

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR ZONAS  
INUNDABLES EN EL RÍO CAPLÍNA SECTOR  
CALANA, TACNA, 2025”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. WILLIAN CACERES CHAMBILLA**

**TACNA – PERÚ**

**2025**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR ZONAS  
INUNDABLES EN EL RIO CAPLINA SECTOR  
CALANA, TACNA, 2025”**

Tesis sustentada y aprobada el 31 de diciembre del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mtro. EDGAR HIPOLITO CHAPARRO QUISPE**

**SECRETARIO : Mtra. ROSALI CRISTINA ALANIA COTRADO**

**VOCAL : Mtra. GLENDA MILAGROS LINAJA GARCIA**

**ASESOR : Mtro. FREDY RICHARD CONDORI GOMEZ**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Willian Caceres Chambilla, bachiller, de la Escuela Profesional de Ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 41690980, así como Fredy Richard Condori Gómez con DNI: 42564239; declaramos en calidad de autor y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis de investigación titulada: *Simulación hidráulica para determinar zonas inundables en el río Caplina sector Calana, Tacna, 2025*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

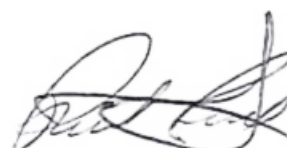
En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis de investigación, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 10 de noviembre de 2025



Willian Caceres Chambilla  
DNI: 41690980



Fredy Richard Condori Gómez  
DNI: 42564239

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi hija que en todo momento fue motivación e inspiración, para poder culminar satisfactoriamente dicha tesis.

Willian Caceres Chambilla

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a mis profesores y asesores que me ayudaron en este camino académico y así poder lograr la meta del primer escalón que es la titulación.

Willian Caceres Chambilla

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Descripción del problema .....	3
1.2. Formulación del problema .....	5
1.2.1. Problema general .....	5
1.2.2. Problemas específicos .....	5
1.3. Justificación e importancia .....	5
1.4. Objetivos .....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
1.5. Hipótesis .....	8
1.5.1. Hipótesis general .....	8
1.5.2. Hipótesis específicos .....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	9
2.1. Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1 Antecedentes a nivel Internacional. ....	9
2.1.2 Antecedentes a nivel Nacional. ....	9
2.1.3 Antecedentes a nivel local. ....	9
2.2. Bases teóricas .....	11
2.2.1. Hidrología de avenidas máximas .....	11
2.2.2. Periodo de retorno .....	11
2.2.3. Principio de conservación de la masa (Ecuación de continuidad) .....	11
2.2.4. Principio de conservación de la energía .....	11
2.2.5. Flujo en cauces abiertos .....	11
2.2.6. Número de Froude .....	12

2.2.7. Coeficiente de rugosidad de Manning.....	12
2.2.8. Modelación hidráulica unidimensional.....	12
2.2.9. Sistemas de información geográfica.....	12
2.2.9.1 Métodos estadísticos para el análisis de avenidas .....	13
2.2.9.1 Modelado y simulación hidrológica .....	15
2.2.9.2 Delimitación del área de inundación y faja marginal .....	21
2.3 Definición de términos .....	22
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	25
3.1. Diseño de investigación .....	25
3.2. Acciones y actividades.....	25
3.2.1. Recopilación de información.....	25
3.2.2. Trabajo de campo.....	26
3.2.3. Trabajo en gabinete.....	27
3.3. Materiales y/o instrumentos .....	32
3.4. Población y/o muestra de estudio .....	37
3.5. Operacionalización de variables .....	38
3.6. Procesamiento y análisis de datos.....	38
3.6.1. Recopilación de información y datos de campo.....	39
3.6.2. Procesamiento hidrológico .....	39
3.6.3. Procesamiento topográfico y geométrico.....	41
3.6.4. Asignación de parámetros hidráulicos .....	42
3.6.5. Configuración del modelo hidráulico.....	43
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	44
4.1. Resultados de análisis estadístico.....	44
4.2. Resultados topográficos .....	45
4.3. Resultados hidrológicos.....	46
4.4. Resultados hidráulicos.....	48
4.5. Resultados de zonas inundables .....	52
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	55
CONCLUSIONES .....	58
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	65

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Operacionalización de variables de investigación.....	38
Tabla 2. Determinación de parámetros estadísticos de datos no agrupados.....	40
Tabla 3. Datos para estimar los caudales.....	48
Tabla 4. Determinación de los caudales máximos instantáneos.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desborde del rio Caplina en el distrito de Calana .....	4
Figura 2. Icono del software ArcGIS Desktop V.10.8 .....	13
Figura 3. software HIDROESTA 2 .....	14
Figura 4. Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 .....	16
Figura 5. Esquema del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7.....	17
Figura 6. Términos de la ecuación de la energía y sus diferentes simbologías que componen la ecuación 2 .....	18
Figura 7. Subdivisión de áreas de las secciones transversales .....	19
Figura 8. Canal representativo con la delimitación del flujo según el manual de Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7	20
Figura 9. Visita técnica de campo en la zona de estudio .....	26
Figura 10. Ventana principal del software HIDROESTA V. 2.0 .....	27
Figura 11. Menú pre-proceso datos geométricos Hec-GeoRas .....	29
Figura 12. Menú pre-proceso datos de elevación y topología Hec-GeoRas .....	29
Figura 13. Ventana de Ingreso de datos en el Software .....	30
Figura 14. Proceso computacional del proceso en el Software.....	311
Figura 15 Menú de post-proceso de Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 .....	31
Figura 16. Vista de la Tierra centrada en Google Earth .....	34
Figura 17. Ventana principal del software AutoCAD .....	34
Figura 18. Ventana principal del software AutoCAD CIVIL 3D.....	35
Figura 19. Ventana principal del software de HIDROESTA V 2.0 .....	356
Figura 20. Icono del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 .....	36
Figura 21. Icono del software ArcGIS Desktop V.10.5 .....	377
Figura 22. Ventana principal de distribuciones estadísticas .....	41
Figura 23. Ventana principal de edicion de terreno.....	42
Figura 24. Ventana principal de distribuciones estadísticas.....	43
Figura 25 Ventana principal de configuración del modelo hidráulic .....	414
Figura 26. Determinacion de los marametros estadisticos.....	425
Figura 27. Obtención del modelo digital del terreno MDT .....	456
Figura 28. Determinación del caudal de diseño para Tr = 50 años .....	478

Figura 29. Determinación del caudal de diseño para $T_r = 100$ años .....	489
Figura 30. Caudales máximos instantáneos (m <sup>3</sup> /seg) ingresados en la simulación hidráulica .....	50
Figura 31. Coeficiente de rugosidad de manning ingresado en la simulación hidráulica .....	501
Figura 32. Determinación de la lámina de flujo para $T_r = 50$ años en la simulación hidráulica .....	512
Figura 33. Determinación de la lámina de flujo para $T_r = 100$ años en la simulación hidráulica .....	512
Figura 34. Mapa de simulación hidráulica de mayor susceptibilidad a inundación....	523
Figura 35. Vista de mapa de simulación hidráulica identificando zonas de mayor vulnerabilidad.....	534

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	65
Anexo 2. Planos topográficos .....	67
Anexo 3. Cálculos hidrológicos realizados.....	83
Anexo 4. Procedimiento de simulador hidráulico .....	96
Anexo 5. Resultados de simulación hidráulica.....	105
Anexo 6. Ubicación de área inundada según SICAR.....	126

## RESUMEN

Al presentarse desbordes recurrentes en zonas críticas aguas arriba del puente Piedra Blanca, se consideró como área de influencia de la presente investigación el cauce del río Caplina y sus áreas aledañas, comprendidas entre el puente Calana y el puente Piedra Blanca. El objetivo del estudio fue evaluar y analizar las áreas de inundación por desbordes del río Caplina, identificando zonas críticas susceptibles a eventos hidrológicos extremos. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, mediante un proceso secuencial estructurado en tres etapas. En la primera etapa se realizó la recopilación y revisión bibliográfica de investigaciones similares, así como la coordinación con autoridades locales y regionales para la obtención de información hidrológica y la autorización de intervención en el área de estudio. Como resultado, se obtuvo el registro histórico de caudales máximos anuales ( $m^3/s$ ) correspondientes a al menos los últimos 30 años de la estación hidrométrica Calientes. En la segunda etapa se ejecutó el trabajo de campo, que comprendió el levantamiento topográfico mediante el uso de equipos calibrados, tales como estación total, GPS diferencial y dron. Este trabajo permitió identificar las características geométricas del cauce y evaluar la superficie del lecho, determinándose los coeficientes de rugosidad de Manning de acuerdo con el tipo de material predominante. Como resultado, se obtuvo una longitud de intervención desde el km 00+000 hasta el km 03+900, con un perfil longitudinal que presenta una pendiente promedio de 3,25 % entre el puente Calana y el puente Piedra Blanca. En la tercera etapa se desarrolló el modelado y la simulación hidráulica del río Caplina para diferentes escenarios de tiempo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años. Para ello, se estimaron los caudales máximos instantáneos mediante la relación de Fuller, previa aplicación de métodos estadísticos de ajuste de distribuciones probabilísticas. La distribución Log Gumbel, mediante el método de máxima verosimilitud, resultó ser la más adecuada según los criterios de información de Akaike y Bayesiano. Finalmente, las simulaciones hidráulicas permitieron generar mapas de extensión de inundación y evaluar el comportamiento del flujo en los distintos escenarios analizados, evidenciándose la afectación de áreas agrícolas en determinados periodos de retorno. Los resultados obtenidos constituyen una herramienta técnica de apoyo para la toma de decisiones orientadas a la mitigación del riesgo de inundaciones, mediante la ejecución de obras de encauzamiento, drenaje y protección de zonas vulnerables.

**Palabras clave:** Caudales máximos; río; hidrológico; hidráulico; rugosidad de Manning.

## ABSTRACT

Due to the occurrence of recurrent overflows in critical areas upstream of the Piedra Blanca Bridge, the area of influence of the present study was defined as the Caplina River channel and its adjacent areas, located between the Calana Bridge and the Piedra Blanca Bridge. The objective of the study was to evaluate and analyze flood-prone areas caused by overflows of the Caplina River, identifying critical zones susceptible to extreme hydrological events. The research was conducted under a quantitative approach, following a sequential process structured into three stages. In the first stage, a compilation and review of bibliographic sources related to similar studies were carried out, along with coordination with local and regional authorities to obtain hydrological information and authorization to conduct field activities within the study area. As a result, a historical record of annual maximum discharges ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) corresponding to at least the last 30 years was obtained from the Calientes hydrometric station. In the second stage, fieldwork was conducted, which included topographic surveying using calibrated equipment such as a total station, differential GPS, and a drone. This work allowed the identification of the geometric characteristics of the channel and the evaluation of the bed surface conditions, leading to the determination of Manning's roughness coefficients according to the predominant material type. As a result, an intervention length from km 00+000 to km 03+900 was established, with a longitudinal profile presenting an average slope of 3.25% between the Calana Bridge and the Piedra Blanca Bridge. In the third stage, hydraulic modeling and simulation of the Caplina River were carried out for different return period scenarios of 2, 5, 10, 25, 50, 100, and 200 years. For this purpose, peak instantaneous discharges were estimated using the Fuller relationship, following the application of statistical methods for fitting probability distributions. The Log-Gumbel distribution, applied using the maximum likelihood method, was found to be the most appropriate according to the Akaike and Bayesian information criteria. Finally, the hydraulic simulations made it possible to generate flood extent maps and evaluate flow behavior under the different analyzed scenarios, revealing the impact on agricultural areas during certain return periods. The results obtained constitute a technical support tool for decision-making aimed at mitigating flood risk through the implementation of channelization, drainage, and protection works in vulnerable areas.

**Keywords:** Peak discharges; river; hydrological; hydraulic; Manning's roughness.

## INTRODUCCIÓN

Las inundaciones en las tres cuencas principales de la región de Tacna se han presentado con una magnitud muy considerable en los últimos años, ya que consigo trajeron pérdidas de vidas y grandes pérdidas económicas, mencionando el desborde del río Locumba afectando los puentes Sagollo y Chipe cuyos anexos pertenecen al distrito de Locumba, los huaicos presentados en el centro poblado de Mirave, distrito de Ilabaya, ambos de la provincia de Jorge Basadre, región Tacna y el desborde del río Caplina en los distritos de Pachía y Calana en la ciudad de Tacna.

El río Caplina de la vertiente del pacífico se caracteriza por su irregularidad de sus descargas, principalmente las descargas originadas en los meses de enero - marzo, donde se presentan precipitaciones pluviales en las zonas alto andinas de la región y en consecuencia de esta acción surge el incremento y/o activación de las escorrentías superficiales en las subcuentas que aportan a la cuenca del río Caplina.

En la estación hidrométrica de Calientes, en los últimos años se registraron caudales máximos extraordinarios de hasta 33.22 m<sup>3</sup>/s, flujo que no solo transita por el cauce del río Caplina ya que por la geografía y/o topografía donde se ubica el cauce del río en mención, se presentaron desbordes masivos en zonas críticas tales como aguas arriba del puente Piedra Blanca, por lo cual se tomó en consideración el área de influencia de la presente investigación que comprende desde el puente Calana hasta el puente Piedra Blanca.

Por otra parte, la urbanización y la expansión de áreas para la agricultura, afectan los límites de las riberas en el cauce del río Caplina en el sector de Calana, acción que ante un eventual desborde del río en estudio afectaría las áreas invadidas, hecho que traería consigo las pérdidas de vidas y cuantiosas pérdidas económicas. Por lo cual en la presente investigación se tiene como finalidad identificar y zonificar las áreas de inundación para la prevención de riesgos y también se pretende delimitar las fajas marginales del río según el reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales que fue aprobado bajo resolución jefatural N°332-2016-ANA (ANA, 2016).

La investigación se organiza en tres etapas principales, como primera etapa se procede a recabar información correspondiente al tema recurriendo a las autoridades locales, como segunda etapa se ejecuta los trabajos de evaluación y levantamiento de

datos en campo y como tercera etapa se realiza el modelado y simulación de las interacciones del río Caplina en el sector de Calana en diferentes escenarios del tiempo.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

Las inundaciones constituyen uno de los desastres naturales más frecuentes y destructivos a nivel mundial. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022), más del 40 % de los desastres naturales registrados globalmente corresponden a inundaciones, afectando principalmente a países en desarrollo, donde la planificación territorial y la gestión del riesgo resultan insuficientes.

Uno de los mayores desafíos es la delimitación precisa de las zonas inundables, es decir, la identificación espacial de áreas susceptibles de inundación bajo diferentes escenarios hidrológicos. Este proceso es fundamental para la planificación del uso del suelo, la gestión del riesgo de desastres y la protección de la población, pero enfrenta obstáculos técnicos y económicos significativos.

Según Glas et al. (2019), la falta de datos topográficos de alta resolución, la escasez de información hidrometeorológica y los recursos técnicos limitados en regiones de bajos ingresos dificultan la generación de mapas de riesgo confiables. A esto se suma el rápido proceso de urbanización no planificada en zonas de alto riesgo, como márgenes de ríos o humedales, lo que incrementa la exposición y la vulnerabilidad ante eventos extremos (Der Sarkissian et al., 2022).

El organismo Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) reportó que, para elaborar el “Mapa Potencial de Inundaciones” a nivel nacional, se construyó una base histórica de inundaciones entre 1984 y 2015, utilizando imágenes satelitales, elevación, pendiente, precipitación, distancia al mar y altura de cauces. Sin embargo, este instrumento aún evidencia que muchas zonas están poco definidas o con información limitada en su categorización de riesgo.

Por ejemplo, en la región andina del Perú, en el tramo del Río Ramis (distrito de Taraco, Huancané, Puno) se realizó una simulación bidimensional (con HEC-RAS 5.0.7) que determinó que para un periodo de retorno de 50 años la inundación afectaría 28 áreas de cultivo y 3 viviendas; y para 100 años, 65 áreas de cultivo y 5 viviendas (Arratea & Mamani, 2020). Esto evidencia que aun cuando se realizan estudios puntuales, las zonas inundables siguen expuestas.

En la cuenca del Río Caplina se han identificado alteraciones geomorfológicas y acciones antrópicas que incrementan la posibilidad de desbordes e inundaciones, lo que señala un alto nivel de vulnerabilidad en la región de Tacna.

Asimismo, estudios realizados en el tramo poblado del Río Caplina han modelado zonas susceptibles mediante software hidráulico (HEC-RAS) y han determinado que distritos como Pachía y Calana concentran sectores de mayor riesgo de inundación especialmente aguas arriba del puente piedra blanca.

La figura 1 muestra la consecuencia de las intensas lluvias en todo el país, registrándose el incremento y posterior desborde del caudal del río Caplina, en la ciudad de Tacna. Este hecho originó que el puente del sector de Piedra Blanca, en el distrito de Calana, colapsara.

### Figura 1

*Desborde del río Caplina en el distrito de Calana*



*Nota.* El puente del sector de Piedra Blanca ha colapsado, (Fuente: El Comercio, 08/02/2019) sitio web <https://elcomercio.pe/peru/tacna/tacna-rio-caplina-desborda-districto-calana-video-noticia605875-noticia>

Los pobladores residentes en el sector de Calana que trabajan los terrenos agrícolas, ubicadas en los límites adyacentes de las riberas del río y en algunos casos críticos ya invadiendo el área de las riberas del cauce del río Caplina, hecho que afecta el tránsito del caudal del río y el ecosistema rivereño del cauce.

Para mantener un buen ecosistema rivereño en los cauces de los ríos, lo principal es realizar la delimitación de la estructura del río, realidad que hoy no se encuentra en los ríos del sur del Perú. Es por ello que se realizó la evaluación en campo, del ecosistema del río Caplina entre los puentes Piedra Blanca y Calana en el sector de

Calana, evaluando y reconociendo que no se encuentra la delimitación de las áreas pertenecientes a la estructura de un río, conforme lo indicado en la Ley N° 29338 “Ley de Recursos Hídricos” y la Resolución Jefatura N° 332-2016-ANA, donde se aprueba el “Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales”.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera la simulación hidráulica podrá determinar las zonas inundables en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cómo se encuentra el perfil topográfico para poder identificar zonas inundables del río Caplina, Calana, Tacna, 2025?
- b. ¿Cómo se encuentra el tipo de flujo para poder identificar el área Inundada del río Caplina, Calana, Tacna, 2025?
- c. ¿Cuál es el Caudal máximo histórico para poder identificar el área Inundada del río Caplina, Calana, Tacna, 2025?

## **1.3. Justificación e importancia**

Desde el punto de vista ambiental, la investigación titulada “Simulación hidráulica para determinar zonas inundables en el río Caplina, sector Calana, Tacna, 2025” posee una relevancia ambiental significativa, ya que las inundaciones en el río Caplina representan un problema que afecta directamente la estabilidad de los ecosistemas fluviales y las zonas de influencia aledañas al cauce del río Caplina.

Las inundaciones no solo afectan la infraestructura y el bienestar de la población, sino que también ocasionan severos daños al medio ambiente. Entre los efectos más significativos se encuentran la erosión del suelo, la pérdida de cobertura vegetal, el deterioro de hábitats naturales y la alteración del equilibrio ecológico de las zonas inundables. Asimismo, el arrastre de contaminantes durante eventos de desborde puede deteriorar la calidad del agua y poner en riesgo la flora y fauna acuática.

A través de la aplicación de modelos de simulación hidráulica, esta investigación permitirá identificar y delimitar las áreas más propensas a ser inundadas, lo que resulta clave para la planificación territorial sostenible y la gestión ambiental preventiva. Esta herramienta científica posibilita diseñar estrategias que no solo reduzcan la

vulnerabilidad humana, sino que también protejan los ecosistemas que dependen del río, conservando su capacidad de regulación hídrica y sus servicios ambientales.

Desde el punto de vista social, esta investigación cobra gran relevancia, ya que busca identificar las zonas inundables en el sector Calana, provincia de Tacna, con el fin de prevenir riesgos que afectan directamente a la población asentada en las proximidades del río Caplina.

Las inundaciones representan una de las amenazas naturales más recurrentes que enfrentan muchas comunidades rurales y urbanas en el país. En el caso del sector

Calana, estos eventos pueden causar la pérdida de viviendas, la interrupción de servicios básicos, el colapso de vías de comunicación, el deterioro de infraestructura pública y privada, así como desplazamientos forzados de familias. Además, las inundaciones suelen afectar con mayor intensidad a las poblaciones más vulnerables, profundizando las condiciones de pobreza y exclusión social.

La presente investigación, al aplicar herramientas de simulación hidráulica, permitirá anticipar escenarios de riesgo, lo que es fundamental para fortalecer las capacidades de preparación y respuesta de las autoridades locales y de la población en general. Asimismo, servirá como base técnica para la elaboración de planes de contingencia, ordenamiento territorial y programas de educación y sensibilización en gestión del riesgo de desastres.

De esta manera, el estudio no solo contribuirá a salvaguardar la vida humana, sino también a reducir las pérdidas económicas y sociales, promoviendo una cultura de prevención y resiliencia en las comunidades del sector Calana. En tiempos donde los fenómenos extremos son más frecuentes debido al cambio climático, una investigación como esta se convierte en una herramienta clave para la protección del bienestar social y la construcción de territorios más seguros y sostenibles.

Desde el punto de vista económico, la presente investigación es de gran importancia, ya que busca mitigar las pérdidas materiales y financieras ocasionadas por eventos de inundación en el sector Calana, en la provincia de Tacna. Las inundaciones representan un alto costo económico para las comunidades locales, los gobiernos municipales y regionales, debido a los daños que causan en infraestructura, viviendas, cultivos, vías de comunicación y servicios básicos.

El impacto económico de una inundación se manifiesta tanto en pérdidas directas como la destrucción de bienes y servicios como en pérdidas indirectas como la paralización de actividades productivas, el aumento del desempleo, la disminución del

valor de la tierra, y los costos asociados a la atención de emergencias y la rehabilitación post-desastre. En zonas agrícolas como Calana, estos eventos afectan seriamente la seguridad alimentaria y la economía familiar, al destruir cultivos y dejar suelos improductivos por largos periodos.

A través de la simulación hidráulica, esta investigación permitirá identificar con mayor precisión de las zonas de riesgo, lo que facilitará una asignación más eficiente de recursos públicos y privados en obras de prevención, protección y planificación urbana y rural. Invertir en estudios preventivos como este, permite reducir significativamente los gastos futuros en reconstrucción y emergencias, generando beneficios económicos a mediano y largo plazo.

El estudio contribuye a la reducción del riesgo de inundaciones en el distrito de Calana, donde se han identificado 10 predios potencialmente afectados y áreas agrícolas vulnerables, proporcionando información técnica para la toma de decisiones en planificación territorial y gestión del riesgo.

Además, el conocimiento generado puede ser utilizado para priorizar inversiones en infraestructura resiliente, desarrollar seguros agrícolas y establecer mecanismos de financiamiento enfocados en la reducción del riesgo de desastres. En consecuencia, esta investigación constituye una herramienta clave para fomentar el desarrollo económico sostenible de la zona, fortaleciendo su capacidad de adaptación y reduciendo su vulnerabilidad ante fenómenos naturales.

Desde el punto de vista científico, la presente investigación representa una contribución significativa al estudio y comprensión de los procesos hidrológicos y dinámicas fluviales en zonas vulnerables a inundaciones. A través de la aplicación de modelos de simulación hidráulica, se busca generar conocimiento técnico y metodológico que permita predecir de forma precisa el comportamiento del flujo del río Caplina ante eventos extremos, identificando las áreas propensas a inundarse en el sector Calana, provincia de Tacna.

El valor científico de esta investigación radica en su enfoque basado en el uso de herramientas cuantitativas, análisis de datos geospaciales y modelamiento computacional. Estos métodos permiten validar hipótesis sobre la relación entre variables como el caudal, la topografía, la pendiente y el uso del suelo, estableciendo una base técnica confiable para la gestión de riesgos hídricos.

Asimismo, el estudio contribuirá a enriquecer la base de datos hidrológicos e hidráulicos de la región, la cual suele ser limitada o poco actualizada. Esta información podrá ser utilizada en futuras investigaciones interdisciplinarias, planes de

ordenamiento territorial, evaluación de impacto ambiental y diseño de infraestructuras resilientes.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar las zonas inundables mediante la simulación hidráulica en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar el perfil topográfico para identificar zonas inundables en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025.
- b. Determinar el tipo de flujo para identificar el área Inundada en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025.
- c. Determinar el Caudal máximo histórico para identificar el área Inundada del río Caplina, Calana, Tacna, 2025.

#### **1.5. Hipótesis**

##### **1.5.1. Hipótesis general**

La simulación hidráulica permite determinar las zonas inundables en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025

##### **1.5.2. Hipótesis específicos**

- a. Existe un perfil topográfico que permite identificar zonas inundables por desborde de río, mediante el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7
- b. Se identifica un tipo de flujo donde el área Inundada será atenuada mediante el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7.
- c. Se identifica un Caudal máximo histórico que permite acotar el Área Inundada según las normativas correspondientes.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 Antecedentes a nivel Internacional

Según Glas et al. (2019) propone una metodología genérica para la elaboración de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación basados en datos de cobertura mundial, lo que permite adaptar el proceso a contextos con datos limitados.

Shahiri et al. (2020) emplea modelos hidrodinámicos (1D y 2D) para simular zonas inundables en un río en Malasia, lo cual es directamente aplicable a la delimitación de áreas vulnerables a inundaciones. Como antecedente, aporta la metodología de modelamiento del cauce y la extensión de inundación, útil para la identificación de zonas aledañas al cauce como en tu caso.

#### 2.1.2 Antecedentes a nivel Nacional

Baldeón y Francisco (2015) combinan técnicas de teledetección y modelos hidráulicos, aplicando el software *Hydrologic Engineering Center's River Analysis System* (HEC-RAS v5.0.7), junto con sistemas de información geográfica, para la identificación de zonas inundables en un tramo fluvial, lo que aporta una metodología avanzada aplicable a cuencas medias.

#### 2.1.3 Antecedentes a nivel local

Camero y Ladislao (2015), en su estudio titulado Análisis de Vulnerabilidad mediante el Modelamiento Hidrodinámico del Cauce del Río Seco del Cono Sur de la Ciudad de Tacna, realizado en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, indica que al identificar las áreas vulnerables a inundaciones o desbordes causados por avenidas extraordinarias en las zonas aledañas al cauce del río Seco, específicamente en el tramo comprendido entre el Cuartel Tarapacá y el Puente Arunta del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, se pudo determinar las zonas urbanas con alta vulnerabilidad a inundaciones. Esta identificación se logró mediante la simulación hidrodinámica utilizando las descargas máximas calculadas para distintos periodos de retorno (pp. 19-122).

Por su parte, Alarcón y Nicolas (2016), en su tesis Modelación Hidrológica con fines de Gestión de Riberas en la Cuenca del Río Caplina – Tacna, también en la

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, señala que mediante la modelación hidrológica fue posible pronosticar las avenidas y caudales del río Caplina en la estación Bocatoma Calientes. Se realizó un análisis estadístico de la información disponible de descargas, obteniéndose resultados consistentes en cuanto a la media y la varianza de los registros. Se aplicaron pruebas paramétricas (t de Student, Cramer y F de Fisher) y no paramétricas (Helmert y Secuencias), así como el método de la curva de doble masa.

