

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO FINAL

**“Red de drenaje de las aguas pluviales
del Campus Castaños”**

Carrera: INGENIERÍA CIVIL

Integrantes:

CÉSPEDES SERGIO
LAMAS PEREZ ALE

Profesora Guía:

Esp. Ing. M. CECILIA BOTELLI

AÑO 2025

ÍNDICE

Capítulo 1. MEMORIA DESCRIPTIVA	7
Introducción	8
Objetivos del trabajo	9
Descripción de la solución abordada	10
Capítulo 2. MARCO TEÓRICO	11
Cuenca hidrográfica	12
Afluentes	12
Subcuenca	12
Delimitación de la cuenca	12
Morfometría	13
Características físicas de la cuenca	13
<i>Área de drenaje</i>	13
<i>Forma</i>	13
<i>Sistema de drenaje</i>	13
<i>Uso y cobertura del suelo</i>	14
<i>Textura del suelo</i>	14
Características de la red de drenaje de una cuenca	14
<i>Pendiente media del cauce principal</i>	14
<i>Tiempo de concentración “tc”</i>	15
<i>Coeficiente de escorrentía</i>	15
Google Earth	15
Global Mapper	16
Método Racional	16
Capítulo 3. MARCO CONTEXTUAL	18

Capítulo 4. MEMORIA TÉCNICA	23
RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES	24
Reconocimiento del terreno.	24
Desagüe pluvial existente al norte del predio.	25
Relevamiento fotográfico.	26
Relevamiento topográfico.	32
ESTUDIO HIDROLÓGICO	33
Análisis de la cuenca con Google Earth y Global Mapper.	33
Determinación de parámetros físicos: pendiente,	35
longitud del cauce principal, área de la cuenca y subcuencas.	
Cálculo de tiempo de concentración con fórmula de Kirpich.	37
Determinación del coeficiente de escorrentía.	37
Cálculo de caudales por Método Racional.	41
ESTUDIO HIDRAULICO	43
Análisis de desagües actuales y áreas de estudio.	43
SISTEMA DE DRENAJE DE PROYECTO	51
RECOMENDACIONES: OBRAS PROPUESTAS	56
Verificación del canal existente.	57
1. Calle Administración: canal a cielo abierto (con tapa).	58
2. Calle Acceso UCASAL: desagües superficial por cunetas.	60
3. Desembocaduras en tramos finales.	61
 Capítulo 5. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO	 63
Capítulo 6. BIBLIOGRAFÍA	65
Capítulo 7. ANEXOS	67
Tablas y gráficos.	68
Informe Topografía	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Fig. 1: Límites del predio del Campus Castaños.</i>	9
<i>Fig. 2: Ubicación de las soluciones abordadas para la red de desagües pluviales.</i>	10
<i>Fig. 3: Modelo de sistema de una cuenca hidrográfica simple.</i>	12
<i>Fig. 4: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2002.</i>	19
<i>Fig. 5: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2007.</i>	20
<i>Fig. 6: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2011.</i>	20
<i>Fig. 7: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2019.</i>	21
<i>Fig. 8: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2023.</i>	21
<i>Fig. 9: Plano de las obras existentes y obras futuras en Campus Castaños del Masterplan.</i>	24
<i>Fig. 10: Cuenca de aporte del canal al norte del predio Campus Castaños.</i>	25
<i>Fig. 11: Perfil de diseño del canal que se encuentra al norte del predio Campus Castaños.</i>	25
<i>Fig. 12: Imagen tomada de la zona central del Campus.</i>	26
<i>Fig. 13: Imagen tomada en la rotonda del Campus.</i>	26
<i>Fig. 14: Imagen tomada en la caminería del rectorado de la universidad.</i>	27
<i>Fig. 15: Imagen del canal tomada en la zona norte del Campus.</i>	27
<i>Fig. 16: Imagen del canal tomada en la zona noreste del Campus.</i>	28
<i>Fig. 17: Imagen tomada en el predio del Campus Castaños, cerca del laboratorio de suelos.</i>	28
<i>Fig. 18: Imagen tomada en el predio, en el pasillo que conecta las facultades de Arq. e Ing.</i>	29
<i>Fig. 19: Imagen tomada en el predio, caminería existente entre la fac de Econom. y la fac. de Ing.</i>	29
<i>Fig. 20: Imagen tomada en el predio del Campus Castaños, cerca de la fac. de Economía.</i>	30
<i>Fig. 21: Imagen tomada en el predio del Campus Castaños, en el ingreso a la universidad.</i>	30
<i>Fig. 22: Imagen tomada en el predio, en el pasillo del laboratorio de suelos.</i>	31
<i>Fig. 23: Imagen tomada en el predio, entre el laboratorio de suelos y el edificio UM2.</i>	31
<i>Fig. 24: Imagen tomada de Google Earth de la zona de estudio.</i>	33
<i>Fig. 25: Imagen tomada de Global Mapper de la zona de estudio.</i>	34
<i>Fig. 26: Red de drenaje de las dos subcuencas de estudio obtenidas de Global Mapper.</i>	34
<i>Fig. 27: Superposición de imágenes que muestran las subcuencas dentro del predio con las que se va a trabajar en este trabajo.</i>	35
<i>Fig. 28: Perfil de elevación correspondiente a la red de drenaje de la sub cuenca 1.</i>	36

<i>Fig. 29: Perfil de elevación correspondiente a la red de drenaje de la sub cuenca 2.</i>	36
<i>Fig. 30: Imagen de AutoCad de las subcuencas en estudio.</i>	39
<i>Fig. 31: Imagen de AutoCad de la clasificación de los dos tipos de superficie a analizar.</i>	39
<i>Fig. 32: Gráfico de curvas IDT (Periodos de retorno) para Salta Capital (C. Botelli 2020).</i>	41
<i>Fig. 33: Curvas de nivel generadas en Global Mapper del Campus.</i>	43
<i>Fig. 34: Plano de escurrimientos siguiendo el método racional.</i>	44
<i>Fig. 35: Cuenca dividida en áreas de incidencia.</i>	45
<i>Fig. 36: Ubicación de las calles en estudio.</i>	46
<i>Fig. 37: Perfil transversal de las calles: Administración y Calle UM2.</i>	47
<i>Fig. 38: Perfil transversal de las calles: Acceso Ucasal y Calle San Andrés Apóstol.</i>	48
<i>Fig. 39: Curvas de nivel del Campus Castaños.</i>	51
<i>Fig. 40: Imagen que muestra la calle Acceso Ucasal como divisoria de aguas.</i>	52
<i>Fig. 41: Plano de escurrimiento de diseño sobre las calles Administración y Acceso UCASAL.</i>	53
<i>Fig. 42: Superposición de imágenes de las áreas de subcuencas existentes sobre las subcuencas de estudio del Campus Castaños que aportan a la calle Administración.</i>	54
<i>Fig. 43: Superposición de imágenes de las áreas de subcuencas existentes sobre las subcuencas de estudio del Campus Castaños que aportan a la calle Acceso UCASAL.</i>	54
<i>Fig. 44: Ubicación de proyecto de soluciones en Calle Administración y Calle Acceso UCASAL.</i>	56
<i>Fig. 45: Captura del programa HCanales de la verificación del canal al norte del predio.</i>	58
<i>Fig. 46: Prueba de verificación de caudal de sección trapezoidal para la calle Administración para un periodo de retorno de 20 años.</i>	58
<i>Fig. 47: Perspectiva canal de conducción sección tipo U 120x90x150.</i>	59
<i>Fig. 48: Perspectiva canal de conducción sección tipo U 80x70x150.</i>	59
<i>Fig. 49: Perspectiva tapa canal sección tipo U 80/120x8x25.</i>	60
<i>Fig. 50: Detalle cordón cuneta 15x15 [cm.] propuesto para la calle Acceso Ucasal.</i>	61
<i>Fig. 51: Detalle cuneta asimétrica propuesta para la calle Acceso Ucasal.</i>	61
<i>Fig. 52: Vista desembocadura calle Administración.</i>	62
<i>Fig. 53: Vista desembocadura calle Acceso UCASAL.</i>	62
<i>Fig. 54: Instrumentos utilizados para realizar las mediciones topográficas para obtener las secciones transversales.</i>	70
<i>Fig. 55: Imagen registrada el día de la medición topográfica.</i>	70

<i>Fig. 56: Muestra de los puntos tomados en una sección de la calle San Andrés Apóstol para determinar el perfil transversal tipo de la misma.</i>	71
<i>Fig. 57: Accesorios del Instrumento de medición topográfico: controladora, rover y base.</i>	72
<i>Fig. 58: Imágen registrada el día de la medición de los puntos topográficos.</i>	73
<i>Fig. 59: Equipos utilizados para la medición topográfica por medio de drones.</i>	74
<i>Fig. 60: Captura de imagen por dron número 0097.</i>	75
<i>Fig. 61: Captura que muestra el posicionamiento del dron al momento de la captura 0097.</i>	76
<i>Fig. 62: Pasos que se siguieron para obtener las curvas de nivel del predio Campus Castaños.</i>	77
<i>Fig. 63: Últimos pasos que se siguieron para obtener las curvas de nivel del terreno.</i>	78
<i>Fig. 64: Captura de imagen de la aplicación Emlid Flow del proceso de toma de la nube de puntos.</i>	79
<i>Fig. 65: Registro de imagen de la toma de un punto del canal al norte del predio para obtener la cota de fondo del canal.</i>	79
<i>Fig. 66: Perfil longitudinal de la calle Administración realizado en Autocad Civil 3D.</i>	80
<i>Fig. 67: Perfil longitudinal de la calle Acceso UCASAL realizado en Autocad Civil 3D.</i>	81

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Clasificación de cuencas.</i>	13
<i>Tabla 2: Parámetros físicos de las subcuencas 1 y 2 obtenidos de Global Mapper.</i>	35
<i>Tabla 3: Resultados del tiempo de concentración de las subcuencas en estudio.</i>	37
<i>Tabla 4: Clasificación de áreas, descripción y porcentajes de incidencia del terreno.</i>	40
<i>Tabla 5: Resultados de valores de caudal para las subcuencas 1 y 2.</i>	42
<i>Tabla 6: Valores de coeficiente de rugosidad de Manning “n”.</i>	49
<i>Tabla 7: Cálculo de Caudales existentes de las calles en estudio.</i>	50
<i>Tabla 8: Verificación de valores de caudales para las distintas calles de estudio.</i>	50
<i>Tabla 9. Resultados de valores de caudal para las subcuencas 1 y 2.</i>	55
<i>Tabla 10. Comparativa de caudales obtenidos con los distintos métodos.</i>	55
<i>Tabla 11. Verificación de caudales para las calles Administración y Acceso UCASAL, usando el método de subcuencas existentes.</i>	55
<i>Tabla 12: Caudal acumulado para los diferentes tramos de la calle Administración.</i>	57
<i>Tabla 13: Caudal acumulado para los diferentes tramos de la calle Acceso UCASAL.</i>	57
<i>Tabla 14: Caudal de las secciones de las obras propuestas para la calle Acceso Ucasal.</i>	60
<i>Tabla 15: Comparación de caudales de diseño de desembocaduras con caudales calculados.</i>	61
<i>Tabla 15.1.1: Coeficiente de escorrentía “C” para ser usado en el método racional.</i>	68

MEMORIA DESCRIPTIVA

INTRODUCCIÓN

La tarea de garantizar un medio ambiente de buena calidad resulta más compleja a medida que la población es mayor y crecen la escala, el desarrollo y el ámbito de sus actividades y movimientos diarios.

A medida que crecen, las ciudades imponen un nuevo medio, edificando sobre paisajes y ecosistemas naturales. Se usa el terreno virgen y con frecuencia se hacen cortes o se altera con maquinaria la forma natural de las mismas; valles en donde antes no existía nada hoy están ocupados por caminos o loteos de nuevos barrios. Su desarrollo no sólo transforma las zonas que urbaniza, sino que también provoca cambios en zonas muchos más grandes, tal como puede observarse en la actividad rural para responder a las bases y necesidades metropolitanas de agua, materias primas, bienes y servicios; o con el aumento de la temperatura de las ciudades; o también lo que sucede con el drenaje de aguas pluviales, en donde en algunos casos se produce el colapso de los servicios.

El proceso de urbanización conlleva la reducción de la infiltración, la eliminación de la vegetación natural (que intercepta la precipitación y promueve la evapotranspiración) y la desaparición de irregularidades en el suelo donde se almacena el agua precipitada. Esto se traduce en la interrupción de equilibrio hídrico natural (hidrología superficial y recarga de acuíferos), cuyos efectos más relevantes son:

- El aumento de los caudales punta
- Volúmenes de escorrentía más elevados
- El incremento de las inundaciones
- Reducción de los caudales base
- Impactos de la urbanización sobre la calidad del agua

Para evitar o disminuir todo estos inconvenientes, es necesario realizar proyectos que logren un adecuado funcionamiento de la infraestructura de la ciudad.

La Universidad Católica de Salta, ubicada en la zona norte de la ciudad de Salta, tiene un predio de aproximadamente 40 hectáreas nombrado en “Campus Castaños”, por la zona histórica en donde está emplazado; y así como en las ciudades, ha presentado a lo largo de sus más de 60 años de historia un notable crecimiento en la infraestructura de sus instalaciones. Resultado y consecuencia de ello, es que la vegetación de su predio ha ido disminuyendo en relación al crecimiento que tuvo; y sumado a lo anterior y pensando a futuro, esta casa de altos estudios tiene en mente nuevos proyectos de diversa índole para seguir proporcionando educación y formación a los estudiantes que acuden a la misma, y que con el transcurso del tiempo seguirán provocando la disminución de terreno natural en el predio.

Objetivos del trabajo

Para solucionar las posibles consecuencias de escurrimiento y de disminución de infiltración que se generen ante la creación de nuevas construcciones en el Campus, es que se crea este proyecto de drenaje de las aguas de lluvia, donde se analizan la cuenca y subcuencas que forman parte del mismo, y se realizan diversos cálculos para la determinación de los caudales y así proporcionar de manera concreta posibles soluciones para evitar inconvenientes a futuro.

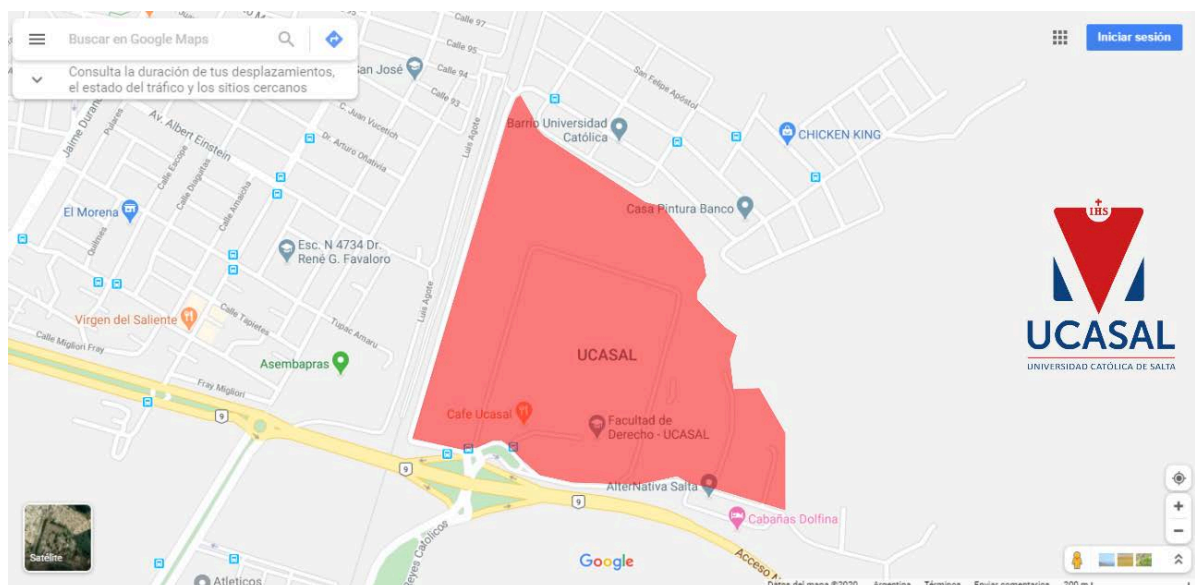


Fig. 1: Imagen obtenida desde Google Maps, donde se muestran los límites del predio del Campus Castañares.

Descripción de la solución abordada

Se diseñó y proyectó un canal interceptor con dirección sur - norte sobre la *calle Administración*, y también un proyecto de un cordón cuneta y una cuneta asimétrica con dirección sur - norte sobre la calle denominada *Acceso Ucasal* (Fig.2).



Fig. 2: Ubicación de las soluciones abordadas para la red de desagües pluviales.

MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple. También puede definirse como: toda área que genera escurrimiento de aguas arriba de un punto de referencia en el cauce principal. Una cuenca hidrográfica está delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas.

Hay que tener en cuenta, que una cuenca hidrográfica y una cuenca hidrológica se diferencian en que la primera se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos).

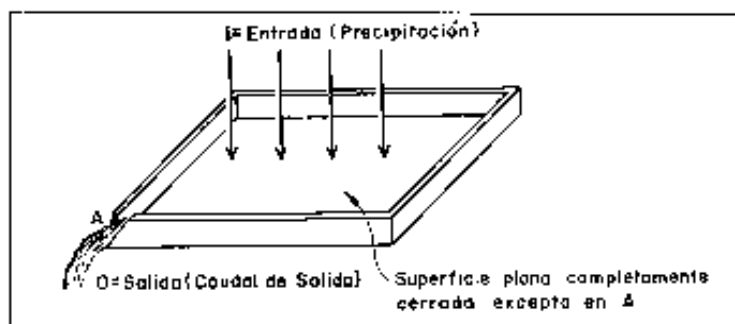


Fig. 3: Modelo de sistema de una cuenca hidrográfica simple.

Afluentes

Los afluentes son los ríos secundarios que vierten sus aguas en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub cuenca.

Subcuenca

Espacio geográfico delimitado dentro de una cuenca en función de sus características hidrológicas propias.

Delimitación de la cuenca

Los caudales afluentes de las cuencas hidrográficas están delimitados por líneas divisorias las cuales son las encargadas de separar las precipitaciones que caen en cuencas u hoyas inmediatamente vecinas.

La divisoria une los puntos de máxima cota entre hoyas. Cuando los límites de las aguas subterráneas de una cuenca no coincidan con los límites de las aguas superficiales, sus límites se extenderán subterráneamente hasta incluir la de los acuíferos que confluyen hacia la cuenca deslindada por las aguas superficiales.

Generalmente, la delimitación de la cuenca como área de estudio, en mapas o fotografías aéreas, se hace siguiendo la línea de mayor altura (línea de altas cumbres) o divisoria de aguas, hasta encerrar toda el área cuyas aguas drenan a través de un colector común, en

una sección o punto considerado, que bien puede ser la desembocadura o cualquier sección dentro del cauce principal.

El relieve de los sistemas hidrológicos, es decir su topografía, brinda un primer aspecto para el análisis con el fin de demarcar hoyas (cuencas) hidrográficas, regiones donde se presenta escorrentía que es drenada por un cuerpo de agua. Cuando distintos cauces de agua se encuentran en una misma región, se establecen divisorias para separar y delimitar las áreas de las hoyas; tenemos entonces la divisoria topográfica y la divisoria freática, esta última está relacionada con el caudal base de la hoya; como es muy posible que las dos divisorias no coincidan, es muy frecuente que se utilice la división topográfica para establecer el área de drenaje.

La divisoria de los cauces de agua se emplea principalmente para identificar el área de la cuenca hidrográfica y su morfometría.

Morfometría

El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo.

Características físicas de la cuenca

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelo, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

▪ *Área de drenaje o Superficie:* está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural; o también puede definirse como, el área plana (proyección horizontal) incluida entre su divisoria topográfica. Se puede calcular integrando el área encerrada por la divisoria de aguas superficiales sobre una carta topográfica o imágenes satelitales. Eso nos permite estimar una clasificación de acuerdo a su tamaño.

Cuenca	Superficie [km ²]
Pequeña	<100
Mediana	100 – 2000
Grande	>2000

Tabla 1: Clasificación de cuencas (Fuente: Ing. Javier Ramos Vernieri)

▪ *Forma:* esta característica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de la misma.

▪ *Sistema de drenaje:* es el que está constituido por el río o cauce principal y sus tributarios.

