menos elevada, debido a eso para el dimensionamiento se consideró la cuenca del hospital general porque aporta caudal al sistema de drenaje.



El siguiente gráfico presenta el comportamiento hidráulico del tramo final del desagüe, mostrando la relación entre su capacidad de conducción y el caudal que circula por la estructura.



El siguiente gráfico nos muestra el caudal con respecto al tiempo de ambos tramos que aportan al tramo final.



ANEXO IV

1. DIMENSIONAMIENTO DE SUMIDEROS

Los sumideros constituyen elementos hidráulicos destinados a captar y evacuar el agua de lluvia que escurre superficialmente. Se instalan principalmente en áreas urbanas o periurbanas con el fin de conducir el caudal pluvial de manera controlada, evitando acumulaciones excesivas que puedan derivar en inundaciones.

Estos dispositivos pueden presentar diferentes formas y tamaños, y su capacidad de captación puede ser fija o variable según su diseño y ubicación. Conforme el caudal en la cuneta aumenta y alcanza la velocidad de diseño, el flujo comienza a incorporarse al sistema a través de los sumideros.

El proceso de dimensionamiento depende del tipo de sumidero seleccionado, el cual se define de acuerdo con el método de captación del agua. Entre los aspectos relevantes se encuentran la eficiencia de recolección, el caudal máximo interceptado y el comportamiento hidráulico del dispositivo, factores esenciales para especificar correctamente las características del sistema.

1.1. Sumideros de Ventana

Estos sumideros, también denominados sumideros laterales, presentan una abertura de entrada ubicada en la solera y orientada paralelamente al sentido del flujo superficial. Son adecuados para cunetas y soleras donde se requiere captar el escurrimiento superficial sin obstrucciones frontales. Las aberturas alineadas con el flujo favorecen la entrada de caudales que arrastran desechos livianos.

La eficiencia de este tipo de sumidero disminuye cuando la pendiente longitudinal de la cuneta aumenta, debido a la mayor velocidad de aproximación del agua. Por ello, se recomienda su instalación en zonas con pendientes longitudinales inferiores al 3 %, permitiendo una adecuada interceptación del caudal.

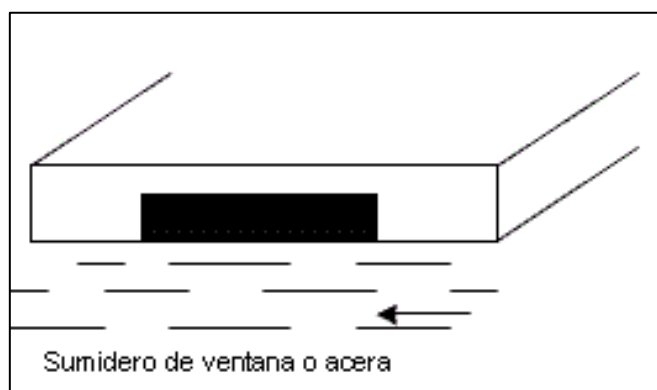
El caudal captado se estima mediante la expresión:

$$\frac{Q}{L} = \frac{0.39}{y} * [(y + a)^{5/2} - a^{5/2}]$$

Donde:

- y: Profundidad máxima de flujo en la cuneta (m)
- a: Depresión de la cuneta (m)
- L: Longitud de la ventana (m)
- Q: Caudal que llega por la cuneta (m³/s)

A partir de esta ecuación puede dimensionarse la longitud de la ventana para asegurar que aproximadamente el 15 % del caudal que proviene aguas arriba sea derivado hacia el sumidero.



1.2. Sumidero de reja o calzada

Este tipo de sumidero presenta un buen desempeño incluso cuando la pendiente longitudinal de la cuneta de aproximación presenta variaciones significativas. Sin embargo, su instalación sobre zonas de paso peatonal o ciclovías no es recomendable, debido a los riesgos que pueden generar las aberturas de la reja.

La capacidad de captación se evalúa empleando la siguiente relación:

$$Q = 2.96 * A * (y + a)^{1/2}$$

Donde:

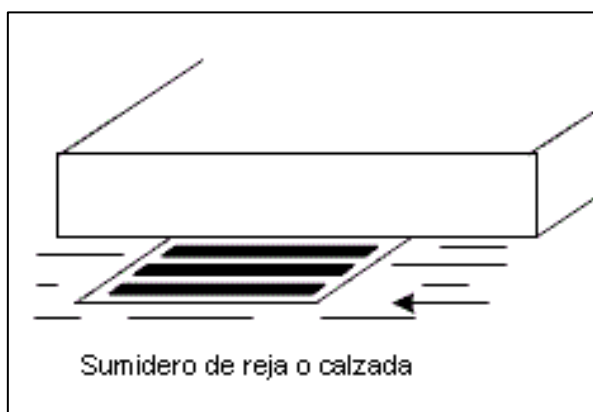
- a: Depresión de la cuneta (m)
- y: Profundidad máxima de aproximación al sumidero (m)
- A: Área efectiva de paso en la reja (m²)
- Q: Caudal en aproximación (m³/s)

Debido a la posible obstrucción parcial por acumulación de residuos, el caudal resultante debe reducirse aproximadamente un 25 %. La longitud de la reja en el sentido del flujo se selecciona de modo que lámina de agua pueda atravesarla sin impactar directamente en el borde de salida. Para ello se utiliza la siguiente fórmula empírica:

$$L = 0.94 * V * H^{1/2}$$

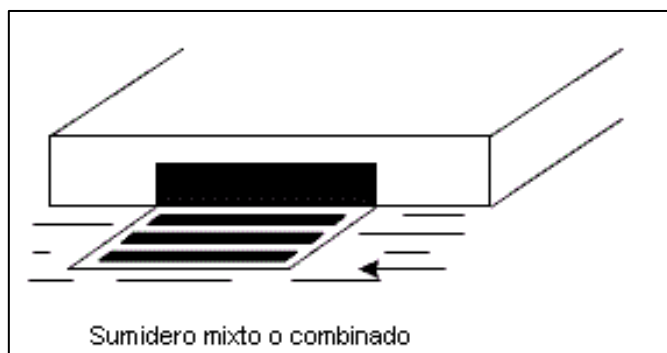
Donde:

- L: Longitud libre de reja (m)
- V: Velocidad media del flujo en la cuneta (m/s)
- H: Profundidad de aproximación del flujo al espesor de la reja (m)



1.3. Sumidero mixto

Los sumideros mixtos integran simultáneamente un ingreso lateral en la solera y una reja superior en la calzada. Esto les permite combinar las ventajas de ambos sistemas, logrando captar mayores volúmenes de escurrimiento y funcionando eficientemente bajo distintas condiciones de aproximación del flujo.