Asimismo, se lograron ajustes satisfactorios a las distribuciones Lognormal y Log-Pearson Tipo III para los datos de la estación hidrométrica Bocatoma Calientes. Según las series históricas y las pruebas estadísticas realizadas, se concluye que la cuenca del río Caplina es susceptible a crecidas súbitas en dicha estación, debido al comportamiento hidrológico de la cuenca en la parte alta. Desde el punto de vista geomorfológico, se establecieron parámetros que confirman que es una cuenca con fuerte pendiente, lo cual genera escorrentías superficiales inmediatas y de gran magnitud durante épocas húmedas (p. 27, 141-142). Segundo párrafo. Este texto muestra sobre cómo usar la sangría al iniciar el párrafo.

El Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA, 1994), en coordinación con el Ministerio de Agricultura, en su Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Caplina, señala que el río Caplina, al igual que otros ríos costeros del Perú, presenta un régimen irregular y torrencioso, con marcadas diferencias entre sus descargas extremas. La descarga máxima registrada alcanza aproximadamente los 30,00 m<sup>3</sup>/s, mientras que la mínima se aproxima a los 0,36 m<sup>3</sup>/s, y la media anual es de 0,81 m<sup>3</sup>/s. Las descargas se concentran principalmente entre los meses de enero y marzo, disminuyendo significativamente entre agosto y noviembre. Durante muestreos realizados entre mayo y noviembre, las descargas fluctuaron entre 0,59 y 0,48 m<sup>3</sup>/s, sin variaciones notorias en dicho periodo (p. 724).

Finalmente, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA, 2002), en la Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Caplina y Uchusuma, también en colaboración con el Ministerio de Agricultura, señala que la determinación de la magnitud y frecuencia de máximas avenidas de los principales ríos de la región Tacna permite definir el riesgo probable para terrenos de cultivo, población e infraestructura hidráulica. Mediante la aplicación de la prueba de Smirnov-Kolmogorov, se concluyó que la distribución Lognormal presenta mejor ajuste para la frecuencia de máximas avenidas en la estación Calientes, mientras que la distribución Log-Pearson Tipo III es la más adecuada para la estación Piedras Blancas (pp. 10, 89). Primer párrafo. Este texto muestra sobre cómo usar la sangría al comienzo del primer párrafo.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Hidrología de avenidas máximas**

La hidrología de avenidas máximas estudia los eventos extremos de escorrentía superficial generados por precipitaciones intensas, los cuales pueden producir desbordes e inundaciones en los cauces fluviales. El análisis de avenidas máximas permite estimar caudales pico asociados a diferentes periodos de retorno, constituyendo una base fundamental para la delimitación de zonas inundables y la gestión del riesgo de inundaciones.

### **2.2.2. Periodo de retorno**

El periodo de retorno se define como el intervalo promedio de tiempo en el cual un evento hidrológico de determinada magnitud es igualado o superado. Su determinación es esencial para el cálculo de caudales máximos de diseño, empleados en la simulación hidráulica y en la evaluación del peligro por inundaciones.

### **2.2.3. Principio de conservación de la masa (Ecuación de continuidad)**

La ecuación de continuidad establece que, en un flujo permanente, el caudal que ingresa a un tramo del cauce es igual al que sale, considerando posibles aportes laterales. Este principio es fundamental en la modelación hidráulica de ríos y es aplicado en el software HEC-RAS para garantizar la coherencia del flujo simulado.

### **2.2.4. Principio de conservación de la energía**

La ecuación de energía expresa que la energía total del flujo entre dos secciones se conserva, salvo las pérdidas por fricción y cambios geométricos del cauce. Este principio permite calcular los niveles de agua y las velocidades del flujo, siendo indispensable para la delimitación de zonas inundables.

### **2.2.5. Flujo en cauces abiertos**

El flujo en cauces abiertos se caracteriza por presentar una superficie libre sometida a la presión atmosférica. Dependiendo de la relación entre las fuerzas inerciales y gravitacionales, el flujo puede ser subcrítico, crítico o supercrítico, condición que influye directamente en la extensión y comportamiento de las inundaciones.

### **2.2.6. Número de Froude**

El número de Froude es un parámetro adimensional que permite clasificar el régimen de flujo. Su análisis es esencial para interpretar el comportamiento hidráulico del río Caplina y evaluar las condiciones de propagación de avenidas.

### **2.2.7. Coeficiente de rugosidad de Manning**

El coeficiente de Manning representa la resistencia al flujo ejercida por el lecho y las márgenes del cauce. Su correcta estimación es determinante en la simulación hidráulica, ya que influye directamente en los niveles de agua y en la delimitación de áreas inundables.

### **2.2.8. Modelación hidráulica unidimensional**

La modelación hidráulica unidimensional permite simular el comportamiento del flujo a lo largo del eje del río mediante secciones transversales. Herramientas como el software HEC-RAS emplean esta metodología para estimar perfiles de flujo, áreas inundadas y profundidades asociadas a distintos escenarios hidrológicos.

### **2.2.9. Sistemas de información geográfica**

La implementación del sistema de información geográfica facilita los trabajos en el campo de la geografía, Es por ello que comprender la definición del SIG será de gran ayuda en la información geográfica del presente estudio; la definición del SIG, realizada en el manual sobre el tema redactado por el NCGIA (Nacional Center for Geographic Information and Analysis) de USA indica que; es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar obtención, gestión, manipulación, análisis y modelado, presentación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Peña Llopis, 2005, p. 4).

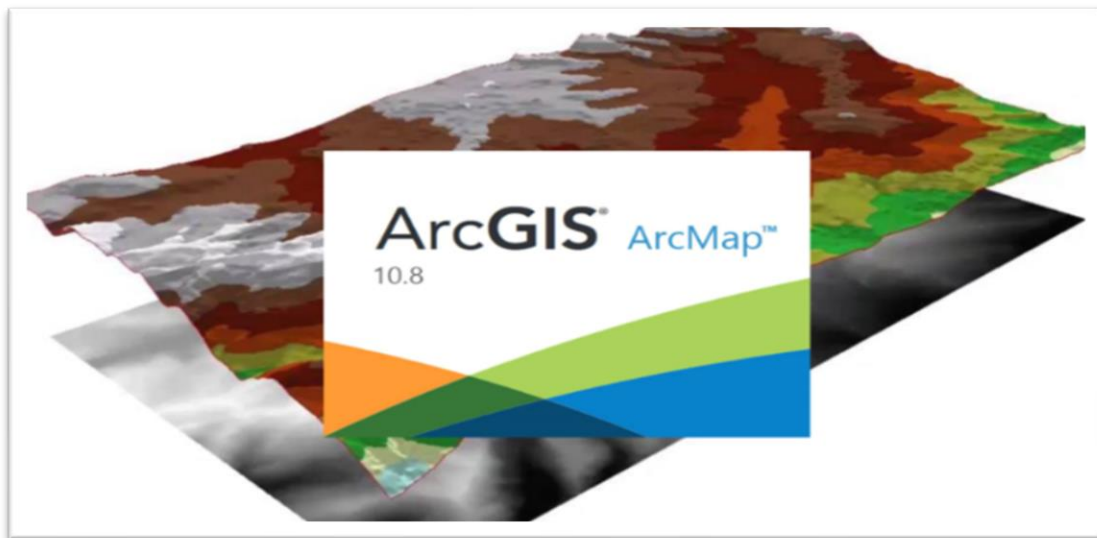
Se puede encontrar muchas definiciones del SIG, pero en todas ellas se presenta que es un sistema integrado de trabajo, con una estructura desarrollada, que puede llegar a aplicarse en ámbitos de pequeña o gran escala.

Para determinar la geografía que abarca nuestra área de estudio se recopila la información del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Donde se identifica que el área de la subcuenta del río Caplina es de 1085,21 km<sup>2</sup>, con una incidencia de 33,87% en la cuenca Caplina. Área que integra el distrito de Calana, como material representativo se presenta la siguiente figura.

La figura 2 Muestra el entorno del software ArcGIS utilizado para el análisis espacial y la modelación de zonas susceptibles a inundaciones en el tramo poblado del río Caplina.

**Figura 2**

*Icono del software ArcGIS Desktop V.10.8*



*Nota. La figura muestra el software ArcGIS Desktop V.10.5- ArcMap*

La geografía del área en estudio se puede obtener por diferentes medios, tales como investigaciones anteriores, y que estas involucren el SIG como herramienta de análisis y/o topografía en gran escala, todo el proceso con el objetivo de obtener como resultado la descripción física de la superficie de la tierra. Para el presente estudio se toma referencia de estudios realizados que enmarquen nuestra área de trabajo, tomando como eje principal el cauce del río Caplina y dando inicio desde el puente Calana y finalizando en el puente Piedra Blanca.

### **2.2.9.1 Métodos estadísticos para el análisis de avenidas**

En la estadística existe decenas de funciones de distribución de probabilidad teóricas; de hecho, existen tantas como se quiera, y obviamente no es posible probarlas todas para un problema particular. Por lo tanto, es necesario escoger, de esas funciones, las que se adapten mejor al problema bajo análisis (Mijares, 1992, pp. 252-253).

La figura 3 muestra la pantalla de presentación del software HidroEsta 2, herramienta utilizada para el análisis estadístico y cálculos hidrológicos en la investigación de zonas susceptibles a inundaciones en el tramo poblado del río Caplina.

**Figura 3**Software *HIDROESTA 2*

*Nota.* Procesamiento estadístico realizado con **HIDROESTA**.

HIDROESTA 2 es un software orientado al análisis estadístico hidrológico, utilizado para el procesamiento y evaluación de series de datos hidrometeorológicos, especialmente eventos extremos. Incorpora herramientas estadísticas para el ajuste de distribuciones de probabilidad, la estimación de parámetros y el cálculo de caudales asociados a distintos períodos de retorno, asumiendo series de datos independientes e idénticamente distribuidas (IID). Asimismo, permite realizar análisis estadísticos básicos de series temporales hidrológicas, facilitando la evaluación de la variabilidad y el comportamiento probabilístico de los datos.

#### **a. Prueba de Bondad de Ajuste**

Ya que se cuenta con decenas de funciones de distribución de probabilidades teóricas, se efectuará la prueba de bondad de ajuste con el objeto de encontrar la medida que se ajusta a un determinado modelo de distribución de datos históricos de caudales registradas del río Caplina en la estación Calientes. Por lo cual en el software HYFRAN se puede analizar los siguientes modelos matemáticos:

- Gumbel
- Normal
- Lognormal 2 Parámetros
- Lognormal 3 Parámetros

- Gamma 2 Parámetros
- Gamma 3 Parámetros
- Log Pearson tipo III
- Log Gumbel

#### **b. Periodo de Retorno**

El periodo de retorno de un evento con una magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada (Maidment et al., 1994, p. 392).

La ecuación 1 permite calcular el intervalo promedio de recurrencia entre eventos que igualan o superan una magnitud específica

$$T = n + 1/m \quad (1)$$

La ecuación Weibull es la más usada para el periodo de retorno, la cual es usada para presentar el número de años en promedio para que un evento sea igualado o excedido. El periodo de retorno recomendado por el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales, para los estudios técnicos, el empleo de un periodo de retorno de 50 años para estimar el caudal máximo de diseño para tramos de curso de agua con asentamientos agrícolas, y un periodo de retorno de 100 años en áreas urbanas.

#### **2.2.9.1 Modelado y simulación hidrológica**

El procedimiento que más promete en la aplicación de computadores a la cuenca hidrológica es el de simulación, o sea, la representación en el computador, de un sistema hidrológico por otro matemático que pueda reproducir el comportamiento del sistema natural. Claramente hay muchos niveles de aproximación a la reproducción del sistema natural; por ejemplo, se puede utilizar una función simple para relacionar los volúmenes de escorrentía con los volúmenes de precipitación, o se puede introducir, alternativamente, una serie de funciones que representen cada paso del ciclo de escorrentía: intercepción, infiltración, escorrentía superficial, etc. Cuando se dispone de todos los datos necesarios el mejor modelo será el que sea más real y represente el proceso físico en una forma más adecuada; este tipo de modelo es el que se conoce como modelo de simulación. Con un número grande de parámetros, prácticamente cualquier modelo se puede adaptar para reproducir un registro histórico con buena

aproximación; sin embargo, la extrapolación que más describa de un modo realista los procesos hidrológicos (Ray et al., 1977, p. 266).

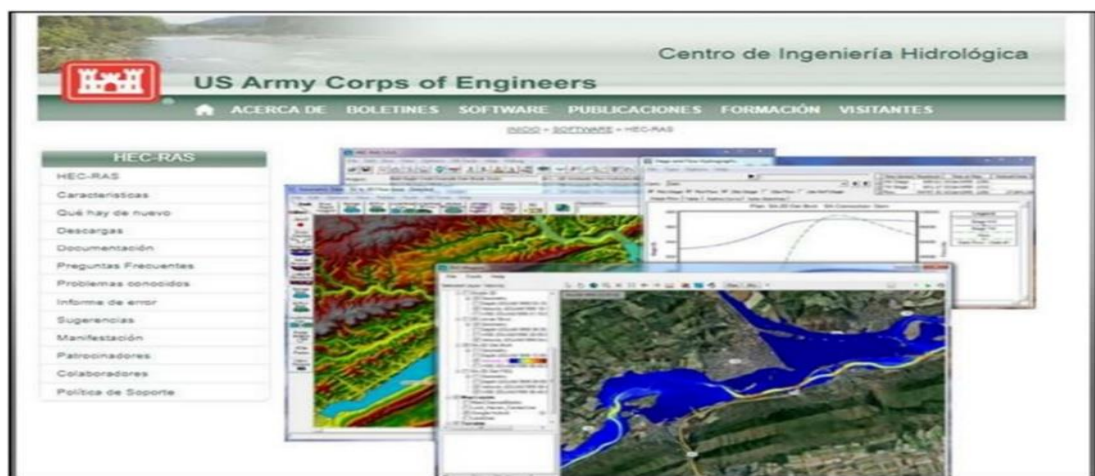
El modelado y simulación hidrológica con el uso de computadoras promete una mejor presentación de la dinámica de los ríos, aproximándose al sistema natural, utilizando una serie de funciones que representan cada paso del ciclo de la escorrentía superficial según los registros históricos del río en estudio. Mediante el proceso computarizado se logra la simulación de los eventos extraordinarios de máximas avenidas generando estas las áreas de inundación.

#### a. Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

El Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 es un programa que calcular el nivel del agua en cada sección transversal en el tramo de un río o canal artificial, El flujo puede ser permanente o no permanente. Además de calcular los niveles en cada sección, Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 tiene la capacidad de calcular la socavación en los elementos de apoyo de un puente para el diseño de la cimentación de los mismos. Permite considerar en los cálculos los efectos de diversos tipos de obstrucción y mejoras en las zonas de inundación tales como diques, puentes, cunetas y alcantarillas, presas y otras estructuras, es aplicable a la gestión de llanuras de inundación y estudios de seguridad ante avenidas, en cuanto permite evaluar las intromisiones en las zonas inundables.

#### Figura 4

*Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7*



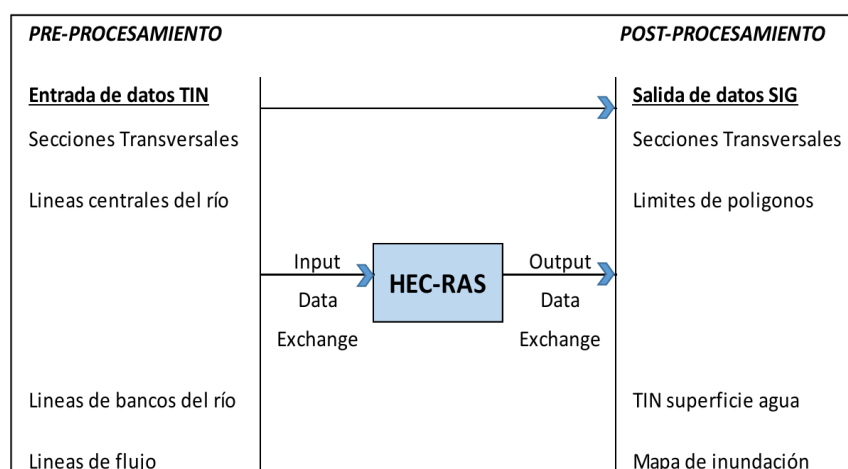
*Nota.* Extraído de Engineers, (1964-2017)

Se presenta una estrategia de simulación hidrológica distribuida, a la escala de la cuenca y donde se hace una integración conceptual de elementos de la topografía, la hidrología, la hidráulica y la geomorfología. Se describe el modelo conceptual de almacenamientos y flujos y la forma como se integran sus parámetros. (...). Se hace un recuento de varias aplicaciones de la estrategia de simulación en las distintas versiones del modelo hidrológico, que ha sido utilizado en distintas condiciones geográficas y climáticas con resultados satisfactorios y se ha adaptado para la simulación de otros procesos (Vélez, 2013, p. 393).

La figura 5 detalla el cuadro que describe el flujo de trabajo del software HEC-RAS v.5.0.7, dividido en tres etapas secuenciales: pre-procesamiento, procesamiento central y post-procesamiento. En la primera, se ingresan datos fundamentales como superficies topográficas TIN, secciones transversales, líneas centrales, de bancos y de flujo del río, los cuales se transfieren al módulo central mediante el intercambio de datos de entrada. Allí, el software realiza los cálculos hidráulicos necesarios para simular el comportamiento del cauce. Finalmente, en el post-procesamiento, se obtienen los resultados organizados a través del intercambio de datos de salida, que incluyen información compatible con SIG, secciones transversales calculadas, límites de polígonos, superficies de agua en formato TIN y el mapa de inundación final, listos para su interpretación y análisis espacial.

### Figura 5

*Esquema del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7*



*Nota.* Esquema de procesamiento en el programa de HEC – RAS

### b. Fundamento Teórico del Modelo

La Ecuación 2, es conocida como Ecuación de la Energía, permite calcular la elevación de superficie de agua en una sección transversal de un curso de agua mediante un procedimiento iterativo.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (2)$$

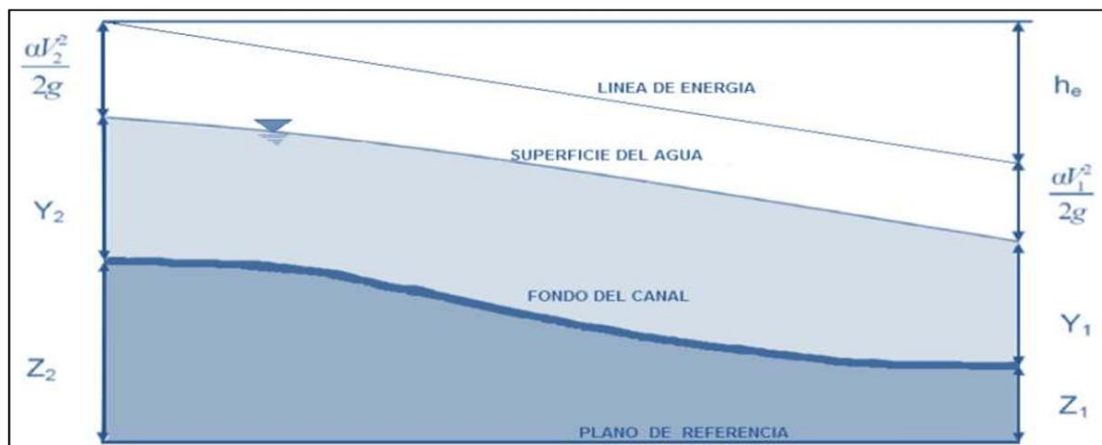
Donde:

- Y1, Y2 = Profundidad del agua en la Sección Transversal
- Z1, Z2 = Elevación del lecho del tramo
- V1, V2 = Velocidades promedio (Q total/A total)
- $\alpha_1, \alpha_2$  = Coeficientes de velocidad
- g = Aceleración de la gravedad
- $h_e$  = Pérdida principal de energía

La Figura 6 muestra los términos y simbologías que componen la ecuación de la energía en un canal, representando gráficamente por elementos como la línea de energía, la superficie del agua y el fondo del canal respecto a un plano de referencia. Se identifican las variables asociadas a la ecuación, como las elevaciones del fondo, las profundidades del agua, la energía total y los términos de energía cinética correspondientes a la velocidad del flujo en dos secciones del canal.

**Figura 6**

*Términos de la ecuación de la energía y sus diferentes simbologías que componen la ecuación 2*



*Nota.* Descripción gráfica de los términos de la ecuación de la energía

La ecuación 3 permite calcular la pérdida principal de energía ( $h_e$ ) entre dos secciones transversales está relacionada con pérdidas por fricción y pérdidas por contracción y expansión. La ecuación para la pérdida principal de energía se aprecia en la ecuación siguiente:

$$h_e = LS_f + C \left[ \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right] \quad (3)$$

Donde:

L = Longitud del tramo

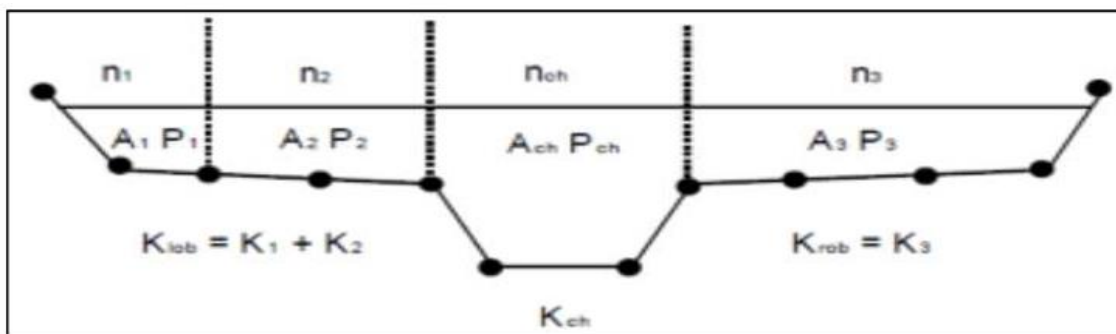
Sf = Pendiente de fricción entre dos secciones

C = Coeficiente de pérdida por expansión o contracción.

La determinación de la conducción total y el coeficiente de velocidad para una sección transversal requieren que el flujo sea subdividido en unidades, para lo cual la velocidad esta uniformemente distribuida. El enfoque usado en Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 es subdividir el caudal en zonas de desbordamiento usando el input de los valores de las secciones transversales donde el valor "n" cambia, como la base para la subdivisión. Se presenta la figura 7.

**Figura 7**

*Subdivisión de áreas de las secciones transversales*



*Nota.* Manual de Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7, (2019)

La ecuación 4 permite calcular el caudal en un tramo de curso de agua dentro de un contexto de modelo hidrológico.

$$Q = KS_f^{1/2} \quad (4)$$

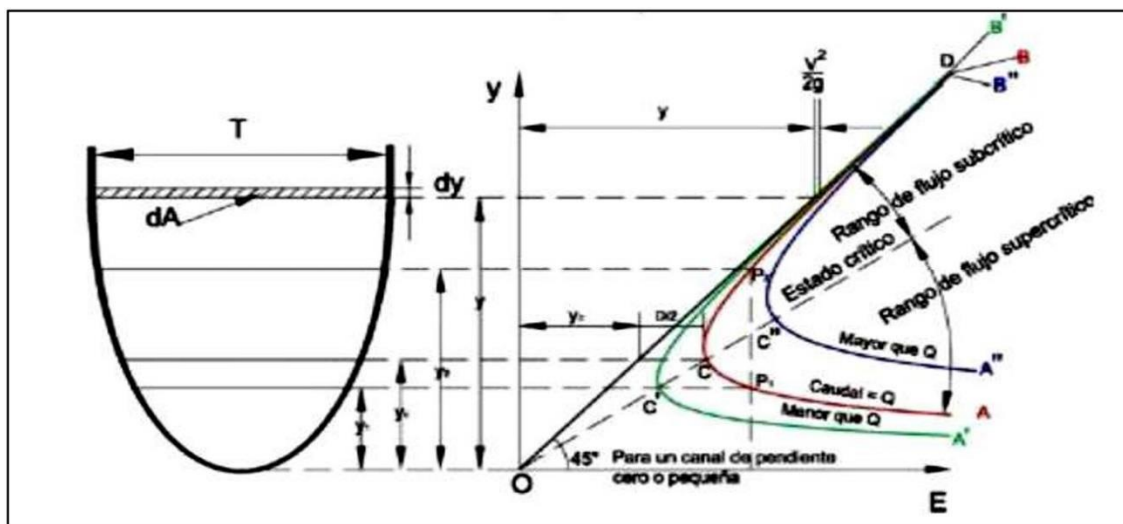
La ecuación 5 permite calcular el coeficiente de transmisión de un tramo o subdivisión de un canal basándose en la fórmula de Manning.

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \quad (5)$$

La figura 8 ilustra la curva de energía específica en canales abiertos, que relaciona la profundidad del flujo con la energía específica respecto al fondo del canal. A la izquierda se muestra la sección transversal del canal con sus variables de cálculo, mientras que a la derecha la curva principal presenta dos ramas: la inferior para flujo supercrítico (velocidad alta, profundidad baja) y la superior para flujo subcrítico (velocidad baja, profundidad alta), separadas por el punto crítico donde la energía es mínima y se alcanza el tirante crítico. Se incluye también una línea de 45° que representa la condición de energía cinética despreciable, y curvas adicionales que muestran cómo varía la relación al cambiar el caudal, destacando conceptos como los tirantes alternos para una misma energía y la energía mínima necesaria para transportar un caudal determinado.

**Figura 8**

*Canal representativo con la delimitación del flujo según el manual de Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7*



*Nota.* Extraído del Manual de Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7, (2019)

La ecuación 6 establece que la tasa de cambio del volumen de agua en una sección del canal se debe a la diferencia entre el caudal que entra y el que sale, más cualquier aporte o extracción lateral. Es fundamental para modelar cómo varían las

características del flujo con el tiempo y el espacio en situaciones no permanentes (como crecidas).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (7)$$

Donde:

A: Es el área de la sección transversal perpendicular al flujo.

Q: Descarga o caudal.

q: Flujo de entrada lateral.

g: Aceleración de la gravedad.

H: Altura de la superficie de agua por encima de un nivel de referencia especificado (Tirante).

S<sub>f</sub>: Pendiente longitudinal de fricción.

T: Coordenada temporal.

X: Coordenada longitudinal.

### 2.2.9.2 Delimitación del área de inundación y faja marginal

Una planicie o llanura de inundación es un área usualmente seca adyacente a ríos, corrientes, lagos, bahías, océanos, la cual se inunda durante eventos de crecientes. Las causas más comunes de inundación son las crecientes de corrientes y de ríos y las mareas anormalmente altas que resultan de tormentas severas. La planicie de inundación puede incluir el ancho total de valles angostos o áreas amplias localizadas a lo largo de ríos en valles amplios y planos. (...), el canal y la planicie de inundación son partes integrales de la conducción natural de una corriente. La planicie de inundación mueve el caudal que excede la capacidad del canal y a medida que el caudal crece, aumenta el flujo sobre la planicie de inundación (Show et al., 1994, p. 531).

El área de inundación comprende también el área seca adyacente a los ríos, la cual se identifica al presentarse eventos de máximas avenidas, donde a medida que el caudal crece se incrementa el área de inundación del río en estudio. Las causas por las cuales se presentan las inundaciones, son las crecientes de los caudales de los ríos en los meses donde las precipitaciones pluviales son más elevadas durante el año.

La delimitación de la faja marginal se realiza de acuerdo con los siguientes Criterios; La magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses, canales de derivación, entre otros. El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces. El espacio necesario para los usos públicos que se requieran. La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua. No se considerarán las máximas crecidas registradas por causas de eventos excepcionales (ANA, 2010, pp. 36-37).