- *Uso y cobertura de suelo:* la vegetación natural de los suelos vírgenes contribuye a regular el régimen de caudales, debido a que favorece la infiltración y la evapotranspiración. Cuando la vegetación natural es removida y reemplazada por prácticas agrícolas o urbanizaciones, en general aumenta la escorrentía superficial y la velocidad del flujo y disminuyen la infiltración y la evapotranspiración.
- *Textura del suelo:* la textura del suelo determina su permeabilidad. Suelos de textura gruesa tiene una alta capacidad de infiltración final después de un humedecimiento prolongado, lo que reduce el escurrimiento superficial. Suelos de textura fina tienen una baja capacidad de infiltración final, lo que aumenta el escurrimiento superficial.

Características de la red de drenaje de una cuenca

- *Pendiente media del curso principal:* es uno de los parámetros que más influyen sobre la respuesta hidrológica de la cuenca. A medida que aumenta la pendiente media del cauce, aumenta la velocidad del flujo y, por lo tanto, disminuye el tiempo de concentración de la cuenca.

Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las hoyas.

Los perfiles longitudinales típicos del fondo de los cauces naturales son cóncavos hacia arriba. Además, todas las cuencas, con excepción de las más pequeñas, tienen varios cauces, cada uno con un perfil diferente. Por esta razón, la definición de la pendiente media de cauce en una cuenca es muy difícil. Por lo general, sólo se considera la pendiente del cauce principal.

El método simple de cálculo de la pendiente media es:

$$S1 = \frac{(CA - CB)}{L}$$

Donde:

S1: pendiente media de cauce calculada con el método simple;

CA: cota de fondo del cauce en la cabecera;

CB: cota de fondo en la desembocadura;

L: longitud del cauce, medida sobre un mapa de la cuenca.

En los casos en que existe un tramo de cauce corto y con fuerte desnivel en la cabecera, el valor de la pendiente obtenido con S1 puede no ser representativo para evaluar la velocidad media del flujo en el canal.

▪ *Tiempo de concentración, “ t_c ”*

El tiempo de concentración y de retardo son variables utilizadas extensivamente en el diseño hidrológico para determinar la capacidad hidráulica máxima de diferentes estructuras; se trata de variables que son propias para cada sitio y que dependen de las características geomorfológicas de la cuenca y de la lluvia. El tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el sitio de desagüe. Se atribuye muy comúnmente el tiempo de concentración al tiempo que tarda una gota de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de desagüe. Lo cual no siempre se corresponde con el fenómeno real, pues pueden existir lugares en la cuenca en los que el agua caída tarda más en llegar al desagüe que el más alejado. Además, debe tenerse claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante ya que depende ligeramente de las características de la lluvia. El tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la hoya contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada. Se mide en minutos u horas.

(Ver Anexos Tabla 2)

Fórmula de Kirpich:

$$t_c = \left(\frac{0,871 \times L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Donde:

L: longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida [km]

ΔH : pendiente promedio de la cuenca [m]

▪ *Coefficiente de escorrentía*

El coeficiente de escorrentía depende de las características del suelo. La tasa de infiltración disminuye a medida que la lluvia continúa y también es influida por las condiciones de humedad que hay en el suelo. Otros factores que influyen en el coeficiente de escorrentía son la intensidad de lluvia, la proximidad del nivel freático, el grado de compactación del suelo, la porosidad del sub-suelo, la vegetación, la pendiente del suelo y el almacenamiento por depresión.

Ver Anexos TABLA 15.1.1 (utilizado en la fórmula Federal Aviation Administration para el tiempo de concentración)

Google Earth

Google Earth es un programa informático que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales.

El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora.

Global Mapper

Global Mapper es una potente y asequible aplicación que combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una variedad sin precedentes de formatos de datos.

Incluye la posibilidad de acceder directamente a varias fuentes en línea de imágenes, mapas topográficos, y los datos DEM/DSM. Esto incluye el acceso a las imágenes de color de alta resolución de DigitalGlobe para el mundo entero (con marca de agua) mapas detallados de calles de OpenStreetMap.org, y el acceso a la base de datos completa de TerraServer-USA/MSRMaps.com imágenes de satélite y mapas topográficos de la USGS libre de-cargo.

También tiene la capacidad de acceder fácilmente a fuentes de datos WMS, que incorpora en el acceso a los datos de elevación e imágenes de color para el mundo entero, y para ver la elevación y datos vectoriales en 3D real, con la superposición de cualquier dato cargado sobre ellas.

Con datos importados elevación Global Mapper puede generar vistas y perspectivas en 3D, sombreados personalizados, análisis de cuencas, cuencas visuales y línea de vista, además de la generación de curvas de nivel personalizadas.

Método Racional

El Método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de Caudales Máximos.

La fórmula propuesta permite obtener el caudal de avenida a partir del coeficiente de escorrentía (C), la máxima intensidad media (I) durante el período de cálculo correspondiente al tiempo de concentración Tc, y a partir de la superficie de la cuenca (A) que influirá en el valor del coeficiente de uniformidad.

La fórmula que utiliza el Método Racional es:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo [m³/s]

C: Coeficiente de escorrentía (valores para cuencas Rurales y Urbanas, ver ANEXOS tabla 15.1.1)

I: Intensidad de la lluvia de diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al período de retorno seleccionado para el diseño (Curvas de I-D-F) [mm/h]

A: Área de la cuenca. [Ha]

Esta fórmula empírica, por su simplicidad y facilidad de uso, es aún utilizada para el cálculo de alcantarillas, galerías de aguas pluviales, estructuras de drenaje de pequeñas áreas, a pesar de presentar algunos inconvenientes, superados por procedimientos de cálculo más complejos. También se usa en ingeniería de carreteras para el cálculo de caudales vertientes de la cuenca a la carretera, y así poder dimensionar las obras de drenaje necesarias, siempre que la cuenca vertiente tenga un tiempo de concentración no superior a 6 horas.

El Método Racional se usa prácticamente en todos los proyectos de drenaje vial, urbano o agrícola, siempre teniendo en cuenta que producirá resultados aceptables en áreas pequeñas y con alto porcentaje de impermeabilidad, por ello es recomendable que su uso se limite a cuencas con extensiones inferiores a las 200 hectáreas. A pesar de sus limitaciones continúa siendo uno de los métodos más utilizados mundialmente para el cálculo y el diseño de estructuras de drenaje pluvial.

MARCO CONTEXTUAL

MARCO CONTEXTUAL

El funcionamiento de una cuenca se asemeja al de un colector que recibe la precipitación y la convierte en escurrimiento superficial o subsuperficial; esta transformación depende de las condiciones climáticas y las características físicas de la cuenca. Esto ocurre tanto en cuencas de gran tamaño, como también en cuencas urbanas de mucho menor tamaño.

En los últimos años la Universidad Católica de Salta experimentó notables cambios en la infraestructura de sus instalaciones, y continuando con esta tendencia el terreno natural que presentaba el predio en sus comienzos va a seguir disminuyendo proporcionalmente debido a ello. Es de trascendental importancia tener en cuenta estos detalles porque serán de gran incidencia teniendo en cuenta los proyectos a futuro que se tienen pensado realizar, porque serán de gran impacto sobre el drenaje del Campus.

A continuación, se pueden observar algunas imágenes obtenidas del programa Google Earth (Fig. 4 – Fig. 5 – Fig. 6 - Fig. 7 y Fig. 8) captadas en diferentes años, donde se demuestra el notable crecimiento en la infraestructura edilicia de la universidad y también en la urbanización y desarrollo de la zona en el transcurso del tiempo desde el año 2002 al año 2023.



Fig. 4: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2002.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
"Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castañares"



Fig. 5: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2007.



Fig. 6: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2011.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
"Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castañares"



Fig. 7: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2019



Fig. 8: Imagen satelital tomada de Google Earth, año 2023.

Teniendo en cuenta que esta tendencia va a seguir durante los próximos años, debido a la gran inversión y al notable crecimiento que está expresando la universidad en aumentar sus capacidades para poder albergar más estudiantes y ofrecer más alternativas educativas, es que se realiza el estudio morfométrico de la cuenca donde está emplazada la misma.

El objetivo específico de este trabajo es presentar soluciones de drenaje urbano ante la ocurrencia de eventos climáticos, como ser la creación de canales o cordones cunetas, y que, con la generación de estos se tenga una respuesta rápida a los mismos, para evacuar la escorrentía superficial expresada en términos de caudales, de la manera más eficientemente posible, teniendo en cuenta las obras existentes y futuras que se van a realizar.

MEMORIA TÉCNICA

- Planos existentes del Campus
- Imágenes satelitales
- Modelos digitales de elevación DEM
- Proyecto ejecutivo: “Desagüe pluvial existente, Obras de control, conducción y descarga”. Ing. Adolfo Colina, año 2013.
- Masterplan UCASAL

Reconocimiento del terreno.

Céspedes Sergio – Lamas Pérez Ale

Desagüe pluvial existente al norte del predio

Se consultó antecedente y detalle del canal que se encuentra al norte del predio Campus Castañares (Fig. 15 y Fig. 16).

Proyecto ejecutivo: Las obras de control, conducción y descarga del proyecto estuvieron a cargo del Ing. Adolfo Colina, año 2013, de donde obtenemos las cuencas de aporte al canal norte y su dimensionamiento.

Cuenca aportante canal Norte:



Fig. 10: Cuenca de aporte del canal al norte del predio campus Castañares.

La figura siguiente corresponde a la sección tipo de diseño hidráulico adoptada. Los planos generales y de detalle adjuntos indican la totalidad de detalles constructivos y su relación con la infraestructura existente para cada progresiva.

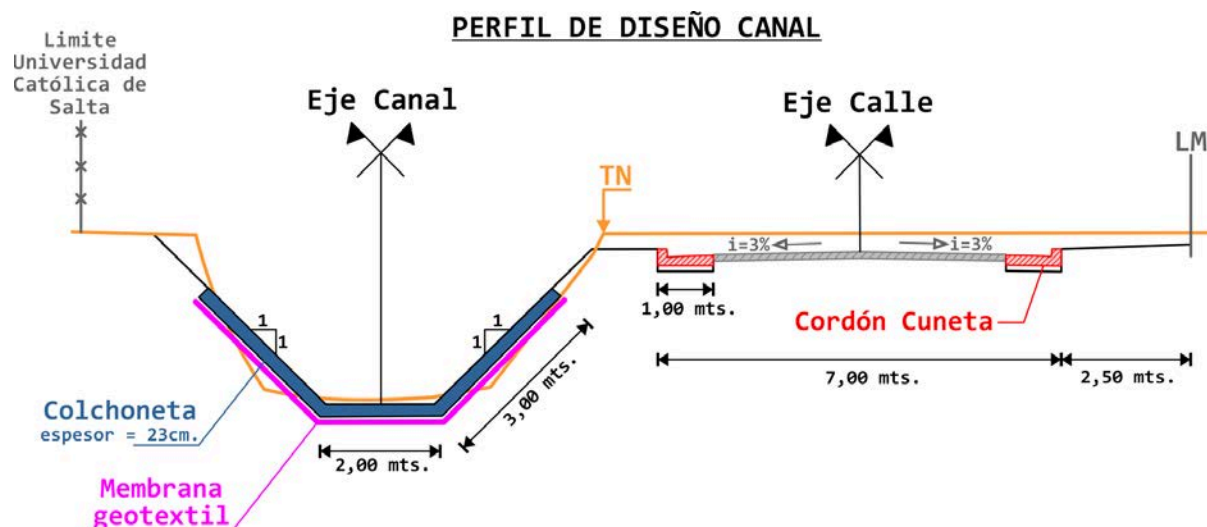


Fig. 11: Perfil de diseño del canal que se encuentra al norte del predio Campus Castañares.

Relevamiento fotográfico

Se pudo observar que en la parte Norte y Noreste del Campus se ubica un canal que bordea el mismo (Fig. 15 y Fig. 16), con lo cual es información de suma importancia ya que probablemente nuestra red de drenaje desemboque en dicho canal, con lo cual todo lo mencionado anteriormente se documentó con fotografías.



Fig. 12: Imagen tomada de la zona central del Campus



Fig. 13: Imagen tomada en la rotonda del Campus.



Fig. 14: Imagen tomada en la caminería del rectorado de la universidad.



Fig. 15: Imagen del canal tomada en la zona norte del Campus.



Fig. 16: Imagen del canal tomada en la zona noreste del Campus.

Dentro del predio del campus pudimos determinar direcciones de escurrimiento debido a obstáculos o a construcciones existentes que nos ayudarán a elegir las propuestas para las soluciones finales. Se muestran a continuación algunas imágenes de lo anteriormente mencionado, en donde se puede observar algunos elementos de desagüe pluvial que ayudan con el escurrimiento del agua de lluvia de los cauces principales de estas pequeñas subcuencas existentes dentro del predio:



Fig. 17: Imagen tomada en el predio del Campus Castañares, cerca del laboratorio de suelos.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
"Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castaños"



Fig. 18: Imagen tomada en el predio del Campus Castaños, en el pasillo que conecta las facultades de Arquitectura e Ingeniería.



Fig. 19: Imagen tomada en el predio del Campus Castaños, caminería existente entre la facultad de Economía y la facultad de Ingeniería.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
“Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castañares”



Fig. 20: Imagen tomada en el predio del Campus Castañares, cerca de la facultad de Economía.

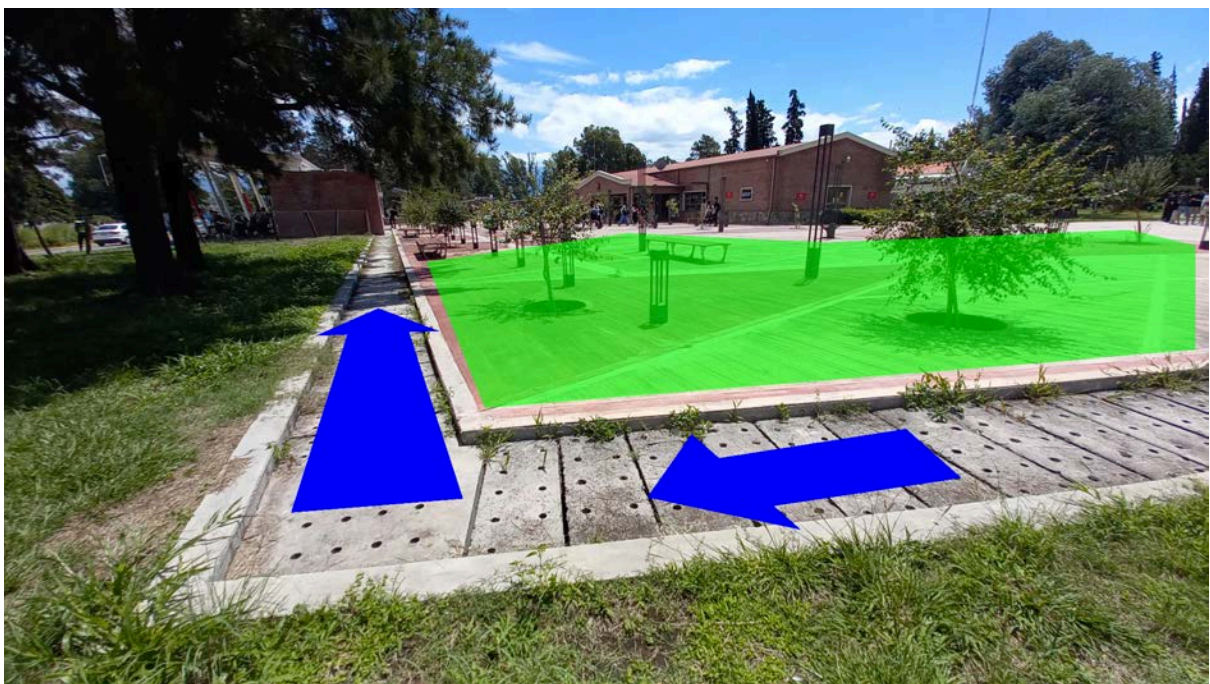


Fig. 21: Imagen tomada en el predio del Campus Castañares, en el ingreso a la universidad.



Fig. 22: Imagen tomada en el predio del Campus Castañares, en el pasillo del laboratorio de suelos.



Fig. 23: Imagen tomada en el predio del Campus Castañares, en la caminería entre el laboratorio de suelos y el edificio de Usos Múltiples 2.

Luego de efectuado el relevamiento in situ fue notable visualizar que la calle Acceso UCASAL se comporta como divisoria de aguas en el comportamiento de desagües pluviales del predio Campus Castañares, es decir que esta calle separa el escurrimiento en 2 sectores, un sector con confluye a la calle Acceso UCASAL y el otro sector hacia la calle Administración, donde más adelante nos servirá de guía para proponer las posibles soluciones.

Relevamiento Topográfico

Primeramente en mayo de 2023, y luego en marzo, mayo y en octubre del 2024 se realizaron los levantamientos topográficos con diferentes instrumentos de medición (Ver Anexos: “Informe de topografía”).

ESTUDIO HIDROLÓGICO

Análisis de la cuenca: determinación de la cuenca y subcuencas.

En base a los diversos programas existentes hoy en día, se utilizaron Google Earth y Global Mapper para la determinación de la cuenca y subcuencas del proyecto.

Con Google Earth se ubicó satelitalmente la zona de análisis, y se marcó un punto de estudio, para así por medio del Global Mapper, determinar los límites de la cuenca de forma aproximada.

Luego una vez ubicada la zona de estudio, se determinaron los límites de la cuenca, utilizando imágenes satelitales mosaicos DEM (Modelo Digital de Elevación) del Instituto Geográfico Nacional, con una densificación de malla de datos en 5m x 5m, ya que poseen mayor resolución gráfica para analizarlas con el programa Global Mapper.

En el mismo se analiza la zona de estudio, y delimitamos las subcuencas con sus redes de drenaje, con lo que el trabajo de utilizar este programa reside en el criterio de adoptar las subcuencas más convenientes ya que este análisis se realiza a prueba y error por las dimensiones de las imágenes satelitales, dado que en el mosaico DEM solo se visualiza la topografía de un área mayor al área de estudio en cuestión, con lo cual la selección de la misma es a criterio visual pudiendo acertar o no con el objetivo del análisis. Junto a esto, también se procede a seleccionar y analizar las cuencas que intervienen directamente con este proyecto y están delimitadas por el Campus Castañares, ya que el predio pertenece a una cuenca de mucho mayor tamaño (Fig. 25) y existen otras subcuencas que drenan directamente al canal existente al norte de la zona de estudio, y no aportan a nuestro análisis.

Una vez elegidas y adoptadas las subcuencas (Fig. 26) se determinaron los parámetros físicos de la misma, usando el mencionado programa de análisis.



Fig. 24: Imagen tomada de Google Earth de la zona de estudio.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
“Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castaños”

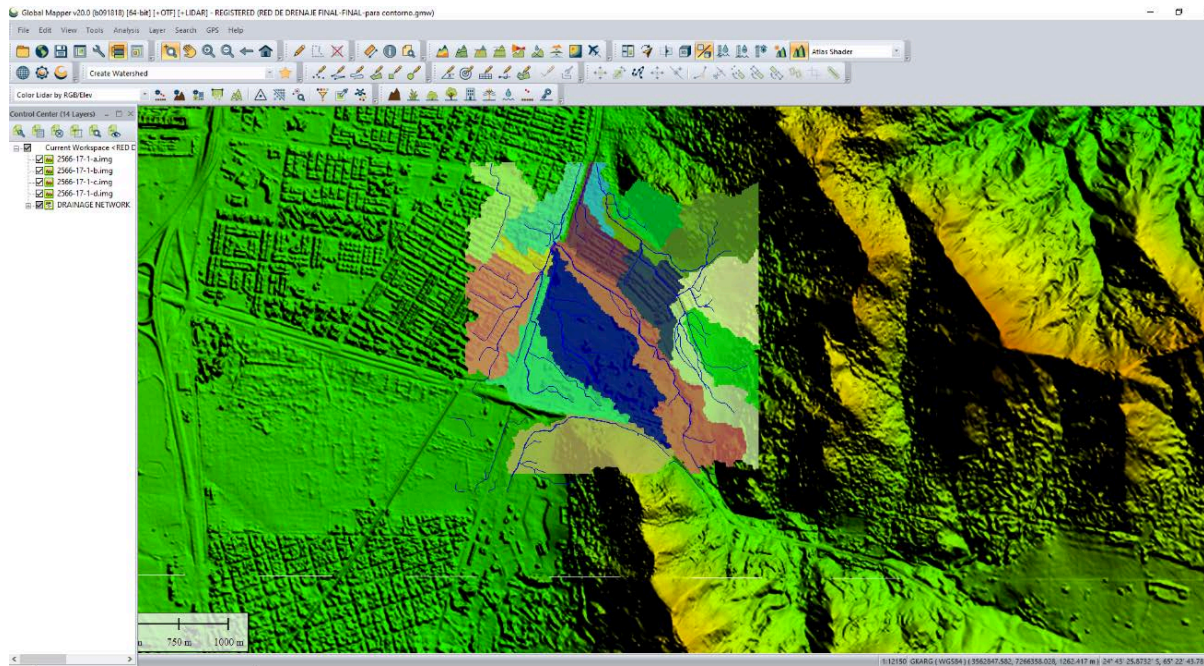


Fig. 25: Imagen tomada de Global Mapper de la zona de estudio.