La capacidad de captación se determina utilizando las expresiones correspondientes a los sumideros de ventana y de reja.

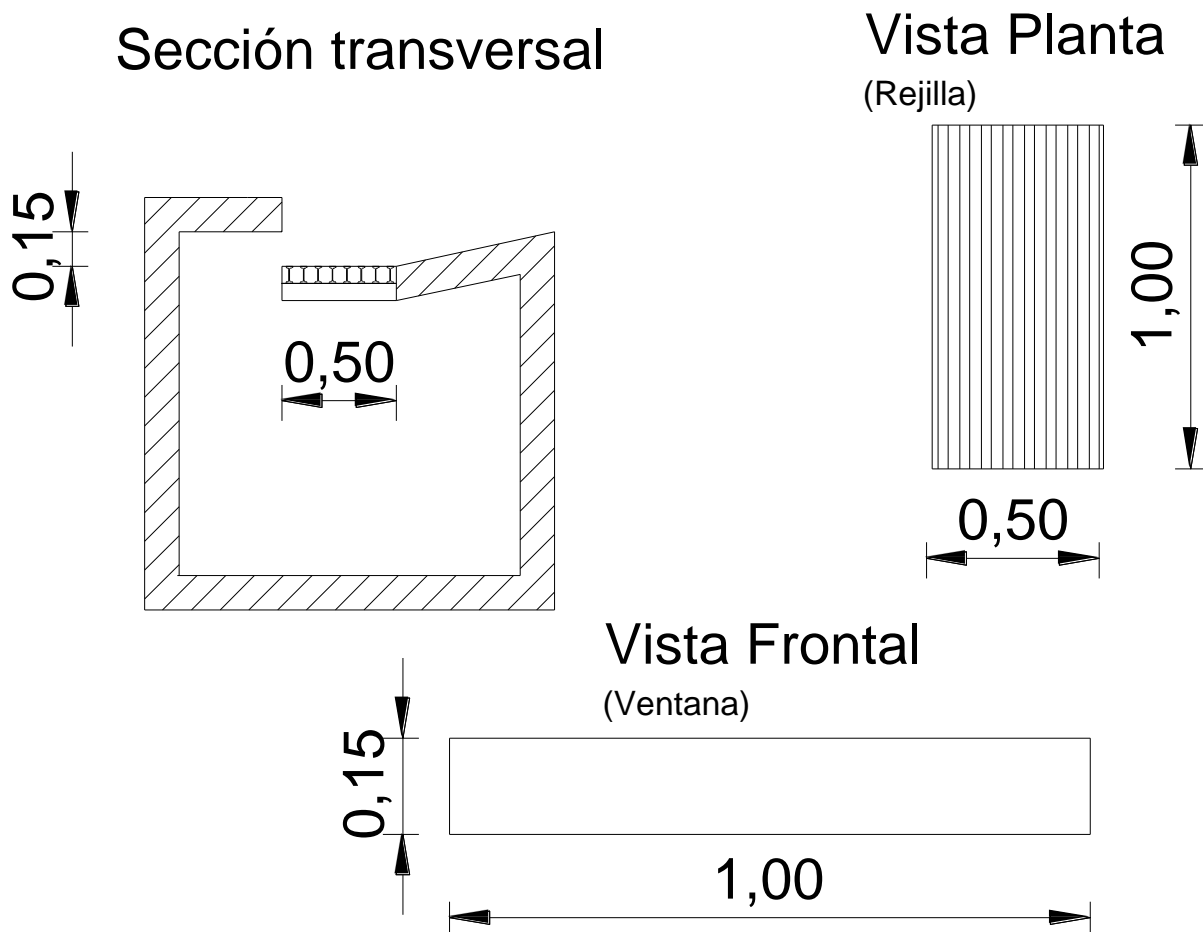
En el proyecto se adoptó el uso de sumideros S-Tipo, los cuales combinan características de sumideros de rejilla y ventana. Sus dimensiones, cantidades y distribución se presentan en la siguiente tabla.

Cálculo de sumidero								
Tipo	ancho (m)	y (m)	a (m)	L (m)	S. ventana = q1 (m ³ /s)	S. Reja = q2 (m ³ /s)	S. Mixto = q1+0,75*q2 (m ³ /s)	Cantidad necesaria qmax= 9 (m ³ /s)
Tipo 1	0,5	0,15	0,15	1	0,11	0,61	0,56	17
Tipo 2	0,5	0,15	0,15	1,5	0,16	0,91	0,84	11
Tipo 3	0,5	0,15	0,15	2	0,21	1,22	1,12	9
Tipo 4	0,5	0,15	0,15	2,5	0,26	1,52	1,40	7
Tipo 5	0,5	0,15	0,15	3	0,32	1,82	1,68	6
Tipo 6	0,5	0,15	0,15	3,5	0,37	2,13	1,97	5

1.4. Detalles de los sumideros

El sumidero posee medidas de 1.00 m x 1.00 m, con una altura de 1.50 m, lo que permite una buena capacidad de almacenamiento y paso de caudal. La elección de este tipo de sumidero se debe a que se busca que haya distintos puntos de captación lo que permita una captación más rápida evitando la saturación del campus.

En las siguientes imágenes se detallan las vistas del sumidero junto con sus medidas:

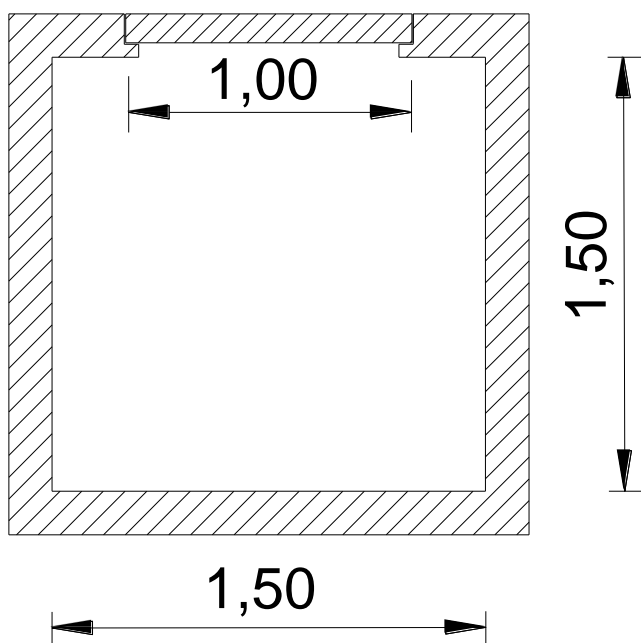


2. DIMENSIONAMIENTO DE REGISTRO

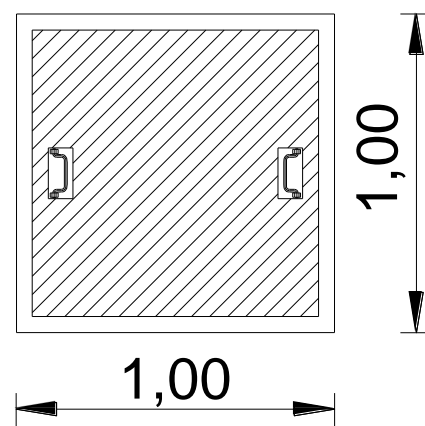
Los registros son cámaras de acceso instaladas estratégicamente dentro del sistema de drenaje para permitir inspección, limpieza, ventilación y mantenimiento a la red. Estos funcionan como puntos de control técnico, donde es posible intervenir conducciones, retirar sedimentos, medir niveles y verificar el estado estructural sin necesidad de excavar o interrumpir el flujo.