La resolución jefatural N°332-2016-ANA, resuelve la aprobación del reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales el cual tiene como objetivo establecer las metodologías y criterios aplicables para la delimitación de las fajas marginales de los cauces de agua naturales o artificiales, todo ello con arreglo a las disposiciones establecidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 y su reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG.

La aprobación del ancho mínimo de la faja marginal es mediante una resolución de la autoridad administrativa del agua (AAA), conforme a las disposiciones establecidas en el reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales, el presente reglamento es de aplicación nacional y de cumplimiento por todas las personas naturales o jurídicas, como los gobiernos regionales y locales, organizaciones de usuarios de agua, propietarios o poseedores de predios 40 adyacentes a la faja marginal, que tengan interés en el proceso de delimitación de las fajas marginales de los cauces naturales o artificiales.

## **2.3 Definición de términos**

Definiciones de los conceptos básicos para tener una mayor comprensión acerca del estudio correspondiente.

### **2.3.1. Márgenes**

Zonas laterales de los terrenos que colindan inmediatamente con los cauces. (Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Lineamientos para la delimitación de fajas marginales en ríos, quebradas y lagos*. ANA, Perú.)

### **2.3.2. Faja Marginal**

Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales. Las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos (ANA, 2010, p. 36).

### **2.3.3. Cuenca**

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida, (Mijares, 1992) (p. 19).

### **2.3.4. Simulación**

Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema, (Coss Bú, 1993, pp. 11-12).

### **2.3.5. Estación Meteorológica**

Es el lugar donde se encuentran los equipos y/o aparatos, los cuales registran el fenómeno meteorológico, vale decir cuantifican la información meteorológica. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2014).

### **2.3.6. Curvas de Nivel**

Se denominan curvas de nivel a las líneas que marcadas sobre el terreno desarrollan una trayectoria que es horizontal. Por lo tanto, podemos definir que una línea de nivel representa la intersección de una superficie de nivel con el terreno. En un plano las curvas de nivel se dibujan para representar intervalos de altura que son equidistantes sobre un plano de referencia. (Instituto Geográfico Nacional [IGN], 2018).

### **2.3.7. Topografía**

Es la disciplina o técnica que se encarga de describir de manera detallada la superficie de un determinado terreno. Esta rama, hace foco en el estudio de todos los principios y procesos que brindan la posibilidad de trasladar a un gráfico las particularidades de la superficie, ya sean naturales o artificiales, (Rodríguez et al., 2017, p. 20).

### **2.3.8. Cauce o Álveo**

Continente de las aguas durante sus máximas crecientes, constituye un bien de dominio público hidráulico. (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016).

### **2.3.9. Riberas**

Las riberas son las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016, p. 36).

### **2.3.10. Modelado Hidráulico**

La modelación hidráulica es la reproducción, a escala reducida, de fenómenos, estados o procesos relevantes del flujo del agua. Las magnitudes físicas o hidrodinámicas en el “modelo hidráulico” deben corresponder a las magnitudes en la naturaleza, bajo determinadas leyes, que reciben el nombre de “escalas” (...). Un modelo hidráulico satisface los requerimientos de la similitud geométrica, de la similitud cinemática y, en último término, de la similitud dinámica, (Rodríguez et al., 2017, p. 25).

### **2.3.11. Período de Retorno**

Es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado por lo menos una vez (Sáenz, 1995, p. 226).

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Diseño de investigación**

El presente trabajo de investigación fue de tipo no experimental ya que se analizó, observo la simulación hidráulica y a la vez es cuantitativo debido a que se determinó las áreas de inundación a través de una simulación hidráulica con Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7, asimismo, es de alcance descriptivo porque se identificó y delimito las zonas inundables, explicando dónde y cómo se presentaron las inundaciones. Y también es explicativo ya que se utilizó modelos hidrológicos y sistemas de información geográfica para determinar las áreas inundables del río Caplina, con el fin de apoyar la gestión del riesgo en el distrito de Calana, provincia de Tacna, departamento de Tacna.

### **3.2. Acciones y actividades**

#### **3.2.1. Recopilación de información**

En el presente trabajo de investigación sobre la simulación hidráulica del río Caplina con fines de determinar áreas inundables en el sector de Calana, provincia y región de Tacna, consistió en obtener todos los datos necesarios para poder simular correctamente el comportamiento del agua en el cauce del Río Caplina en base a las siguientes informaciones:

- Se realizó las revisiones bibliográficas de repositorios de tesis de la Universidad Privada de Tacna, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y otras universidades en temas referentes al presente trabajo de investigación, asimismo se revisó los registros históricos en lo cual hayan ocurrido fenómenos naturales que ocasionaron daños por inundación y desborde de ríos en el sector de Calana producto de las precipitaciones pluviales que se originan en la parte alta de la ciudad heroica de Tacna generando incremento de caudal y crecida del río Caplina afectando áreas de cultivo y viviendas de uso poblacional.
- Con escrito de solicitud S/N de fecha 16 de noviembre del 2025 por derecho de acceso a la información pública y con fines de obtener datos confiables se solicitó a la administración local del agua Caplina – Locumba Tacna de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) el registro histórico de caudales máximos anuales (m<sup>3</sup>/seg) de los últimos 20 años obtenidos de la estación de Calientes.

- Con escrito de solicitud S/N de fecha 24 septiembre del 2025 por derecho de acceso a la información pública y con fines de obtener datos confiables se solicitó al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Tacna, el registro histórico de precipitaciones anuales máximas ocurridas en 24 horas (mm) de los últimos 20 años obtenidos de las estaciones pluviométricas existentes en la cuenca Caplina.

### 3.2.2. Trabajo de campo

Se ha realizado los trabajos de levantamiento topográfico para obtener el modelo digital del terreno para conocer la geometría detallada del terreno y del cauce del río Caplina como son las elevaciones, pendientes, depresiones, llanura, taludes, márgenes de la ribera del río y zonas propensas a inundarse utilizándose equipos topográficos calibrados (estación total, GPS diferencial y Dron). Además se procedió a la toma de fotografías aéreas (ORTOPHOTO) georreferenciados a los puntos de control topográfico de la zona de estudio.

En la figura 9 se muestra la inspección de campo realizados para la simulación hidráulica del río Caplina con fines de determinar áreas inundables en el sector de Calana, provincia y región de Tacna, consistió en verificar las condiciones físicas del terreno en la zona de estudio en una longitud de 3.9 km teniendo como coordenadas UTM WGS84 INICIO (374810 E, 8016672 N) – FINAL (374174 E, 8013168 N).

#### Figura 9

*Visita técnica de campo en la zona de estudio*



*Nota.* Trabajo en campo de identificación del área de estudio

### 3.2.3. Trabajo en gabinete

Se ha realizado trabajos de procesamiento de información del levantamiento topográfico para obtener el modelo digital del terreno partir de ello se generaron planos de ubicación y localización, planimetría general, plano topográfico (curvas de nivel), perfil longitudinal, secciones transversales y secciones típicas del río.

Respecto al modelamiento hidrológico se ha realizado el procesamiento de información de los datos obtenidos de la administración local del agua Caplina – Locumba Tacna de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) sobre el registro histórico de caudales máximos anuales ( $m^3/seg$ ) de los últimos 20 años obtenidos de la estación de Calientes representando los procesos hidrológicos de forma simplificada, los almacenamientos y flujos de agua en varias direcciones para realizar las predicciones cualitativamente y cuantitativamente, para ello se ha utilizado una herramienta computacional denominado software HIDROESTA V.2.0 para obtener los cálculos hidrológicos y estadísticos aplicados a la hidrología y así determinar el caudal máximo instantáneo para la simulación hidráulica del río Caplina con fines de determinar las zonas inundables en el sector de Calana (véase anexo 3).

**Figura 10**

*Ventana principal del software HIDROESTA V. 2.0*



*Nota.* La figura muestra la ventana principal de los menús parámetros (Determina los parámetros estadísticos) y distribuciones estadísticas.

Para la simulación hidráulica del río Caplina con fines de determinar áreas inundables en el sector de Calana, provincia y región de Tacna consistió en efectuar de manera matemática y computacional el comportamiento del flujo del agua en el cauce del río Caplina con la finalidad de determinar las zonas que se inundarían ante un incremento de caudal en las épocas de máxima avenida.

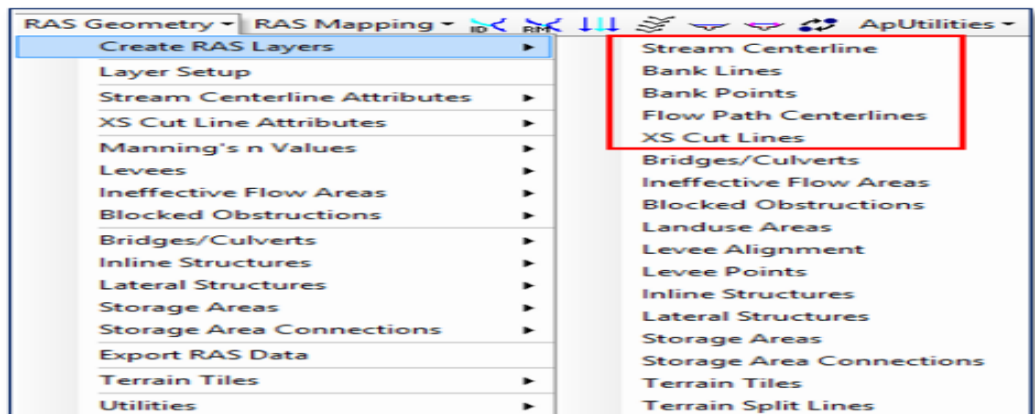
Los análisis hidrológicos e hidráulicos buscaron modelar el comportamiento de flujo del agua sobre la superficie topográfica, siguiendo la premisa de que el agua, escurre a favor de la gravedad. Para flujos constantes, el procedimiento de cálculo que se uso fue Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 que está basado en la resolución de la ecuación de la energía unidimensional demostrado si el caudal máximo instantáneo estimado supera el tirante de agua del cauce o no para un periodo de retorno de 2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años, 100 años, y 200 años, donde las pérdidas de energía fueron evaluadas por fricción y contracción u expansión.

La configuración del modelo consistió en preparar un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades especialmente diseñadas para procesar datos georreferenciados que permiten bajo el entorno del Sistema de Información Geográfica (SIG) y complementar la simulación hidráulica con Software Hydrologic Engineering Center's **River** Analysis System HEC RAS V 5.0.7. El resultado de este pre-proceso fue un archivo de datos sobre la geometría del terreno de la zona en que se realizó el presente trabajo de investigación, incluyendo en el cauce del río Caplina trazado del eje principal y delimitación de riberas y se definió las secciones de análisis transversal del mismo. Este archivo fue importado al Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7, para su procesamiento que se inició a partir del modelo digital del terreno (MDT) que nos dio una representación visual y matemática de los valores de la cota de elevación con respecto al nivel medio del mar y nos permitió caracterizar las formas del relieve de nuestra zona de estudio a través de curvas de nivel posterior a ello se convirtió en un formato TIN.

Posterior a ello se ha definido la geometría de cauce del Río Caplina utilizando la barra de herramientas **del** menú (Ras Geometry) como se observa en la figura 11:

**Figura 11**

*Menú pre-proceso datos geométricos Hec-GeoRas*

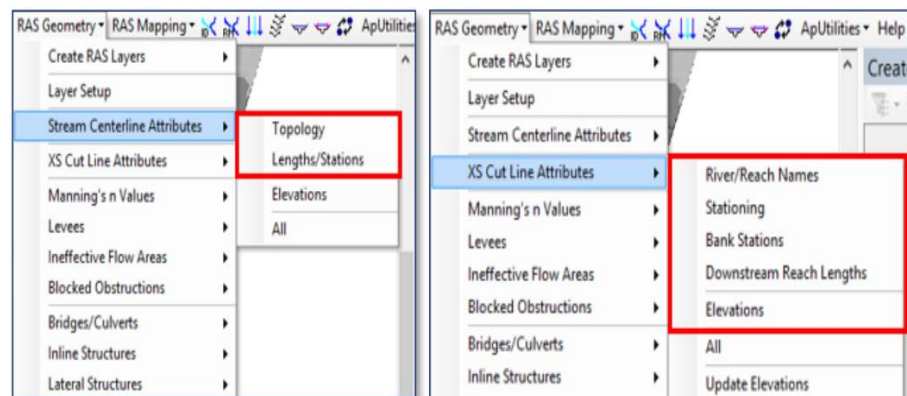


*Nota.* La figura muestra la ventana del menú Ras Geometry donde se edita el eje de río, determinación de las riberas del río (margen izquierdo – derecho)

En la figura 12 se muestra el siguiente paso que es la realización del cálculo numérico con la extensión Hec-GeoRas de tal modo que ciertos datos como pueden ser elevación y topología se añaden a las capas creadas para que después el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7, pueda trabajar con ellos. Se ha utilizado varias herramientas de los menús Stream Centerline Attributes y XS Cut Line Attributes para realizar las secciones transversales que fueron trazados de manera perpendicular al eje de río.

**Figura 12**

*Menú pre-proceso datos de elevación y topología Hec-GeoRas*

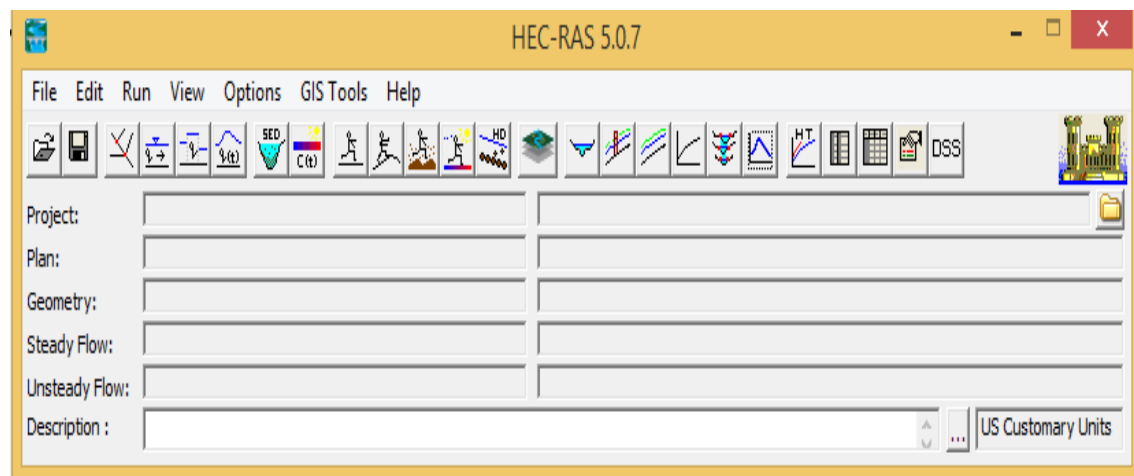


*Nota.* La figura muestra la ventana del menú Ras Geometry donde se edita las secciones transversales del río principal

Luego en la figura 13 en la etapa de procesamiento se ha exportado todas las capas que contiene los datos topográficos como un archivo GIS para su manejo en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 asignándose el coeficiente de rugosidad (Manning) y la pendiente del río Caplina según el recorrido del cauce principal; para ello se necesitó las cotas máximas y mínimas de elevación y la distancia horizontal.

### Figura 13

#### *Ventana de Ingreso de datos en el Software*



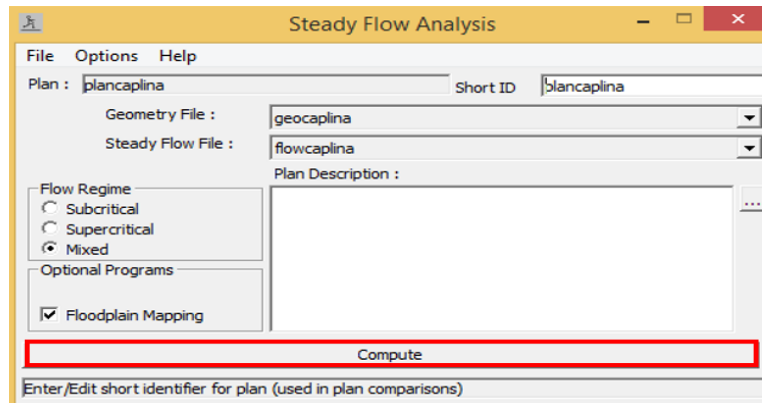
*Nota.* La figura muestra la ventana principal del menú Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 para la creación del modelo hidráulico.

Se ingresaron datos geométricos y de flujo para realizar cálculos hidráulicos, basados en la solución unidimensional de la ecuación de la energía. Las pérdidas de energía se evaluaron por fricción (mediante la ecuación de Manning), así como por contracción y expansión del canal, calculadas multiplicando la carga de velocidad del flujo por coeficientes específicos.

En la Figura 14 se determina el tipo de flujo, distinguiendo si es subcrítico, supercrítico o mixto.

**Figura 14**

*Proceso computacional del proceso en el Software*

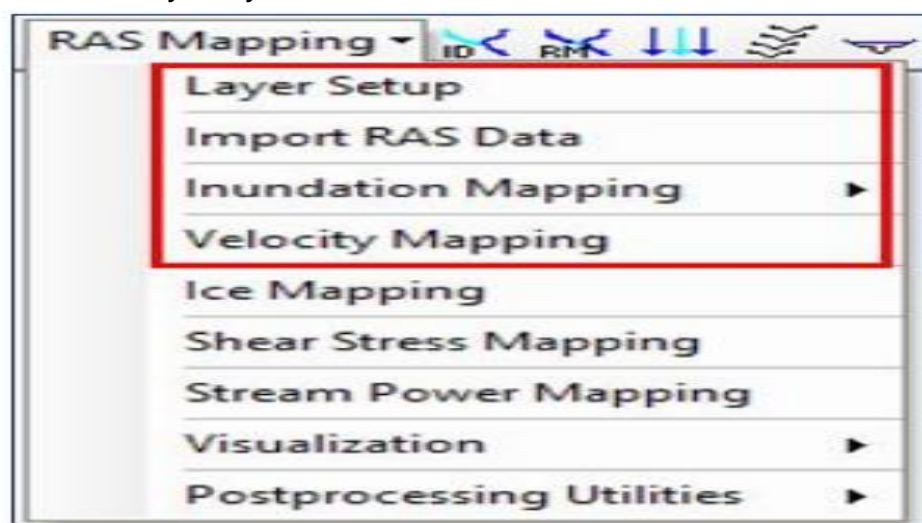


*Nota.* La figura muestra la ventana donde se determina el tipo de flujo en el Software y el proceso computacional de la simulación hidráulica.

Finalmente, en la figura 15 se muestra la etapa de Post – Procesamiento donde se ha Identificado las áreas vulnerables: viviendas, infraestructuras, zonas agrícolas y la representación mapas de inundación según niveles de riesgo y velocidades con la extensión Hec-GeoRas (menú RAS Mapping) y RAS Mapper.

**Figura 15**

*Menú de post-proceso de Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7*



*Nota.* La figura muestra la ventana principal de RAS Mapping donde se puede visualizar los resultados de la simulación hidráulica.

### 3.3. Materiales e instrumentos

#### *Recursos empleados*

##### *Mano de obra*

- asesor: horas hombre empleado para la guía, supervisión y orientación al tesista para el cumplimiento de los estándares académicos e investigación adecuada en la elaboración del presente trabajo. Cantidad: 01 unidad
- tesista: horas hombre utilizado en investigación, análisis, organización de información y proponer soluciones o explicaciones a un problema específico considerado en el presente trabajo de investigación. Cantidad: 01 unidad
- topógrafo: horas hombre que se ha utilizado para definir el terreno de la zona de estudio y se ha ubicado el polígono o puntos clave en el cauce del Rio Caplina, además se ha realizado los levantamientos topográficos posteriores a ello fueron elaborados los planos, curvas de nivel, el modelo digital del terreno (MDT), perfiles longitudinales y secciones transversales. **Cantidad:** 01 unidad

##### *Materiales*

- libreta de campo: material que fue utilizado para registrar toda la información necesaria recolectada directamente en la zona de investigación o durante la observación, de forma ordenada y sistemática. Cantidad: 01 unidad
- wincha: utilizado para medir la distancia entre dos puntos del terreno y la altura en la que se encuentra el equipo topográfico respecto al nivel del terreno. Cantidad: 01 unidad
- yeso: utilizado como un material auxiliar para fijar o marcar puntos de referencia en el terreno, puntos de control, BMs de manera que sean visibles y duraderos durante el trabajo de campo. Cantidad: 05 kilos
- estacas: utilizados para asegurar que un punto topográfico sea un vértice de polígono o estación de medición no se mueva durante el levantamiento topográfico, generalmente utilizados en los puntos de control. Cantidad: 50 unidades
- útiles de escritorio: son materiales que fueron utilizados para la elaboración del trabajo de investigación como son papelería, materiales de escritorio, resaltadores y bolígrafos para organizar y revisar los avances de cada capítulo. Cantidad: 01 global

- implementos de seguridad: para garantizar la seguridad durante el trabajo de campo, se utilizaron implementos de seguridad personal como casco, chaleco reflectante, botas de seguridad, guantes y protector solar. Estos implementos de seguridad permitieron realizar las actividades de medición y observación de forma segura y conforme a las normas de prevención de riesgos laborales. Cantidad: 01 global

### *Equipos*

- laptop: para la ejecución de la presente tesis, se utilizó una laptop como herramienta principal para la redacción de documentos, análisis estadístico de los datos recolectados en campo y la elaboración de gráficos y planos. Asimismo, facilitó el proceso de comunicación con el asesor de tesis. Cantidad: 01 unidad
- computadora: para la ejecución de la presente tesis, se utilizó una computadora como herramienta principal para el procesamiento de datos, análisis estadístico de los datos recolectados en campo y la elaboración de gráficos y planos. Cantidad: 01 unidad
- GPS geodésico: este equipo fue utilizado para obtener coordenadas precisas de los puntos de control en el área de estudio en el río Caplina, asegurando la exactitud necesaria para el levantamiento topográfico y posterior análisis en gabinete. Cantidad: 01 unidad
- estación total: este equipo topográfico permitió realizar el levantamiento topográfico, registrando coordenadas espaciales (X, Y, Z) de los puntos de interés en el cauce del río Caplina para los trabajos de campo se realizó siguiendo protocolos técnicos específicos, asegurando la calibración adecuada antes de cada jornada de campo y tomando medidas en puntos estratégicos para maximizar la precisión y confiabilidad del levantamiento topográfico. Cantidad: 01 unidad
- GPS diferencial: equipo utilizado para la obtención de coordenadas geográficas con alta precisión, se empleó un GPS diferencial (DGPS) durante el trabajo de campo así de esta manera se ha logrado las precisiones de hasta centímetros, lo cual fue fundamental para garantizar la exactitud del levantamiento de puntos en el área de estudio. Cantidad: 01 unidad
- drone: equipo topográfico modernizado que viene equipado con una cámara de alta resolución lo cual permitió la captura de imágenes aéreas detalladas del área de estudio, facilitando la generación de ortofotos, modelos digitales del

terreno (MDT) y nubes de puntos, útiles para la interpretación y elaboración de planos topográficos. Cantidad: 01 unidad

#### *Software utilizado*

Google Earth Pro: esta herramienta fue utilizado para verificar visualmente la topografía del terreno, las huellas hídricas y para superponer imágenes satelitales actualizadas, lo cual facilitó el análisis del uso del suelo, condiciones del cauce y posibles zonas de inundación lo cual resultaron útiles en la fase de entrada de datos para el modelo hidráulico empleado en la simulación del río Caplina.

#### **Figura 16**

*Vista de la Tierra centrada en Google Earth Pro*



*Nota. La figura muestra la ventana principal Google Earth Pro (2025)*

- Autocad 2D: utilizados para la representación gráfica del levantamiento topográfico, permitiendo la elaboración de planos topográficos y esquemáticos fundamentales para el desarrollo de la simulación hidráulica (véase anexo 2).

#### **Figura 17**

*Software AutoCAD 2D utilizado para realizar los perfiles topográficos*



*Nota. La figura muestra la ventana principal AUTOCAD 2D (Autodesk, 2020)*

- Autocad civil 3D: esta herramienta fue utilizado principalmente para el procesamiento, análisis y modelado del terreno, con el objetivo de generar la geometría base utilizada en la simulación hidráulica. El software Civil 3D permitió datos topográficos (curvas de nivel, puntos, superficies) obtenidos mediante levantamiento en campo.

**Figura 18**

*Ventana principal del software AutoCAD CIVIL 3D*

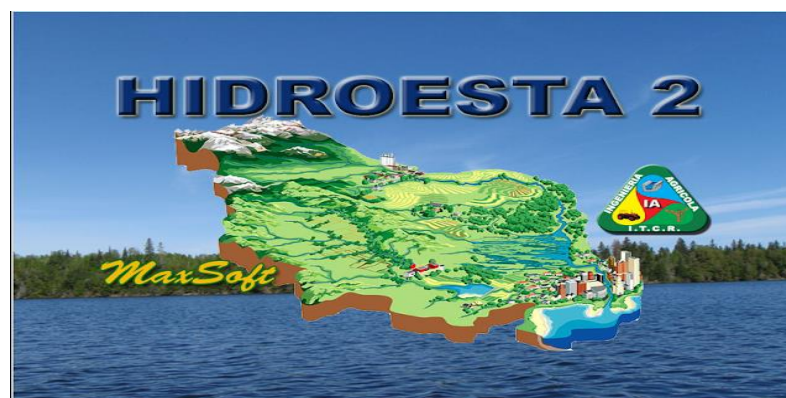


*Nota.* La figura muestra el software AutoCAD CIVIL 3D (Autodesk, 2020)

- Hidroesta: esta herramienta facilitó la evaluación del sistema de drenaje existente en el área de estudio, permitiendo simular distintos escenarios de precipitación con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años.

**Figura 19**

*Ventana principal del software de HIDROESTA V 2.0*



*Nota.* La figura muestra la ventana principal del software de

## HIDROESTA V 2.0

- Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7: En el presente trabajo de investigación, se empleó el software HEC-RAS (Anexo 5) (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) como herramienta principal para la simulación hidráulica del río Caplina. Este programa, desarrollado por el US Army Corps of Engineers, ha permitido modelar el flujo de agua en cauces naturales o artificiales, bajo condiciones de flujo permanente y no permanente, en uno (1D) o dos (2D) dimensiones.

**Figura 20**

*Icono del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7*



*Nota. La figura muestra el icono principal del software HEC RAS V 5.0.7*

- Software ArcGIS Desktop V.10.5: para elaboración de mapas de inundación fue utilizado el software ArcGIS Desktop V.10.5, un Sistema de Información Geográfica (SIG) que ha permitido la gestión, análisis y visualización espacial de datos geográficos en software ArcGIS Desktop V.10.5 procesando y analizando la información geoespacial necesaria para construir un modelo hidráulico preciso y confiable.

**Figura 21**

*Icono del software ArcGIS Desktop V.10.5*



Nota. La figura muestra el icono principal software ArcGIS Desktop V.10.5- ArcMap

### **3.4. Población y muestra de estudio**

La población de estudio está constituida por el conjunto de áreas afectadas y elementos expuestos a ser afectados por inundaciones generadas producto del desborde del río Caplina en el sector Calana. Esto incluye la red hidrográfica principal, áreas agrícolas, zonas urbanas y rurales adyacentes, infraestructuras hidráulicas existentes en la zona de estudio.

### **3.5. Operacionalización de variable**

En la tabla uno se muestra la operacionalización de variable, así mismo en el anexo uno se complementa la concepción de las variables en la matriz de consistencia.

La muestra de estudio se seleccionó un tramo representativo de 3.9 km del río Caplina en el sector Calana, donde se identifican zonas de alta vulnerabilidad propensos a sufrir daños por inundaciones.