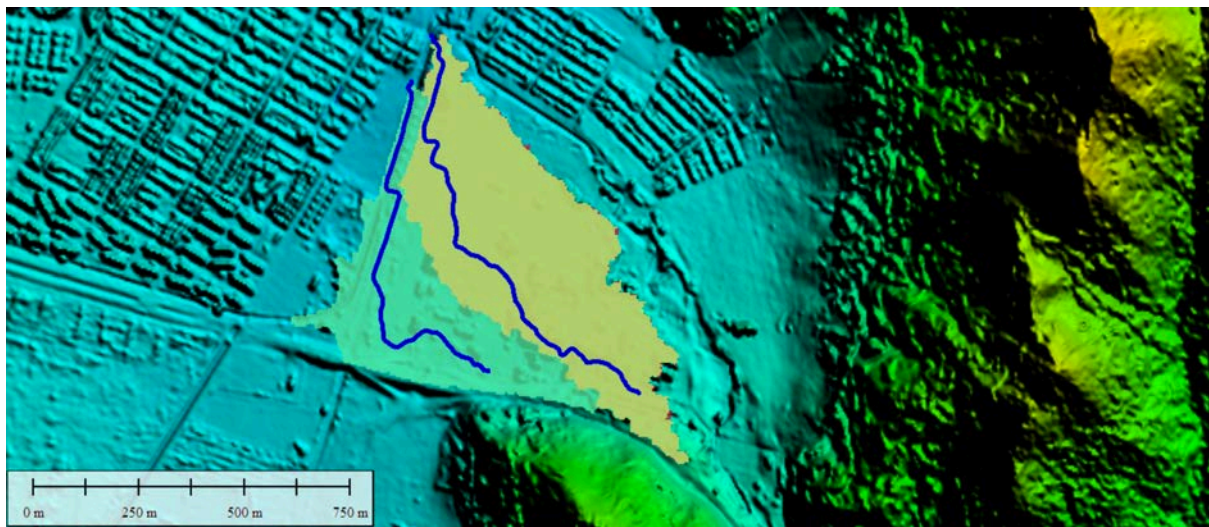


Fig. 26: Red de drenaje de las dos subcuencas de estudio obtenidas del programa Global Mapper.

Luego de hacer los análisis correspondientes se obtuvieron como resultados las siguientes subcuencas que serán con las que vamos a proceder a realizar el presente trabajo:

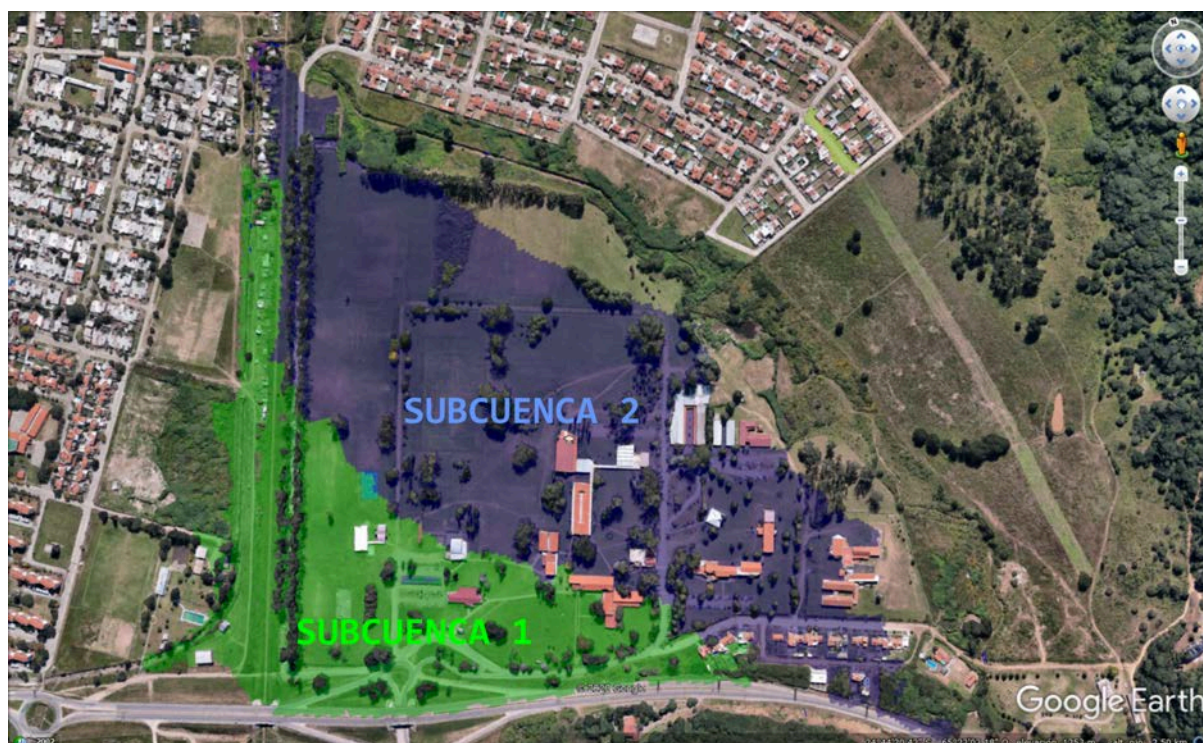


Fig. 27: Superposición de imágenes que muestran las subcuencas dentro del predio con las que se va a trabajar en este trabajo. (En azul se presentan los límites de la subcuenca 2, y en verde los límites de la subcuenca 1).

Determinación de parámetros físicos: pendiente, longitud del cauce principal, área de la cuenca y subcuencas.

Los parámetros físicos como las pendientes y longitudes del cauce principal, así como las áreas de la cuenca y subcuencas fueron determinados del mismo software:

Subcuencas	Área [km ²]	L cauce ppal. [m]	L cauce ppal. [km]	Cota A [m]	Cota B [m]	ΔH [m]	Pendiente Cauce
1	0,0756	899,48	0,89948	1216,355	1208,128	8,227	0,009146396
2	0,2390	1195,32	1,19532	1217,748	1212,68	5,068	0,004239869

Tabla 2: Parámetros físicos de las subcuencas 1 y 2 obtenidos de Global Mapper.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
"Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castaños"

From Pos: 3561383.060, 7264352.184

9

To Pos: 3561218.998, 7265001.417

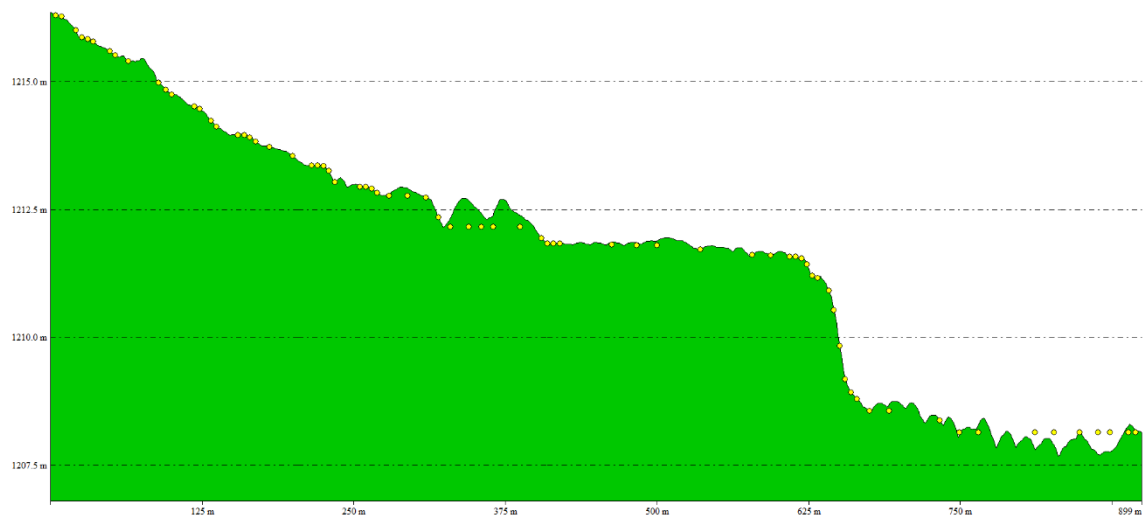


Fig. 28: Perfil de elevación correspondiente a la red de drenaje de la sub cuenca 1.

From Pos: 3561504.808, 7264443.647

75

To Pos: 3561331.218, 7264678.334

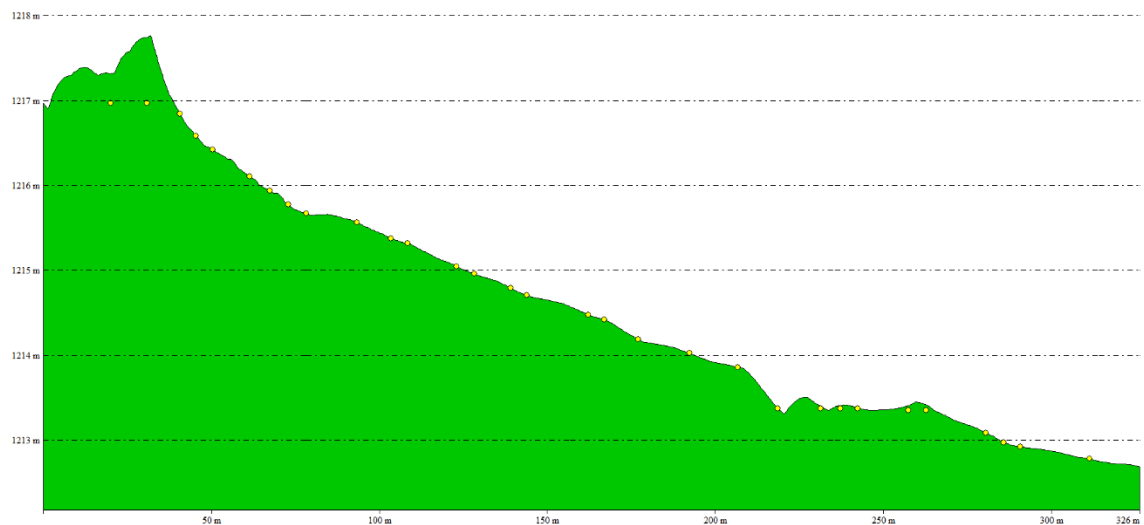


Fig. 29: Perfil de elevación correspondiente a la red de drenaje de la sub cuenca 2.

Cálculo de tiempo de concentración con fórmula de Kirpich.

En base a lo obtenido en la tabla anterior con los valores de parámetros físicos y utilizando la fórmula de Kirpich procedemos a calcular el tiempo de concentración t_c , tiempo que tarda una gota de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de desagüe. El mismo es calculado con la siguiente fórmula, la cual es muy usada para pequeñas cuencas rurales, lo cual coincide con la superficie de nuestra cuenca ya que se clasifica como pequeña:

$$t_c = \left(\frac{0,871 \times L^3}{H} \right)^{0,385}$$

t_c : tiempo de concentración [h]

L: Longitud del cauce principal [km]

H: Diferencia de elevación entre la cabecera y la salida [m]

Los valores de t_c obtenidos fueron los siguientes:

Subcuenca	t_c [hs]	t_c [min]
1	0,3725	22,35
2	0,6235	37,41

Tabla 3: Resultados del tiempo de concentración de las subcuencas en estudio.

Determinación del coeficiente de escorrentía.

Para poder calcular los caudales de las subcuencas del Campus es necesario hacer un análisis de las áreas, tipo, usos, pendientes, edificaciones y zonas verdes del suelo, para obtener los coeficientes de escorrentía para cada una de las subcuencas.

El coeficiente de escorrentía (C) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez que se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo. Los diferentes métodos utilizados para su cálculo (todos ellos de naturaleza empírica) difieren tanto en su fiabilidad como en su complejidad; lógicamente, a más información utilizada más complejidad y fiabilidad y viceversa, pero, en cualquier caso, es fundamental tener en cuenta la mayor o menor homogeneidad de la cuenca.

El coeficiente de escorrentía es la variable menos precisa del método racional. Su uso en la fórmula implica una relación fija entre la tasa de escorrentía pico y la tasa de lluvia para la cuenca de drenaje, lo cual no es cierto en la realidad. Una selección apropiada del coeficiente de escorrentía, requiere del conocimiento y de la experiencia por parte del hidrólogo. La proporción de la lluvia total que alcanzarán los drenajes de tormenta depende del porcentaje de permeabilidad, de la pendiente y de las características de encharcamiento de la superficie. Superficies impermeables, tales como los pavimentos de asfalto o los techos de edificios,

producirán una escorrentía de casi el ciento por ciento después de que la superficie haya sido completamente mojada, independientemente de la pendiente. Inspecciones de campo y fotografías aéreas son muy útiles en la estimación de la naturaleza, de la superficie dentro del área de drenaje.

El coeficiente de escorrentía también depende de las características y condiciones del suelo. La tasa de infiltración disminuye a medida que la lluvia continua y también es influida por las condiciones de humedad antecedentes en el suelo.

Otros factores que influyen en el coeficiente de escorrentía, son la intensidad de lluvia, la proximidad del nivel freático, el grado de compactación del suelo, la porosidad del subsuelo, la vegetación, la pendiente del suelo y el almacenamiento por depresión. Debe escogerse un coeficiente razonable para representar los efectos integrados de todos estos factores. En la tabla 15.1.1 (ver Anexos) se dan algunos coeficientes escogidos para diferentes tipos de superficie, utilizados en Austin Texas. (V. Chow, 1988).

De acuerdo a la tabla 15.1.1 Coeficientes de escorrentía (C) en Ven Te Chow (ver Anexos), se procedió a clasificar el suelo en dos categorías:

- Cemento y techos (tejados, piscinas, caminerías, etc.)
- Césped (descampado, estacionamientos, etc.)

Dicha tabla depende del tipo de superficie, periodo de retorno y pendientes, por lo que de acuerdo a las dos subcuencas determinadas, se calculó para dos periodos de retorno (10 y 20 años), obteniendo un coeficiente C para cada subcuenca en los dos periodos de retorno.

El terreno presenta diferentes condiciones determinantes de la infiltración (relieve, vegetación, suelo, etc...) fue necesario calcular el coeficiente de escorrentía característico de cada una de ellas a partir de una media ponderada de éstas para obtener un único valor de la escorrentía para cada subcuenca.

Lo mencionado anteriormente se detalla a continuación con gráficos y tablas que indican tipo de edificio, tipo de superficie, clasificación, área, porcentaje de incidencia y a que cuenca pertenecen cada uno:

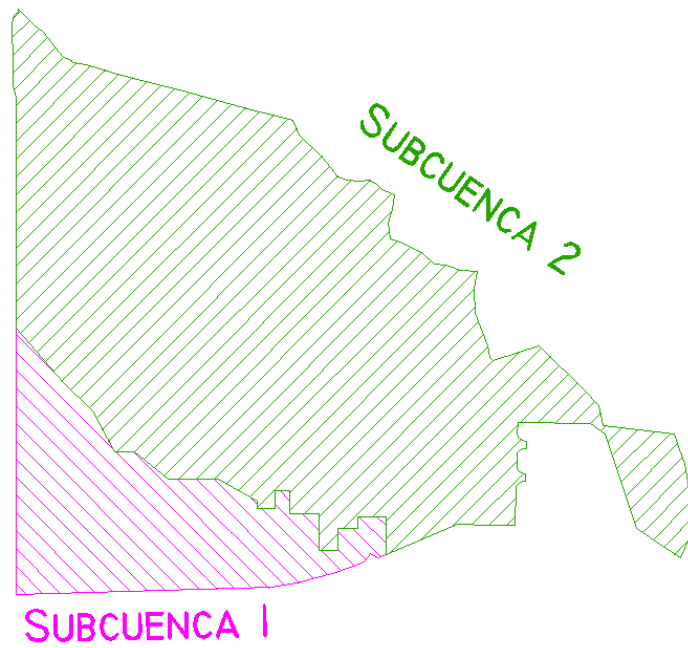


Fig. 30: Imagen de AutoCad de las subcuencas en estudio.

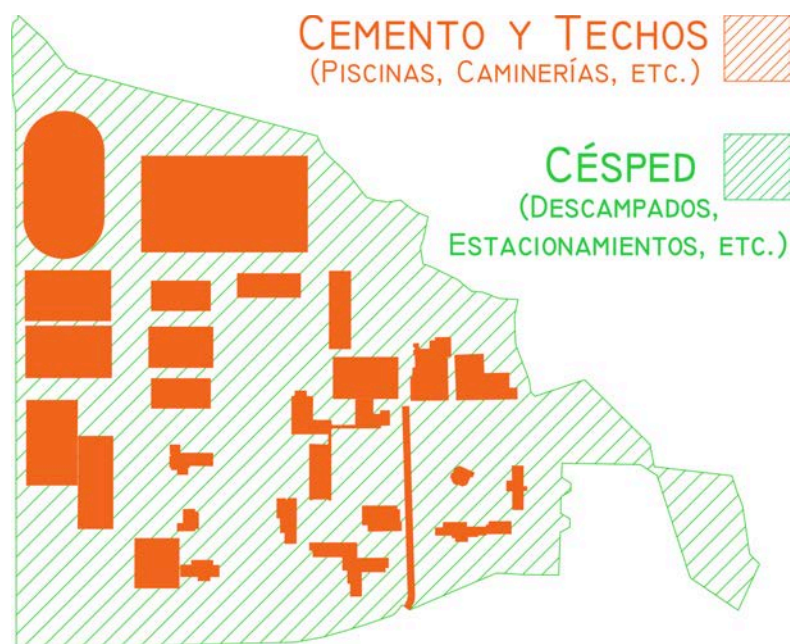


Fig. 31: Imagen de AutoCad de la clasificación de los dos tipos de superficies a analizar.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
 “Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castañares”

Tabla de clasificación, áreas y porcentajes de incidencia

Campus Castañares - Áreas

Referencia	Descripción	Clasificación	Área [m ²]	Porcentaje [%]	Subcuenca
Pista de Atletismo	1	Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	289,0000	0,08	2
	2 (Arco)	Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	3469,8891	0,98	2
	3 (Arco)	Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	3469,8891	0,98	2
Cancha 3		Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	2872,3629	0,81	2
Cancha 2		Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	2874,0352	0,81	2
Cancha 1		Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	2828,6511	0,80	1
Ed. Física	Tinglado	Cemento y Techos	659,1500	0,19	1
	Pileta + Gimnasio	Cemento y Techos	856,7317	0,24	1
	Pileta Pequeña	Cemento y Techos	85,5320	0,02	1
Estacionamiento + Parque Solar	Proyecto	Cemento y Techos	21605,1285	6,11	2
Escuela de Ciencias Médicas	Proyecto	Cemento y Techos	2444,3302	0,69	2
Edificio UM3	Proyecto	Cemento y Techos	2238,2675	0,63	2
Edificio UM4	Proyecto	Cemento y Techos	2012,8409	0,57	2
Edificio UM2		Cemento y Techos	931,5797	0,26	2
Estacionamiento Cs. Médicas + PS		Cemento y Techos	3600,0000	1,02	2
Sistema Educación a Distancia	Proyecto	Cemento y Techos	2444,3302	0,69	2
Administración		Cemento y Techos	985,1517	0,28	2
Facultad Ed. Física		Cemento y Techos	236,0896	0,07	1
Facultad Ed. Física		Cemento y Techos	236,0896	0,07	2
Facultad Economía		Cemento y Techos	982,0053	0,28	2
Confitería		Cemento y Techos	797,6347	0,23	1
Estacionamiento Confitería + PS		Cemento y Techos	2943,0946	0,83	1
Cs. Jurídicas + Rectorado		Cemento y Techos	2079,2636	0,59	2
Estacionamiento Arquitectura		Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	3600,0000	1,02	2
Fac. Arquitectura + Ingeniería + Laboratorios		Cemento y Techos	4148,6807	1,17	2
Biblioteca		Cemento y Techos	1209,7549	0,34	2
Turismo	Edificios	Cemento y Techos	2227,8856	0,63	2
	Patio	Cemento y Techos	549,3741	0,16	2
Fac. Cs. Veterinarias		Cemento y Techos	2701,0906	0,76	2
Iglesia		Cemento y Techos	398,4437	0,11	2

Edificio UM1		Cemento y Techos	731,7468	0,21	2
Fac. Artes y Ciencias		Cemento y Techos	1209,0359	0,34	2
Fotocopiadora		Cemento y Techos	196,5894	0,06	2
Camino Pavimento		Cemento y Techos	2311,6851	0,65	2
Caminería de Ladrillo	Aproximado	Cemento y Techos	3600,0000	1,02	2
Zona Verde + Parque + Césped (Subcuenca 1)		Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	64170,6366	18,14	1
Zona Verde + Parque + Césped (Subcuenca 2)		Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	205799,4799	58,17	2
Área Total Predio Campus			353795,4505	100,00	

CUENCA GENERAL				C	
Clasificación	Área [m ²]	Porcentaje [%]	Área [km ²]	10 años	20 años
Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	289373,9439	81,79	0,2894	0,25	0,28
Cemento y Techos	64421,5066	18,21	0,0644	0,83	0,86
Total	353795,4505		0,3538		
			C_{TOTAL}	0,36	0,39

SUBCUENCA 1				C	
Clasificación	Área [m ²]	Porcentaje [%]	Área [km ²]	10 años	20 años
Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	64170,7798	92,00	0,0642	0,25	0,28
Cemento y Techos	5578,2326	8,00	0,0056	0,83	0,86
Total	69749,0124		0,0697		
			C_{TOTAL}	0,30	0,33

SUBCUENCA 2				C	
Clasificación	Área [m ²]	Porcentaje [%]	Área [km ²]	10 años	20 años
Zona Verde (Césped, Parque, etc.)	225203,1641	79,28	0,2252	0,25	0,28
Cemento y Techos	58843,274	20,72	0,0588	0,83	0,86
Total	284046,4381		0,2840		
			C_{TOTAL}	0,37	0,40

Tabla 4: Clasificación de áreas, descripción y porcentajes de incidencia del terreno.