El dimensionamiento de registros en tramos es clave para evitar colapsos por obstrucción, facilita la detección temprana de fallas y permite maniobrar equipos mecánicos con precisión. Un registro correctamente diseñado no es un componente accesorio, sino el punto que asegura la operación a largo plazo del drenaje, prolongando la vida útil del sistema y reduciendo costos de rehabilitación en campo.

Sección transversal



Vista Planta



ANEXO V

1. MEMORIA DE CÁLCULO Y VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

1.1. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA CELULAR SIMPLE (ACS)

Las disposiciones de las Alcantarillas de Sección Circular (ACS) utilizadas en este estudio fueron tomadas del Manual de Carreteras del Paraguay [8], documento que reúne las especificaciones oficiales y vigentes para el diseño y construcción de obras hidráulicas en infraestructura vial. Dicho manual proporciona parámetros normativos sobre resistencia del hormigón, dimensiones, detalles estructurales y requisitos constructivos mínimos.

Así mismo, establece las directrices para el armado del emparrillado y criterios para garantizar su estabilidad y durabilidad en operación. Al haber sido extraídos directamente de esta fuente normativa, los planos generados mantienen validez técnica y cumplen con los estándares reconocidos a nivel nacional.

ALCANTARILLAS CELULARES

TABLAS DE DIMENSIONES Y CANTIDAD DE MATERIALES

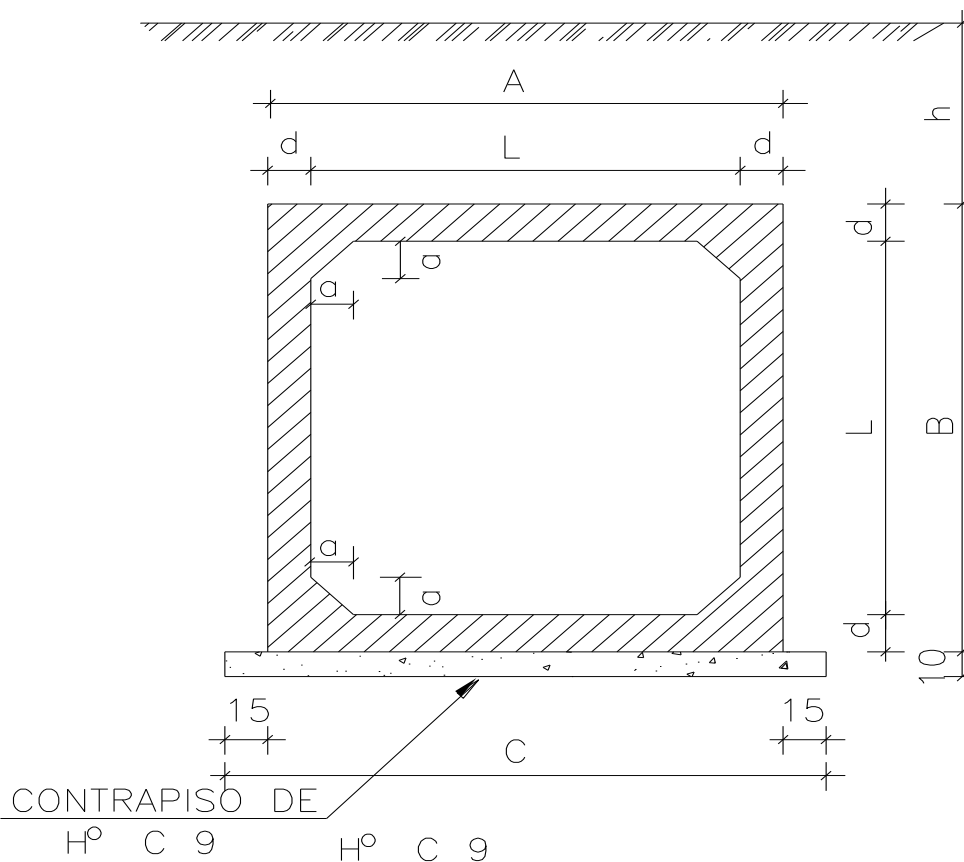
ALCANTARILLA CELULAR DE 1.00 x 1.00

$f_s \geq MPa$		0.09	0.10	0.10
MEDIDAS	UNID.	SIMPLE	DOBLE	TRIPLE
A	cm.	130	245	360
B	cm.	130	130	130
C	cm.	160	275	390
a	cm.	10	10	10
b	cm.	—	20	20
d	cm.	15	15	15
CONTRAPISO	m ³	0.16	0.28	0.39
ENCOFRADO	m ²	6.24	7.80	13.75
HORMIGON	m ³	0.71	1.305	1.78

ALCANTARILLA CELULAR DE 1.50 x 1.50

$f_s \geq MPa$		0.09	0.10	0.10
MEDIDAS	UNID.	SIMPLE	DOBLE	TRIPLE
A	cm.	180	345	510
B	cm.	180	180	180
C	cm.	210	375	540
a	cm.	10	10	10
b	cm.	—	30	30
d	cm.	15	15	15
CONTRAPISO	m. ³	0.21	0.38	0.54
ENCOFRADO	m. ²	8.10	12.20	16.50
HORMIGON	m. ³	1.01	1.79	2.57