**Tabla 1***Operacionalización de variables de investigación*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala</b>	<b>Técnicas o métodos</b>
	Caudal (Q)	Volumen de agua que pasa por una sección del río por unidad de tiempo)	hidrológica	Q (m <sup>3</sup> /s)	Temporal (diaria, horaria)	Estaciones hidrométricas SENAMHI, aforos directos o modelado hidrológico (HEC-HMS)
Simulación hidráulica	Curvas de nivel (DEM)	Representación digital del relieve del terreno en la cuenca del río Caplina)	topográfica	UTM (m.s.n.m)	Espacial (terreno 2D)	DEM (SRTM, LiDAR, drone, IGN Perú).
	Coefficiente de rugosidad Manning (n)	Valor que representa la resistencia al flujo debido a la vegetación, materiales del cauce, (n)	hidráulica	Valor de n	Espacial (segmentos del cauce)	Calibración de campo, tablas de Chow (1959), inspección visual.
	profundidad de agua (h)	Profundidad del flujo calculada por el modelo en cada celda o sección.	hidráulica	H (m)	Espacial (2D)	Resultado de la simulación hidráulica (HEC-RAS 1D/2D).
Zonas inundables	Área de inundación (A)	Superficie total afectada por la inundación para cada escenario)	territorial	A(ha/km <sup>2</sup> )	Espacial (2D)	Simulación hidráulica
	Velocidad de flujo (V)	Magnitud del flujo de agua sobre cada punto o tramo del modelo	hidrodinámica	V (m/seg)	Espacial (2D)	HEC-RAS

*Nota.* Descripción detallada de la operacionalización de las variables de la investigación

### 3.6. Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos del presente trabajo de investigación consistió en la recopilación y preparación de la información hidrológica, topográfica y geomorfológica según las visitas técnicas realizadas en campo cuyos datos obtenidos fueron necesarios para la simulación hidráulica del río Caplina.

Las etapas o procedimientos que se han seguido para realizar el presente trabajo de investigación son los siguientes:

### 3.6.1. Recopilación de información y datos de campo

Se ha realizado la revisión bibliográfica de los repositorios de tesis referente al tema del presente trabajo de investigación, asimismo se ha revisado la información hidrométrica del río Caplina y su cuenca en la página principal del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), así como también se ha realizado la visita técnica a campo para verificar las huellas hídricas de las zonas inundables en el sector de Pachía – Calana. además, se ha revisado la página principal del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y los portales de sistemas de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres para ver los últimos fenómenos naturales que ha ocurrido en los últimos 20 años en temporadas de máximas avenidas del río Caplina.

### 3.6.2. Procesamiento hidrológico

El procesamiento hidrológico consistió fundamentalmente en el análisis de datos obtenidos del registro histórico de caudales máximos anuales de los últimos 20 años cuyos datos fueron solicitados a la Administración Local del Agua Caplina Locumba de la Autoridad Nacional del Agua, con la finalidad de determinar los caudales de entrada (hidrogramas) que alimentan el modelo hidráulico del río Caplina.

Con los datos no agrupados del registro histórico de caudales máximos anuales de los últimos 20 años se ha determinado los parámetros estadísticos según software HIDROESTA V.2.0

En la tabla 2 se presenta la operacionalización de variables de investigación para un estudio hidrológico e hidráulico.

**Tabla 2**

*Determinación de parámetros estadísticos de datos no agrupados*

Parámetros	Muéstrales	Poblacionales	Momentos lineales
Media	2,0605	2,0605	2,0505
Varianza	3,2117	3,1199	0,7020
Desviación estándar	1,7921	1,7663	0,8379
Coficiente de variación	0,8697	0,8572	0,4066
Coficiente de sesgo	2,3776	2,2744	0,4682
Coficiente de curtosis	9,6333	8,5485	0,2990

*Nota.* La tabla muestra los resultados de los parámetros estadísticos: según el software HIDROESTA V.2.0

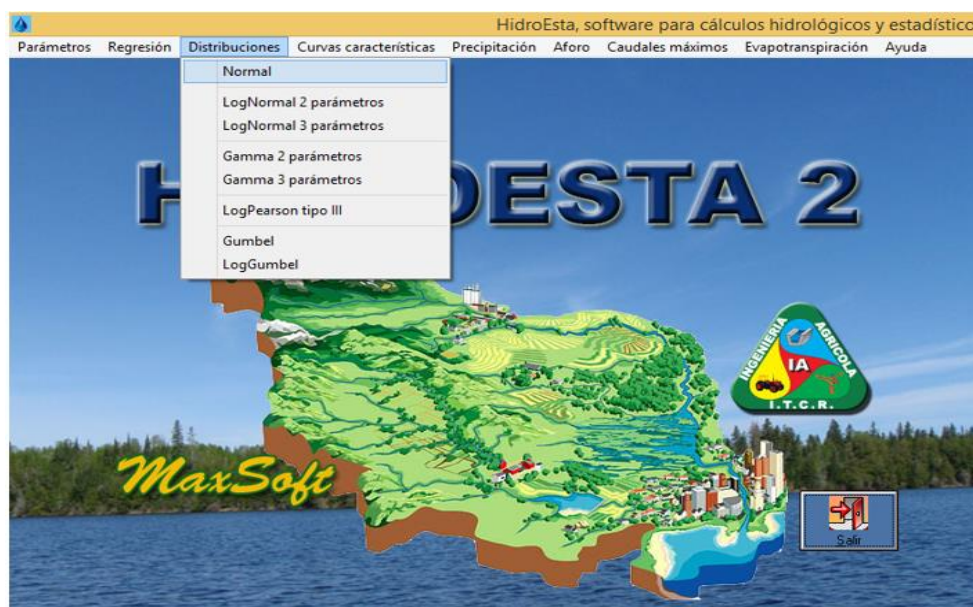
Asimismo se ha aplicado los métodos probabilísticos que son modelos matemáticos donde se emplea la probabilidad de obtener datos más reales posibles que tengan similitud con la realidad para ello se ha aplicado una serie de distribuciones estadísticas para determinar la prueba de ajuste a un 95 % de datos de confiabilidad para diferentes periodos de retorno ya sean de 2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años, 100 años, y 200 años cuyos datos fueron analizados con el software HIDROESTA V.2.0 siendo las siguientes distribuciones estadísticas:

- Normal (max. verosimilitud)
- LogNormal 2 parametros
- LogNormal 3 parametros
- Gamma 2 parametros
- Gamma 3 parametros
- Log Pearson Tipo III
- Gumbel
- Log Gumbel

En la figura 22 muestra la interfaz principal del software especializado destacando las opciones de distribuciones estadísticas que ofrece para análisis hidrológicos.

**Figura 22**

*Ventana principal de distribuciones estadísticas*



Nota. La figura muestra el menú principal de las distribuciones estadísticas del software HIDROESTA V.2.0

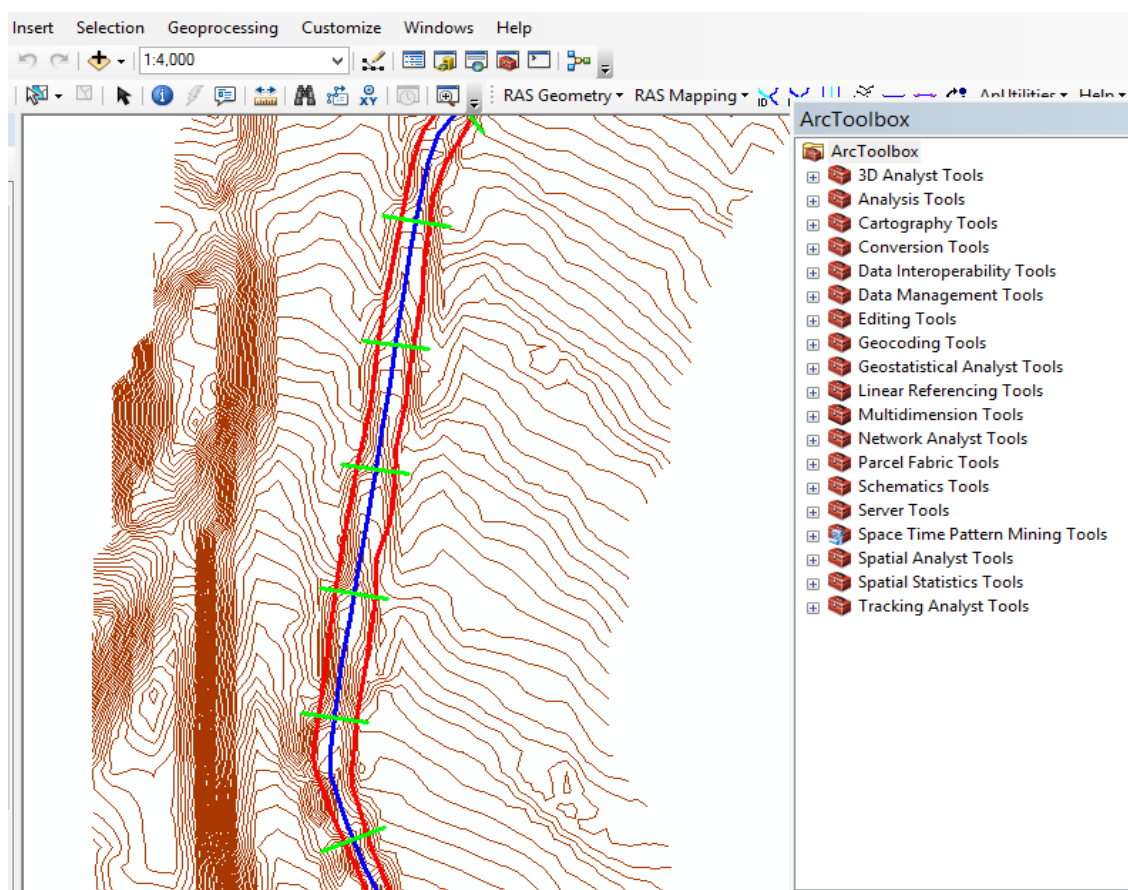
### 3.6.3. Procesamiento topográfico y geométrico

El procesamiento topográfico y geométrico del cauce natural consistió en la elaboración del modelo hidráulico, que nos permitió representar la forma física del cauce y la planicie de inundación del río Caplina. Para ello se ha preparado el modelo digital del terreno con el objetivo principal de definir con precisión la geometría del terreno, generando la base espacial sobre la cual se simulan los flujos y se determinan las áreas potencialmente inundables.

La figura 23 muestra la interfaz de trabajo de ArcGis dedicada a la edición de datos topográficos y espaciales mostrando tanto la visualización del terreno como las herramientas disponibles para su manipulación y estudio.

**Figura 23**

*Ventana principal de edición del terreno*



*Nota.* La figura muestra la preparación de la superficie en el Software ArcGIS Desktop V.10.5 -Arc Map

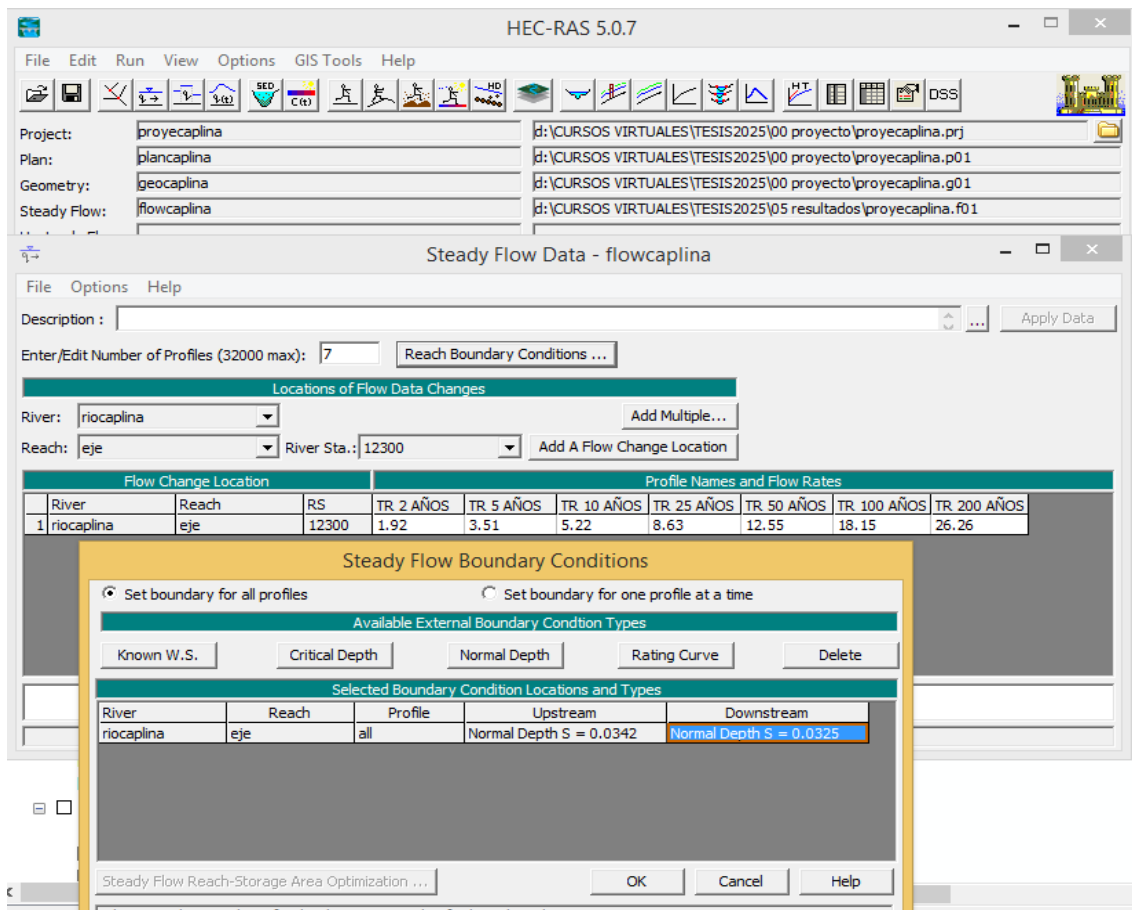
### 3.6.4. Asignación de parámetros hidráulicos

La asignación de parámetros hidráulicos constituye una etapa crucial en el proceso de simulación, ya que determina el comportamiento del flujo dentro del modelo numérico y su correspondencia con las condiciones reales del cauce y la planicie de inundación. En esta fase se definieron los coeficientes de rugosidad, condiciones de frontera, parámetros de control y configuraciones del flujo, los cuales influyen directamente en la precisión de los resultados obtenidos por el modelo hidráulico del río Caplina.

La figura 24 muestra la interfaz de trabajo de HEC-RAS dedicada a la configuración y asignación de los parámetros necesarios para realizar simulaciones hidráulicas de flujo permanente en cursos de agua.

**Figura 24**

*Ventana principal de asignación de parámetros hidráulicos*



*Nota.* La figura muestra la ventana principal donde se asigna los parámetros hidráulicos antes de la simulación en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

### 3.6.5. Configuración del modelo hidráulico

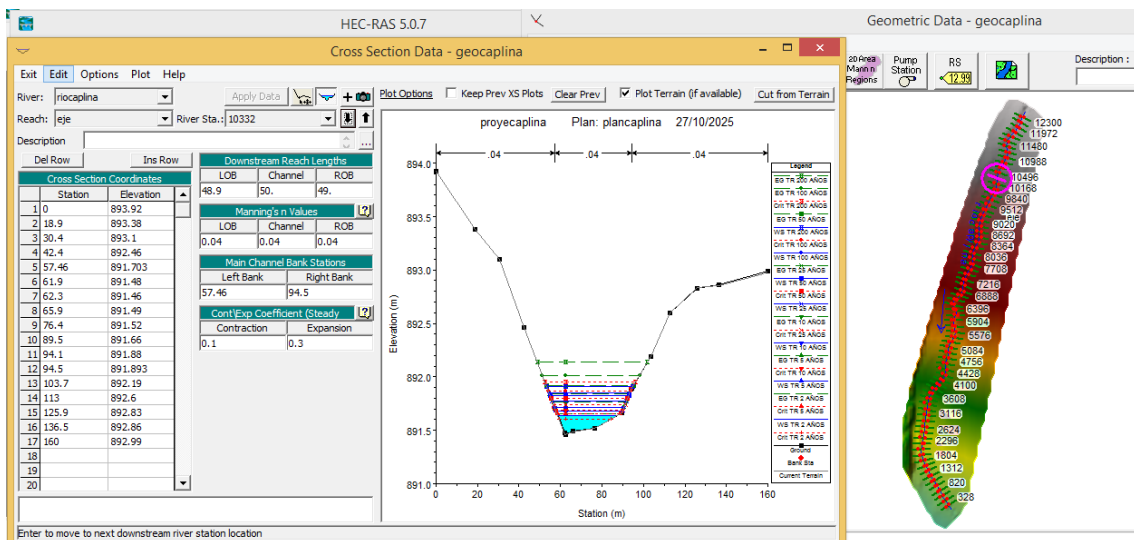
La configuración del modelo hidráulico consistió en integrar toda la información hidrológica, topográfica, geométrica y de parámetros hidráulicos en un entorno de modelación numérica, con el fin de simular el comportamiento del flujo del río Caplina durante eventos de crecida y determinar las áreas potencialmente inundables.

Para ello se empleó el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7, desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, que permite realizar simulaciones hidráulicas en flujo unidimensional (1D).

La figura 25 muestra la interfaz clave para configurar los datos geométricos e hidráulicos necesarios para realizar simulaciones en HEC-RAS, combinando tablas de datos, gráficos y visualización 3D.

**Figura 25**

*Ventana principal de configuración del modelo hidráulico*



*Nota.* La figura muestra la ventana principal donde se asigna datos hidráulicos en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

### 3.7. Análisis socioeconómico

El análisis socioeconómico se realizó mediante la superposición de las zonas inundables con la cartografía catastral del SICAR y la información de uso de suelo agrícola, permitiendo identificar y cuantificar los predios y áreas agrícolas potencialmente afectadas

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Resultados de análisis estadístico

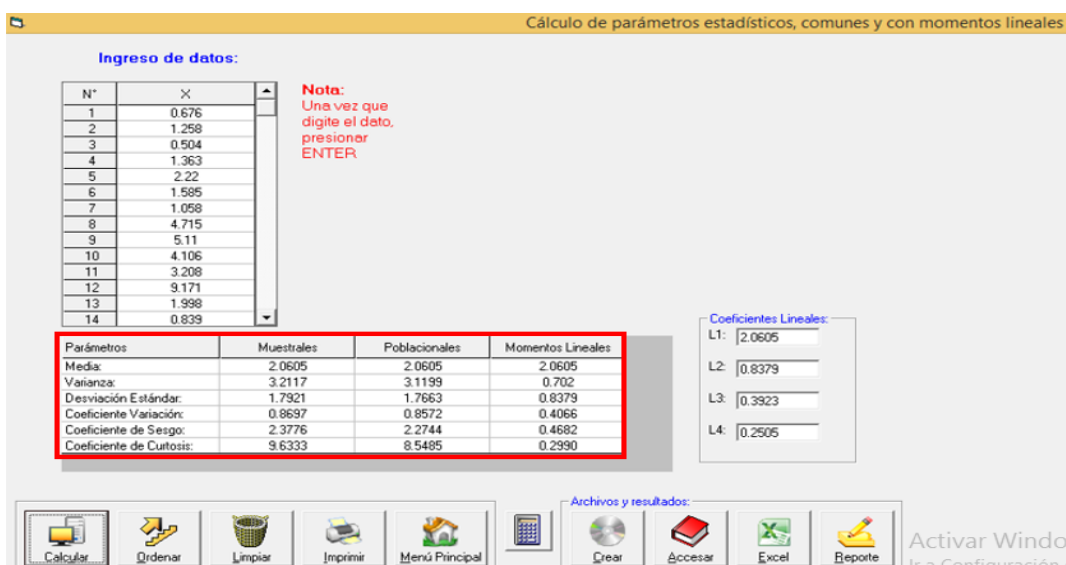
El análisis estadístico de los datos hidrológicos recopilados sobre el registro histórico de caudales máximos anuales de los últimos 30 años permitió caracterizar el comportamiento temporal de los caudales máximos registrados en la cuenca del río Caplina. Los parámetros estadísticos que fueron calculados con la aplicación de Hidroesta V 2.0 la media, mediana, desviación estándar, coeficiente de variación, asimetría y curtosis siendo trabajados con datos no agrupados que aportaron información fundamental para comprender la naturaleza de la serie de caudales y su variabilidad en el tiempo. La desviación estándar obtenida evidencia una baja dispersión de los valores respecto a la media, presentando características homogéneas que fue considerado en la simulación hidráulica.

Los parámetros estadísticos determinados nos permitieron describir con precisión el comportamiento hidrológico del río Caplina y constituyeron la base para el ajuste de modelos probabilísticos y la estimación de caudales de diseño.

La Figura 26 muestra la determinación de parámetros estadísticos en el software HIDROESTA V.2.0, una herramienta para cálculos hidrológicos y estadísticos.

**Figura 26**

*Determinación de los parámetros estadísticos*



*Nota.* La figura muestra los resultados de los parámetros estadísticos obtenidos del software HIDROESTA V.2.0

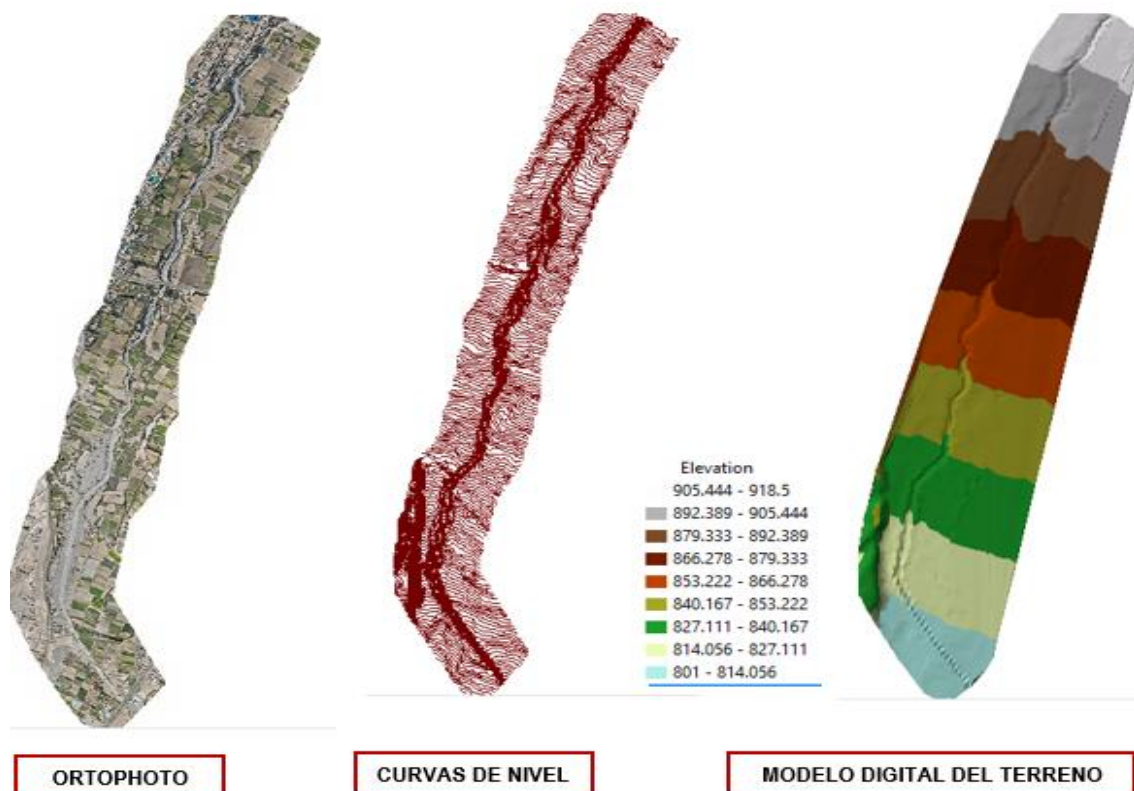
#### 4.2. Resultados topográficos

La obtención del Modelo Digital del Terreno (MDT) elaborado a partir del trabajo de campo cuyos datos topográficos permitió representar con alta precisión la geomorfología del cauce y las zonas adyacentes del área donde se ha realizado el presente trabajo de investigación. La correcta representación del relieve fue determinante para la delimitación de las zonas de inundación, ya que los resultados se ajustaron a las observaciones de campo y a los antecedentes históricos de eventos hidrometeorológicos extremos ocurridos en los últimos 20 años. Estas correcciones fueron necesarias para evitar discontinuidades en el flujo simulado, especialmente en las secciones donde el terreno presentaba datos faltantes o diferencias abruptas entre celdas.

La Figura 27 muestra el proceso y resultado de la obtención del Modelo Digital del Terreno (MDT) utilizando el software ArcGIS Desktop V.10.5.

**Figura 27**

*Obtención del modelo digital del terreno MDT*



*Nota.* La figura muestra la representación del modelo digital del terreno realizados con el Software ArcGIS Desktop V.10.5

### 4.3. Resultados hidrológicos

La simulación hidráulica del río Caplina con fines de determinar las zonas de inundación permitió analizar el comportamiento del flujo en diferentes escenarios hidrológicos. Los resultados obtenidos a partir del cálculo de determinación de caudales máximos instantáneos evidencian una correspondencia adecuada entre los valores obtenidos y los registros observados de la estación hidrométrica calientes, lo que valida la confiabilidad del modelo empleado.

Con respecto a los caudales obtenidos, el perfil longitudinal del río muestra una pendiente promedio, por lo que las velocidades promedio no superan los 1.5 m/s en épocas de temporada de sequía. Sin embargo, durante las temporadas de lluvia las velocidades del flujo aumentan siendo simulados en tiempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años), observándose un incremento significativo de los niveles de lámina de agua, alcanzando desbordes en las zonas bajas del río Caplina, especialmente en los sectores de Calana.