Cálculo de caudales por Método Racional.

Obtenidos los parámetros físicos de las subcuencas y los coeficientes de escorrentía, se realizó el cálculo de caudales por el Método Racional, método adecuado para el objetivo de este proyecto.

Se determinó el uso del Método Racional ya que nuestra cuenca clasifica como pequeña y este método es el adecuado para realizar el cálculo de los caudales correspondientes para el diseño de obras de drenaje urbano y rural.

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C_x I_x A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo [m³/s]

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de la lluvia de diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al periodo de retorno seleccionado para el diseño (Curvas I-D-T) [mm/h]

A: Área de la cuenca [Ha]

CURVAS IDT 0 a 120 min

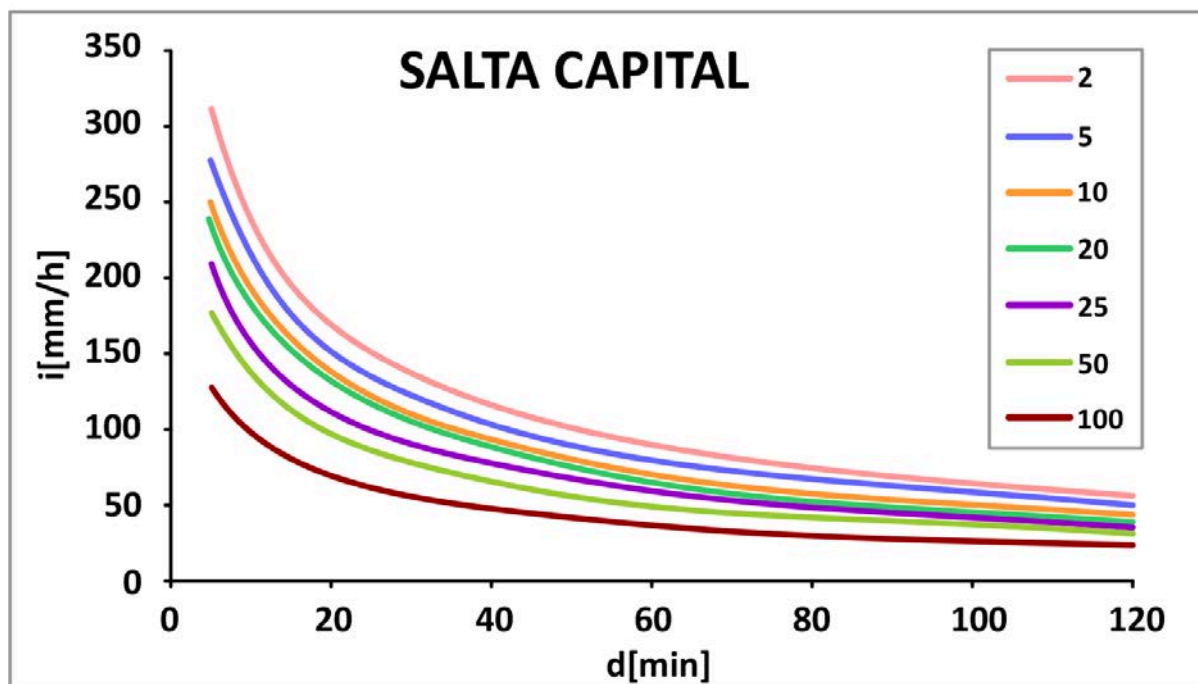


Fig. 32: Gráfico curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (Periodos de retorno) para Salta Capital (Cecilia Botelli 2020).

A partir del cálculo antes descrito, se obtiene los resultados expresados en la siguiente tabla con los valores obtenidos de los caudales de cada subcuenca de acuerdo a cada periodo de retorno:

Subcuenca	Área [Has]	C		I		Caudal Q [m3/s]	
		10 años	20 años	10 años	20 años	Q p/ 10 años	Q p/ 20 años
1	7,25	0,3	0,33	110	140	0,6645	0,9304
2	28,12	0,37	0,4	90	130	2,6011	4,0617

Tabla 5: Resultados de valores de caudal para las subcuencas 1 y 2.

Los drenajes de estas dos macrocuencas, escurren en realidad a través de la infraestructura existente por el predio, para lo cual el diseño hidráulico contemplará su escurrimiento in situ.

ESTUDIO HIDRAULICO

Análisis de desagües actuales y áreas de estudio.

Por medio de la topografía proporcionada, planos de edificaciones existentes y futuras, utilizando los software de Autodesk (Civil CAD 3D y AutoCAD) y Global Mapper se determinó sus áreas de aporte y la dirección de escurrimientos en calles de acuerdo a datos planialtimétricos, para estudiar y analizar la verificación de las capacidades de escurrimiento actuales que tiene el campus mediante cunetas existentes, y diseñar las obras adecuadas para su crecimiento futuro.

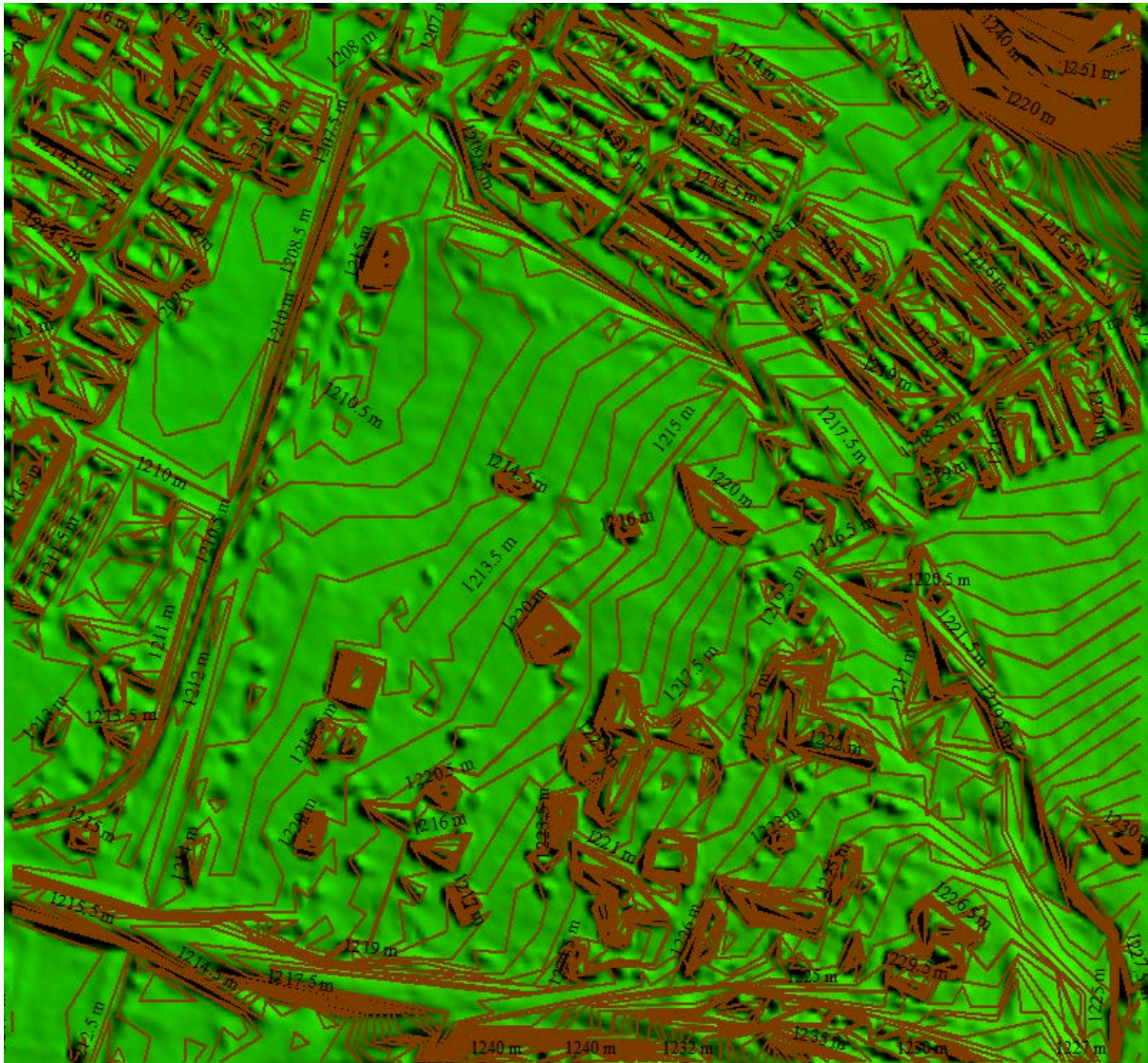


Fig. 33: Curvas de nivel generadas en Global Mapper del Campus.

Verificación capacidades calles existentes

Se analizan las direcciones de escurrimiento superficiales existentes actualmente sin proyecto:



Fig. 34: Plano de escurrimientos siguiendo el método racional.

Referencias:

- Las flechas de color verde representan la dirección hacia dónde va a drenar el área de aporte.
- Las flechas de color azul representan el sentido de escurrimiento en calles.

En base a la dirección de escurrimiento de las aguas se decide dividir el campus en áreas de incidencia (Fig. 35) para luego verificar los caudales correspondientes que cada calle puede escurrir. Así mismo, separamos las áreas de incidencias con respecto a la subcuenca a la que pertenece, para poder realizar el análisis de manera un poco más aproximada.

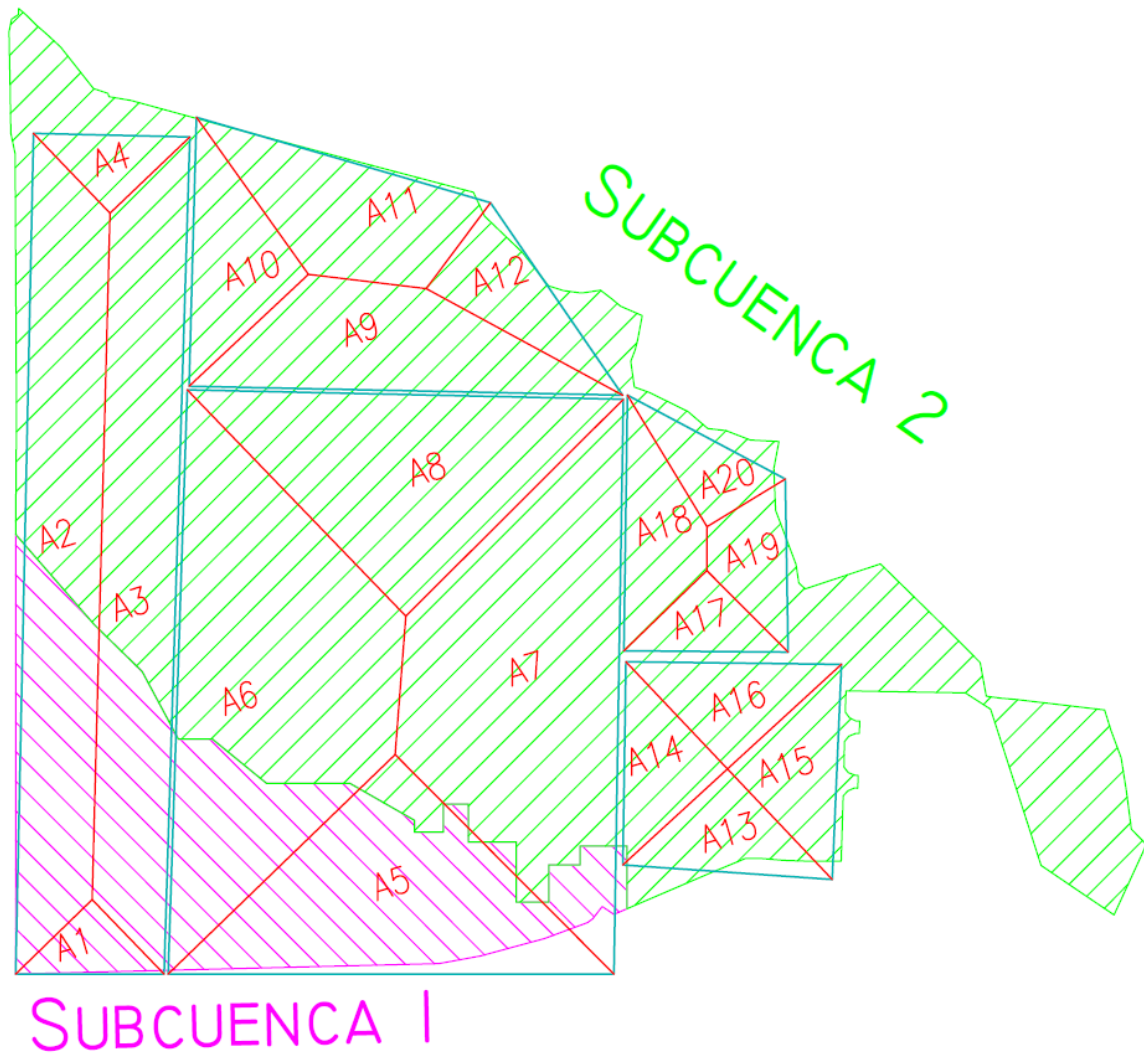


Fig. 35: Cuenca dividida en áreas de incidencia.

De acuerdo a lo analizado anteriormente y a los únicos elementos existentes que ayudan con el drenaje de las aguas de lluvias, se adoptan las siguientes calles para continuar con el estudio del escurrimiento de las aguas pluviales, cabe destacar que el nombre de las mismas fue asignado de acuerdo a su ubicación dentro del campus.

- Calle Administración
- Calle Acceso UCASAL
- Calle UM1 (casa de retiro)
- Calle UM2 (calle de fondo)
- Calle San Andrés Apóstol

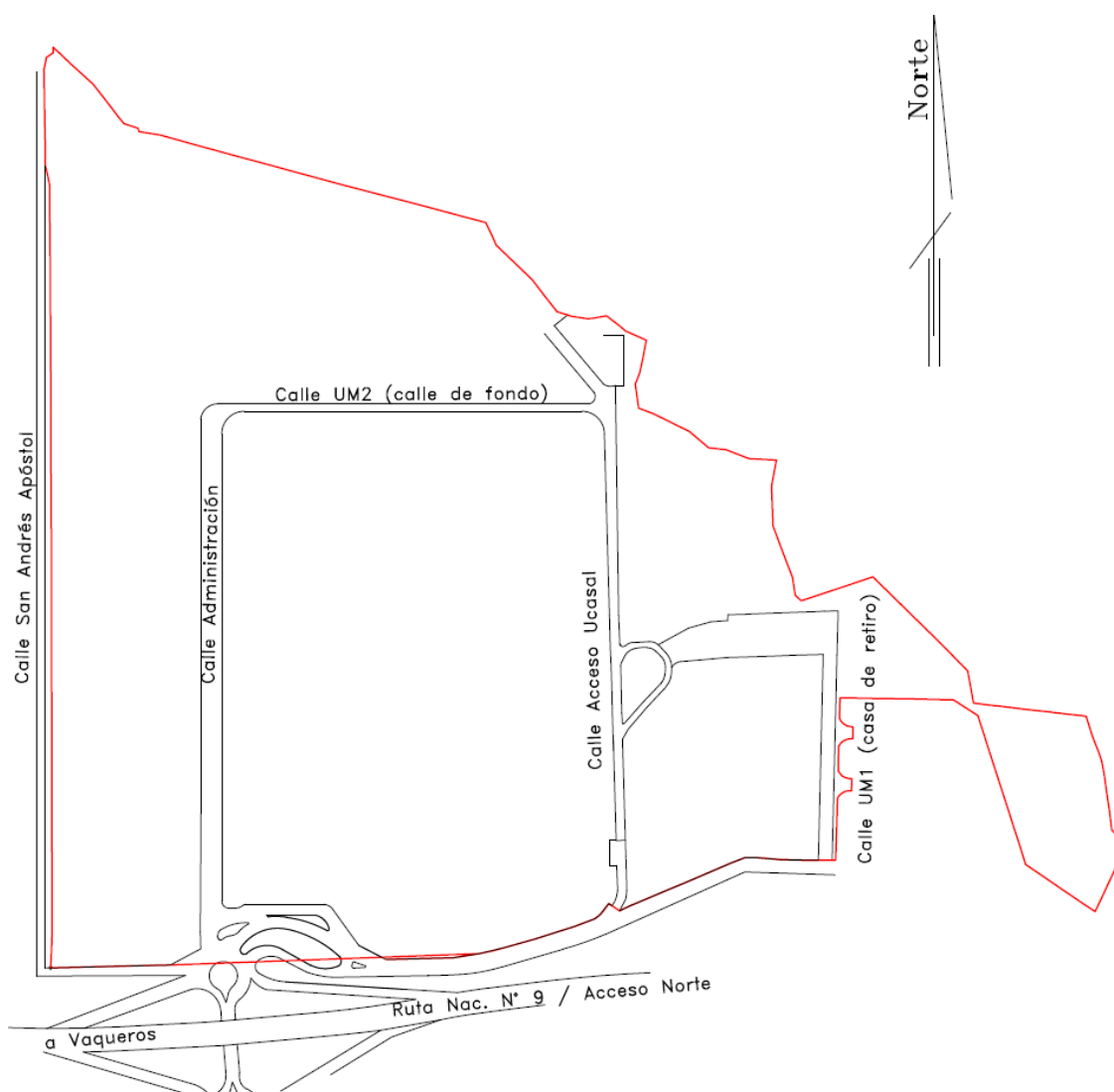


Fig. 36: Ubicación de las calles en estudio.

Luego se obtuvieron los parámetros físicos y geométricos de las calles anteriormente mencionadas. Se procedió a elegir perfiles transversales tipo de las cuatro calles anteriormente mencionadas para proceder con el cálculo de caudal, se decidió tomar estos perfiles transversales tipo por la variedad de secciones que presentan las diferentes calles a lo largo de las mismas.