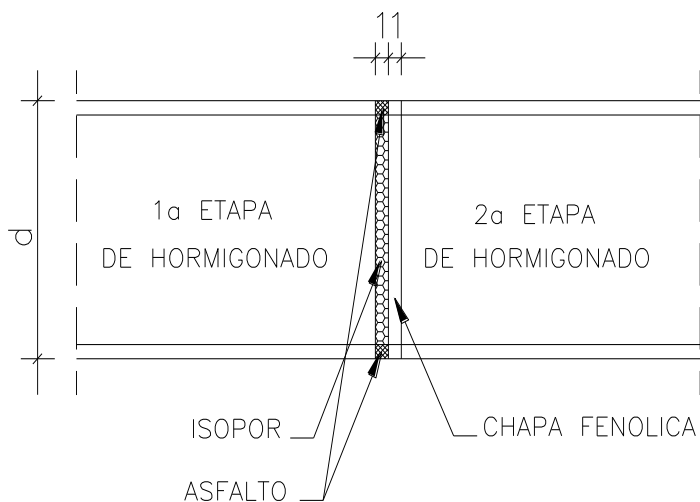
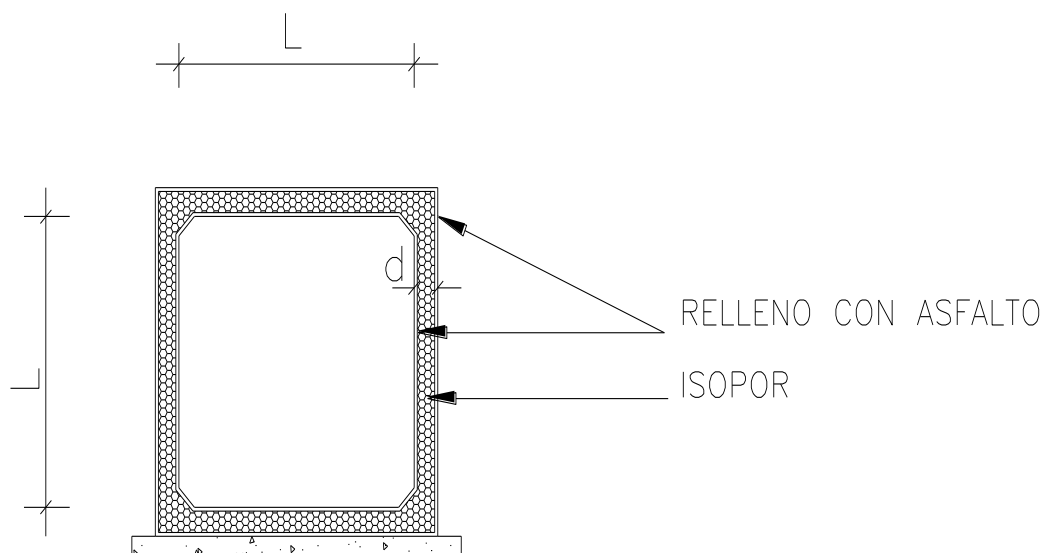
ALCANTARILLA SIMPLE



OBSERVACIONES:

- 1- HORMIGON C 21.
- 2- CONTRAPISO DE HORMIGON C 9
- 3- VEHICULO TIPO TB 36
- 4- NOMENCLATURA: h = ALTURA DEL TERRAPLEN SOBRE LA GALERIA
 f_s = TENSION ADMISIBLE DEL SUELO BAJO LA GALERIA
- 5- REALIZAR JUNTA DE DILATACION EN ALCANTARILLAS CON LONGITUD MAYOR A 40 m.

DETALLES DE LA JUNTA DE DILATACION

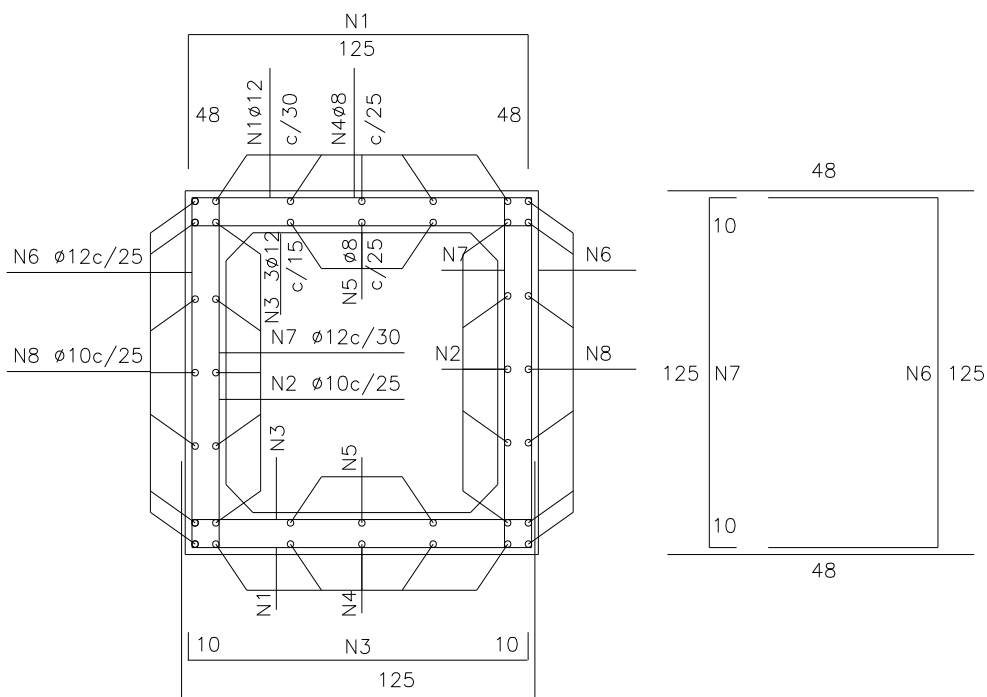


NOTA:

DESPUES DEL HORMIGONADO DE LA 1ª ETAPA DEBERAN RETIRARSE LAS CHAPAS FENOLICAS DE LA JUNTA.