Los resultados obtenidos de la distribución estadística Log Gumbel, se estimaron los caudales de diseño para distintos tiempos de retorno. Para  $Tr = 2$  años se obtuvo un caudal de diseño de 1,43 m<sup>3</sup>/s, para  $Tr = 5$  años se obtuvo un caudal de diseño de 2,61 m<sup>3</sup>/s, para  $Tr = 10$  años se obtuvo un caudal de diseño de 3,88 m<sup>3</sup>/s, para  $Tr = 25$  años se obtuvo un caudal de diseño de 6,42 m<sup>3</sup>/s, para  $Tr = 50$  años se obtuvo un caudal de diseño de 9,33 m<sup>3</sup>/s, para  $Tr = 100$  años se obtuvo un caudal de diseño de 13,50 m<sup>3</sup>/s, mientras que para  $Tr = 200$  años el caudal de diseño fue de 19,53 m<sup>3</sup>/s. estas estimaciones de caudal de diseño fueron recalculados con la ecuación de Fuller para obtener los caudales máximos instantáneos para diferentes escenarios de tiempos de retorno.

$$Q_{inst} = c * Q_{diseño} \quad (8)$$

$$c = 1 + \frac{a}{A^b} \quad (9)$$

**Tabla 3**

*Datos para estimar los caudales*

<b>A (área de la cuenca) km2</b>	<b>908,9</b>
<b>a</b>	2,66
<b>b</b>	0,3

Tabla 4

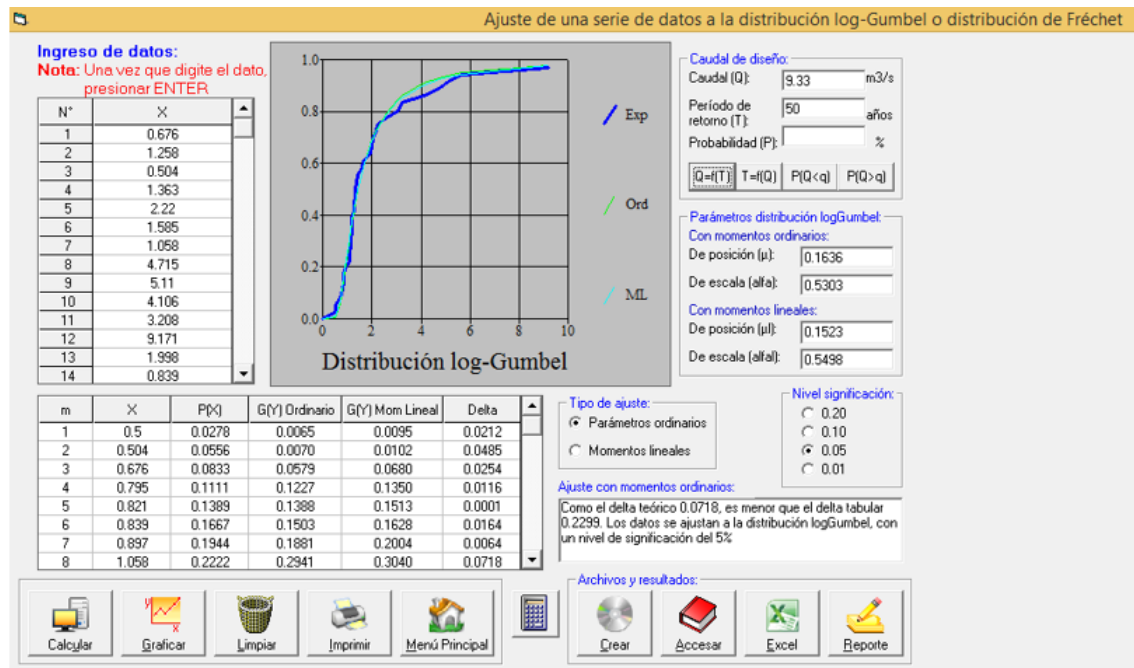
Determinación de los caudales máximos instantáneos

Item	Tiempo de retorno	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Inst (m <sup>3</sup> /s)
1	TR = 2 años	1,43	1,9228
2	TR = 5 años	2,61	3,5094
3	TR = 10 años	3,88	5,2170
4	TR = 25 años	6,42	8,6323
5	TR = 50 años	9,33	12,5451
6	TR = 100 años	13,5	18,1521
7	TR = 200 años	19,53	26,2600

Nota. La tabla muestra la determinación de los caudales máximos instantáneos mediante la distribución estadística de Log Gumbel.

Figura 28

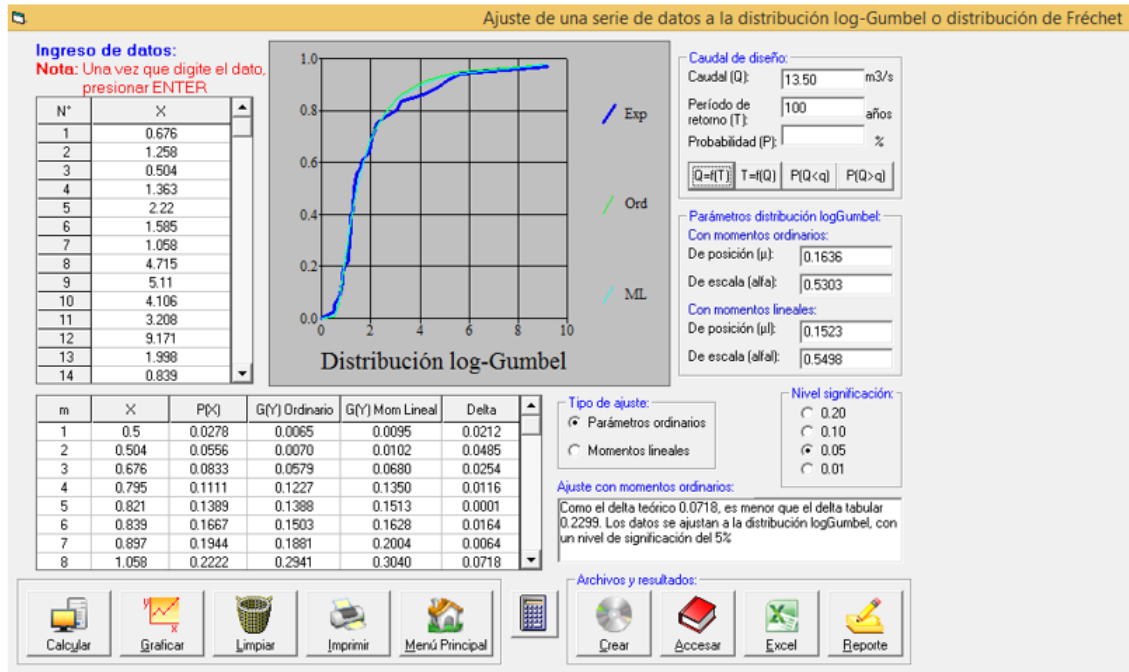
Determinación del caudal de diseño para  $Tr = 50$  años



Nota. La figura muestra la determinación del caudal máximo de diseño para un  $Tr = 50$  años aplicando el software Hidroesta V 2.0

Figura 29

Determinación del caudal de diseño para  $T_r = 100$  años



Nota. La figura muestra la determinación del caudal máximo de diseño para un  $T_r = 100$  años aplicando el software Hidroesta V 2.0

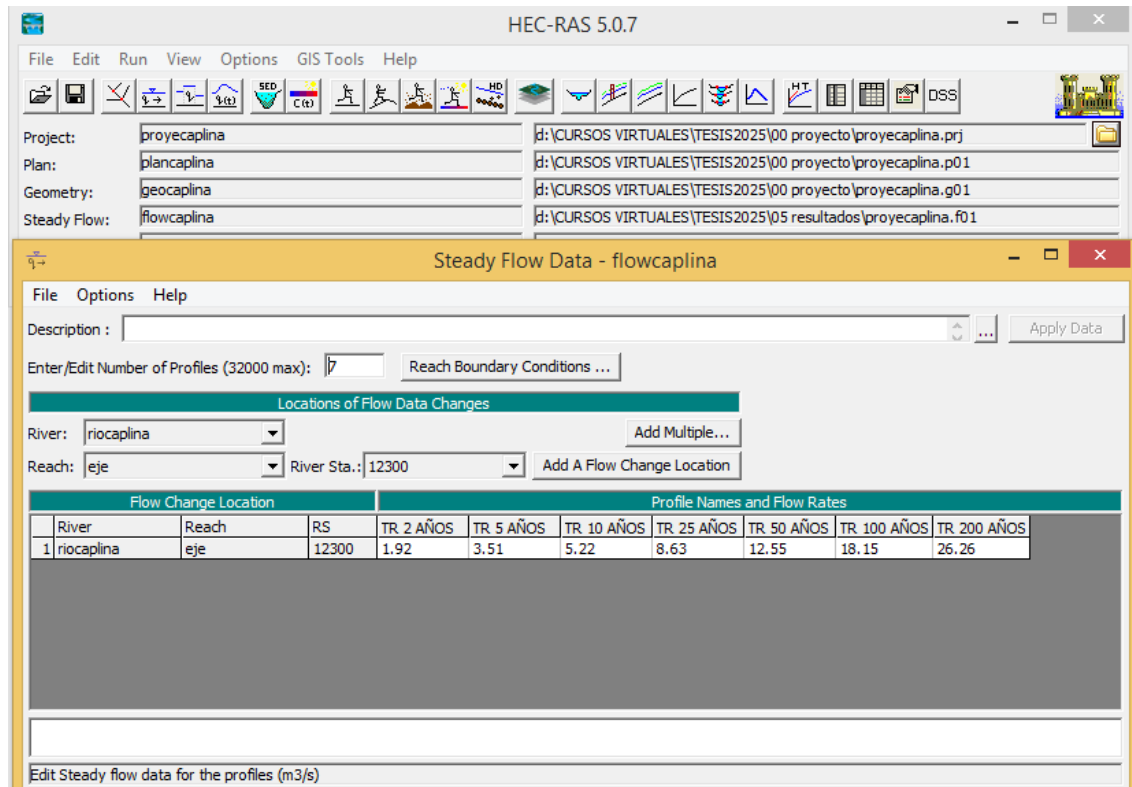
#### 4.4. Resultados hidráulicos

El modelo hidráulico alimentado con el MDT mostró una buena correspondencia entre las zonas topográficamente bajas y las áreas de mayor extensión de inundación. Esto confirma la coherencia espacial entre la topografía digital y la dinámica del flujo simulada. En particular, las zonas con menor cota relativa respecto al cauce principal concentraron mayores profundidades y tiempos de residencia del agua, lo que coincide con los registros históricos de desbordes en los eventos más recientes.

La simulación hidráulica realizada para el río Caplina permitió interpretar con detalle el comportamiento del flujo a lo largo de su cauce, bajo diferentes condiciones hidrológicas representativas y para diferentes escenarios de tiempos de retorno siendo realizadas la simulación con los siguientes valores numéricos de caudales máximos instantáneos.

**Figura 30**

*Caudales máximos instantáneos (m<sup>3</sup>/seg) ingresados en la simulación hidráulica*

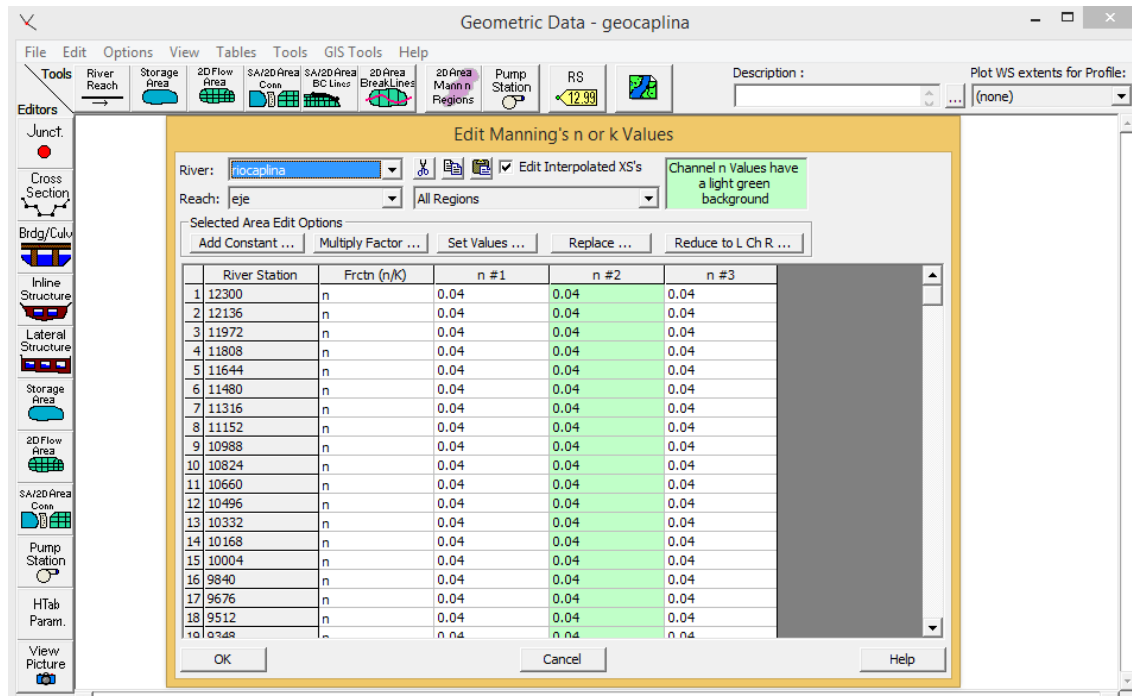


*Nota.* La figura muestra la ventana principal donde se ingresa los caudales máximos instantáneos en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

La simulación hidráulica en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 permitió reproducir con buena precisión los niveles de lámina observados en campo. La rugosidad de Manning óptima fue de 0.040 para el cauce principal cuyo dato fue considerado según chown cuyos valores son establecidos según el tipo de la sección de conducción del flujo, lo cual se ajusta a los valores típicos para cauces con piedras de canto rodado y hormigón.

Figura 31

Coeficiente de rugosidad de Manning ingresado en la simulación hidráulica



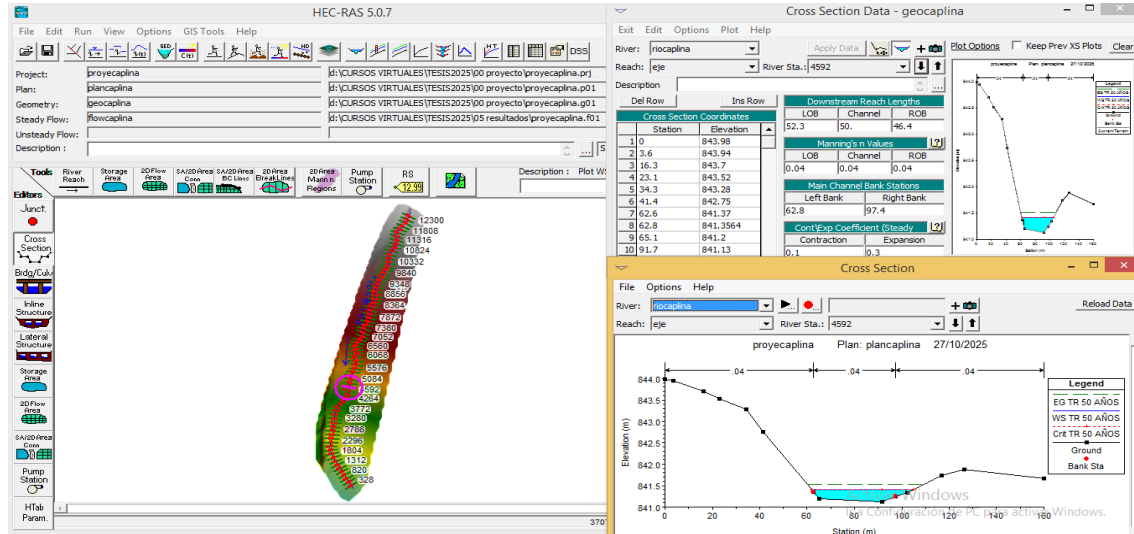
*Nota.* La figura muestra la ventana principal donde se ingresa el coeficiente de rugosidad en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

El análisis de las líneas de corriente y los vectores de velocidad revela que las mayores concentraciones de energía hidráulica se localizan en los meandros pronunciados y en los puntos donde existen reducciones de sección transversal, lo que sugiere una alta susceptibilidad a la erosión de márgenes y socavación del lecho. En términos globales, el modelo reproduce adecuadamente la dinámica fluvial del río Caplina y proporciona una herramienta útil para la gestión del riesgo de inundaciones y la planificación de medidas de mitigación.

La Figura 33 muestra la determinación de la lámina de flujo para  $T_r=50$  años en simulación hidráulica, realizada en el software HEC-RAS V5.0.7, con gráficos del cauce, secciones transversales y datos correspondientes.

**Figura 32**

*Determinación de la lámina de flujo para  $Tr = 50$  años en la simulación hidráulica*

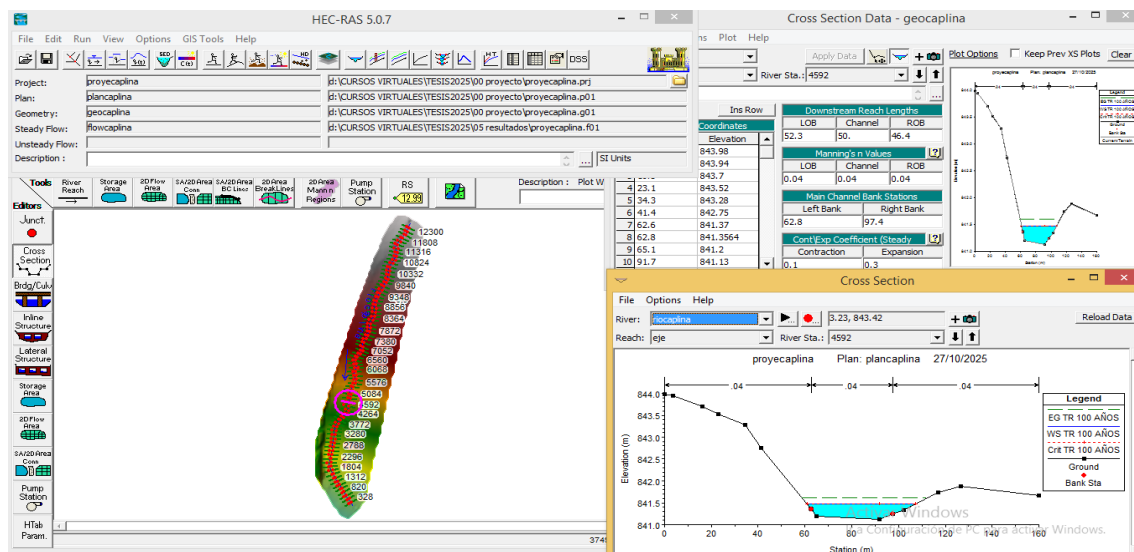


*Nota.* La figura muestra la ventana principal donde se visualiza la lámina de flujo en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

La Figura 33 muestra la determinación de la lámina de flujo para  $Tr=100$  años en simulación hidráulica, realizada en el software HEC-RAS V5.0.7.

**Figura 33**

*Determinación de la lámina de flujo para  $Tr = 100$  años en la simulación hidráulica*



*Nota.* La figura muestra la ventana principal donde se visualiza la lámina de flujo en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

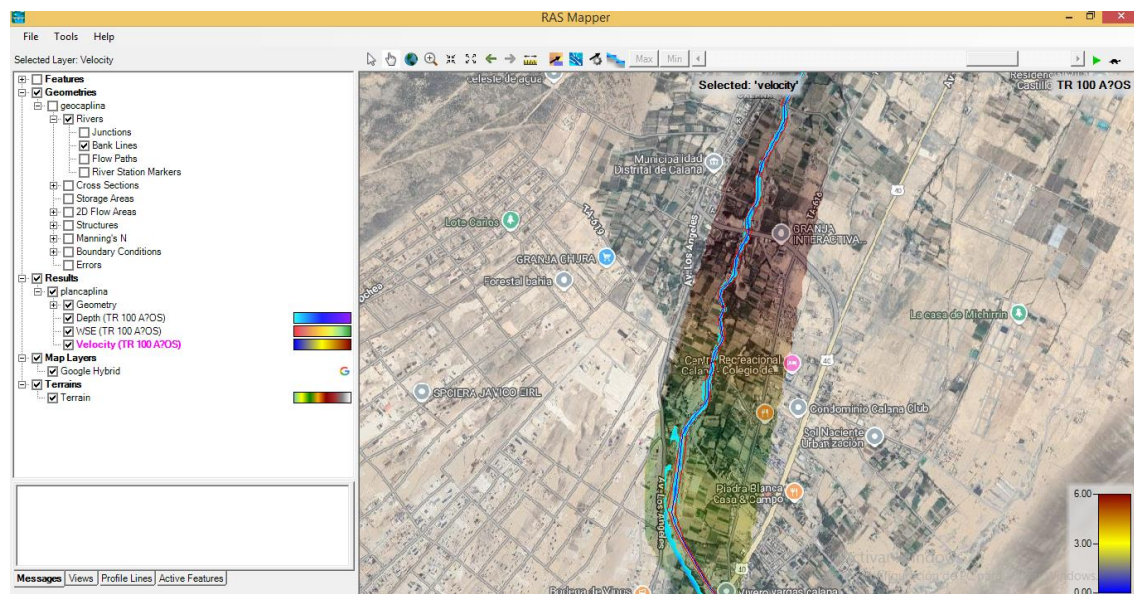


la baja altimetría del terreno y la reducida pendiente característica de un valle con cauce natural, evidenciada por curvas de nivel de menor cota. Como resultado de la simulación hidráulica, se determinó un área afectada de 9,05 hectáreas, según los resultados alcanzados.

La Figura 35 muestra un mapa de simulación hidráulica que identifica zonas de mayor vulnerabilidad hídrica en un área urbana, resaltando franja longitudinal del cauce con diferentes niveles de riesgo mediante colores.

**Figura 35**

*Vista de mapa de simulación hidráulica identificando zonas de mayor vulnerabilidad*



*Nota.* La figura muestra la ventana principal de RAS Mapper donde se visualiza las zonas de inundación según la simulación hidráulica en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

Los mapas de extensión de inundación generados por el modelo muestran que, bajo condiciones extremas, el área afectada por desbordamientos se amplía significativamente en la parte baja del río, principalmente en zonas agrícolas y urbanizadas.

#### **4.6. Integración socioeconómica de las zonas inundables**

La integración socioeconómica se realizó a partir de la superposición de los mapas de zonas inundables obtenidos en la simulación hidráulica con la información catastral y de

uso de suelo disponible en el Sistema de Información Catastral Rural (SICAR), permitiendo identificar y cuantificar los elementos expuestos al riesgo de inundación en el área de estudio (Anexo 6).

#### **4.6.1 Predios potencialmente afectados**

Como resultado de este análisis espacial, se identificaron 10 predios potencialmente afectados por inundaciones, los cuales se encuentran total o parcialmente dentro de la extensión de inundación simulada para los periodos de retorno de 50 y 100 años. La caracterización individual de estos predios, incluyendo su ubicación, superficie y grado de afectación, se presenta de manera detallada en los Anexos, donde se muestran uno por uno.

#### **4.6.2 Cultivos vulnerables en la zona de estudio**

Los predios identificados corresponden principalmente a áreas de uso agrícola. En el distrito de Calana predominan cultivos de hortalizas como lechuga, tomate, zapallo, ají y rocoto, así como cultivos permanentes tales como palto, vid y frutales, los cuales presentan alta vulnerabilidad frente a eventos de inundación debido a la pérdida directa de la producción, daño al suelo agrícola y afectación de la infraestructura de riego.

Las avenidas extraordinarias generan anegamiento prolongado, erosión del suelo y arrastre de material sólido, ocasionando pérdidas productivas temporales o permanentes, especialmente en cultivos de ciclo corto y alto valor comercial.

#### **4.6.3 Impacto social y económico potencial**

Si bien el presente estudio no desarrolla una valoración económica detallada de las pérdidas, la identificación de 10 predios agrícolas expuestos y de una superficie inundable significativa permite estimar un impacto socioeconómico potencial relevante, que afecta directamente a los productores agrícolas y de manera indirecta a la economía local del distrito de Calana.

La afectación recurrente de áreas agrícolas por inundaciones extraordinarias incrementa la vulnerabilidad social de la población, reduce los ingresos familiares y limita la sostenibilidad de la actividad agrícola. En este contexto, los resultados obtenidos constituyen una herramienta técnica de apoyo para la formulación de medidas de mitigación, priorización de obras de defensa ribereña y toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La precisión del modelo hidráulico dependió en gran medida de la resolución del levantamiento topográfico aéreo. Para realizar este trabajo fue realizado con equipo aéreo DRONE para la obtención de la ORTOPHOTO, asimismo, el levantamiento topográfico del terreno fue realizado con equipo calibrado de GPS Diferencial y los puntos clave con equipo topográfico de estación total para la triangulación del terreno permitiendo representar de manera adecuada las microformas del terreno, lo que se tradujo en una simulación más confiable de los flujos superficiales. Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por el autor (Brunner, 2020), quien destaca que la topografía es el factor más influyente en la delimitación de las planicies de inundación dentro de los modelos hidráulicos unidimensionales y bidimensionales. Sin embargo, se reconoce que, en zonas con vegetación densa o presencia de infraestructura, las variaciones locales del relieve pueden no haberse representado con total exactitud.

La información hidrométrica utilizada en la presente investigación corresponde a los caudales mensuales registrados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en la estación hidrométrica Calientes, para el período comprendido entre 1997 y 2024, constituyendo una serie histórica superior a 30 años. Dado que el análisis hidráulico requiere caudales máximos instantáneos, los registros mensuales fueron corregidos mediante el uso del software HIDROESTA, aplicando la relación de Fuller, metodología ampliamente empleada en cuencas donde no se dispone de mediciones instantáneas continuas.

A partir de los caudales máximos instantáneos corregidos, se realizó el análisis de frecuencias para la estimación de caudales de diseño asociados a diferentes períodos de retorno. En particular, para un período de retorno de 200 años, se obtuvo un caudal máximo instantáneo de 26,26 m<sup>3</sup>/s, el cual fue utilizado como condición de borde en la simulación hidráulica desarrollada en el software HEC-RAS.

La validez de los caudales estimados se contrastó con el evento extremo ocurrido en febrero de 2019, el cual generó desbordes del río Caplina y el colapso del puente Piedra Blanca, según reportes periodísticos y comunicados oficiales. Si bien este puente no se encuentra dentro del área específica de estudio, forma parte del mismo sistema fluvial, por lo que el evento constituye un referente real para la evaluación del comportamiento hidráulico del modelo.

La similitud entre el caudal máximo instantáneo estimado para un período de retorno elevado y la magnitud del evento registrado en 2019 con un caudal de 26 m<sup>3</sup>/s evidencia la coherencia hidrológica del análisis realizado. En consecuencia, el uso de los caudales corregidos mediante la relación de Fuller permitió representar adecuadamente las condiciones extremas del río Caplina en la simulación hidráulica.

Cabe señalar que, debido a que la información observada corresponde a caudales mensuales y a caudales instantáneos estimados mediante corrección estadística, no fue posible realizar una calibración hidráulica basada en indicadores estadísticos como el coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) o el error cuadrático medio (RMSE) aplicados a niveles de agua. No obstante, la consistencia entre los resultados hidrológicos, la simulación hidráulica, fotos aéreas y la evidencia histórica respalda la confiabilidad del modelo desarrollado.

“Los caudales ingresados al HEC-RAS no son mensuales, sino máximos instantáneos corregidos mediante HIDROESTA y la relación de Fuller; por ello el caudal de 26,26 m<sup>3</sup>/s para  $T_r = 200$  años es hidrológicamente consistente y comparable con el evento extremo de 2019 ya que el evento ocurrido ese año es un hecho real.

En comparación con estudios similares realizados en la cuenca Caplina de características similares Mamani et al; (2021). Modelo hidráulico para delimitación de faja marginal río Caplina Sector Río Seco, distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa - Tacna – 2020 cuyos resultados confirman que las zonas planas con poca pendiente y escasa cobertura vegetal tienden a presentar una mayor acumulación de agua durante eventos extremos.

Los resultados de la simulación hidráulica confirman que el modelo reproduce de manera satisfactoria la dinámica del río Caplina, identificando los tramos más críticos en términos de inundación, erosión y estabilidad del cauce. Estos resultados constituyen una base técnica sólida para la gestión del riesgo hídrico y la planificación de intervenciones en la cuenca, orientadas a reducir la vulnerabilidad frente a eventos extremos. No obstante, se debe considerar que las simulaciones dependen de la calidad de los datos topográficos y de caudal utilizados.

#### *Justificación del coeficiente de rugosidad de Manning adoptado*

En el tramo de estudio del río Caplina se identificó la presencia de un único cauce principal, sin una diferenciación clara de márgenes hidráulicas laterales. Las inspecciones de campo y el análisis de imágenes satelitales evidenciaron una escasa cobertura vegetal, ausencia de obras hidráulicas como puentes o encauzamientos, así como la inexistencia de cambios bruscos de pendiente a lo largo del tramo analizado.