Cabe destacar que estos datos fueron obtenidos con el uso de distintos instrumentos, como por ejemplo, nivel óptico, cinta de agrimensor y estación total. (Ver Anexos: Informe topografía)

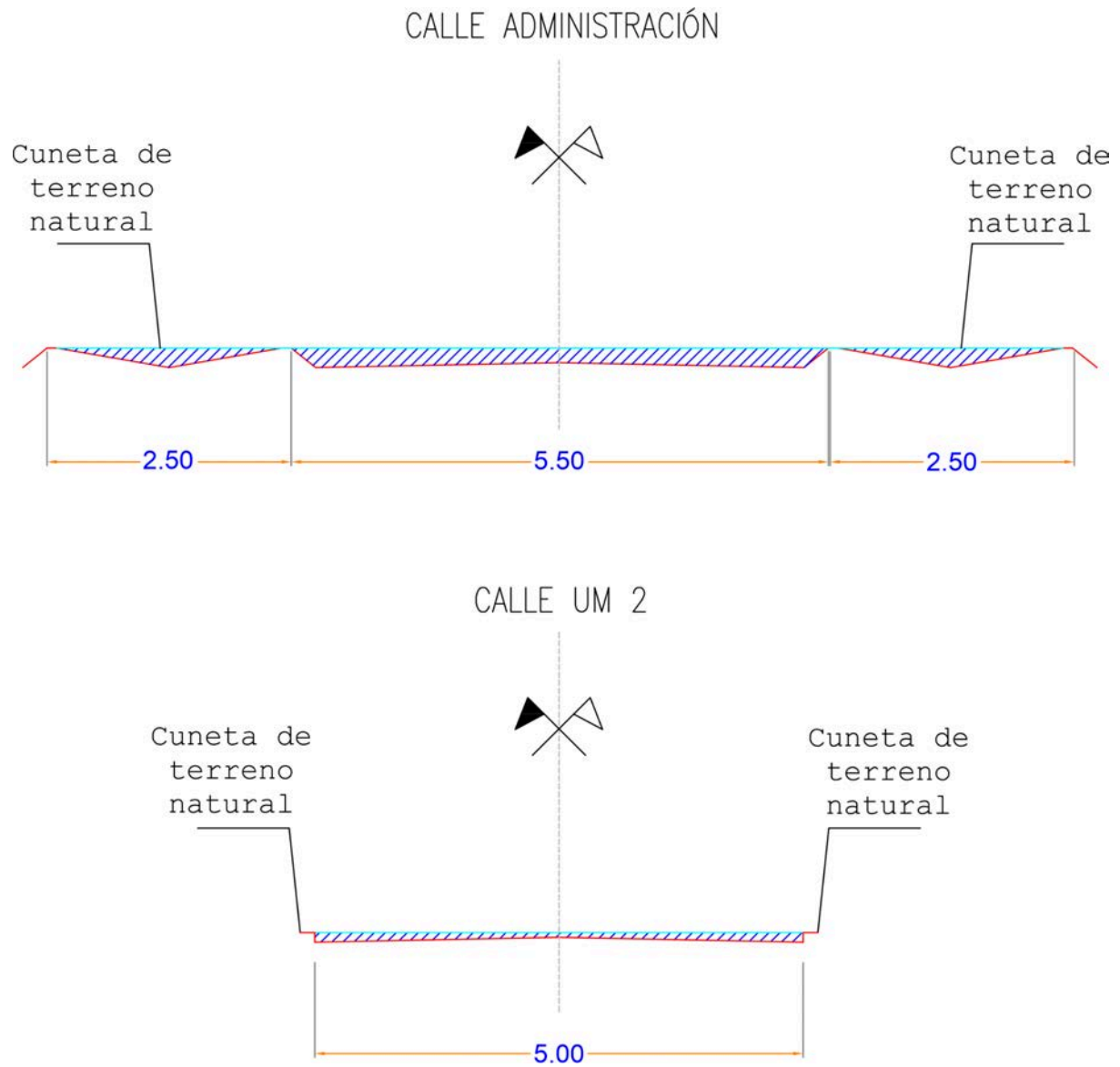


Fig. 37: Perfil transversal de las calles: Administración y Calle UM2.

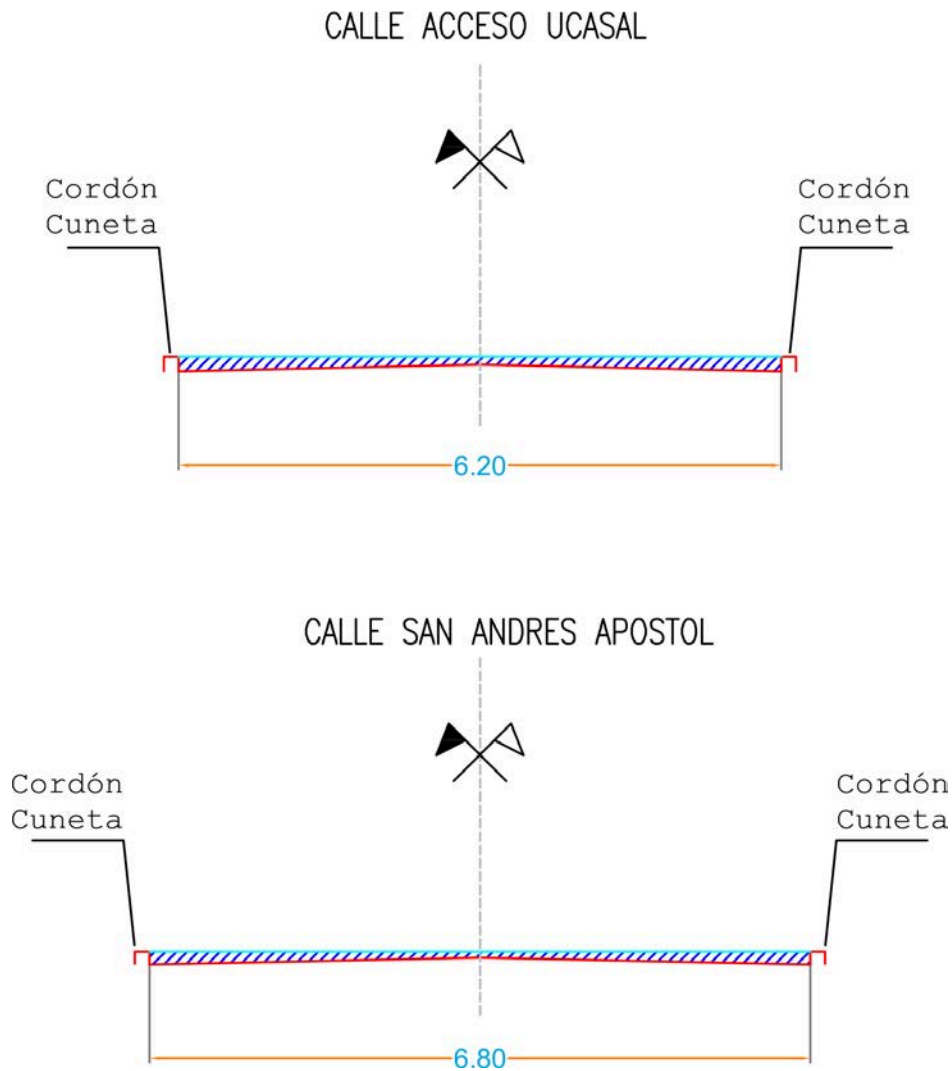


Fig. 38: Perfil transversal de las calles: Acceso Ucasal y Calle San Andrés Apóstol.

A continuación se procedió a calcular los caudales correspondientes a cada área de incidencia con los distintos periodos de retorno, para luego poder realizar el cálculo de verificación de caudales en la sección de las distintas calles.

Como se procede a verificar los caudales en las secciones de las calles en estudio, se indica la fórmula en cuestión para dicho cálculo.

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} = [m^3/seg]$$

Se puede observar que dicha fórmula se encuentra en función de los siguientes factores:

- Área de la sección de la calle
- Radio Hidráulico de la sección de la calle
- Pendiente de la calle
- Coeficiente de rugosidad de Manning

Para este último factor se adoptaron los valores correspondientes a las siguientes tablas, de acuerdo a las características de rugosidad de las calles en estudio.

Valores de coeficiente “n” de rugosidad de Manning	
a) Canales sin vegetación	
Cuneta de hormigón, pavimento asfáltico, pavimento de concreto.	0,013
Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación, en suelos sedimentarios finos.	0,016
Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros ni vegetación, con suelos de arcilla duros u horizontes endurecidos.	0,018
Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa vegetación, en tierra franca arcillosa.	0,020
Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular, pocas piedras, hierbas finas en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y también en canales recién limpiados y rastrillados.	0,0225
Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelo de grava o esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación.	0,025
Sección transversal y alineación irregulares, rocas dispersas y grava suelta en el fondo, o con considerable vegetación en los márgenes inclinados, o en un material de grava de hasta 150 mm de diámetro.	0,030
Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en la roca.	0,030
b) Canales con vegetación	
Gramíneas cortas (50-150 mm)	0,030-0,060
Gramíneas medias (150-250 mm)	0,030-0,085
Gramíneas largas (250-600 mm)	0,040-0,150
c) Canales de corriente natural	
Limpios y rectos	0,025-0,030
Sinuosos, con embalses y bajos	0,033-0,040
Con muchas hierbas altas, sinuosos	0,075-0,150

Tabla 6: Valores de coeficiente de rugosidad de Manning “n”.

A continuación se detallan las calles con los diferentes coeficientes de rugosidad de Manning que se utilizaron en el cálculo:

<u>Nombre de Calle</u>	<u>Coeficiente de Rugosidad de Manning</u>
● Calle Administración	0.0225
● Calle Acceso Ucasal	0.013
● Calle UM1 (casa de retiro)	0.0225
● Calle UM2 (calle de fondo)	0.0225
● Calle San Andrés Apóstol	0.013

Se adjuntan en la sección anexos las planillas de cálculo de los caudales de las distintas áreas de incidencia y verificación respecto a lo anteriormente mencionado, solamente dejando en esta sección un resumen de la verificación de los caudales de las distintas calles en estudio.

Calle	Área	Pm	R	S [i]	n	Q
Administración	1.385	10.3104	0.1343	0.0088	0.0225	1.5175
Acceso UCASAL	0.713	6.5	0.1097	0.0074	0.013	1.0776
UM1	0.15	6.1	0.0246	0.0217	0.0225	0.0831
UM2	0.375	5.2	0.0721	0.0281	0.0225	0.4843
San Andrés Apóstol	0.646	7.03	0.0919	0.0095	0.013	0.9875

Tabla 7: Cálculo de Caudales existentes de las calles en estudio.

Con los datos obtenidos se comparan con los caudales calculados para cada subcuenca para 10 y 20 años de retorno.

Calle	Q existente de la calle	Q cuenca p/ 10 años	Verifica	Q cuenca p/ 20 años	Verifica
Administración	1.5175	0.8229	Si	1.2494	Si
Acceso Ucasal	1.0776	0.5379	Si	0.8330	Si
UM1 (casa retiro)	0.0831	0.0631	Si	0.0985	No
UM2 (calle fondo)	0.4843	0.4174	Si	0.6518	No
San Andrés Apóstol	0.9875	0.3118	Si	0.4642	Si

Tabla 8: Verificación de valores de caudales para las distintas calles de estudio.

SISTEMA DE DRENAJE DE PROYECTO

Para optimizar el cálculo de diseño de la propuesta de red de drenajes pluviales, se optó también por realizar el análisis de las áreas de aporte a través de las pequeñas subcuencas existentes delimitadas, como si fueran divisorias de agua, a las construcciones (estacionamientos, caminería, elementos de parqueizado, etc), zonas de arboleda y por elementos hidráulicos de drenaje pluvial (alcantarillas, etc) del predio Campus Castañares que ayudan al escurrimiento de las aguas de lluvia.

Para poder hacer esto, lo que se hizo fue, ir al predio Campus Castañares y efectuar el análisis visual e in situ de los diferentes sectores que separan a estas pequeñas subcuencas, y además realizar una comparativa con las curvas de nivel reales del terreno y a través de ello determinar los cauces principales de las mismas, para posteriormente hacer el análisis nuevamente por medio del método racional. Pero en este caso, a diferencia del método de áreas de aporte, sólo se realizó el estudio para analizar la calle Administración y la calle Acceso UCASAL.

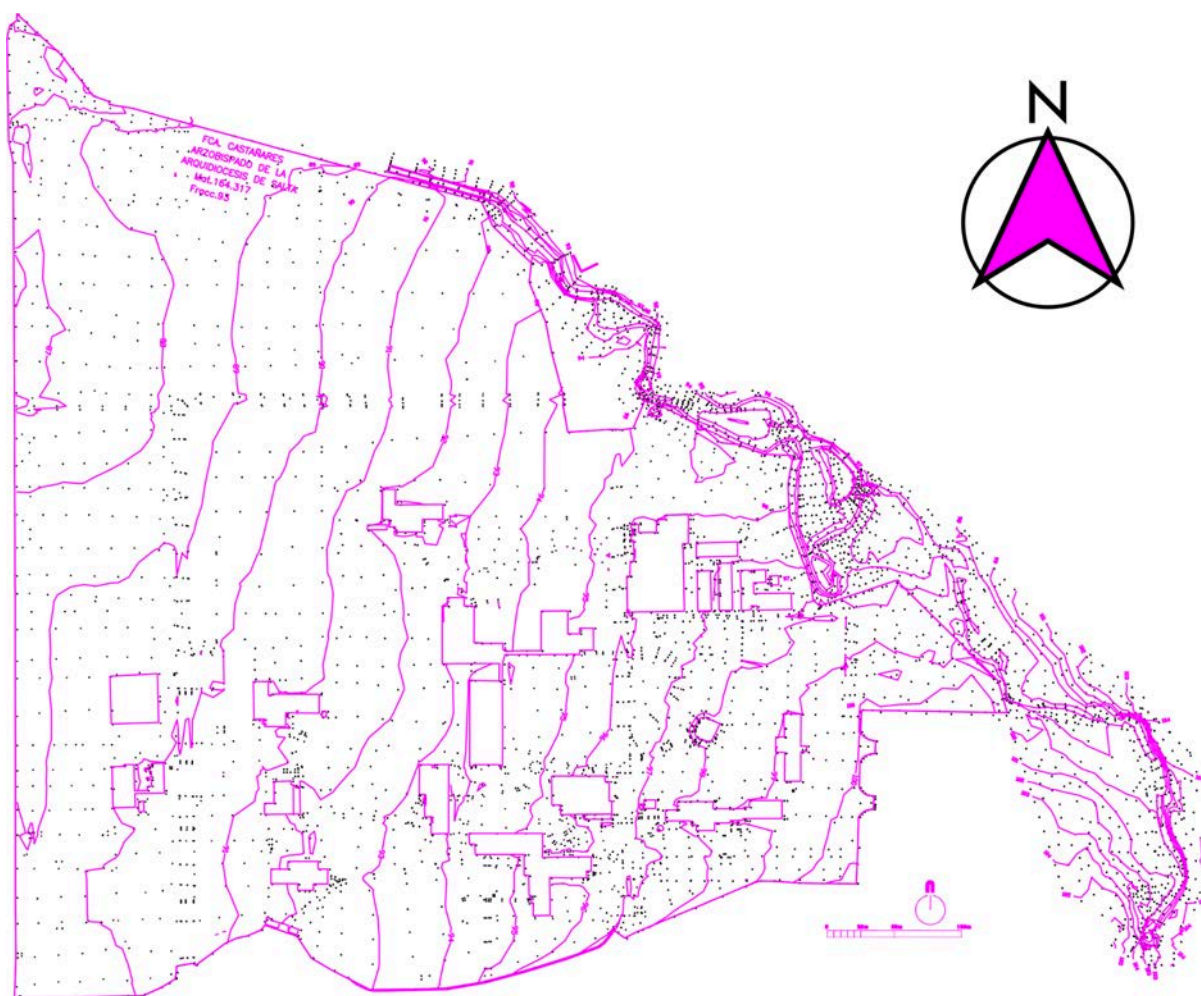


Fig. 39: Curvas de nivel del Campus Castañares.

Del reconocimiento del terreno obtuvimos que la calle Acceso UCASAL se comportaba como divisoria de aguas en el comportamiento de desagües pluviales del predio Campus

Castañares, es decir, esta calle separa el escurrimiento en 2 sectores, un sector con confluye a la calle Acceso UCASAL y el otro sector hacia la calle Administración, como puede observarse en la Figura 40.

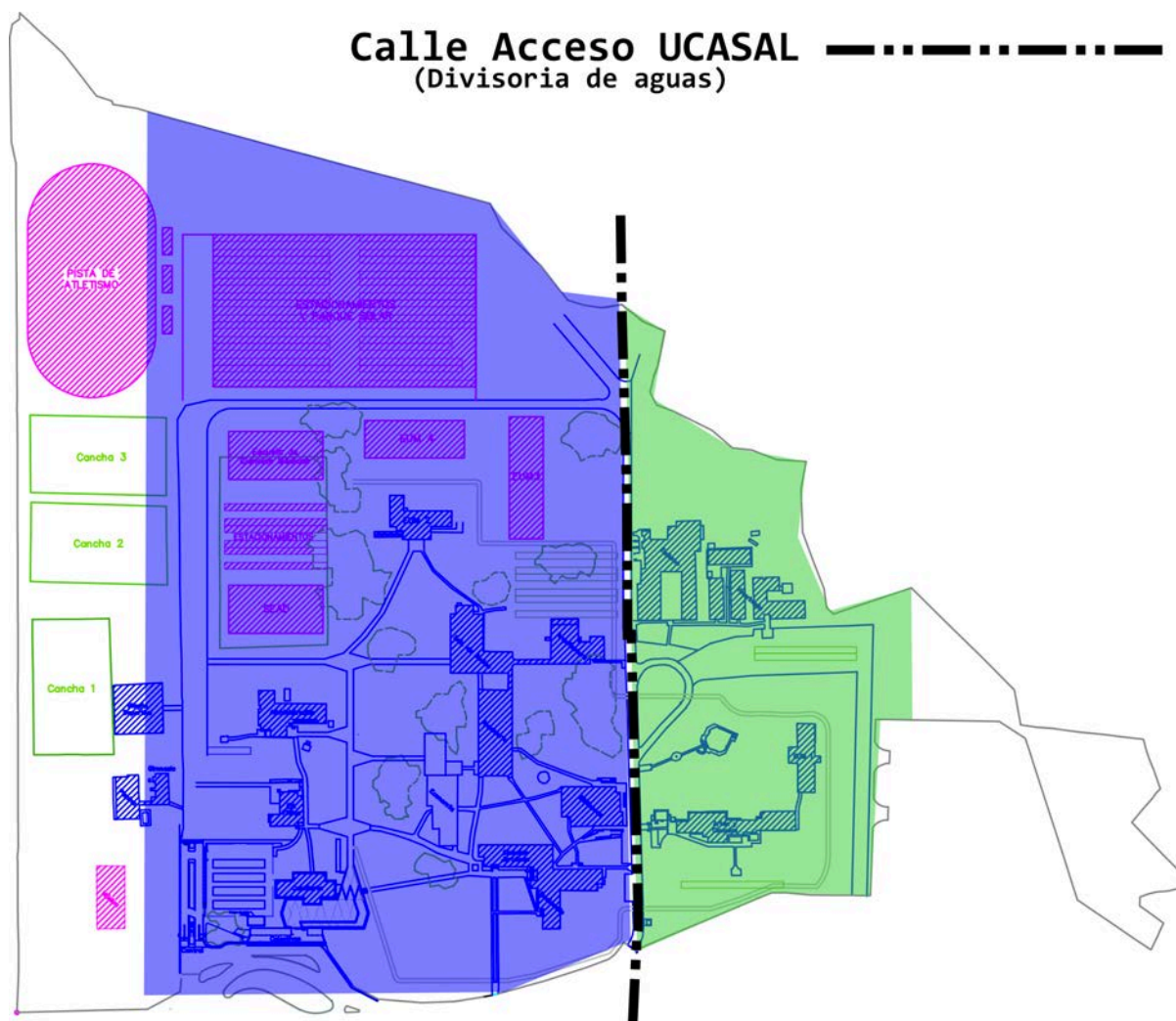


Fig. 40: Imagen que muestra la calle Acceso UCASAL como divisoria de aguas.

A partir de esto se procedió a realizar el análisis de escurrimiento y se obtuvo el comportamiento de estas subcuencas existentes. Se adopta un diseño del sistema de drenaje concentrado en dos principales calles, calle Acceso UCASAL y calle Administración.