ALCANTARILLAS CELULARES DE 1.00 x 1.00

SECCION TRANSVERSAL SIMPLE

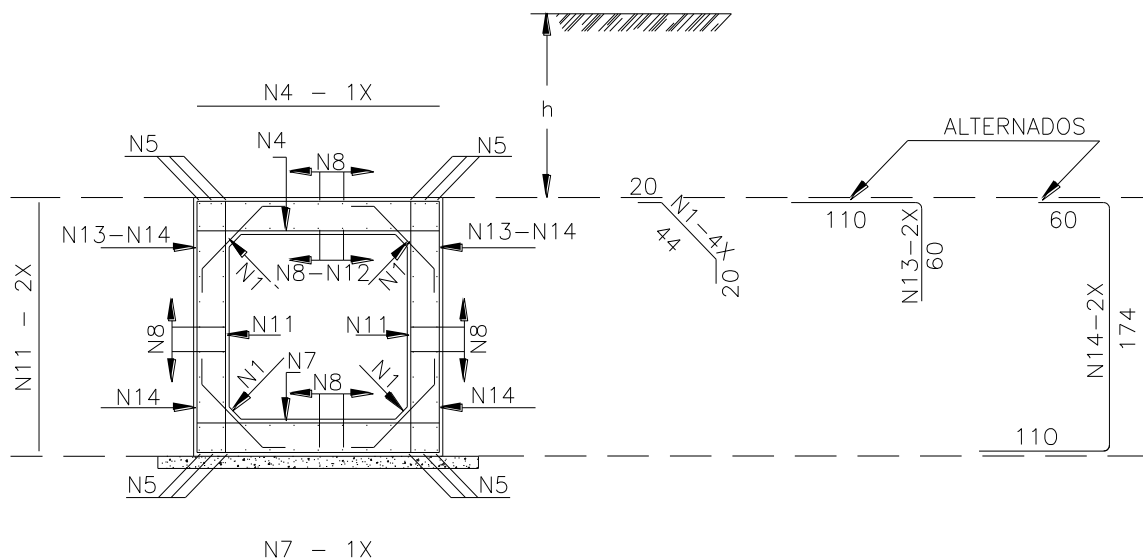


TABLAS DE ARMADURAS
 POR METRO DE GALERIA

0 ≤ h ≤ 1,00 fs ≥ 0,09 Mpa				
N°	Ø	C	LONG	SEP.
1	12	6	221	30
2	10	10	CORR.	25
3	12	13	145	15
4	8	10	CORR.	25
5	8	6	CORR.	25
6	12	8	221	25
7	12	6	145	25
8	10	14	CORR.	25
RESUMEN				
Ø	KG./m.	PESO(Kg)		
8.0	0.416	7		
10.0	0.624	15		
12.0	0.988	59		
TOTAL 81 Kg.				

ALCANTARILLAS CELULARES DE 1.50 x 1.50

SECCION TRANSVERSAL SIMPLE



TABLAS DE ARMADURAS POR METRO DE GALERIA

$\bar{f}_s \geq 0.09 \text{ MPa}$				
No.	\varnothing	C	LONG.	SEP.
1	6.0	20	84	c/20cm
4	12.0	6	175	c/16cm
5	12.0	12	CORR.	—
7	12.0	6	175	c/16cm
8	6.0	48	CORR.	c/20cm
11	6.0	10	175	c/20cm
12	10.0	7	CORR.	c/20cm
13	12.0	8	170	c/24cm
14	12.0	8	344	c/24cm
RESUMEN				
\varnothing	Kg/m		PESO(Kg)	
6.0	0.220		20	
10.0	0.620		5	
12.0	0.890		75	
TOTAL			102 Kg	

DISEÑO ESTRUCTURAL DE CANAL ABIERTO

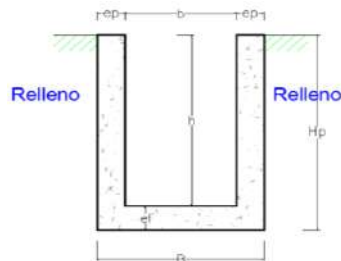
A. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL:

1.- MATERIALES

$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$;	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$;	$\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$
$\gamma_s = 1900 \text{ Kg/m}^3$	$\phi = 30,00$	$S/c = 250 \text{ Kg/m}^2$
$\sigma_s = 1,00 \text{ Kg/cm}^2$	$\gamma_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$	$h_s = 0,13 \text{ m}$
Altura de Presión de suelo $H = 1,30 \text{ m}$		Altura de Presión del agua = $1,20 \text{ m}$

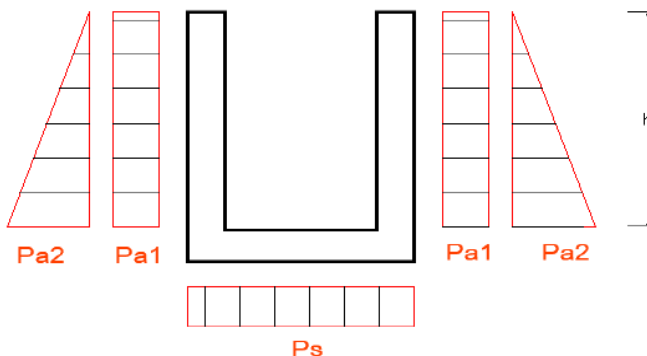
2.- DIMENSIONES

$L = 1,00 \text{ m}$	Espesor del muro (e_p) = $0,20 \text{ m}$
$B = 2,00 \text{ m}$	Espesor de la losa (e_l) = $0,20 \text{ m}$
$b = 1,60 \text{ m}$	$H = 1,50 \text{ m}$
	$h = 1,30 \text{ m}$



2.- CALCULO DE PRESIONES

Debido a que el canal se encuentra con relleno en ambos lados, la máxima presión se producirá cuando el canal se encuentra vacío:



Coefficiente de empuje activo (0,27 - 0,34)

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$k_a = 0,333$

Presión que genera el suelo sobre las paredes:

Por Sobrecarga:

$$P_{a1} = K_a \cdot \gamma_s \cdot h_s$$

$P_{a1} = 83,2312115 \text{ Kg/m}^2 \text{ (CV)}$

Debido al suelo:

$$P_{a2} = K_a \cdot \gamma_s \cdot h$$

$P_{a2} = 822,32437 \text{ Kg/m}^2 \text{ (CSuel)}$

Reacción de suelo:

por el concreto = 480 Kg/m^2

Área Transversal = $0,92 \text{ m}^2$

$P_c = 441,6 \text{ Kg}^*1/\text{m} \text{ (CSuel)}$

Peso del agua = 1200 Kg/m^2

ancho = $1,60 \text{ m}^2$

$P_a = 1920 \text{ Kg}^*1/\text{m} \text{ (CAgua)}$

$P_s = 1.4P_c + 1.7P_a$

$P_s = 3882,24 \text{ Kg/m} \text{ (Reacc. Suelo)}$

3.- CALCULO DE MOMENTO EN LA BASE DE LA PARED Y EN EL FONDO DEL CANAL

Paredes:

Debido al empuje del suelo las fuerzas que se generan en la pared son:

Por Sobrecarga:

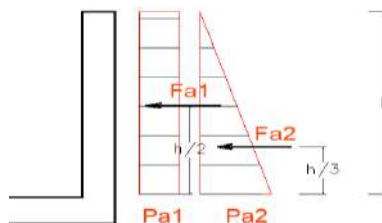
$$F_{a1} = P_{a1} \cdot h$$

$F_{a1} = 108,200575 \text{ Kg} \text{ (CV)}$

Debido al suelo:

$$F_{a2} = P_{a2} \cdot h/2$$

$F_{a2} = 534,5108404 \text{ Kg} \text{ (CSuel)}$



“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Por lo tanto el momento generado en la base usada, para las cargas asignadas, según el RNE sera:

En la pared:

$$\begin{aligned} Mu &= 1.7CV + 1.7CSuel \\ Mu &= 1.7(Fa1xh/2) + 1.7(Fa2xh/3) \end{aligned}$$