El lecho del río se caracteriza por un material relativamente uniforme, compuesto principalmente por gravas, cantos rodados y presencia puntual de rocas, condiciones que corresponden a cauces naturales con rugosidad media, según los criterios establecidos por Chow (1959) y literatura hidráulica especializada. En función de estas características morfológicas e hidráulicas homogéneas, se consideró técnicamente adecuado adoptar un coeficiente de rugosidad de Manning uniforme de  $n = 0,040$  para todo el tramo de estudio. Por el tramo relativamente regular, la pendiente uniforme por lo que no existe cambios bruscos de pendiente como se muestra en la curvas de nivel de la topografía del terreno, material del cauce homogéneo, ausencia de estructuras hidráulicas, si bien es cierto el régimen de flujo es mixto es predominantemente sub crítico como se aprecian en las imágenes satelitales se pudo observar también que con otros coeficientes de Manning resulta limitada la variación de la zona de inundación siendo esta casi la misma zona inundada según el software Hec-Ras.

## CONCLUSIONES

Mediante la simulación hidráulica del río Caplina en el sector Calana se ha identificado con claridad las zonas con mayor susceptibilidad a inundaciones realizado a través del modelo hidráulico desarrollado en el software Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 demostrándose que los sectores ubicados en las márgenes bajas del cauce presentan niveles de inundación más altos ante eventos con periodos de retorno de 50 años, 100 años y 200 años afectando un área total de 9,05 hectáreas de áreas agrícolas cuyos datos fueron verificados según el Sistema de Catastro Rural de predios de la página principal del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

La calidad de los perfiles topográficos del modelo digital del terreno constituyó un factor fundamental en la modelación hidráulica, ya que determinó la fidelidad del flujo representado y la validez de los resultados obtenidos para la gestión del riesgo de inundaciones.

El análisis realizado mediante la simulación hidráulica permitió determinar el tipo de flujo predominante en el tramo del río Caplina, sector Calana, identificándose condiciones de flujo supercrítico en zonas de pendiente pronunciada y subcrítico en sectores de menor gradiente y mayor ancho del cauce. Esta caracterización fue fundamental para comprender el comportamiento hidráulico del río frente a distintos escenarios de caudal, lo que a su vez posibilitó la evaluación de medidas orientadas a reducir el área inundada.

La determinación de los caudales máximos instantáneos (tiempo de retorno 2 años=1,92, 5 años=3,51, 10 años=5,22, 25 años=8,63, 50 años=12,55, 100 años=18,15 y 200 años=26,26) permitió demostrar los escenarios de zonas inundables en áreas agrícolas inundadas con 9,05 hectáreas de áreas agrícolas cuyos datos fueron verificados según el Sistema de Catastro Rural de predios de la página principal del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Estos valores reflejaron en la dinámica natural del río y proporcionan una herramienta cuantitativa esencial para la toma de decisiones en la simulación hidráulica, la planificación territorial y la gestión del riesgo de inundaciones.

Se identificaron 10 predios con exposición a inundaciones, principalmente asociados a áreas agrícolas del distrito de Calana, evidenciando un riesgo socioeconómico significativo ante eventos hidrológicos extremos.

## RECOMENDACIONES

A las entidades competentes:

Se recomienda a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) y a los gobiernos locales de la región Tacna considerar los resultados de la presente simulación hidráulica para la planificación de obras de defensa ribereña, priorizando el reforzamiento de muros de contención y la ampliación de secciones hidráulicas en los puntos críticos identificados.

Asimismo, se recomienda a dichas entidades fortalecer la recopilación de información hidrometeorológica mediante el uso de fuentes confiables y el mantenimiento de registros continuos de aforos, debido a que la falta de precisión topográfica y de datos hidrológicos puede generar variaciones significativas en la delimitación final de las áreas inundables.

A futuros investigadores:

Se recomienda realizar levantamientos topográficos de alta calidad y resolución, así como emplear modelos digitales del terreno (MDT) de mayor precisión, a fin de mejorar la confiabilidad de los resultados de la simulación hidráulica. Además, se sugiere la aplicación de herramientas de modelación hidráulica unidimensional y bidimensional como apoyo en la gestión del riesgo de desastres, facilitando la planificación territorial y la implementación de medidas de mitigación frente a inundaciones futuras en la región de Tacna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad Shahiri Parsa, M. N. (2020). *Simulación de la zonificación de llanuras de inundación mediante los modelos HEC-RAS y CCHE2D en el río Sungai Maka*. Sage Journals. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.4137/ASWR.S36089>
- Aguilera Rodríguez, L., Quintero Garzón, J. (2017). Modelacion hidraulica para el sector comprendido entre el k18+000 hasta el k20+000 de la cuenca del caño maizaro (zona baja) en el municipio de villavicencio, meta. *Universidad Coperativa de Colombia*. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a7c926f5-cdc6-4445-af96-b0f0b6d744d6/content>
- ANA. (2016). *Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales*. Gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538418-r-j-332-2016-ana>
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Reglamento de la Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos (Decreto Supremo N.º 001-2010-AG)*. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-ley-recursos-hidricos-ley-no-29338>
- Aparicio Mijares, F. (1992). *Hidrología superficial*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. [https://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos\\_de\\_hidrologia\\_de\\_superficie\\_-\\_Aparicio.pdf](https://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf)
- Arratea Juli, J. C. & Mamani B. Y. (2020). *Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC-RAS 5.0.7 en un tramo del río Ramis, distrito de Taraco – Huancané – Puno*. Universidad Peruana Unión. <https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/db677024-3595-4357-bda6-75403a929b6c/content>
- Cahuana Baldeón, J. F. (2015). *Teledetección y sistemas de información geográfica aplicados a identificación de zonas con riesgo a inundación, tramo puente Las Balsas- Puente La Breña*. Universidad Nacional del Centro del Peru. <https://repositorio.uncp.edu.pe/items/c409e959-9d4f-4f0c-a14c-54189f78b7ae>
- Coss Bú, R. (1993). *Simulación : un enfoque práctico (2ª ed.)*. Ciudad, País: Editorial. <https://books.google.com.mx/books?id=iY6dI3E0FNUC&printsec=frontcover&hl=es&cad=0#v=onepage&q&f=false>

- Frisancho Camero, F. L. (2015). *Análisis de vulnerabilidad mediante modelamiento hidrodinámico del cauce del río seco del Cono Sur de la ciudad de Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.* <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/c195dd52-56f2-40da-b6f4-aa68ce45850f>
- Gómez Alanoca, C., Quispe Cáceres, T. (2025) *Determinación de zonas vulnerables a inundación con HEC-RAS en el tramo poblado del río Caplina, Tacna. Ciencia y Educación.* <https://zenodo.org/records/16517291>
- Hanne Glas, I. R. (2019). *Cartografía de riesgos de inundación a nivel mundial: una metodología y un conjunto de herramientas flexibles. Water.* <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/11/2371>
- Hanne Glas, P. D. (2020). *Development of a low-cost methodology for data acquisition and flood risk assessment in the floodplain of the river Moustiques in Haiti. Chartered Institution of Water and Environmental Management and John Wiley & Sons.* <https://files.core.ac.uk/download/pdf/288817344.pdf>
- INRENA. (2002). *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Caplina y Uchusuma. Ministerio de Agricultura. Ministerio de Agricultura.* <https://es.scribd.com/document/164038121/Estudio-Hidrologico-Caplina-Uchusuma-pdf>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (1994). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Caplina. Ministerio de Agricultura.* <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/368>
- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulus, A. L. (1977). *Hydrology for engineers (2nd ed.). McGraw-Hill.* <https://es.scribd.com/document/248148339/Hydrology-for-Engineers>
- ONU. (2022). *Trends In Disasters. World Disasters Report.* [https://www.ifrc.org/sites/default/files/2023-04/2022\\_WDR-executive-summary\\_ES.pdf](https://www.ifrc.org/sites/default/files/2023-04/2022_WDR-executive-summary_ES.pdf)
- ONU. (2022). *Guidelines on Flood Management. Department of Economic and Social Affairs.* [https://www.un.org/esa/sustdev/publications/flood\\_guidelines.pdf](https://www.un.org/esa/sustdev/publications/flood_guidelines.pdf)
- Rita Der Sarkissian, M. J.-M. (2022). *Planificación del uso del suelo para reducir el riesgo de inundaciones: oportunidades, desafíos e incertidumbres en los países en desarrollo. Sensors.* <https://doi.org/10.3390/s22186957>

- Santos Mamani, I., Coaquira Ticona, E. (2021). *Modelo hidráulico para delimitación de faja marginal río Caplina Sector Río Seco, distrito G. Albarracín L. - Tacna - 2020. Ingeniería Investiga, 3(1), 534–545. <https://doi.org/10.47796/ing.v3i1.479>*
- SENAMHI. (2018). *Nuevo mapa del SENAMHI permite conocer zonas inundables en el Perú. Comunicación oficial. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=885>*
- Show, K., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hydrology and floodplain analysis (2nd ed.)*. Prentice Hall. [https://archive.org/details/hydrologyfloodpl0000bedi\\_z8n9](https://archive.org/details/hydrologyfloodpl0000bedi_z8n9)
- Show, S. A., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Fluid mechanics and hydraulics (3rd ed.)*. New York, NY: McGraw-Hill. <https://pdfcoffee.com/fluid-mechanics-hydraulics-3rd-edition-pdf-free.html>
- Vilcanqui Alarcon, A. N. (2016). *Modelación hidrológica con fines de gestión de riberas en la cuenca del río Caplina – Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJB\\_c0d431fe0900f443759286fd6643da20/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJB_c0d431fe0900f443759286fd6643da20/Details)*

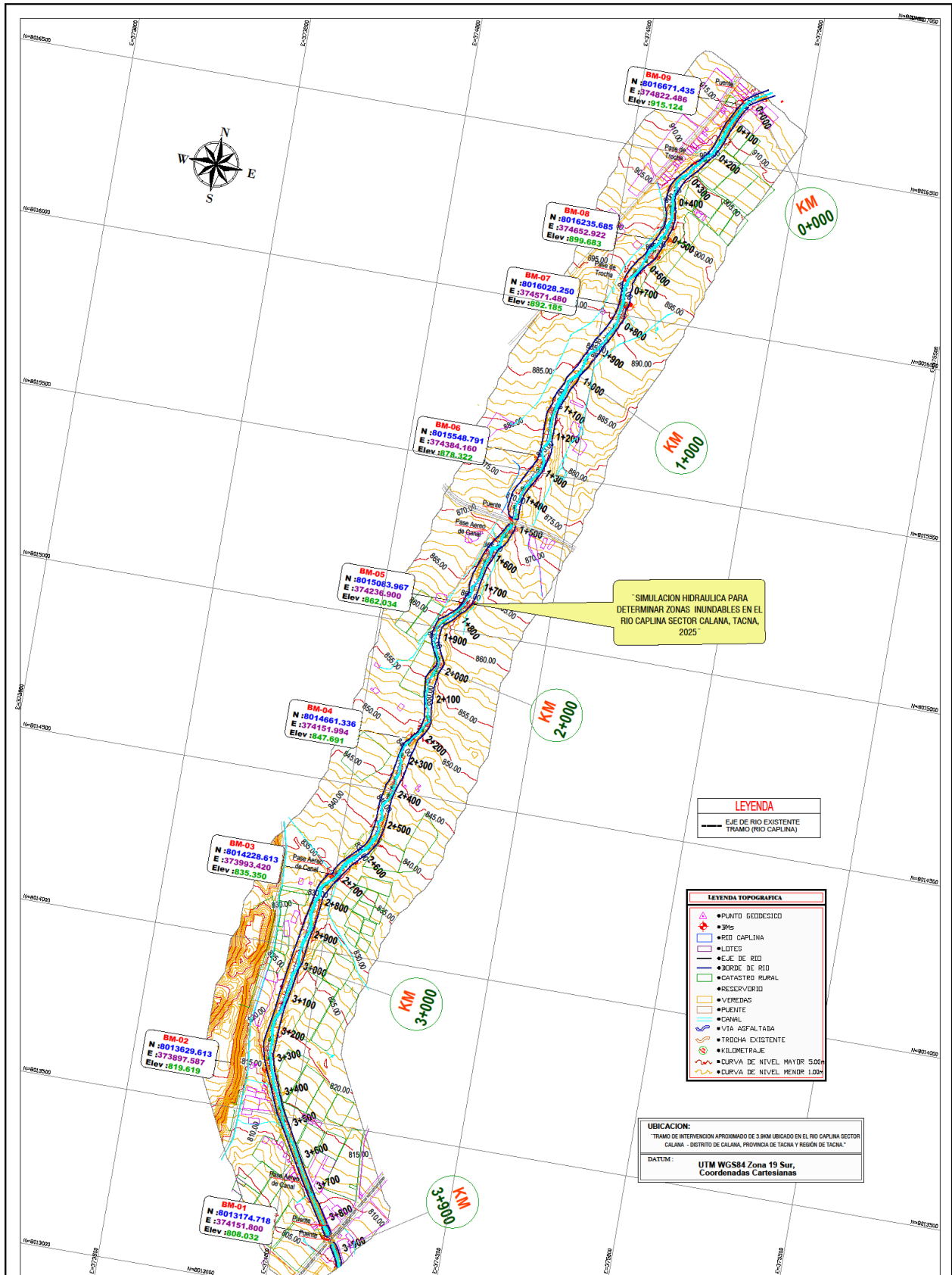
## ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de consistencia

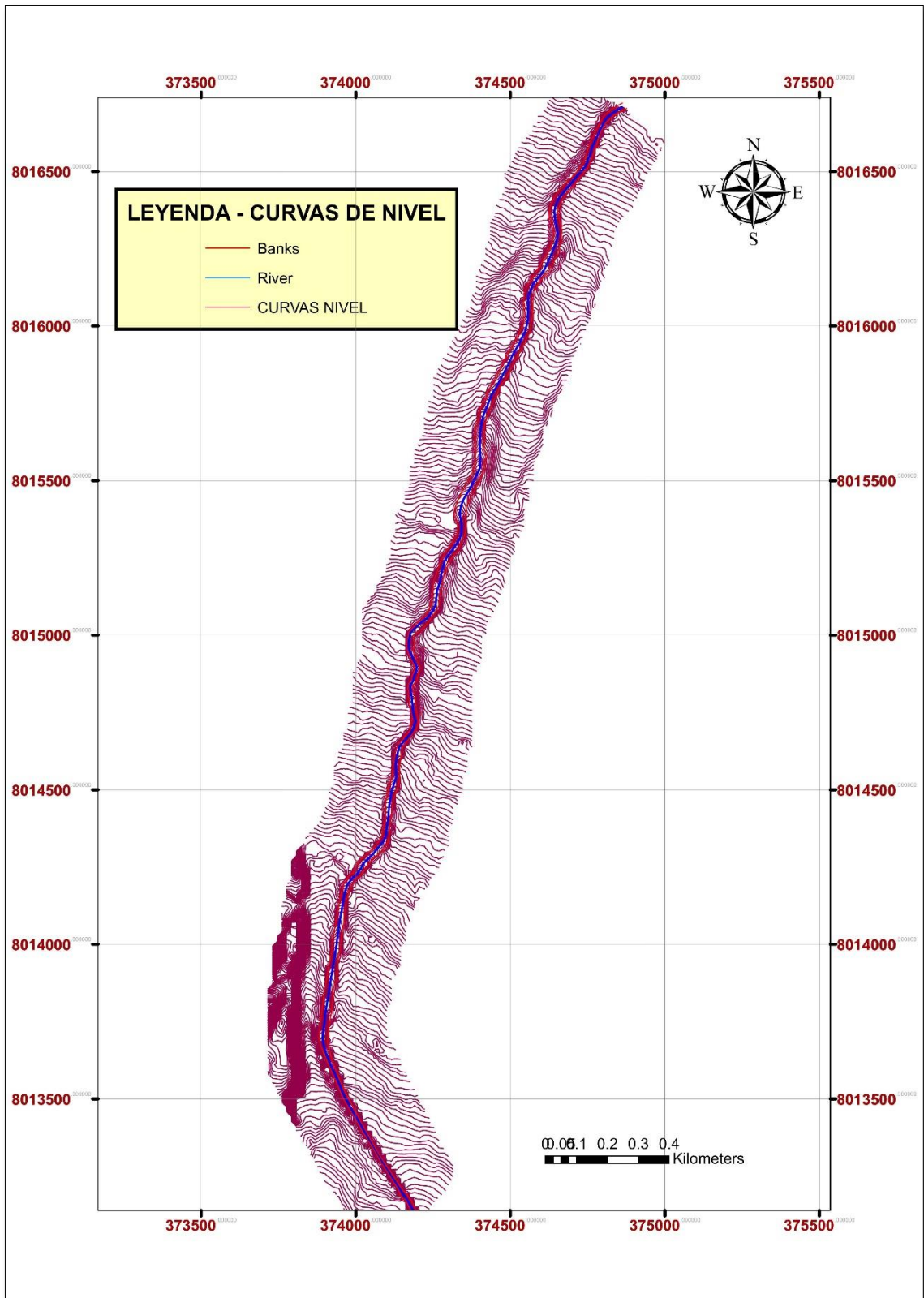
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Metodología
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿De qué manera la simulación hidráulica permite identificar las zonas inundables en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Identificar las zonas inundables mediante la simulación hidráulica en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La simulación hidráulica permite identificar las zonas inundables en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025,</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Simulación hidráulica</p>	<p><b>1 pendiente del terreno (x1)</b> 1.1 Dimensión: Perfil Topográfico (%)</p> <p><b>2 Tipo de flujo (x2)</b> 2.1 Dimensión: Régimen Hidráulico (sub crítico, súper crítico)</p> <p><b>3 Caudal máximo histórico (x3)</b> 3.1 Dimensión: Eventos extremos (m<sup>3</sup>/s)</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> - Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo – Explicativo - Nivel descriptivo: Describe cómo se comporta hidráulicamente el río Caplina en el sector Calana, idéntica que zonas se inundan, su extensión y condones topográficas. - Nivel explicativo: Analiza por que ciertas zonas se inundan, relacionando variables como el relieve, los caudales extremos, infraestructura deficiente o la geomorfología del cauce.</p>

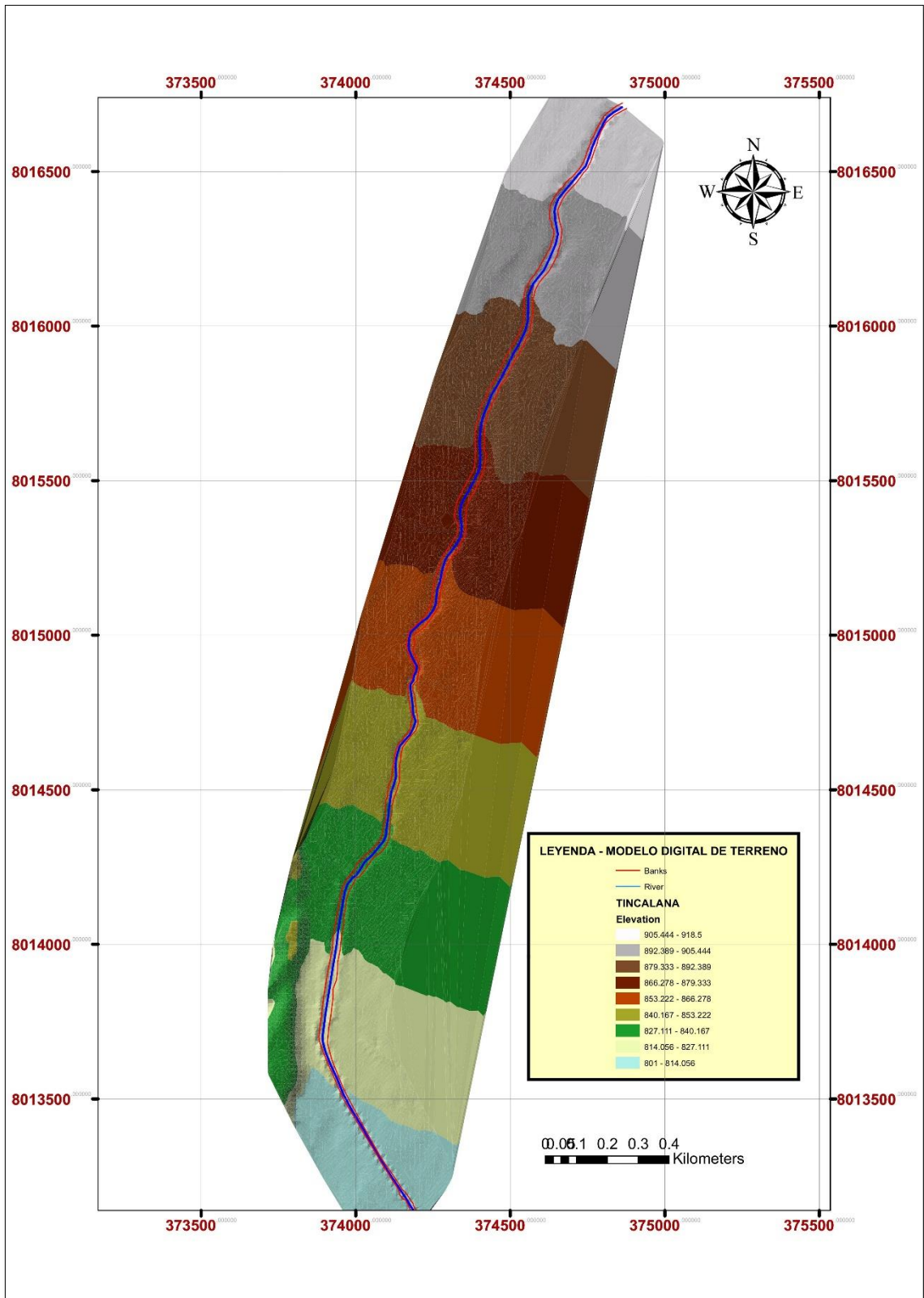
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>4 área Inundada</b> 4.1 Dimensión: Extensión de las Inundaciones, (m2)	<b>Diseño de investigación</b>
<p>a) ¿cómo se encuentra el perfil topográfico para poder identificar las zonas inundables del río Caplina, Calana, Tacna, 2025?</p> <p>b) ¿Cómo se encuentra el tipo de flujo para poder identificar el área Inundada del río Caplina, Calana, Tacna, 2025?</p> <p>c) ¿Cuál es el Caudal máximo histórico que permite identificar el área inundada del río Caplina, Calana, Tacna, 2025?</p>	<p>a) Determinar el perfil topográfico para identificar zonas inundables en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025.</p> <p>b) Determinar el tipo de flujo para identificar el área Inundada en el río Caplina, Calana, Tacna, 2025.</p> <p>c) Determinar el Caudal máximo histórico para identificar el área Inundada del río Caplina, Calana, Tacna, 2025.</p>	<p>a) Existe un perfil topográfico que permite identificar zonas inundables por desborde de río, mediante el uso del software HEC-RAS.</p> <p>b) Existe un tipo de flujo hidráulico que permite determinar el área Inundada mediante el uso del software HEC-RAS.</p> <p>c) El Caudal máximo histórico permite acotar el área Inundada conforme a las normativas correspondientes.</p>	<p>Zonas inundables</p>		<p>El diseño de la investigación es no experimental de tipo cuantitativo.</p>

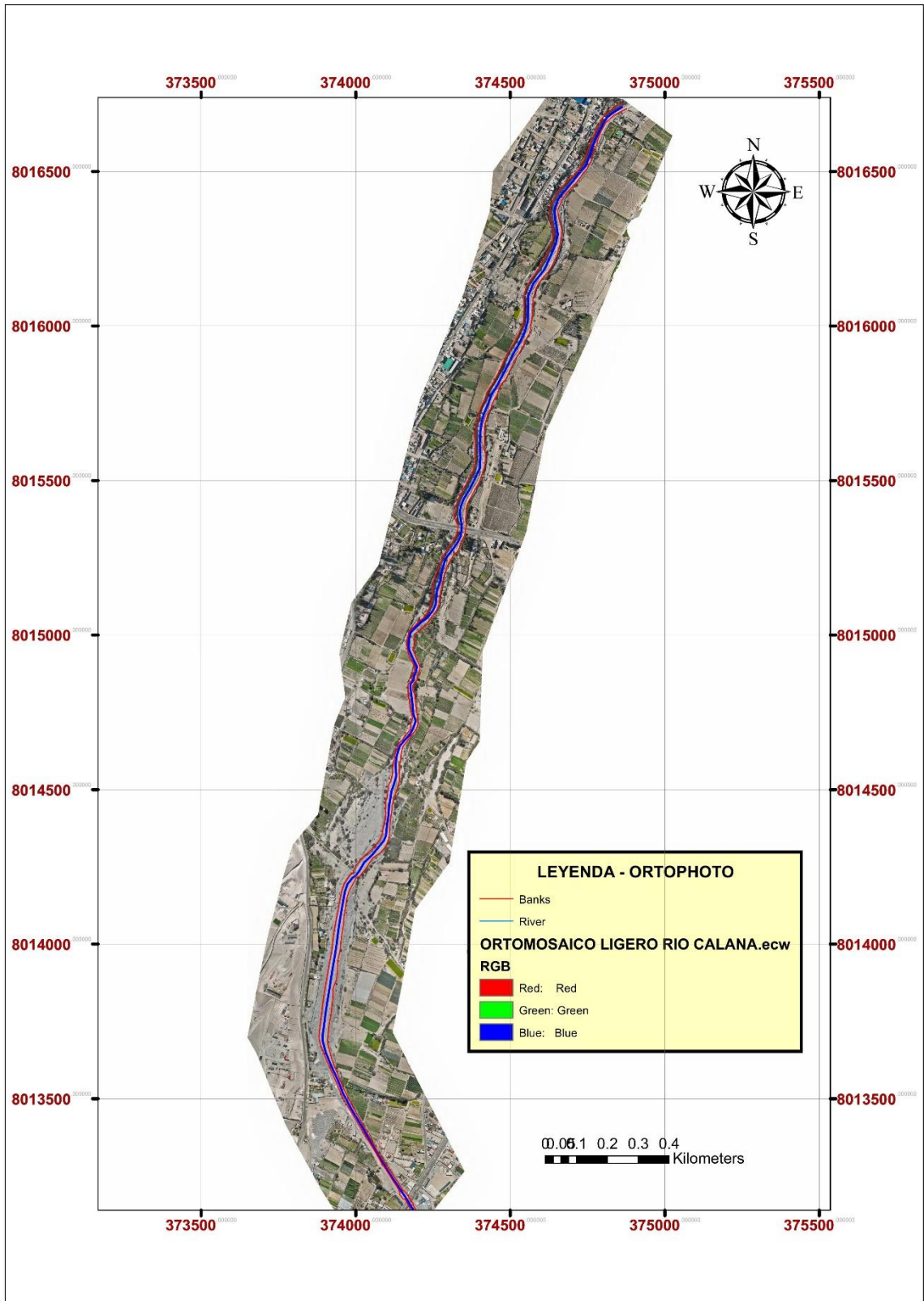
Anexo 2. Planos topográficos



	<b>PROYECTO:</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA (U.P.T.) "SIMULACION HIDRAULICA PARA DETERMINAR ZONAS INUNDABLES EN EL RIO CAPLINA SECTOR CALANA, TACNA, 2025"	<b>PLANO:</b> <b>PLANO CLAVE</b> Tramo de Simulacion Hidraulica	LACINA <b>PC-01</b>
	<b>PROYECTISTA:</b>	<b>DIBUJO Y DISEÑO:</b>	
	<b>APRUEBA:</b>	REGION: TACNA PROVINCIA: TACNA	ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO-2025