A continuación se presenta el plano de escurrimiento de diseño determinado por las subcuencas existentes en el predio:

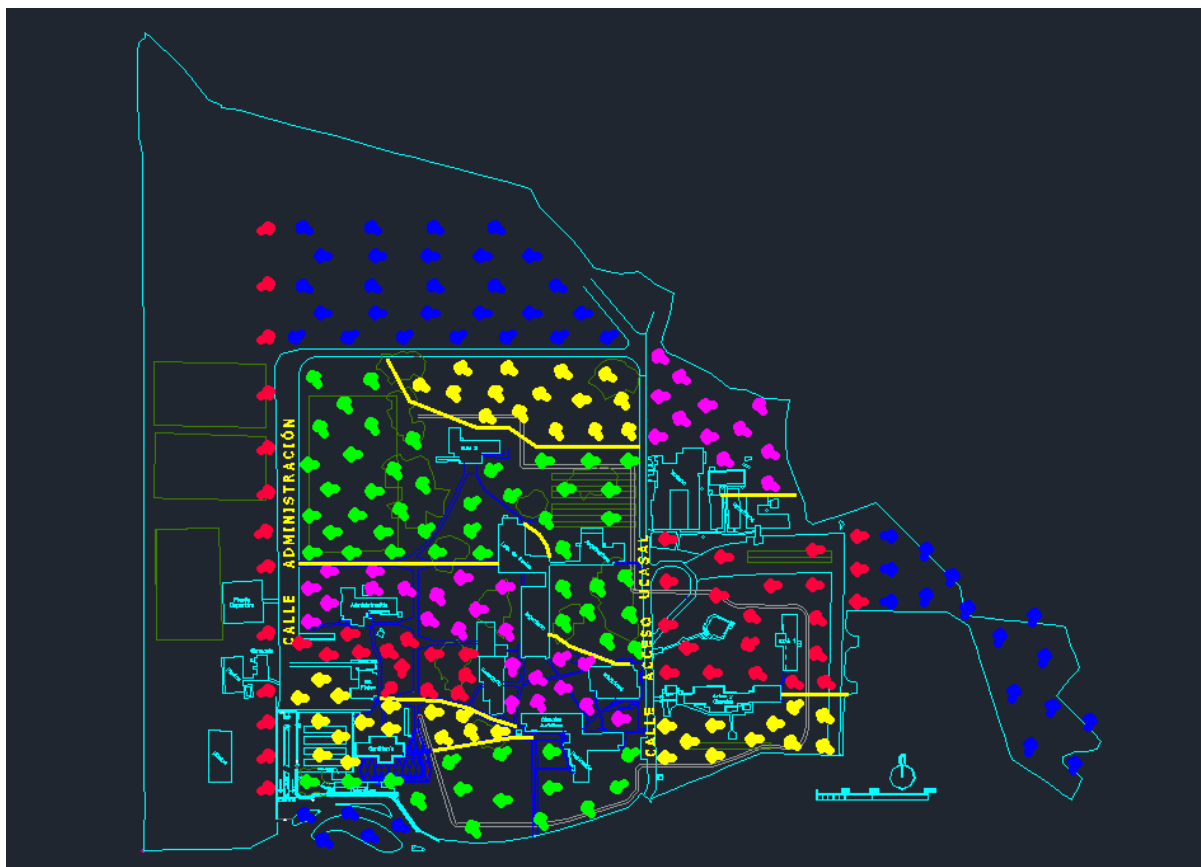


Fig. 41: Plano de escurrimiento de diseño sobre la calle Administración y sobre la calle Acceso UCASAL (Captura obtenida del programa Autocad).

A partir del escurrimiento de diseño se pudo obtener las áreas de estas subcuencas existentes que escurren hacia la calle Administración y hacia la calle Acceso UCASAL, que son las que se van a estudiar en este análisis.

Luego de esto, se procedió a superponer las imágenes de las áreas de las subcuencas existentes con la imagen de las dos subcuencas de estudio que obtuvimos con el programa Global Mapper, y se calcularon las áreas en las que cada subcuenca existente aporta a las subcuencas de estudio.

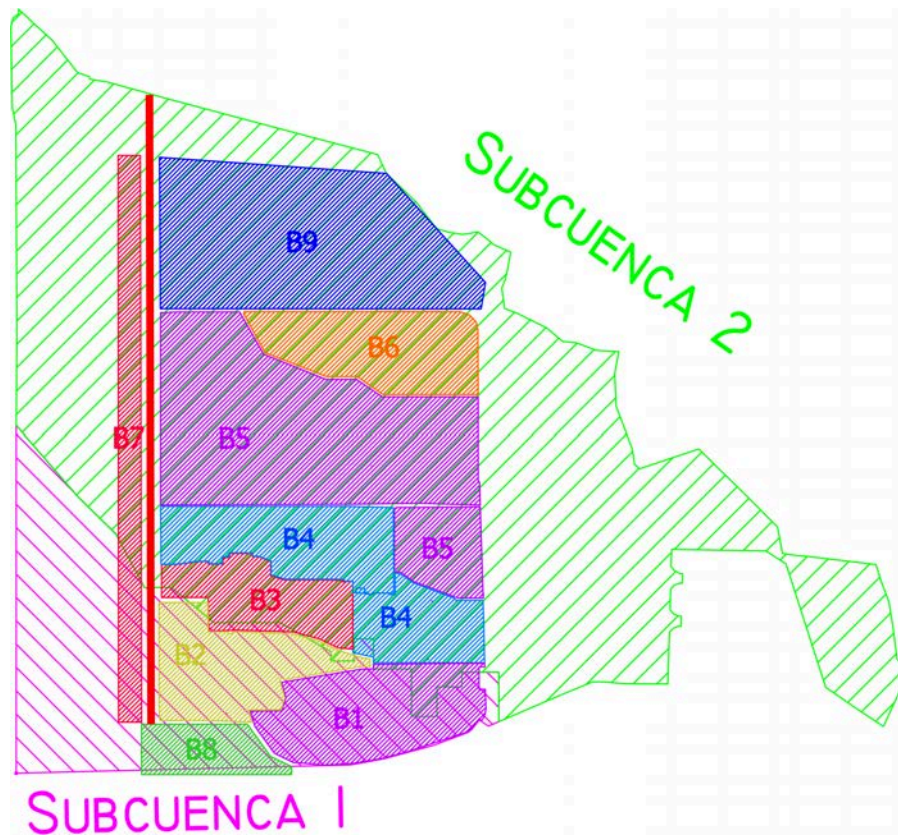


Fig. 42: Superposición de imágenes de las áreas de subcuencas existentes sobre las subcuencas de estudio del Campus Castañares que aportan a la calle Administración.

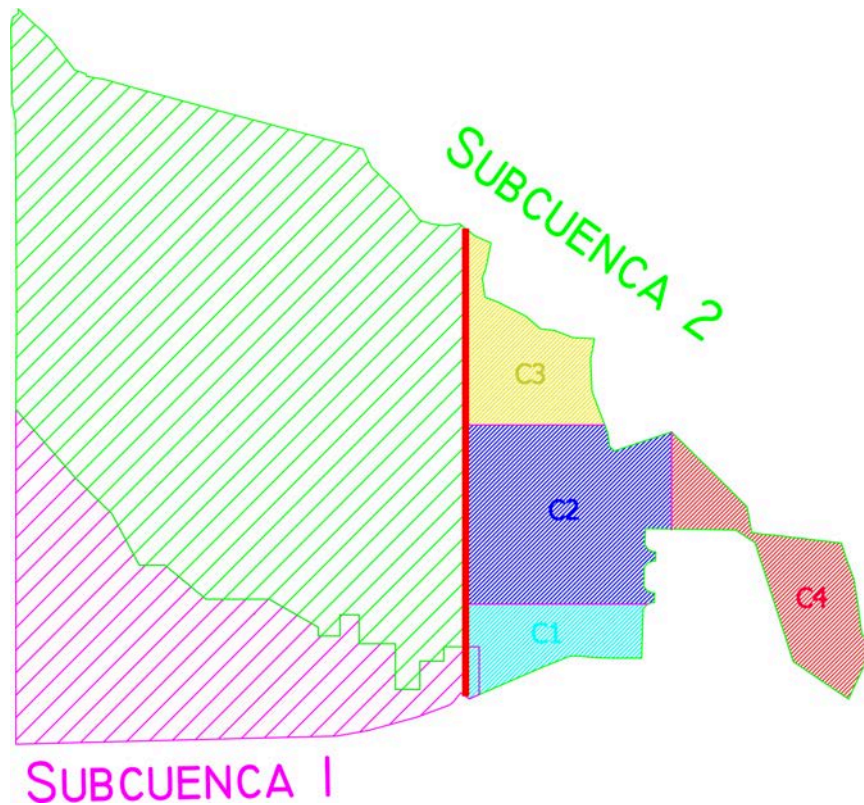


Fig. 43: Superposición de imágenes de las áreas de subcuencas existentes sobre las subcuencas de estudio del Campus Castañares que aportan a la calle Acceso UCASAL.

Luego de obtenidas las áreas, se procedió a verificar los valores de caudal para las calles en estudio: calle Administración y calle Acceso UCASAL, siguiendo nuevamente el procedimiento del método racional. Para ello se volvieron a utilizar los valores de coeficiente de escorrentía C, intensidad I y caudal Q que se habían calculado anteriormente.

Subcuenca	Área [Has]	C		I		Caudal Q [m3/s]	
		10 años	20 años	10 años	20 años	Q p/ 10 años	Q p/ 20 años
1	7,25	0,3	0,33	110	140	0,6645	0,9304
2	28,12	0,37	0,4	90	130	2,6011	4,0617

Tabla 9: Resultados de valores de caudal para las subcuencas 1 y 2.

Nuevamente en una tabla Excel se hicieron los cálculos para obtener los valores de caudal total para 10 años y 20 años de recurrencia, pero ahora en este caso con las áreas de subcuencas existentes obtenidas siguiendo este nuevo análisis.

Con este nuevo método, efectuando un análisis primeramente a la calle Administración, se puede observar que al aumentarse la incidencia de las áreas de las subcuencas existentes que aportan a la calle de estudio, sobre todo de las que aportan ahora de la calle UM2 a calle Administración, los valores de caudal obtenidos, aproximadamente aumentan un 33% con respecto al estudio realizado anteriormente por el método subcuencas generalizadas como manzanas o losas de aporte. Mientras que en la calle Acceso UCASAL, los valores de caudal obtenidos aumentan aproximadamente en un 32% con respecto al análisis anterior.

Calles	Administración + UM2		Acceso UCASAL	
Método	Caudal total		Caudal total	
	Qt p/ 10 años	Qt p/ 20 años	Qt p/ 10 años	Qt p/ 20 años
<i>Subcuencas generalizadas con áreas de incidencia</i>	1.2403	1.9012	0.5379	0.8330
<i>Sistema de drenaje de proyecto</i>	1.666046	2.5425	0.7139	1.1148

Tabla 10: Comparativa de caudales obtenidos con los distintos métodos.

Obtenidos los valores de caudal para los tiempos de recurrencia estimados, se procedió con la verificación de caudal con la sección de las calles en las cuales se van a realizar las principales obras (Calle Administración y Calle Acceso UCASAL).

Calle	Q existente de la calle	Q cuenca p/ 10 años	Verifica	Q cuenca p/ 20 años	Verifica
Administración	1.5175	1.666046	No	2.5425	No
Acceso UCASAL	1.0776	0.7139	Si	1.1148	No

Tabla 11: Verificación de caudales para las calles Administración y Acceso UCASAL usando el sistema de drenaje de proyecto.

RECOMENDACIONES: OBRAS PROPUESTAS

Como se puede observar en el último cuadro, el caudal de las calles en estudio no verifican con respecto al caudal de diseño para un periodo de retorno de 20 años, con lo cual encontramos que las secciones de las calles no tienen capacidad suficiente para evacuar las aguas pluviales.

Finalizado este análisis hidrológico e hidráulico, considerando el comportamiento actual del drenaje del predio y conociendo los proyectos que la universidad tiene pensado realizar a futuro es que recomendamos que se construyan 1 canal que sea paralelo a la calle *Administración* y sobre la calle *Acceso UCASAL* un cordón cuneta y una cuneta asimétrica (Fig. 44) para drenar el incremento de aguas superficiales que se puedan producir por las nuevas obras a ejecutar sin que se tenga inconveniente alguno y colaborando con la expansión edilicia y urbanística que tendrá el predio Campus Castaños (Fig. 8) (Ver en Anexos, planos detalles de proyecto: “Proyecto”); así también, se recomienda realizar *desembocaduras en los tramos finales de ambas obras del proyecto* que van a descargar en el canal que se encuentra al norte del predio.



Fig. 44: Ubicación de proyecto de soluciones en Calle Administración y Calle Acceso UCASAL.

Primeramente, se procedió a optimizar el cálculo de caudales para lograr una apropiada efectividad de los proyectos de canales, para ello realizamos un escalonamiento de los valores de caudales que llegan a ambas calles, es decir que para los primeros tramos de los canales se analizaron las áreas de incidencia que interfieren en los mismos y se obtuvieron los caudales para estas áreas, y mientras avanzamos sobre los tramos se fue obteniendo el valor acumulado de caudales hasta obtener el valor máximo obtenido en los análisis de subcuencas existentes (Tabla 12 y Tabla 13). Para ambas calles se decidió dividir las en tres tramos.

Calle Administración (Canal de desagüe)				
Tramos	Caudal Q para 10 años [m ³ /s]	Q acumulado para 10 años	Caudal Q para 20 años [m ³ /s]	Q acumulado para 20 años
Tramo 1	0.577021	0.577021	0.856982	0.856982
Tramo 2	0.615944	1.192965	0.961834	1.818816
Tramo 3	0.473081	1.666046	0.723728	2.542546
Total	1.666046		2.542546	

Tabla 12: Caudal acumulado para los diferentes tramos de la calle Administración.

Calle Acceso UCASAL (Cordón cuneta y cuneta asimétrica)				
Tramos	Caudal Q para 10 años [m ³ /s]	Q acumulado para 10 años	Caudal Q para 20 años [m ³ /s]	Q acumulado para 20 años
Tramo 1	0.107375	0.107375	0.167673	0.167673
Tramo 2	0.315859	0.423234	0.493233	0.660907
Tramo 3	0.139068	0.562303	0.217164	0.878071
Total	0.562303		0.878071	

Tabla 13: Caudal acumulado para los diferentes tramos de la calle Acceso UCASAL.

Verificación del canal existente

Antes de comenzar con el predimensionado del proyecto, se procedió a verificar el canal existente al norte del predio (Fig. 14). Para esta verificación y para posteriormente realizar el dimensionado de los canales del proyecto, usamos el programa HCanales (Versión 3), que es un programa para diseñar y dimensionar canales y obras hidráulicas. Utilizando las dimensiones del canal ingresamos los datos al programa y obtuvimos los valores de caudal para dicha sección (Fig. 45) obteniendo un resultado de 114,24 m³/s.

Lugar: Salta Capital Tramo:	Proyecto: Canal Norte Existente Revestimiento: Hormigón
--	--

Datos:	
Tirante (y): 2.12 m	
Ancho de solera (b): 2 m	
Talud (Z): 1	
Coefficiente de rugosidad (n): 0.013	
Pendiente (S): 0.0257 m/m	

Resultados:	
Caudal (Q): 114.2405 m ³ /s	Velocidad (v): 13.0794 m/s
Area hidráulica (A): 8.7344 m ²	Perímetro (p): 7.9963 m
Radio hidráulico (R): 1.0923 m	Espejo de agua (T): 6.2400 m
Número de Froude (F): 3.5296	Energía específica (E): 10.8392 m-Kg/Kg
Tipo de flujo: Subcrítico	

Fig. 45: Captura del programa HCanales de la verificación del canal existente al norte del predio.

Haciendo la suma de los caudales obtenidos para ambas calles en el estudio de subcuencas existentes, para un periodo de retorno de 10 años se tiene un caudal de 2.2283 m³/s y para un periodo de retorno de 20 años un caudal máximo de 3,4206 m³/s. Con esto podemos afirmar que el aporte de caudales de este proyecto no va a exceder la capacidad del canal existente.

1. CALLE ADMINISTRACIÓN: Canal a cielo abierto (con tapa)

Para dimensionar el canal de nuestro proyecto sobre calle Administración, ingresando valores de caudales (Q), ancho de solera (b), talud (z), rugosidad (n) y pendiente (S) en el programa HCanales, conseguimos un predimensionado de la sección del canal para un periodo de 20 años de retorno (Fig. 46).

Lugar: Campus Castaños Tramo:	Proyecto: Red de drenaje Revestimiento: Hormigón
--	---

Datos:	
Caudal (Q): 2.54 m ³ /s	
Ancho de solera (b): 1 m	
Talud (Z):	
Rugosidad (n): 0.013	
Pendiente (S): 0.015 m/m	

Resultados:	
Tirante normal (y): 0.6314 m	Perímetro (p): 2.2628 m
Area hidráulica (A): 0.6314 m ²	Radio hidráulico (R): 0.2790 m
Espejo de agua (T): 1.0000 m	Velocidad (v): 4.0229 m/s
Número de Froude (F): 1.6164	Energía específica (E): 1.4562 m-Kg/Kg
Tipo de flujo: Supercrítico	

Fig. 46: Prueba de verificación de caudal de sección rectangular para la calle Administración para un periodo de retorno de 20 años.

Con el resultado obtenido del análisis en HCanales y en base a diferentes consideraciones se decidió optar por la canalización rectangular, ya que este elemento existe en el mercado como pieza premoldeada, con lo cual esto nos favorece en factores como costo, logística, facilidad de ejecución y por sus dimensiones sería la más conveniente de usar para la calle

Administración, estos elementos premoldeados que se venden en el mercado llamados “canales de conducción”, son canales de sección tipo U para conducción hídrica, con lo que el escurrimiento de las aguas pluviales quedaría resuelto. Una de las ventajas de utilizar este tipo de elementos es que van a ser materializados con mejor practicidad in situ debido a las interferencias de elementos constructivos existentes en el predio (estacionamientos, veredas, caminos, etc.) que interrumpen en el desarrollo de los canales, otro de los beneficios que traería usar este tipo de piezas son el tiempo de ejecución de las obras en donde se podrían reducir notablemente los plazos debido a la facilidad de instalación que estos elementos requieren, comparados con los canales elaborados manualmente in situ.

Estos elementos premoldeados se presentan en el mercado en secciones tipo “U” y en dimensiones: 120x90x150 (Fig. 47) y 80x70x150 (Fig. 48), y con la posibilidad de sus tapas superiores correspondientes (Fig. 49).

CANAL HORIZONTAL SECCIÓN “U” 120x90x150
PERSPECTIVA

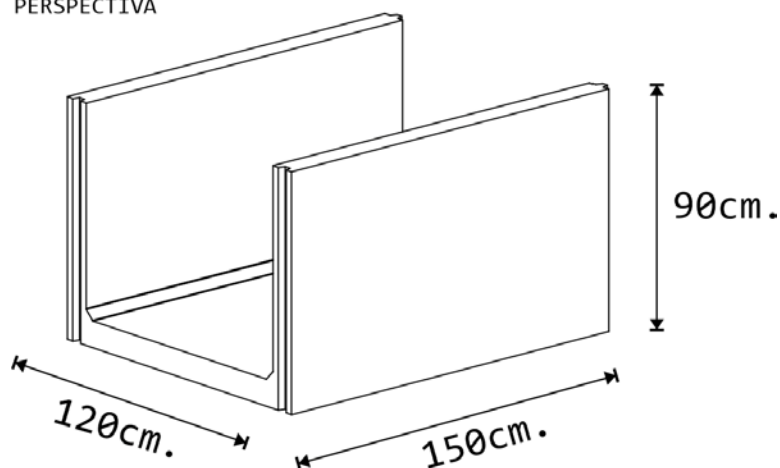


Fig. 47: Perspectiva canal de conducción sección tipo U 120x90x150.

CANAL HORIZONTAL SECCIÓN “U” 80x70x150
PERSPECTIVA

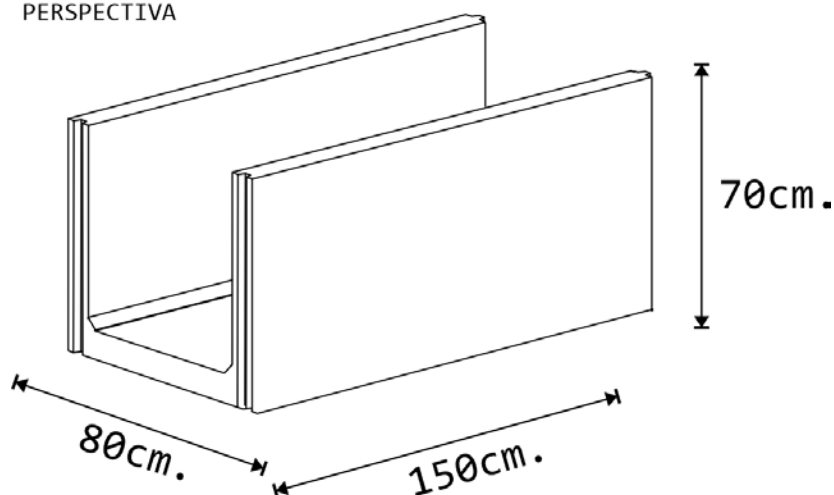


Fig. 48: Perspectiva canal de conducción sección tipo U 80x70x150.

TAPA CANAL HORIZONTAL SECCIÓN “U”
 PERSPECTIVA

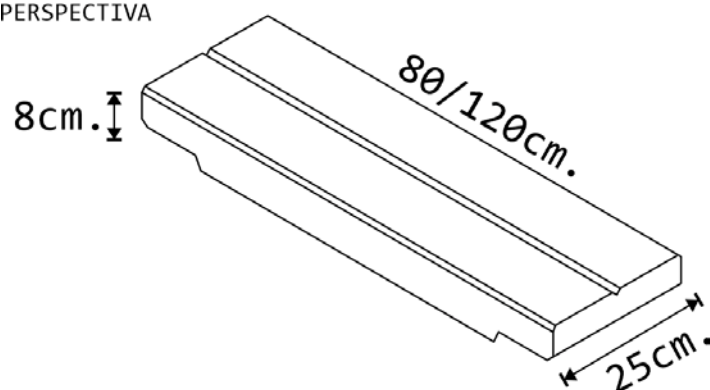


Fig. 49: Perspectiva tapa canal sección tipo U 80/120.