En la losa de fondo:

La combinación $Mu = 513,3179544 \text{ Kg/m}$

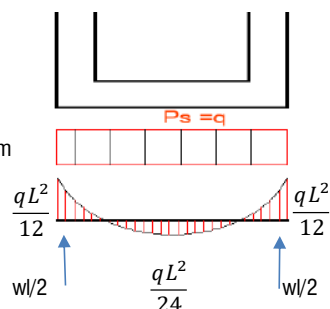
Losa de fondo:

Debido a la reaccion del suelo las fuerzas que se generan en la base son:

$$Mu = \frac{qL^2}{12}$$

$$\begin{aligned} q &= 3882,24 \text{ Kg/m} \\ L &= 2,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Mu = 1294,08 \text{ Kg/m}$$



4.- CALCULO DE REFUERZOS

Paredes:

$$\begin{aligned} fy &= 4200 \text{ Kg/cm}^2 & b &= 100 \text{ cm} \\ d &= 15 \text{ cm} & f'c &= 210 \text{ Kg/cm}^2 \\ Mu &= 51331,79544 \text{ Kg.cm} & \Phi &= 0,9 \end{aligned}$$

$$A_s = \frac{Mu}{\Phi * fy * (d - \frac{a}{2})} \quad a = \frac{A_s * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * Mu}{\Phi * 0.85 * f'c * b}}$$

$$a = 0,21 \text{ cm} \quad As = 0,91 \text{ cm}^2$$

Losa de fondo:

$$\begin{aligned} fy &= 4200 \text{ Kg/cm}^2 & b &= 100 \text{ cm} \\ d &= 15 \text{ cm} & f'c &= 210 \text{ Kg/cm}^2 \\ Mu &= 129408 \text{ Kg.cm} & \Phi &= 0,9 \end{aligned}$$

$$a = 0,547 \text{ cm} \quad As = 2,32 \text{ cm}^2$$

4.2.- CÁLCULO DEL ACERO MÍNIMO POR FLEXIÓN

$$As_{MIN} = \frac{0,70\sqrt{f'c}}{fy} b_w d$$

donde:

$$\begin{aligned} fy &= 4200 \text{ Kg/cm}^2 & b &= 100 \text{ cm} & \text{pared} &= 15 \text{ cm} \\ f'c &= 210 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$As_{min} \text{ paredes} = 3,62 \text{ cm}^2$$

4.3.- CÁLCULO DEL ACERO MÍNIMO POR TEMPERATURA

$$As_{min} = \rho_{min} * b * d$$

Para paredes

$$\begin{aligned} As_{min} &= 0,0018 * 100 * 15 \\ As_{min} &= 2,70 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Para losa de fondo

$$\begin{aligned} As_{min} &= 0,0018 * 100 * 15 \\ As_{min} &= 2,70 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

4.4.- ÁREA DE ACERO DE DISEÑO

Por lo tanto:

$$As = 3,62 \text{ cm}^2$$

Para paredes del canal

$$As = 2,70 \text{ cm}^2$$

Para la losa

5.- DISEÑO POR CORTE

5.1.- CÁLCULO DE LA FUERZA CORTANTE RESISTENTE DEL CONCRETO

Elementos sometidos únicamente a Cortante y Flexión

donde:

$$\begin{aligned} \phi Vc &\geq Vu & \phi Vc &= \phi 0,53 \sqrt{f'c} b_w d \\ fy &= 4200 \text{ Kg/cm}^2 & b &= 100 \text{ cm} \\ d &= 15 \text{ cm} & f'c &= 210 \text{ Kg/cm}^2 \\ B &= 200,00 \text{ cm} & \Phi &= 0,85 \end{aligned}$$

Paredes:

$$\Phi Vc = 9792,55 \text{ Kg}$$

Losa de fondo:

$$\Phi Vc = 19585,10 \text{ Kg}$$

DISEÑO ESTRUCTURAL DE CANAL ABIERTO CON TAPA TIPO LOSETA

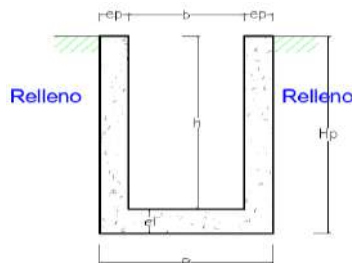
A. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL:

1.- MATERIALES

$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$; $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$; $\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$
 $\gamma_s = 1900 \text{ Kg/m}^3$; $\phi = 30^\circ$; $S/c = 500 \text{ Kg/m}^2$
 $\sigma_s = 1,00 \text{ Kg/cm}^2$; $\gamma_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$; $h_s = 0,26 \text{ m}$
 Altura de Presión de suelo $H = 1,75 \text{ m}$; Altura de Presión del agua = $1,20 \text{ m}$

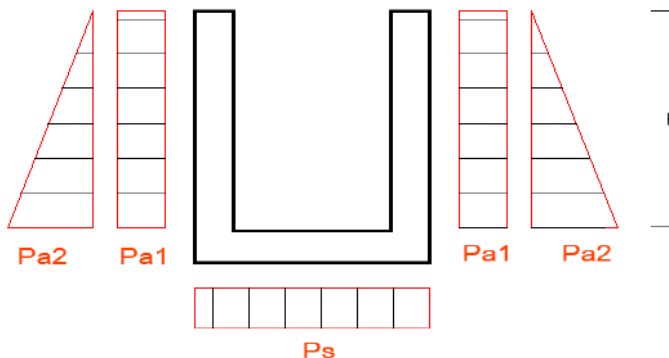
2.- DIMENSIONES

$L = 1,00 \text{ m}$; Espesor del muro (e_p) = $0,20 \text{ m}$
 Espesor de la losa (e_l) = $0,20 \text{ m}$
 $B = 1,90 \text{ m}$; $H = 1,70 \text{ m}$
 $b = 1,50 \text{ m}$; $h = 1,50 \text{ m}$



2.- CALCULO DE PRESIONES

Debido a que el canal se encuentra con relleno en ambos lados, la máxima presión se producirá cuando el canal se encuentra vacío:



Coefficiente de empuje activo (0,27 - 0,34)

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$k_a = 0,333$

Presión que genera el suelo sobre las paredes:

Por Sobrecarga:

$$P_{a1} = K_a \cdot \gamma_s \cdot h_s$$

$P_{a1} = 166,462423 \text{ Kg/m}^2 \text{ (CV)}$

Debido al suelo:

$$P_{a2} = K_a \cdot \gamma_s \cdot h$$

$P_{a2} = 948,835811 \text{ Kg/m}^2 \text{ (CSuel)}$

Reacción de suelo:

por el concreto = 480 Kg/m^2

ancho = $1,00 \text{ m}$

$P_c = 480 \text{ Kg/m}$ (CSuel)