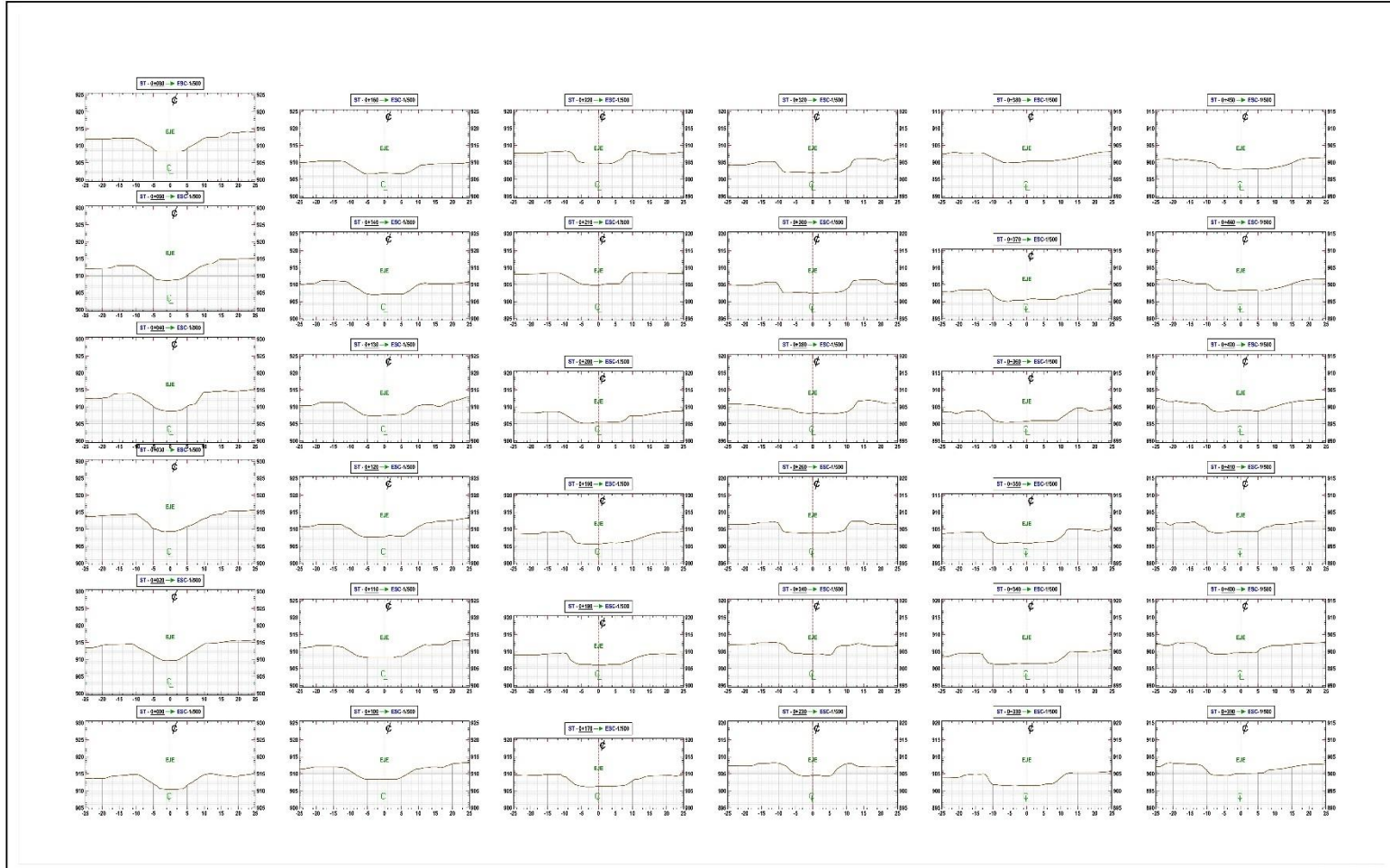


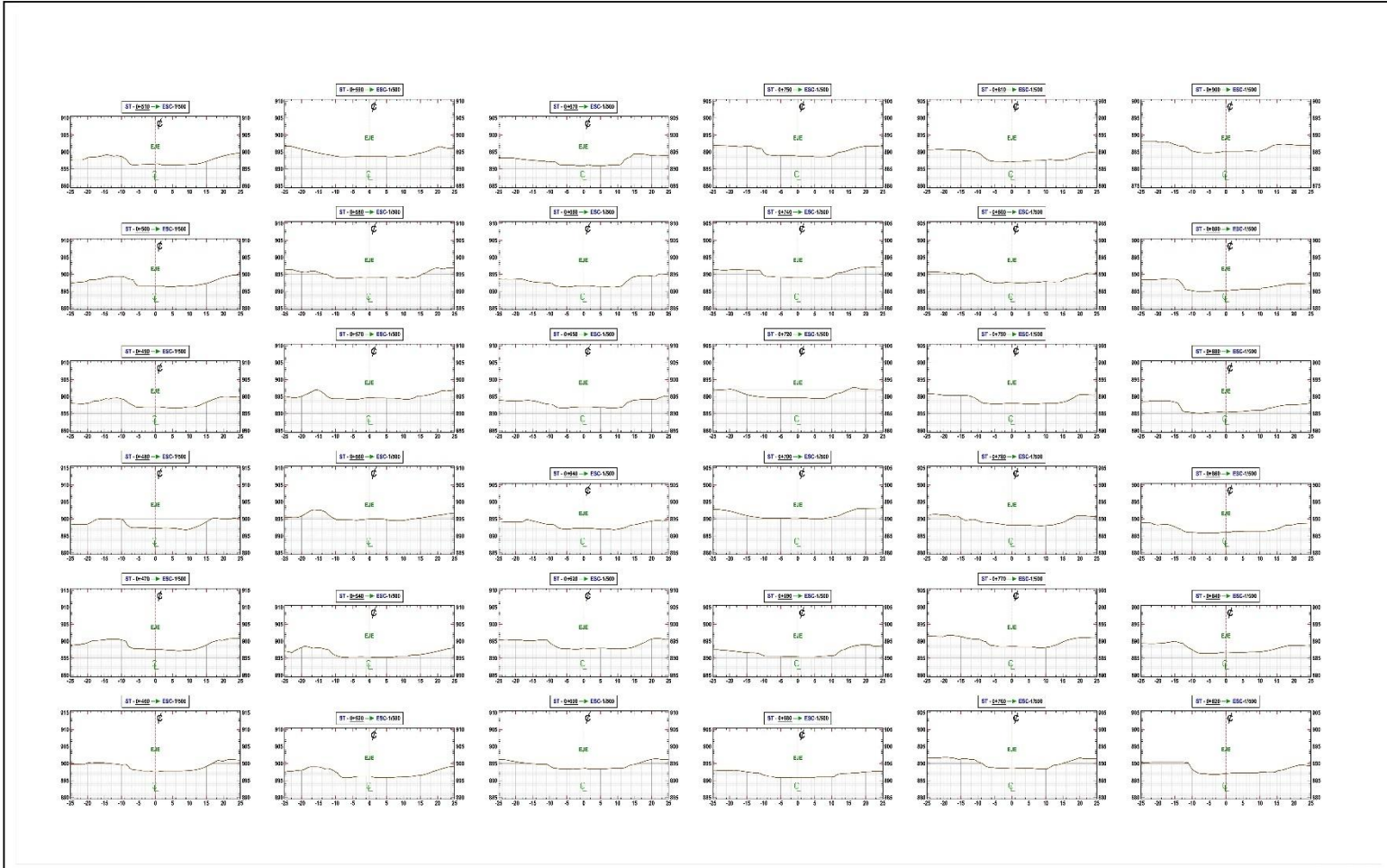


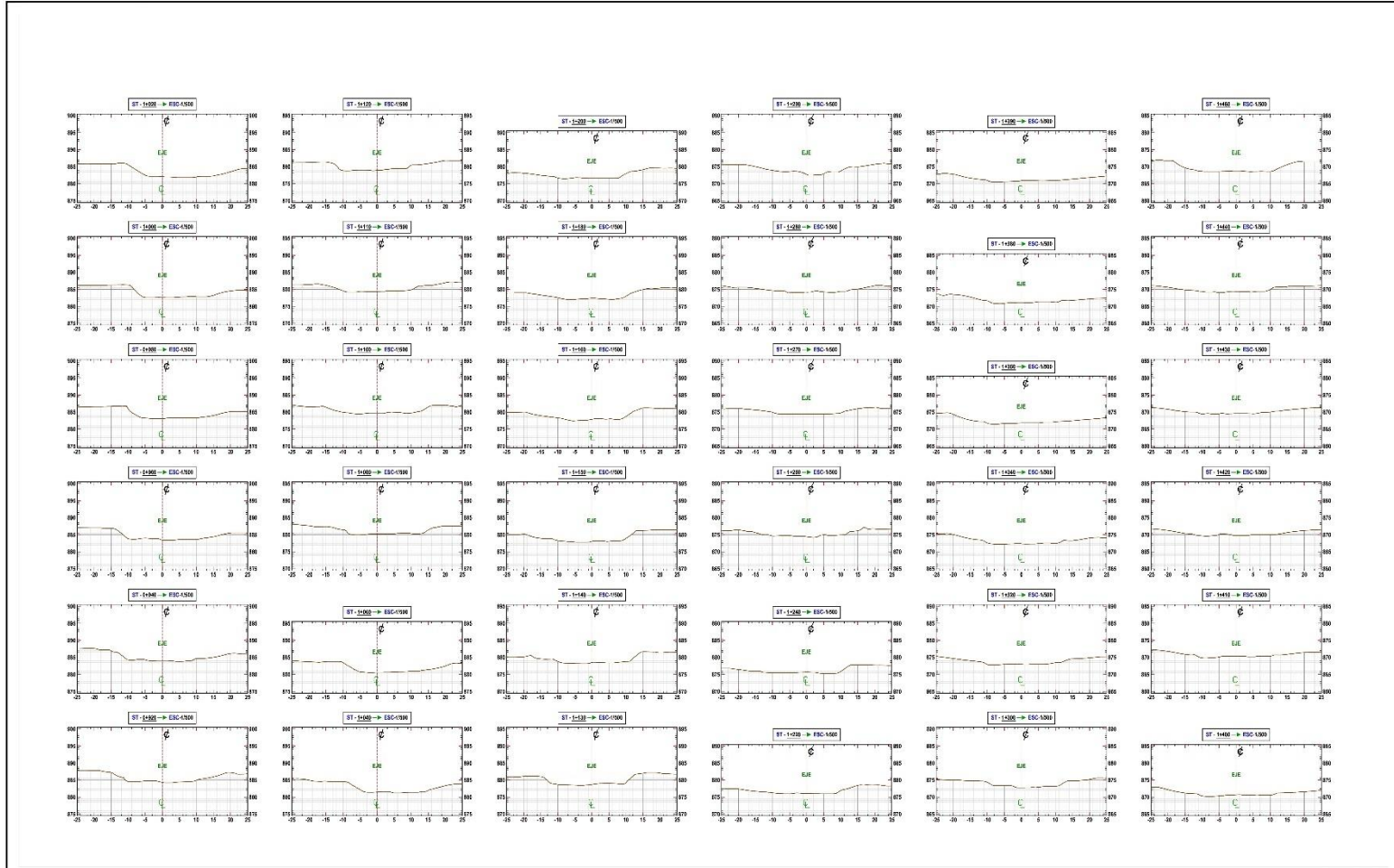






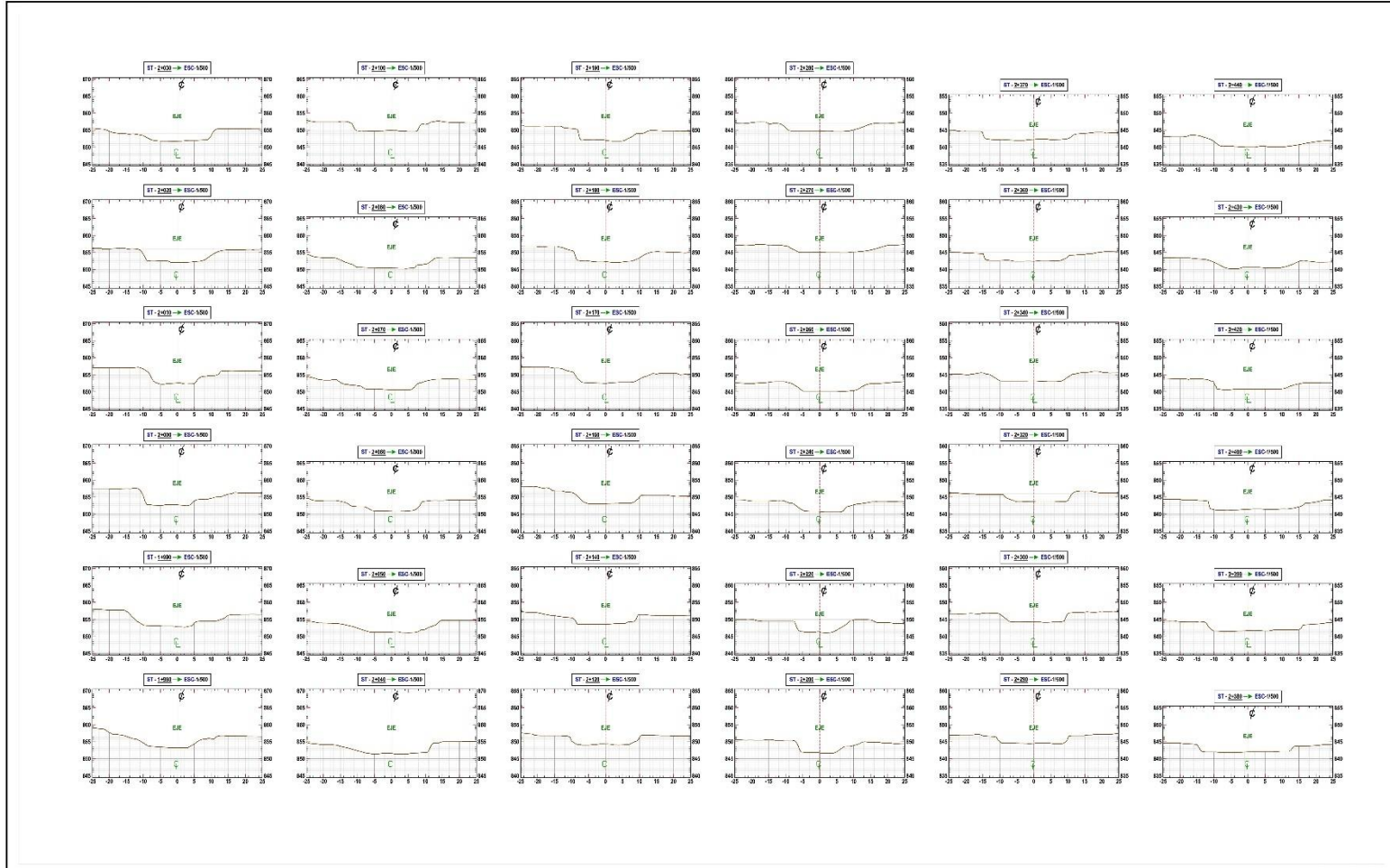




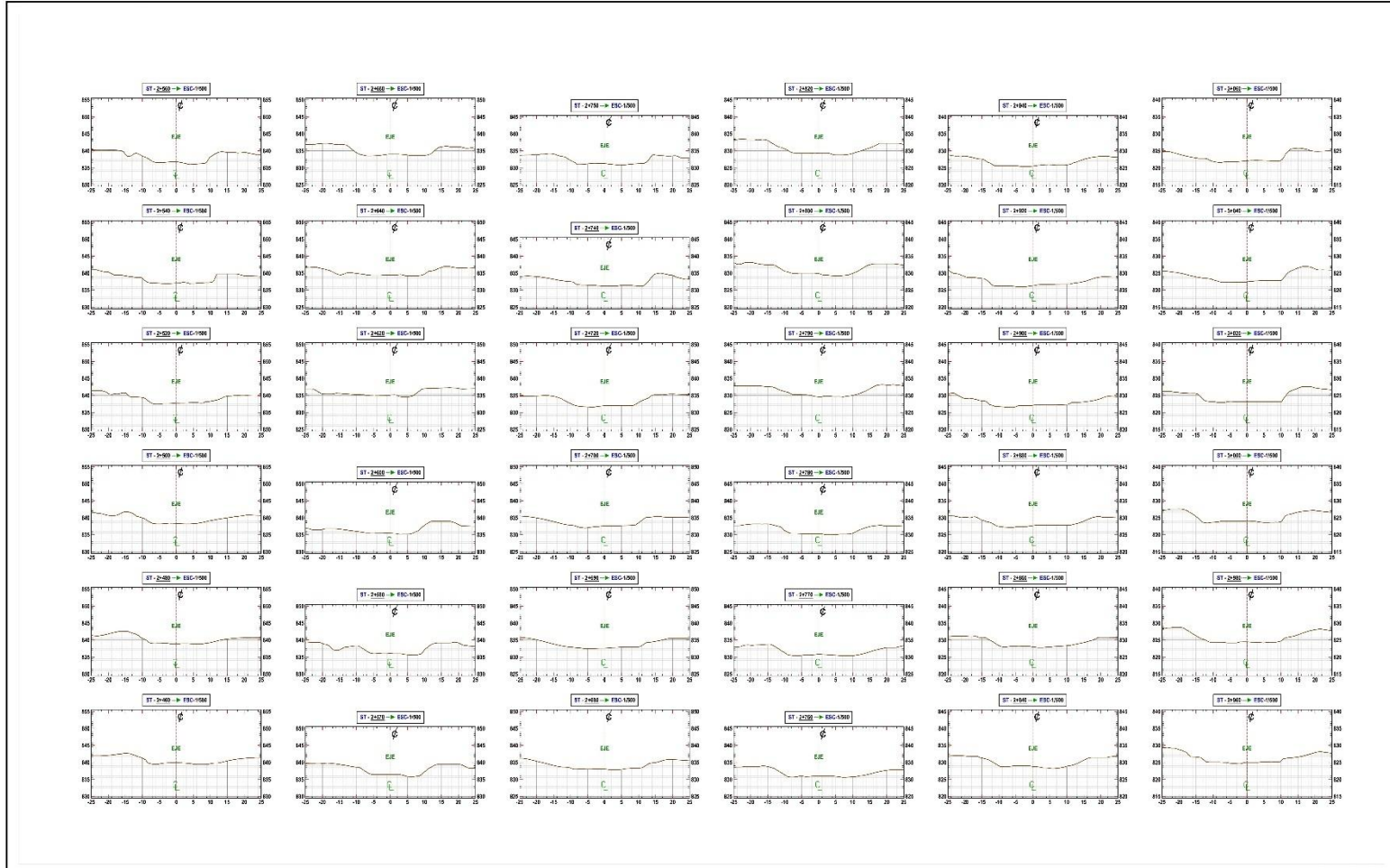




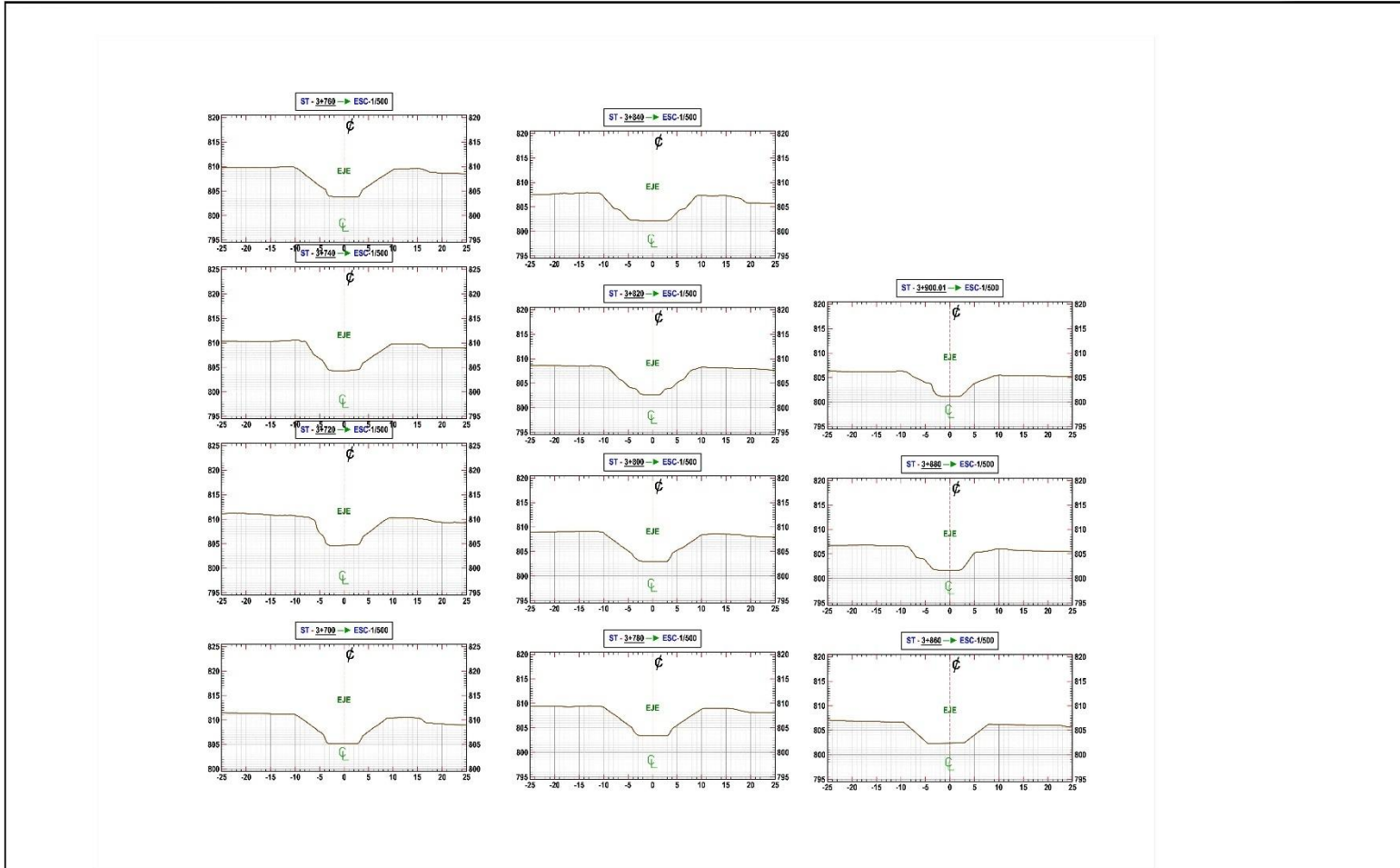
 <p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> AGOSTO 2025</p>	 <p>PROYECTE: PROYECTISTA:</p>	<p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> SIMULACION HIDRAULICA PARA DETERMINAR ZONAS INUNDABLES EN EL RIO CAPLINA SECTOR CALANA, TACNA, 2025</p>		<p>FECHA: REGION: TACNA PROVINCIA: TACNA</p>		<p><b>SECCIONES TRANSVERSALES</b> KM: 1+480 - 1+960</p>		
		<p>DEBULO Y DISEÑO: APRUEBA:</p>		<p>REVISOR: PROYECTISTA:</p>		<p>FECHA: REGION: TACNA PROVINCIA: TACNA</p>		



 <p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> AGOSTO 2025</p>	 <p>PROYECTO: PROYECTISTA:</p>	<p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> SIMULACION HIDRAULICA PARA DETERMINAR ZONAS INUNDABLES EN EL RIO CAPLINA SECTOR CALANA, TACNA, 2025</p>		<p>FECHA: REVISOR: PROYECTISTA:</p>		<p><b>SECCIONES TRANSVERSALES</b> KM: 1+980 - 2+440</p>		
		<p>DEBUCO Y DISCREO</p>		<p>REVISOR: PROYECTISTA:</p>		<p>TACNA TACNA</p>		







**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
AGOSTO 2025



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
SIMULACION HIDRAULICA PARA DETERMINAR ZONAS INUNDABLES EN EL RIO CAPLINA  
SECTOR CALANA, TACNA, 2025

PROYECTO:  
PROYECTISTA:  
DIBUJO Y DISEÑO:  
REVISAR:  
APROBAR:

PLANO:  
**SECCIONES TRANSVERSALES**  
KM: 3+700 - 3+900

REGION:	TACNA	ESCALA:	INICIADA:
PROVINCIA:	TACNA	FECHA:	AGOSTO



### Anexo 3. Cálculos hidrológicos realizados

#### Caudales medios mensuales (m3/s) - Registro histórico

Río: CAPLINA

Estación: CALIENTES Altitud (msnm): 1320

Fuente de información: .....