2. CALLE ACCESO UCASAL: Desagües superficial por cunetas

Seguidamente se procedió a decidir qué solución proponer para la calle Acceso Ucasal, ya que esta calle es la más concurrida tanto por peatones como por vehículos, y considerando que la construcción de un canal ya ha sido contemplada anteriormente por otro autor, se decidió optar por una solución diferente, para esta calle la propuesta es la construcción de un cordón cuneta a la izquierda en la dirección sur - norte y para el tramo de la derecha la construcción de una cuneta asimétrica, en la misma dirección sur - norte. Cabe mencionar que antes de decidir por la solución seleccionada, se consideró también levantar el pavimento existente y reconstruirlo 30 cm debajo de la cota existente, pero esta propuesta involucraría mucho movimiento de suelos, diseño de pavimentos rígidos e interrupciones de las actividades en el predio. Por lo que la solución que mejor nos resulta para evacuar las aguas pluviales es la del cordón cuneta (Fig. 50) y de la cuneta asimétrica (Fig. 51), por la practicidad para ejecutar estas obras.

Obra	Caudal de la Sección [m ³ /seg]	Caudal Cuenca p/ 20 años [m ³ /seg]
Cordón cuneta	0.4823	0.878071
Cuneta asimétrica	0.5107	
Total	0.9930	0.878071
Nota: el cálculo de caudal de ambas cunetas se realizó con la pendiente existente de la calle que es del 11%.		

Tabla 14: Caudal de las secciones de las obras propuestas para la calle Acceso Ucasal.

DETALLE CORDÓN CUNETA 15X15 [cm] Hormigón H21

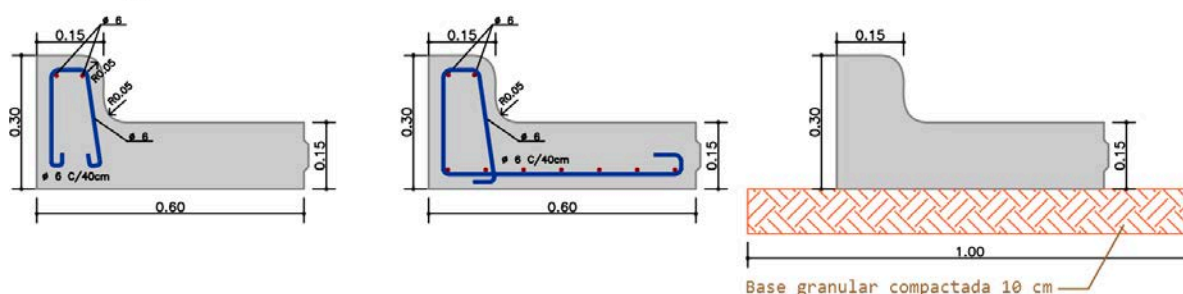


Fig. 50: Detalle cordón cuneta 15x15 cm propuesto para la calle Acceso UCASAL.

DETALLE CUNETA ASIMÉTRICA Hormigón H17

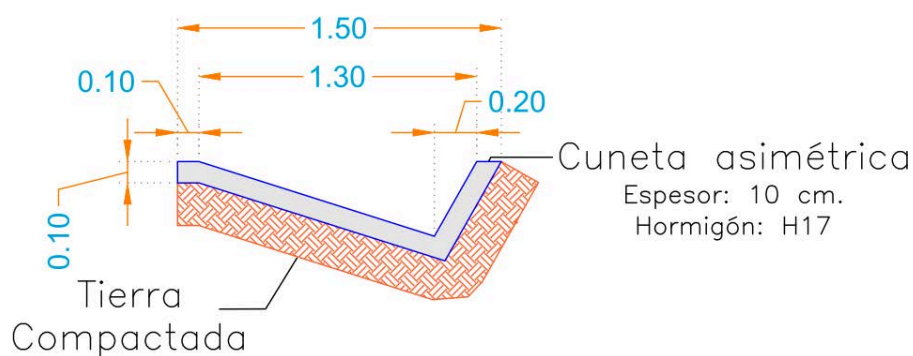


Fig. 51: Detalle cuneta asimétrica propuesta para la calle Acceso UCASAL.

3. DESEMBOCADURAS EN TRAMOS FINALES

Lo último por verificar en el proyecto son las desembocaduras de los tramos finales, para ello fuimos diseñando en HCanales comparando la capacidad de carga de estas piezas con los valores de caudal obtenidos de nuestro estudio, para asegurarnos que las aguas de lluvia se descarguen de manera correcta y no tener inconvenientes a futuro.

Desembocadura	Ancho de Solera (b)	Tirante (y)	Pendiente (i)	Caudal de desembocadura	Caudal necesario
Administración	3.05 m	0.35 m	24%	5.5050 m ³	2.5425 m ³
Acceso UCASAL	2.20 m	0.25 m	22%	2.1725 m ³	1.1148 m ³

Tabla 15: Comparación de caudales de diseño de desembocaduras con caudales calculados.

A continuación se muestran las vistas de las desembocaduras de la calle Administración y la de la calle Acceso UCASAL. Todos los detalles de las obras propuestas se encuentran a detalle en los Planos de Proyecto (Anexos).

DESCARGADOR CALLE ADMINISTRACIÓN Hormigón H21

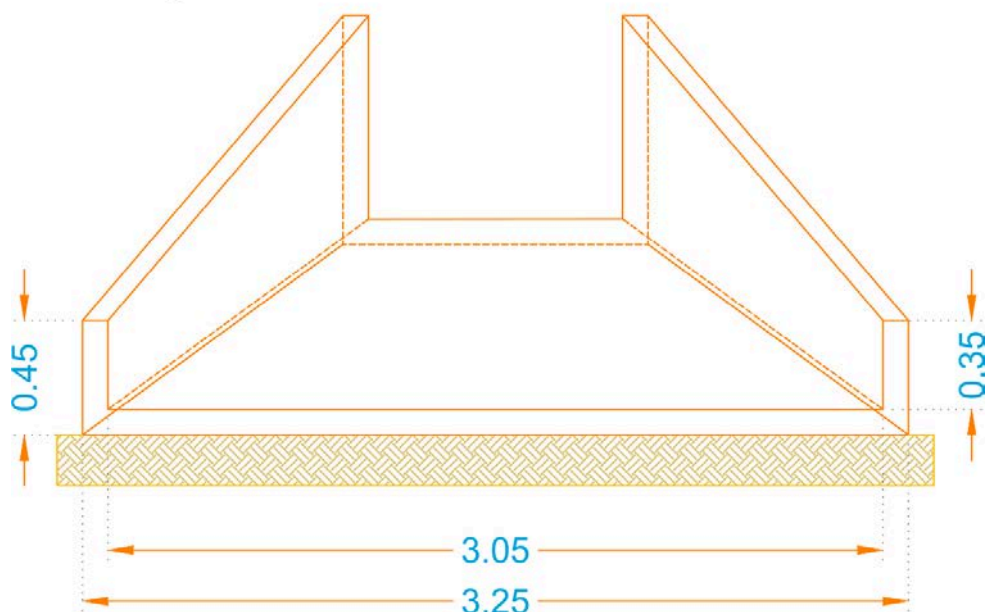


Fig. 52: Vista desembocadura Calle Administración.

DESCARGADOR CALLE ACCESO UCASAL Hormigón H21

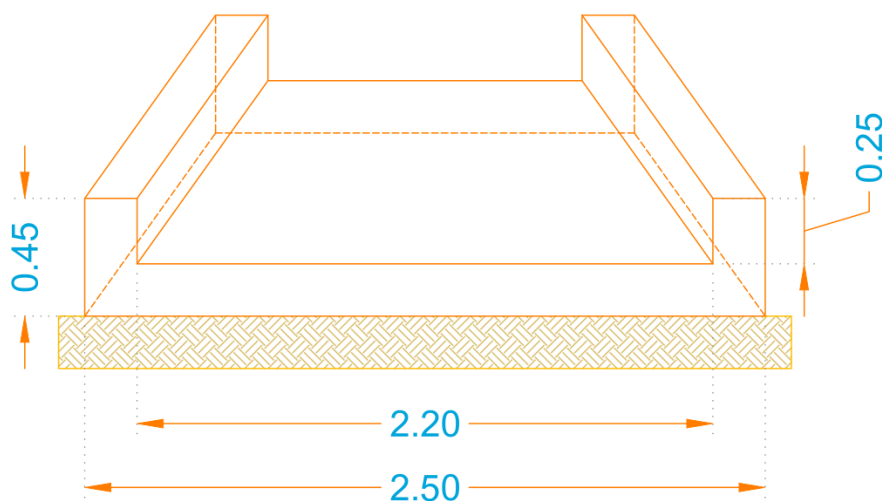


Fig. 53: Vista desembocadura Calle Acceso UCASAL.

Por último, proponemos el cómputo y presupuesto del proyecto de desagües pluviales; del canal para la calle *Acceso Administración*: con la opción de canales premoldeados y también con la opción de canales de hormigón armado fabricados in situ, y, el cómputo y presupuesto para el cordón cuneta y la cuneta asimétrica de la *calle Acceso UCASAL*; para los 2 tramos de sectores propuestos para una lluvia de diseño 20 años de recurrencia.

CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

PLANILLA DE Cómputo y Presupuesto - CUADRO A

OBRA: “RED DE DRENAJE CAMPUS CASTAÑARES UCASAL – CANALES PREMOLDEADOS, CALLE ADMINISTRACIÓN - DEPARTAMENTO CAPITAL – PROVINCIA DE SALTA”
EMPRESA: UCASAL
MES BASE OBRA: FEBRERO 2025

CUADRO B. OBRA DE ARQUITECTURA							
ITEMS	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO ITEM	COSTO RUBRO	INCID.
	Tareas preliminares						
1	Limpieza y replanteo	gl	1,00	\$ 10.159.091,18	\$ 10.159.091,18	\$ 10.159.091,18	4,56%
	Movimiento de suelos					\$ 20.394.728,63	9,15%
2	Excavación con equipos	m3	677,00	\$ 26.213,23	\$ 17.746.354,68		7,97%
3	Excavación a mano	m3	105,00	\$ 22.918,07	\$ 2.406.397,77		1,08%
4	Compactación de suelo	m3	165,00	\$ 1.466,52	\$ 241.976,18		0,11%
	Estructura					\$ 192.037.859,33	86,20%
5	Montaje de premoldeado	ml	530,00	\$ 362.335,58	\$ 192.037.859,33		86,20%
	Limpieza					\$ 185.366,78	0,08%
6	Limpieza general de obra	m2	110,00	\$ 1.685,15	\$ 185.366,78		0,08%
COSTO TOTAL						\$ 222.777.045,92	100,00%

PLANILLA DE Cómputo y Presupuesto - CUADRO A

OBRA: “RED DE DRENAJE CAMPUS CASTAÑARES UCASAL – CANALES FABRICADOS IN SITU, CALLE ADMINISTRACIÓN - DEPARTAMENTO CAPITAL – PROVINCIA DE SALTA”
EMPRESA: UCASAL
MES BASE OBRA: FEBRERO 2025

CUADRO B. OBRA DE ARQUITECTURA							
ITEMS	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO ITEM	COSTO RUBRO	INCID.
	Tareas preliminares						
1	Limpieza y replanteo	gl	1,00	\$ 10.159.091,18	\$ 10.159.091,18	\$ 10.159.091,18	3,61%
	Movimiento de suelos					\$ 51.657.741,35	18,36%
2	Excavación con equipos	m3	1732,52	\$ 26.213,23	\$ 45.414.940,04		16,14%
3	Excavación a mano	m3	250,00	\$ 22.918,07	\$ 5.729.518,50		2,04%
4	Compactación de suelo	m3	350,00	\$ 1.466,52	\$ 513.282,81		0,18%
	Estructura					\$ 219.291.955,78	77,96%
5	H° A° Canal	m3	177,50	\$ 1.235.447,64	\$219.291.955,78		77,96%
	Limpieza					\$ 185.366,78	0,07%
6	Limpieza general de obra	m2	110,00	\$ 1.685,15	\$ 185.366,78		0,07%
COSTO TOTAL						\$ 281.294.155,09	100,00%

PLANILLA DE Cómputo y Presupuesto - CUADRO A

OBRA: “RED DE DRENAJES CAMPUS CASTAÑARES UCASAL: DESAGÜE SUPERFICIAL POR CUNETAS, CALLE ACCESO UCASAL –
 DEPARTAMENTO CAPITAL – PROVINCIA DE SALTA”
EMPRESA: UCASAL
MES BASE OBRA: FEBRERO 2025

CUADRO B. OBRA DE ARQUITECTURA							
ITEMS	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO ITEM	COSTO RUBRO	INCID.
	Tareas preliminares						
1	Limpieza y replanteo	gl	1,00	\$ 11.398.672,40	\$ 11.398.672,40	\$ 11.398.672,40	8,38%
	Movimiento de suelos					\$ 12.334.599,61	9,07%
2	Excavación con equipos	m3	320,00	\$ 30.008,86	\$ 9.602.835,52		7,06%
3	Excavación a mano	m3	100,00	\$ 22.918,07	\$ 2.291.807,40		1,68%
4	Compactación de suelo	m3	300,00	\$ 1.466,52	\$ 439.956,69		0,32%
	Estructura					\$ 112.032.127,81	82,37%
5	Hº Aº Cuneta Asimetrica	m2	595	120.891,79	\$ 71.930.616,72		52,88%
6	Cordón Cuneta en Calles	ml	384	42.029,80	\$ 16.139.442,32		11,87%
7	Hº Aº Descargador	m3	22,5	1.064.980,83	\$ 23.962.068,78		17,62%
	Limpieza					\$ 252.772,88	0,19%
8	Limpieza general de obra	m2	150,00	\$ 1.685,15	\$ 252.772,88		0,19%
COSTO TOTAL						\$ 136.018.172,69	100,00%

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Hidrología en la Ingeniería – *Germán Monsalve Sáenz* (Colombia) – 1999
- Hidráulica Aplicada – *Ven Te Chow* – 1988
- Hidráulica de canales abiertos – *Ven Te Chow* – 1994
- Fundamentos de Hidrología de superficies – *Francisco Javier Aparicio* – 1992
- Apuntes de la materia Hidrología – *Francisco Javier Ramos Vernieri*
- Guía, análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial – Gobierno de Chile (Chile) – 2013
- Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas – *Benjamín Lux Cardona* (Guatemala) – 2016

ANEXOS

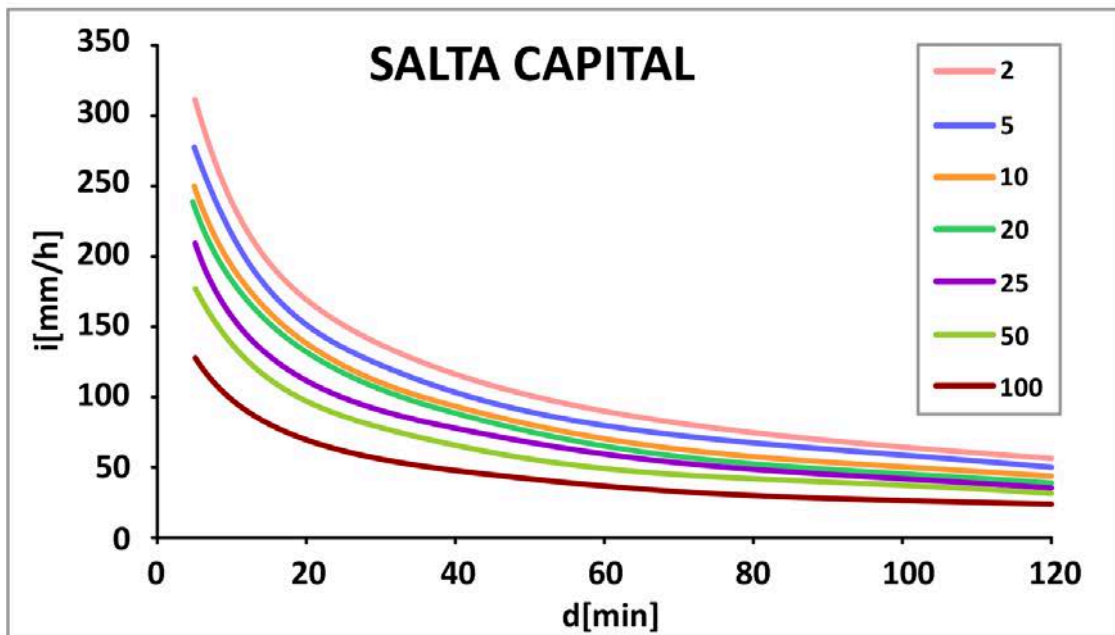
ANEXOS

Tabla 15.1.1 Coeficiente de escorrentía “C” para ser usado en el método racional. Hidrología Aplicada, Ven Te Chow (1988) (Pág. 511).

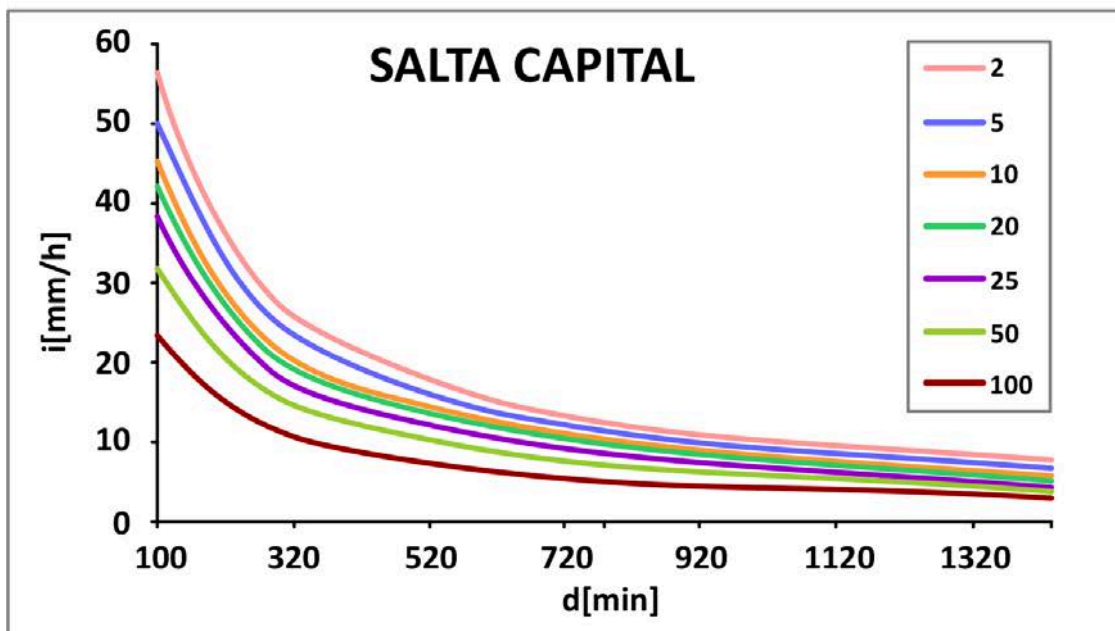
Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas urbanas							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Zonas rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58
Nota: Los valores de esta tabla son los utilizados en la ciudad de Austin (Texas, USA) para determinar caudales punta por el método racional en su término municipal.							

Curvas IDT para la ciudad de Salta Capital (Cecilia Botelli, 2020).

CURVAS IDT 0 a 120 min



CURVAS IDT 120 a 1440 min



INFORME TOPOGRAFÍA

Para obtener los datos de los parámetros físicos y geométricos de las calles que se analizaron (Administración, Acceso UCASAL, UM1, UM2 y calle San Andrés Apóstol) para realizar el análisis por ‘áreas de incidencia’ y para ‘subcuencas existentes’ utilizamos: nivel óptico, cinta de agrimensor y una estación de GPS.



Fig. 54: Instrumentos utilizados para realizar las mediciones topográficas para obtener las secciones transversales.



Fig. 55: Imagen registrada el día de la medición topográfica.

El perfil transversal tipo de las diferentes calles lo determinamos tomando puntos, a criterio de los técnicos, siguiendo una línea y tomando puntos críticos de variación de niveles para poder formar la sección de la calle (Fig. 55).



Fig. 56: Muestra de los puntos tomados en una sección de la calle San Andrés Apóstol para determinar el perfil transversal tipo de la misma.

Para hacer el perfil longitudinal y transversal de una de las calles en donde se va a realizar la obra, Calle Administración, y debido a la disponibilidad de los instrumentos, se realizó esta medición solamente primeramente solo para esta calle. Para poder lograr esto se utilizó el siguiente equipo:

Receptor Rover GNSS South Galaxy G1 RTK



Fig. 57: Accesorios del Instrumento de medición topográfico: controladora, rover y base.