Peso del agua = 1200 Kg/m^2

ancho = $1,50 \text{ m}$

$P_a = 1800 \text{ Kg/m}$ (CAgua)

$P_s = 1.4P_c + 1.7P_a$

$P_s = 3732 \text{ Kg/m}$ (Reacc. Suelo)

3.- CALCULO DE MOMENTO EN LA BASE DE LA PARED Y EN EL FONDO DEL CANAL

Paredes:

Debido al empuje del suelo las fuerzas que se generan en la pared son:

Por Sobrecarga:

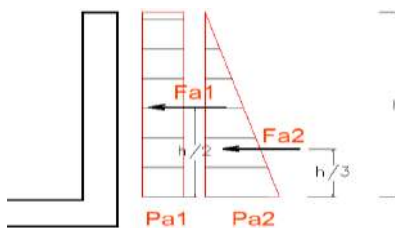
$$F_{a1} = P_{a1} h$$

$F_{a1} = 249,6936345 \text{ Kg}$ (CV)

Debido al suelo:

$$F_{a2} = P_{a2} \cdot h/2$$

$F_{a2} = 711,6268585 \text{ Kg}$ (CSuel)



“DISEÑO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO ARANDU POTY EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO 2025”
NICOLÁS CARDOZO GONZÁLEZ - ALEXIS SALVADOR VEGA BRITZ - 2025

Por lo tanto el momento generado en la base usada, para las cargas asignadas, según el RNE sera:

En la pared:

$$Mu = 1.7CV + 1.7CSuel$$

$$Mu = 1.7(Fa1xh/2) + 1.7(Fa2xh/3)$$

En la losa de fondo:

La combinación Mu = 923,2422137 Kg/m

Losa de fondo:

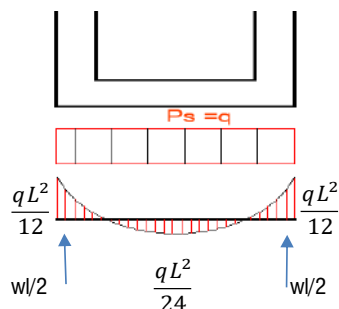
Debido a la reaccion del suelo las fuerzas que se generan en la base son:

$$Mu = \frac{qL^2}{12}$$

$$Mu = 1122,71 \text{ Kg/m}$$

$$q = 3732 \text{ Kg/m}$$

$$L = 1,90 \text{ m}$$



4.- CALCULO DE REFUERZOS

Paredes:

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 15 \text{ cm} \quad f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Mu = 92324,2214 \text{ Kg.cm} \quad \Phi = 0,9$$

$A_s = \frac{Mu}{\Phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$	$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$	$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * Mu}{\Phi * 0.85 * f'_c * b}}$
---------------------------------------------------	-----------------------------------------	--------------------------------------------------------------

a = 0,39 cm As = 1,65 cm²

Losa de fondo:

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 11 \text{ cm} \quad f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Mu = 112271 \text{ Kg/m} \quad \Phi = 0,9$$

a = 0,655 cm As = 2,78 cm²

4.2.- CÁLCULO DEL ACERO MÍNIMO POR FLEXIÓN

$$A_{S \text{ MIN}} = \frac{0,70\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

donde:

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad b = 100 \text{ cm} \quad \text{pared} = 15 \text{ cm}$$

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

Asmin paredes = 3,62 cm²

4.3.- CÁLCULO DEL ACERO MÍNIMO POR TEMPERATURA

$$A_{S_{min}} = \rho_{min} * b * d$$

Para paredes
 $A_{S_{min}} = 0,0018 * 100 * 11$
Asmin = 1,98 cm²

Para losa de fondo
 $A_{S_{min}} = 0,002 * 100 * 11$
Asmin = 2,20 cm²

4.4.- ÁREA DE ACERO DE DISEÑO

Por lo tanto: **As = 3,62 cm²** Para paredes del canal

As = 2,78 cm² Para la losa

5.- DISEÑO POR CORTE

5.1.- CÁLCULO DE LA FUERZA CORTANTE RESISTENTE DEL CONCRETO

Elementos sometidos únicamente a Cortante y Flexión

donde: $\phi V_c \geq V_u$ $\phi V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'_c} b_w d$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \quad b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 15 \text{ cm} \quad f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 190,00 \text{ cm} \quad \Phi = 0,85$$

Paredes:
 $\Phi V_c = 9792,55 \text{ Kg}$

Losa de fondo:
 $\Phi V_c = 18605,84 \text{ Kg}$

5.2.- CÁLCULO DE LA FUERZA CORTANTE ACTUANTE

En las paredes:	$V_u = Fa_1 + Fa_2$	En la Losa:	$V_u = qL/2$
	$V_u = 961,32 \text{ Kg}$		$V_u = 3545 \text{ Kg}$

5.3.- VERIFICACIÓN POR CORTE

Debe cumplirse que:	$\phi \times V_c > V_u$	
Para paredes:	9792,55 Kg	> 961,32 Kg Verifica la condición
Para techos:	18605,84 Kg	> 3545,40 Kg Verifica la condición

6.- VERIFICACIÓN DE ESPACIAMIENTOS DEL ACERO DE REFUERZO

6.1.- REFUERZO POR FLEXIÓN

Como los refuerzos calculados son menores que el mínimo, se tomará el acero mínimo para refuerzo superior e inferior

PARA PAREDES

6.1.1. Refuerzo Principal (Vertical)

Asmin = 3,62 cm²

Con: $d_b = \phi 8$ $S = \frac{A_{sb} \times b \omega}{A_s} = \frac{0,503 \times 100}{3,62} = 13,875 \text{ cm}$

$\phi 8$ 1 @ 0,10 m

PARA LOSA

6.1.5. Refuerzo Principal (Longitudinal)

Asmin = 2,78 cm²

Con: $d_b = \phi 8$ $S = \frac{A_{sb} \times b \omega}{A_s} = \frac{0,50266 \times 100}{2,78} = 18,062 \text{ cm}$

$\phi 8$ 1 @ 0,15 m

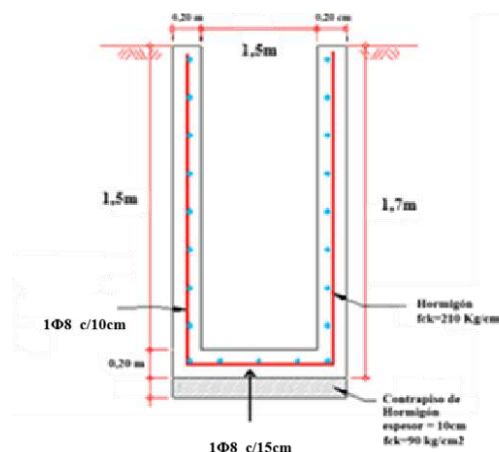
RESUMEN:

PARA PAREDES:

REFUERZO PRINCIPAL (LONGITUDINAL): $\phi 8 : 1c/0.10m$
 REFUERZO SECUNDARIO (TRANSVERSAL): $\phi 8 : 1c/0.10m$

PARA LOSA:

REFUERZO PRINCIPAL (LONGITUDINAL): $\phi 8 : 1c/0.15m$
 REFUERZO SECUNDARIO (TRANSVERSAL): $\phi 8 : 1c/0.15m$



DISEÑO ESTRUCTURAL DE PASE PEATONAL (LOSETA)

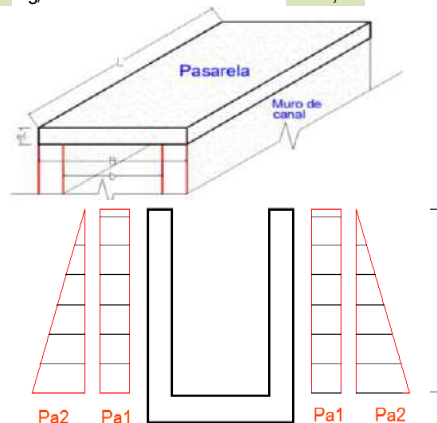
A. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL:

1.- MATERIALES

$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$;	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$;	$\gamma_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$
$\gamma_s = 1900 \text{ Kg/m}^3$	$\phi = 30^\circ$	S/c = 500 Kg/m ²
$\sigma_s = 1,00 \text{ Kg/cm}^2$	$\gamma_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$	hs = 0,26 m

2.- DIMENSIONES

L = 1,00 m	Espesor de la losa (el) = 0,12 m
B = 1,80 m	b = 1,50 m



2.- CALCULO DE ESFUERZOS GENERADOS EN LA PASARELA

Cargas:

Carga Muerta (Peso Propio)	Carga Viva (Sobrecarga)
CM = 518,40 kg/m	CM = 900,00 kg/m

$$W_u = 1.4CM + 1.7CV$$

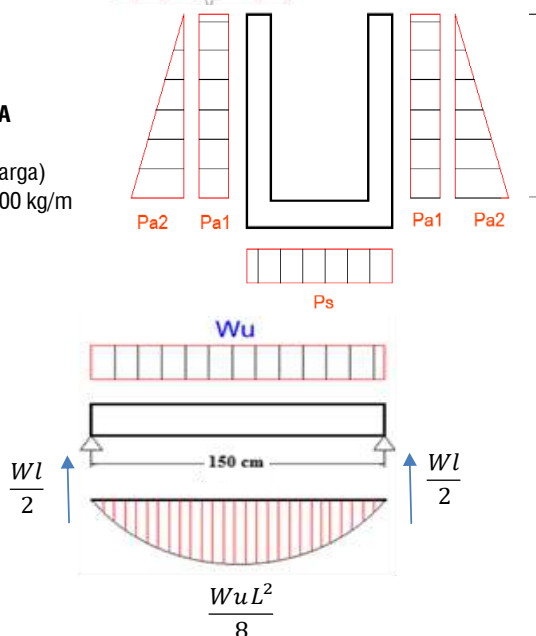
$$W_u = 2255,76 \text{ kg/m}$$

Losa de fondo:

Debido a la reaccion del suelo las fuerzas que se generan en la base son:

$$M_u = \frac{W_u L^2}{8} \quad M_u = 914 \text{ Kg/m}$$

$$V_u = \frac{W_u L}{2} \quad V_u = 2030,2 \text{ Kg}$$



4.- CALCULO DE REFUERZO POR FLEXION

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	$b = 150 \text{ cm}$
$d = 10 \text{ cm}$	$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
$M_u = 225576 \text{ Kg.cm}$	$\Phi = 0,9$

$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$	$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$	$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * f'_c * b}}$
----------------------------------------------------	-----------------------------------------	---------------------------------------------------------------

a = 1,03 cm A_s = 6,57 cm²

4.2.- CÁLCULO DEL ACERO MÍNIMO POR FLEXIÓN

$$A_{S \text{ MIN}} = \frac{0,70 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

donde:

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	$b = 150 \text{ cm}$	$d = 10 \text{ cm}$
	$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	

Asmin paredes = 3,48 cm²

4.3.- CÁLCULO DEL ACERO MÍNIMO POR TEMPERATURA

Para losas

Asmin = 0.002xbxd
Asmin = 2,88 cm²

Por lo tanto:

As = 6,57 cm²

Para losa de pasarela

5.- DISEÑO POR CORTE

Fuerza Cortante Resistente del Concreto:

$$\phi V_c \geq V_u \qquad \phi V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'_c} b_w d$$

donde:

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = 10 \text{ cm} \qquad f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 180,00 \text{ cm} \qquad \phi = 0,85$$

$\phi V_c = 11281,02 \text{ Kg}$

Fuerza Cortante Actuante: **$V_u = 2030 \text{ Kg/m}$**

Verificación Por Corte:

Debe cumplirse que: $\phi \times V_c > V_u$

11281,02 Kg	>	2030,18 Kg		iSi ccdd!
--------------------	-------------	-------------------	--	------------------

6.- VERIFICACIÓN DE ESPACIAMIENTOS DEL ACERO DE REFUERZO

6.1.- REFUERZO POR FLEXIÓN

Como los refuerzos calculados son menores que el mínimo, se tomará el acero mínimo para refuerzo superior e inferior:

6.1.1. Refuerzo Principal (Transversal)

$A_s = 6,57 \text{ cm}^2$

Con: $d_b = \phi 8 \qquad S = \frac{A_s b \times b \omega}{A_s} = \frac{0,567 \times 180}{6,57} = 15,528 \text{ cm}$

$\phi 8 \quad 1 @ 0,15 \text{ m}$

6.1.2. Refuerzo por temperatura (Longitudinal)

$A_{smin} = 6,57 \text{ cm}^2$

Con: $d_b = \phi 8 \qquad S = \frac{A_s b \times b \omega}{A_s} = \frac{0,567 \times 180}{6,57} = 15,528 \text{ cm}$

$\phi 8 \quad 1 @ 0,15 \text{ m}$

RESUMEN:

PARA LOSA DE PASARELA:

REFUERZO PRINCIPAL (TRANSVERSAL): $\phi 8: 1 \text{ c}/0,15\text{m}$

REFUERZO SECUNDARIO (LONGITUDINAL): $\phi 8: 1 \text{ c}/0,15\text{m}$