Antes de empezar con las mediciones primero se instaló el equipo en el terreno, se puso en funcionamiento y luego se configuraron los instrumentos con valores de entrada de referencia, luego de esto se procedió a tomar los puntos en diferentes partes del sector de la calle para poder determinar las curvas de nivel y posteriormente poder realizar el perfil longitudinal y perfiles transversales.

Se tomaron en el terreno 632 puntos muestra con los equipos. Debido a la irregularidad del terreno y a construcciones o elementos existentes, los puntos muestras se tomaron a criterio conveniente de los técnicos.



Fig. 58: Imágen registrada el día de la medición de los puntos topográficos.

A continuación se muestra doce ejemplos de los valores de salida de los mencionados puntos:

<i>Nombre</i>	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Elevación</i>
P1	7264476.518	3561287.552	1253.482
P2	7264474.613	3561284.734	1253.403
P3	7264408.312	3561242.669	1252.964
P4	7264407.131	3561246.203	1253.229
P5	7264405.916	3561250.714	1253.316
P6	7264405.046	3561253.870	1253.392
P7	7264404.303	3561257.931	1253.459
P8	7264403.108	3561262.012	1253.572
P9	7264402.473	3561265.736	1253.613
P10	7264401.579	3561269.551	1253.749
P11	7264409.592	3561270.419	1253.702
P12	7264410.541	3561267.840	1253.809

Posteriormente se exportaron los puntos registrados a un archivo “.txt” para luego ser importados al programa Autocad Civil 3D y poder trabajar en el mismo para realizar los perfiles longitudinales y transversales buscados.

También, como alternativa y para mejorar la visualización del trabajo se realizó la topografía de todo el predio, por medio de drones usando los modelos: *DJI Phantom 4* y *DJI Mavic Pro*, y usando también una estación total:

Receptor Rover EMLID REACH RS2+ GNSS RTK



Fig. 59: Equipos utilizados para la medición topográfica por medio de drones.

Usando la aplicación para celular *Emlid Flow*, que se sincroniza con los drones, se realizaron las capturas de imágenes del predio, los drones en el mismo momento que realizan las capturas de las imágenes también toman datos del posicionamiento georeferenciado

(WGS84) de donde fueron realizadas las capturas por medio del GPS interno que poseen los drones (Fig. 62). Estos datos junto con las capturas serán analizados y procesados usando el programa *Agisoft Metashape Professional*, que crea modelos digitales de elevación; con la estación total se toman la ubicación de los puntos exactos en el predio (POSGAR 2007, franja 3) y luego se realiza el fotocontrol con el programa para reducir el error en la precisión en las coordenadas y también para mejorar la calidad y resolución de detalle del modelo. Para lograr el modelo de elevación se tomaron 872 capturas para la topografía total del predio Campus Castañares.



Fig 60: Captura de imagen por dron número 0097.

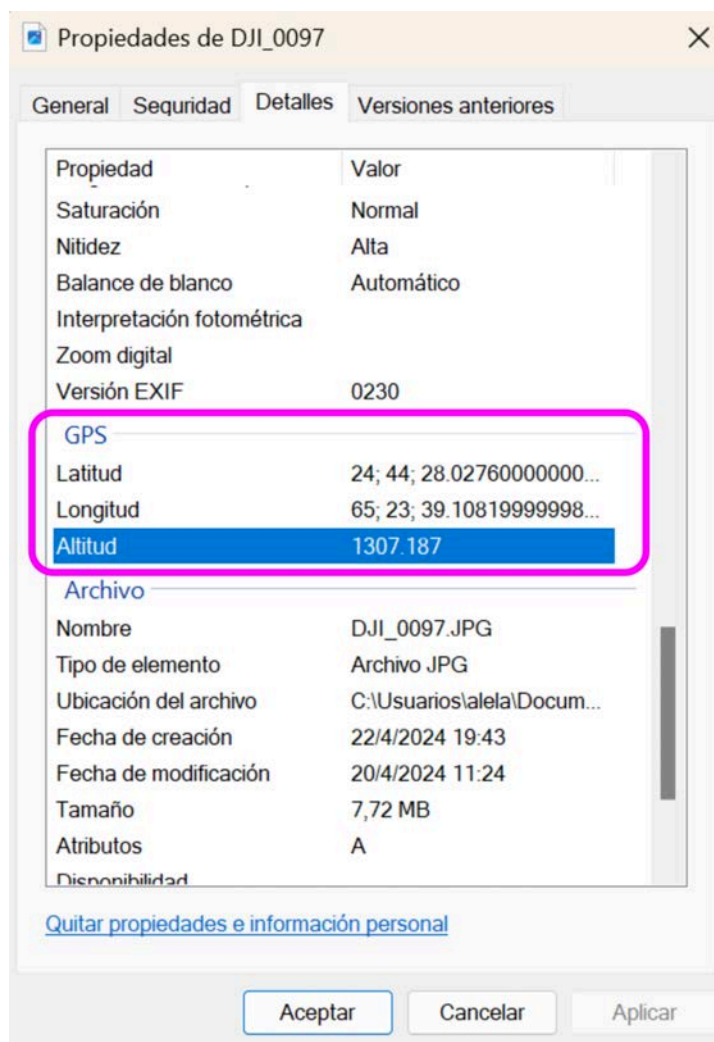


Fig. 61: Captura que muestra el posicionamiento del dron al momento de la captura 0097.

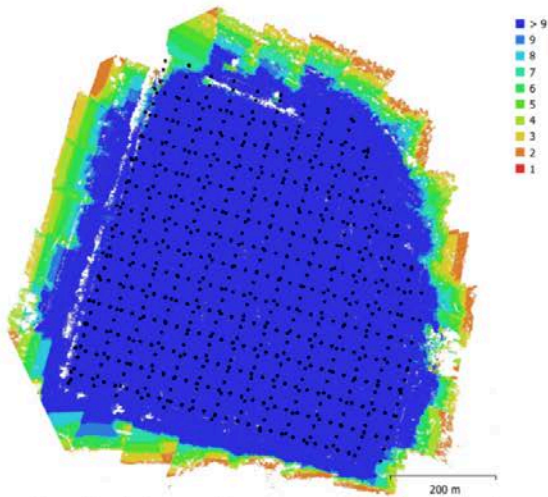
Para lograr obtener el modelo de elevación lo que primeramente se realiza es importar las capturas de las imágenes obtenidas por los drones al programa *Agisoft Metashape Professional*, luego el programa procesa y crea un flujo de información entre todas las imágenes obtenidas y cargadas buscando 4.000 mil puntos coincidentes entre las capturas y superpone todos los datos obtenidos para crear un primer modelado de la superficie, en el que todavía se precisa de detalle (Fig. 63, A). El programa logró detectar entre todas las capturas obtenidas por dron 854.540 puntos de paso para obtener el primer modelo de superficie (Fig. 63, C). Luego de esto se procede a la creación de nubes de puntos densa que se generan con los datos de puntos de paso anterior, y se obtuvieron en total 51.622.261 puntos para obtener el primer modelo (Fig. 63, B). Luego se procede a la creación del modelo digital de elevaciones del predio, en donde en este paso se puede clasificar los distintos elementos que conforman el modelo: terreno, vegetación, edificaciones, elementos creados por el hombre, etc. y poder separar el terreno de los demás elementos para luego poder generar las curvas de nivel con las que vamos a trabajar en el proyecto. Luego se exporta la nube de puntos obtenidas en este programa al programa Autocad Civil 3D para poder generar los perfiles longitudinales y transversales de las calles Administración y Acceso UCASAL.



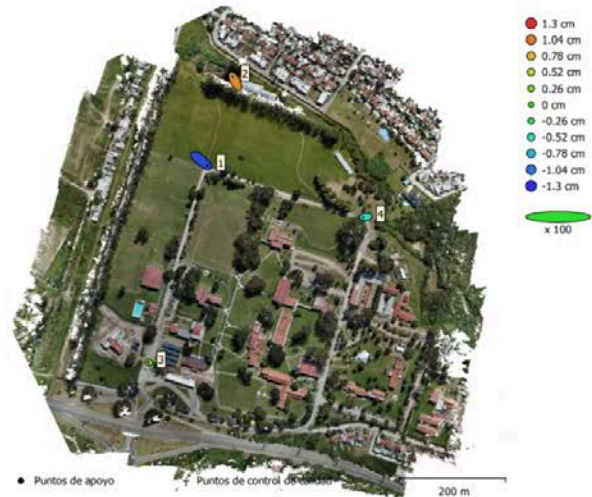
A.- Puntos de paso: 854.540 puntos.



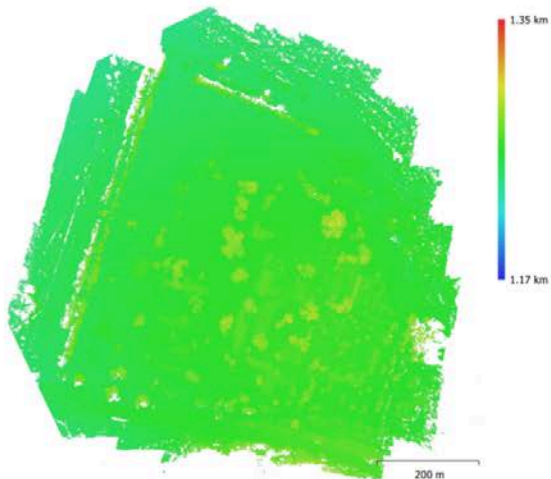
B.- Nubes de puntos densa: 51.622.261 puntos.



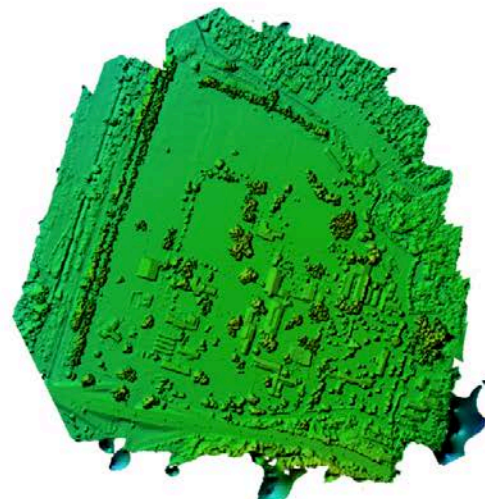
C.- Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.



D.- Puntos de control terrestre y estimación de errores.

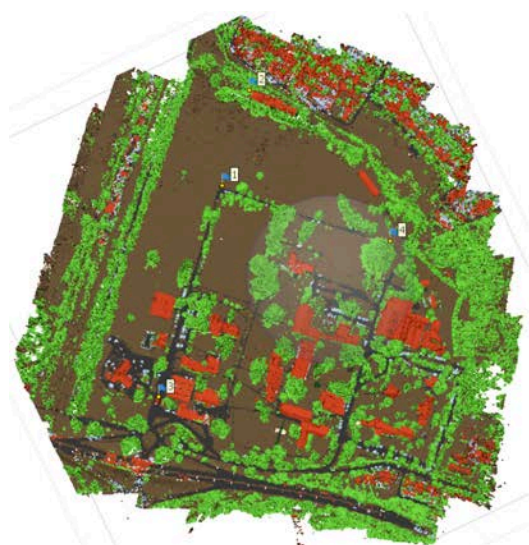


E.- Modelo digital de elevaciones.

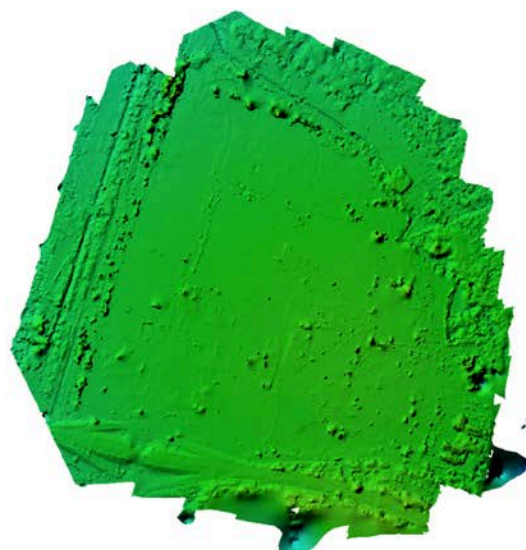


F.- MDE sin clasificar.

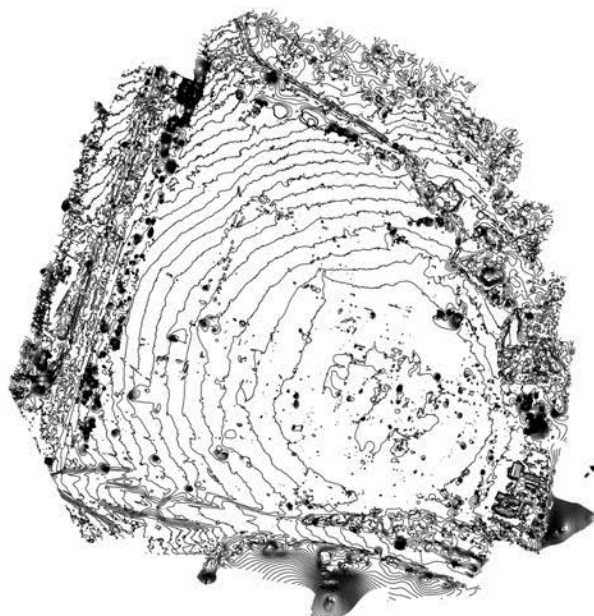
Fig. 62: Pasos que se siguieron para obtener las curvas de nivel del predio Campus Castañares.



G.- MDE clasificado.



H.- MDE del terreno.



I.- Curvas de nivel.

Fig. 63: Últimos pasos que se siguieron para obtener las curvas de nivel del terreno.

Luego de revisar los resultados, pudimos comprobar que al ser nuestro primer relevamiento realizado con drones y al tener poca práctica usando estos instrumentos, carecimos de precisión en los puntos alejados que no fueron puntos de control de nuestro sistema, por lo que al final decidimos realizar un siguiente relevamiento topográfico usando solamente el equipo RTK para adjuntar a los 637 puntos ya existentes otros 297 nuevos puntos, siendo el total 934 puntos que cargamos a Autocad Civil3D con los que trabajamos en el diseño del presente proyecto de drenajes.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
“Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castaños”



Fig. 64: Captura de imagen de la aplicación Emlid Flow del proceso de toma de la nube de puntos.

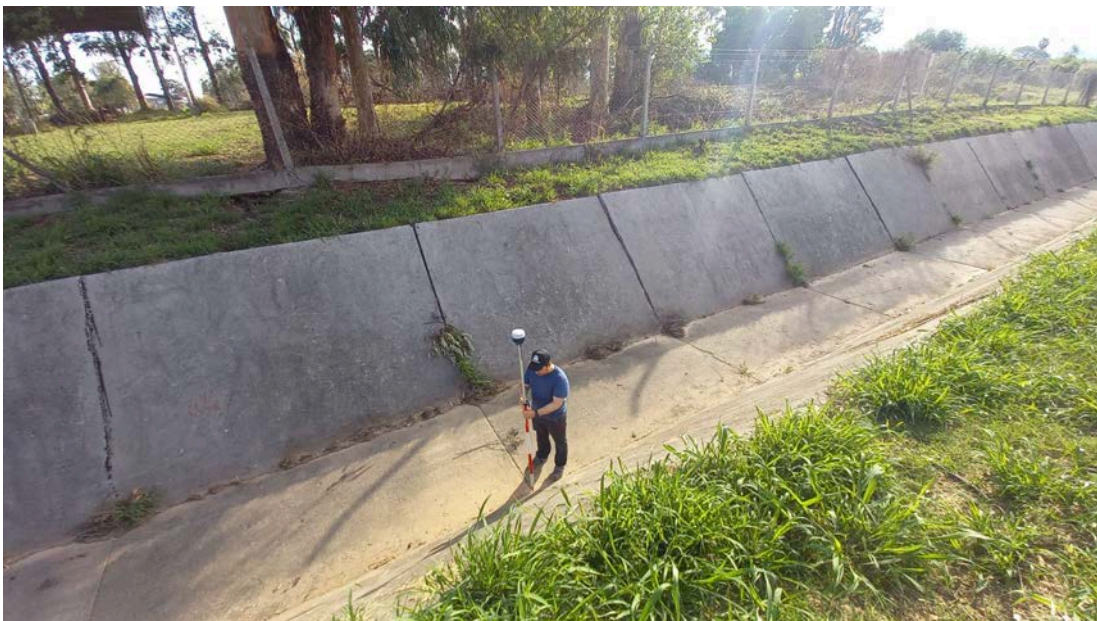


Fig. 65: Registro de imagen de la toma de un punto del canal al norte del predio para obtener la cota de fondo del canal.

UCASAL – Facultad de Ingeniería
 “Red de drenaje de las aguas pluviales del Campus Castañares”

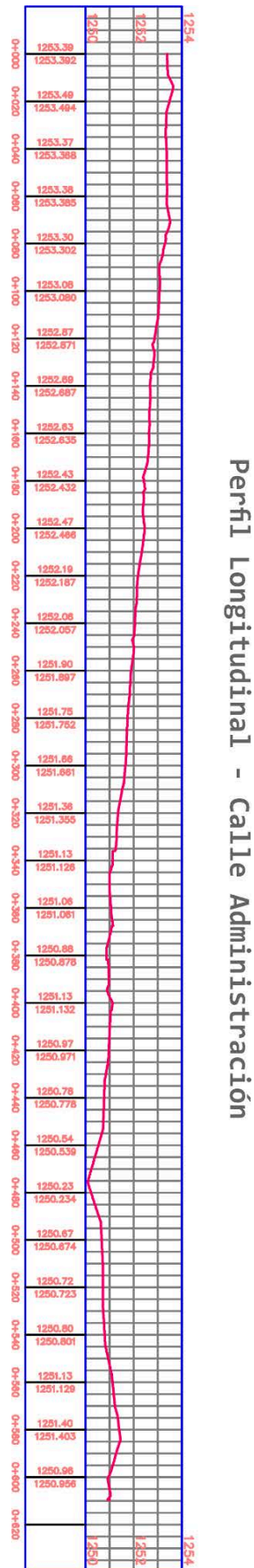


Fig. 66: Perfil longitudinal de la calle Administración realizado en Autocad Civil 3D.

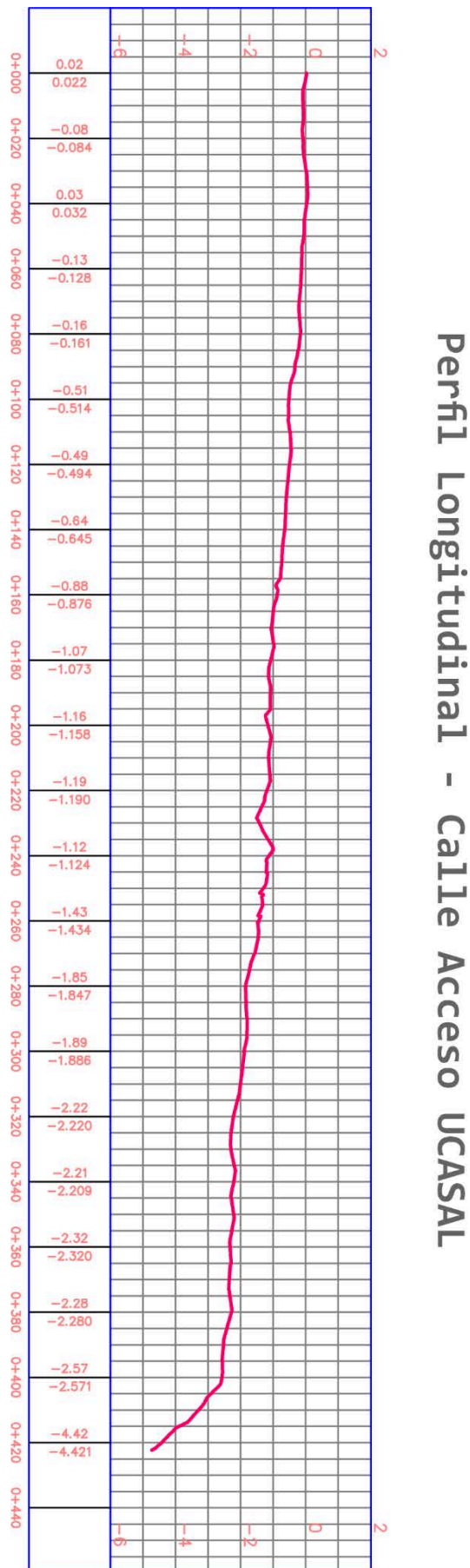


Fig. 67: Perfil longitudinal de la calle Acceso UCASAL realizado en Autocad Civil 3D.