Propiedad (quien registra): JUNTA DE USUARIOS DEL VALLE DE TACNA,- JUNTA DE USUARIOS BAJO C

Coordenadas geográficas: Latitud Sur 17°51' Longitud Oeste: 70°07'

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROM	D.STD
1990	0.459	0.486	0.541	0.468	0.497	0.534	0.512	0.486	0.431	0.400	0.415	0.676	0.492	0.073
1991	1.133	0.816	1.258	0.784	0.659	0.693	0.636	0.592	0.491	0.432	0.418	0.405	0.693	0.273
1992	0.467	0.367	0.355	0.395	0.433	0.492	0.504	0.454	0.386	0.360	0.368	0.443	0.419	0.053
1993	1.363	0.708	0.973	0.565	0.474	0.458	0.464	0.496	0.393	0.391	0.370	0.456	0.593	0.295
1994	1.132	2.220	0.740	0.608	0.515	0.542	0.482	0.461	0.417	0.408	0.380	0.474	0.698	0.521
1995	0.521	0.401	1.585	0.548	0.509	0.483	0.434	0.415	0.390	0.355	0.330	0.346	0.526	0.341
1996	0.701	1.058	0.671	0.528	0.448	0.374	0.447	0.404	0.384	0.339	0.349	0.346	0.504	0.213
1997	1.497	4.715	0.502	0.807	0.563	0.553	0.544	0.555	0.499	0.433	0.407	0.420	0.958	1.220
1998	3.859	5.110	0.608	0.469	0.459	0.475	0.470	0.451	0.376	0.379	3.820	0.402	1.407	1.752
1999	0.456	3.446	4.106	2.036	0.818	0.633	0.599	0.520	0.465	0.475	0.456	0.466	1.206	1.286
2000	1.776	3.208	3.029	1.098	0.774	0.737	0.695	0.604	0.543	0.511	0.503	0.496	1.165	0.982
2001	2.117	9.171	6.538	1.630	1.001	0.975	1.103	1.080	0.910	0.810	0.830	0.790	2.246	2.706
2002	0.706	1.723	1.998	1.241	0.958	0.861	0.955	0.821	0.718	0.706	0.674	0.656	1.001	0.438
2003	0.661	0.679	0.839	0.738	0.653	0.560	0.654	0.607	0.551	0.517	0.491	0.483	0.619	0.106
2004	0.685	1.112	0.638	0.562	0.558	0.558	0.592	0.541	0.489	0.462	0.452	0.454	0.592	0.179
2005	0.676	1.185	0.858	0.629	0.568	0.579	0.589	0.544	0.601	0.471	0.420	0.466	0.632	0.208
2006	0.841	1.805	2.020	1.410	0.763	0.715	0.657	0.606	0.591	0.595	0.529	0.503	0.920	0.524
2007	0.776	0.944	1.283	0.691	0.590	0.579	0.588	0.557	0.515	0.474	0.445	0.488	0.661	0.242
2008	1.652	0.765	0.791	0.624	0.594	0.606	0.576	0.536	0.503	0.476	0.425	0.477	0.669	0.329
2009	0.613	1.169	1.313	0.597	0.540	0.532	0.534	0.498	0.453	0.425	0.431	0.422	0.627	0.295
2010	0.468	1.169	0.518	0.437	0.495	0.492	0.490	0.453	0.429	0.394	0.366	0.405	0.510	0.213
2011	0.800	1.931	0.838	0.621	0.545	0.518	0.519	0.470	0.427	0.394	0.366	0.405	0.653	0.430
2012	2.379	5.661	1.747	1.064	0.801	0.692	0.654	0.589	0.572	0.531	0.635	0.763	1.341	1.471
2013	1.127	0.970	1.178	0.686	0.739	0.650	0.628	0.569	0.508	0.504	0.470	0.543	0.714	0.245
2014	0.795	0.506	0.531	0.534	0.517	0.508	0.517	0.477	0.451	0.433	0.422	0.413	0.509	0.100
2015	0.487	0.996	1.320	0.861	0.630	0.570	0.558	0.469	0.413	0.409	0.415	0.397	0.627	0.288
2016	0.487	0.821											0.654	0.236
2017	0.992	0.818	1.422	0.962	0.700	0.680	0.649	0.627	0.607	0.604	0.599	0.586	0.771	0.248
2018	0.823	1.131	0.855	0.693	0.591	0.540	0.538	0.535	0.497	0.465	0.454	0.453	0.631	0.208
2019	1.587	2.568	0.792	0.719	0.560	0.493	0.481	0.394	0.390	0.341	0.322	0.311	0.747	0.673
2020	1.020	2.186	1.581	0.506	0.582	0.542	0.483	0.407	0.393	0.396	0.351	0.317	0.730	0.583
2021	0.428	0.436	0.458	0.447	0.500	0.462	0.485	0.388	0.351	0.396	0.345	0.335	0.419	0.056
2022	0.372	0.556	0.897	0.517	0.528	0.503	0.461	0.407	0.363	0.285	0.241	0.345	0.456	0.171
2023	0.315	1.083	0.315	0.454	0.509	0.469	0.507	0.407	0.372	0.415	0.417	0.438	0.475	0.202
2024	0.484	2.450	3.081	0.457	0.524	0.439	0.456	0.411	0.395	0.417	0.384	0.389	0.824	0.918
<b>PROM</b>	1.050	1.900	1.395	0.796	0.621	0.592	0.592	0.551	0.500	0.470	0.580	0.487	0.794	0.442
<b>STD</b>	0.743	1.999	1.298	0.386	0.149	0.126	0.144	0.133	0.115	0.106	0.644	0.112	0.380	0.600
<b>MAX</b>	3.859	9.171	6.538	2.036	1.001	0.975	1.103	1.080	0.910	0.810	3.820	0.790	2.246	2.715
<b>MIN</b>	0.456	0.367	0.355	0.395	0.433	0.374	0.434	0.404	0.376	0.339	0.330	0.346	0.419	0.041

## RESULTADO DE CALCULOS HIDROLOGICOS - HIDRAULICOS

Para realizar la simulación hidráulica del presente trabajo de investigación denominado “SIMULACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR ZONAS INUNDABLES EN EL RÍO CAPLÍNA SECTOR CALANA, TACNA, 2025” se ha aplicado el Software HIDROESTA V.2.0 a partir de los datos obtenidos de la administración local del agua Caplina – Locumba Tacna de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) sobre el registro histórico de caudales máximos anuales (m<sup>3</sup>/seg) de los últimos 20 años obtenidos de la estación de Calientes para determinar los parámetros estadísticos (media, varianza, moda, mediana) cuyos datos no agrupados fueron ingresados en el Software HIDROESTA V.2.0 :

**HIDROESTA 2**

MaxSoft

I.A.T.C.R.

Cálculo de parámetros estadísticos, comunes y c

**Ingreso de datos:**

N°	X
1	0.676
2	1.258
3	0.504
4	1.363
5	2.22
6	1.585
7	1.058
8	4.715
9	5.11
10	4.106
11	3.208
12	9.171
13	1.998
14	0.839

**Nota:**  
Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Parámetros	Muestrales	Poblaconales	Momentos Lineales
Media:	2.0605	2.0605	2.0605
Varianza:	3.2117	3.1199	0.702
Desviación Estándar:	1.7921	1.7663	0.8379
Coefficiente Variación:	0.8697	0.8972	0.4066
Coefficiente de Sesgo:	2.3776	2.2744	0.4662
Coefficiente de Curtosis:	9.6333	8.5485	0.2990

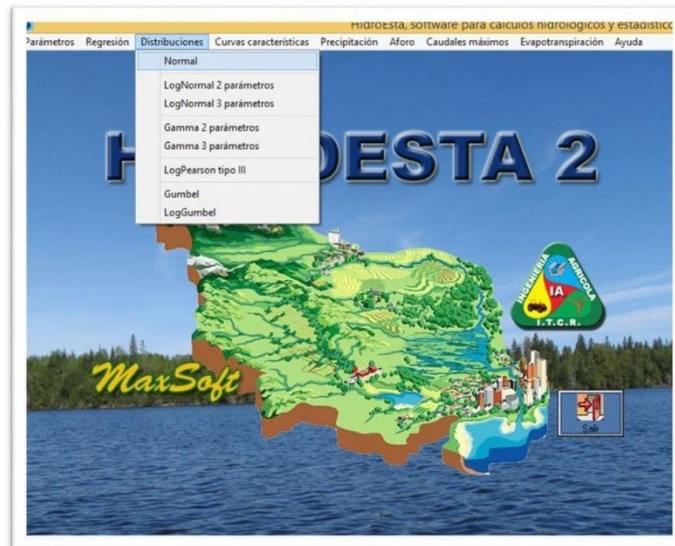
**Coeficientes Lineales:**

L1: 2.0605  
L2: 0.8379  
L3: 0.3923  
L4: 0.2505

Archivos y resultados:

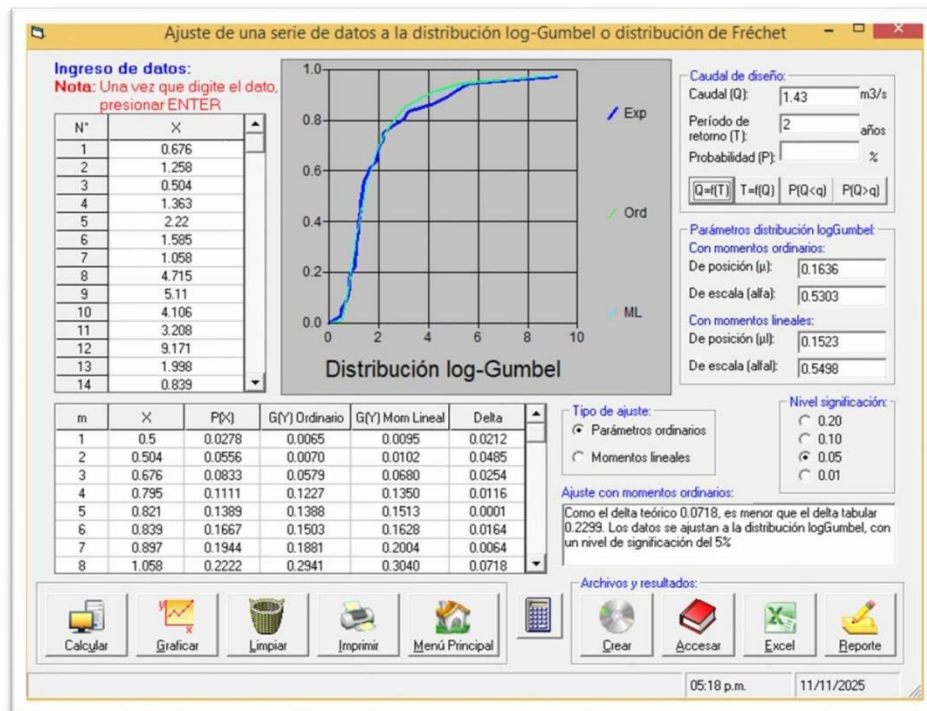
Calcular Ordenar Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

Posterior a ello se ha aplicado la distribución estadística o también llamado distribución de probabilidad para describir cómo se comportan o se reparten los valores del registro histórico de caudales máximos anuales (m<sup>3</sup>/seg) de los últimos 20 años obtenidos de la estación de Calientes con la finalidad de representar la variación o separación entre valores teóricos calculados a partir del modelo estadístico y valores observados obtenidos de los datos reales.



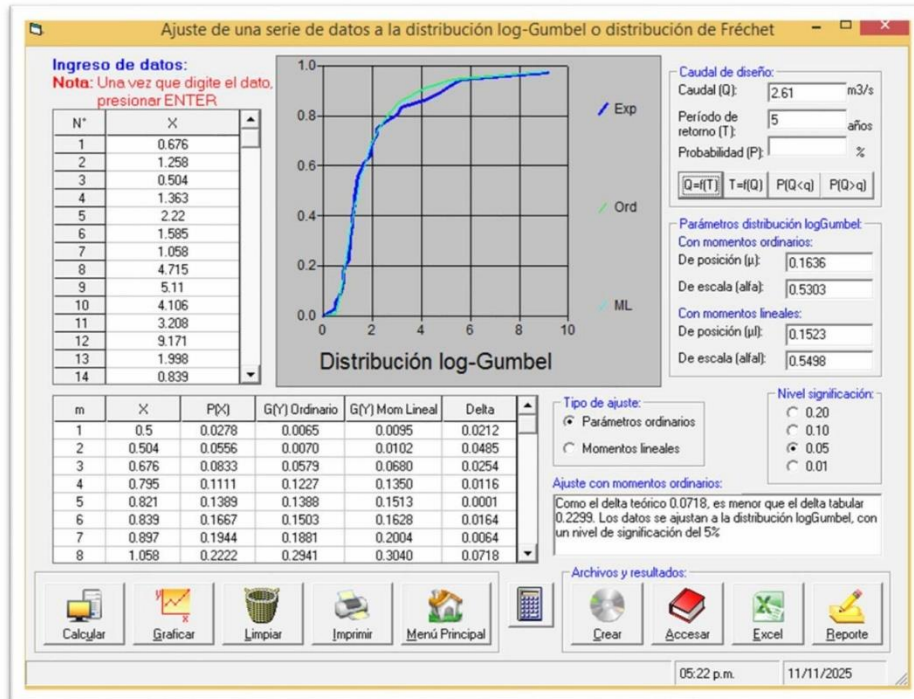
#### DISTRIBUCION ESTADISTICA PARA PERIODO DE RETORNO = 2 AÑOS

PERIODO DE RETORNO TR = 2 AÑOS				
ITEM	DISTRIBUCION	Nb. PARAMETROS	XT	DELTA TEORICO
1	Normal (max. verosimilitud)	2	2.06	0.2146
2	Log Normal 2 parámetros	2	1.6	0.1242
3	Log Normal 3 parámetros	3	1.46	0.0916
4	Gamma 2 parámetros	2	1.75	0.163
5	Gamma 3 parámetros	3		no aplica
6	Log Pearson Tipo III	3	1.49	0.0818
7	Gumbel	2	1.77	0.1521
8	<b>Log Gumbel</b>	<b>3</b>	<b>1.43</b>	<b>0.0718</b>



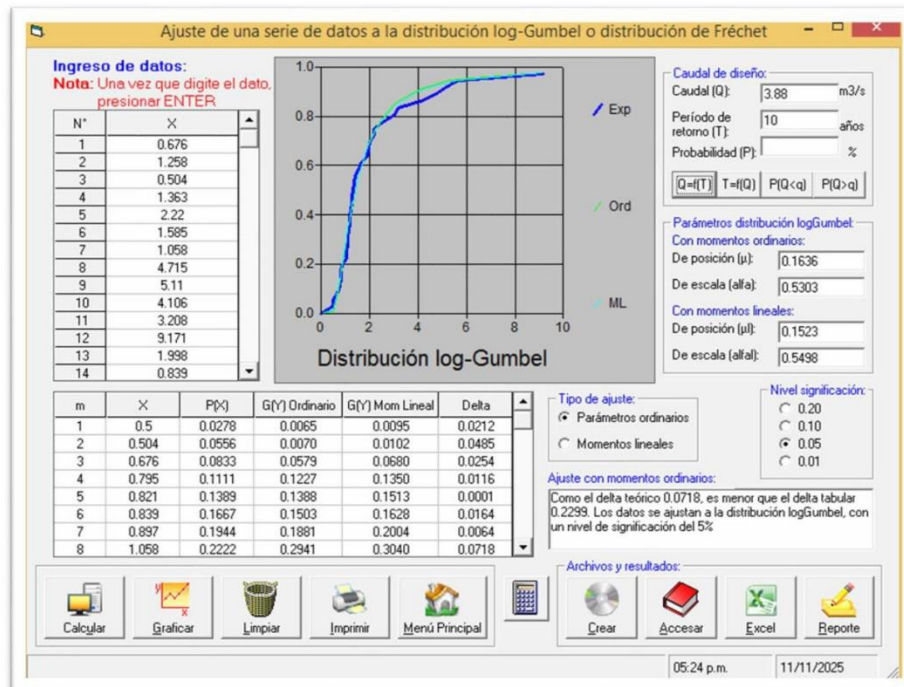
### DISTRIBUCION ESTADISTICA PARA PERIODO DE RETORNO = 5 AÑOS

PERIODO DE RETORNO TR = 5 AÑOS				
ITEM	DISTRIBUCION	Nb. PARAMETROS	XT	DELTA TEORICO
1	Normal (max. verosimilitud)	2	3.57	0.2146
2	LogNormal 2 parametros	2	2.83	0.1242
3	LogNormal 3 parametros	3	2.81	0.0916
4	Gamma 2 parametros	2	3.06	0.163
5	Gamma 3 parametros	3	no aplica	
6	Log Pearson Tipo III	3	2.74	0.0818
7	Gumbel	2	3.35	0.1521
8	<b>Log Gumbel</b>	<b>3</b>	<b>2.61</b>	<b>0.0718</b>



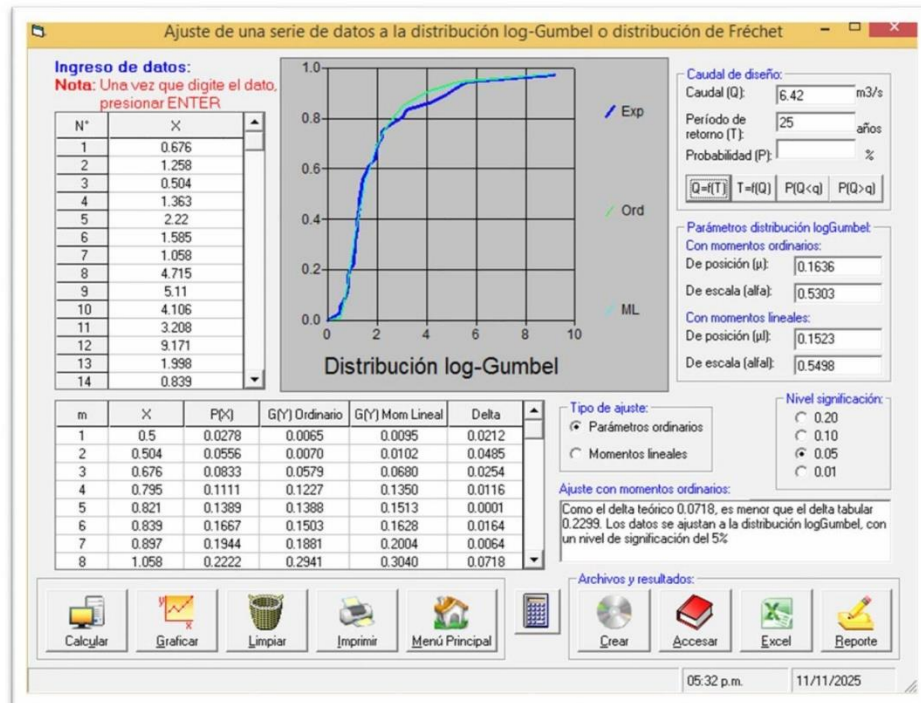
### DISTRIBUCION ESTADISTICA PARA PERIODO DE RETORNO = 10 AÑOS

PERIODO DE RETORNO TR = 10 AÑOS				
ITEM	DISTRIBUCION	Nb. PARAMETROS	XT	DELTA TEORICO
1	Normal (max. verosimilitud)	2	4.36	0.2146
2	LogNormal 2 parametros	2	3.82	0.1242
3	LogNormal 3 parametros	3	4.12	0.0916
4	Gamma 2 parametros	2	3.95	0.163
5	Gamma 3 parametros	3		no aplica
6	Log Pearson Tipo III	3	3.95	0.0818
7	Gumbel	2	4.4	0.1521
8	<b>Log Gumbel</b>	<b>3</b>	<b>3.88</b>	<b>0.0718</b>



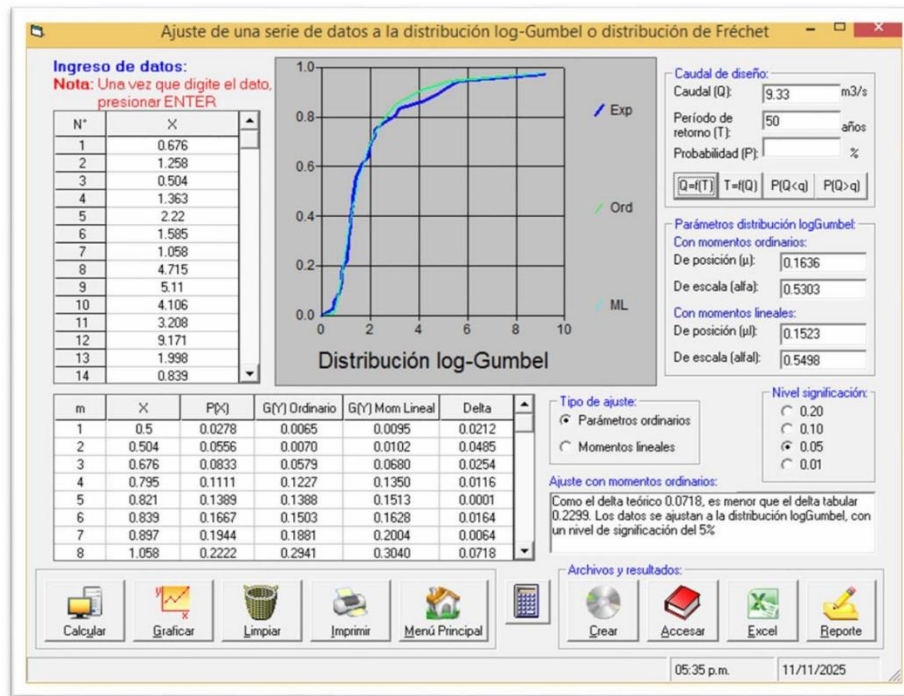
### DISTRIBUCION ESTADISTICA PARA PERIODO DE RETORNO = 25 AÑOS

PERIODO DE RETORNO TR = 25 AÑOS				
ITEM	DISTRIBUCION	Nb. PARAMETROS	XT	DELTA TEORICO
1	Normal (max. verosimilitud)	2	5.2	0.2146
2	LogNormal 2 parametros	2	5.26	0.1242
3	LogNormal 3 parametros	3	6.29	0.0916
4	Gamma 2 parametros	2	5.06	0.163
5	Gamma 3 parametros	3	no aplica	
6	Log Pearson Tipo III	3	6.04	0.0818
7	Gumbel	2	5.72	0.1521
8	<b>Log Gumbel</b>	<b>3</b>	<b>6.42</b>	<b>0.0718</b>



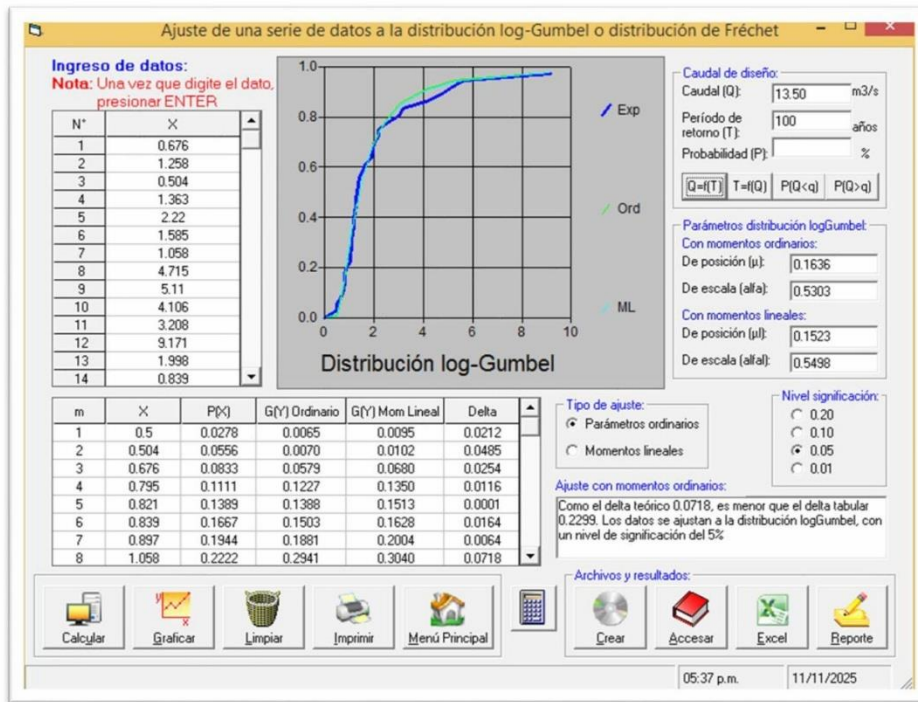
### DISTRIBUCION ESTADISTICA PARA PERIODO DE RETORNO = 50 AÑOS

PERIODO DE RETORNO TR = 50 AÑOS				
ITEM	DISTRIBUCION	Nb. PARAMETROS	XT	DELTA TEORICO
1	Normal (max. verosimilitud)	2	5.74	0.2146
2	LogNormal 2 parametros	2	6.47	0.1242
3	LogNormal 3 parametros	3	8.34	0.0916
4	Gamma 2 parametros	2	5.87	0.163
5	Gamma 3 parametros	3		no aplica
6	Log Pearson Tipo III	3	8.1	0.0818
7	Gumbel	2	6.71	0.1521
8	<b>Log Gumbel</b>	<b>3</b>	<b>9.33</b>	<b>0.0718</b>



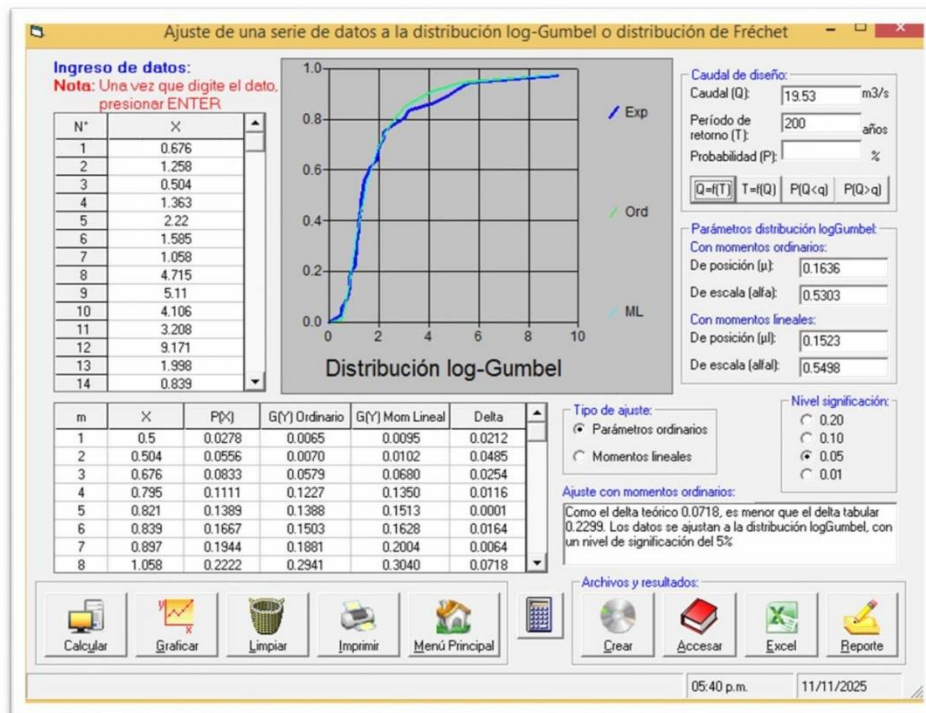
**DISTRIBUCION ESTADISTICA PARA PERIODO DE RETORNO = 100 AÑOS**

PERIODO DE RETORNO TR = 100 AÑOS				
ITEM	DISTRIBUCION	Nb. PARAMETROS	XT	DELTA TEORICO
1	Normal (max. verosimilitud)	2	6.23	0.2146
2	LogNormal 2 parametros	2	7.79	0.1242
3	LogNormal 3 parametros	3	10.78	0.0916
4	Gamma 2 parametros	2	6.66	0.163
5	Gamma 3 parametros	3	no aplica	
6	Log Pearson Tipo III	3	10.68	0.0818
7	Gumbel	2	7.68	0.1521
8	<b>Log Gumbel</b>	<b>3</b>	<b>13.5</b>	<b>0.0718</b>



**DISTRIBUCION ESTADISTICA PARA PERIODO DE RETORNO = 200 AÑOS**

PERIODO DE RETORNO TR = 200 AÑOS				
ITEM	DISTRIBUCION	Nb. PARAMETROS	XT	DELTA TEORICO
1	Normal (max. verosimilitud)	2	6.68	0.2146
2	LogNormal 2 parametros	2	9.22	0.1242
3	LogNormal 3 parametros	3	13.66	0.0916
4	Gamma 2 parametros	2	7.43	0.163
5	Gamma 3 parametros	3	no aplica	
6	Log Pearson Tipo III	3	13.9	0.0818
7	Gumbel	2	8.65	0.1521
<b>8</b>	<b>Log Gumbel</b>	<b>3</b>	<b>19.53</b>	<b>0.0718</b>



Habiéndose realizado la distribución estadística o también llamado distribución de probabilidad para describir cómo se comportan o se reparten los valores del registro histórico de caudales máximos anuales (m<sup>3</sup>/seg) de los últimos 20 años obtenidos de la estación de Calientes se ha obtenido un delta teórico de menor valor en la distribución estadística Log Gumbel con una confiabilidad al 95 %. Cuyos caudales obtenidos a través de la distribución estadística son los siguiente:

#### RESULTADO DE CAUDALES DE DISEÑO MAXIMOS ANUALES (M3/SEG)

DISTRIBUCION LOG GUMBEL		
ITEM	TIEMPO DE RETORNO	CAUDAL (M3/SEG)
1	TR = 2 AÑOS	1.43
2	TR = 5 AÑOS	2.61
3	TR = 10 AÑOS	3.88
4	TR = 25 AÑOS	6.42
5	TR = 50 AÑOS	9.33
6	TR = 100 AÑOS	13.5
7	TR = 200 AÑOS	19.53

### DETERMINACION DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS (M3/SEG)

Para determinar los caudales máximos instantáneos se ha aplicado el método de Fuller que es una fórmula empírica que permite estimar el caudal máximo instantáneo ( $Q_{maxinst}$ ) asociado a un periodo de retorno determinado ( $T$  años), considerando las características físicas de la cuenca. Se ha aplicado la siguiente formula

$$Q_{inst} = c * Q_{diseño}$$

$$c = 1 + \frac{a}{A^b}$$

Q = Caudal máximo estimado  $m^3/s$

C = Coeficiente de ajuste (depende del tiempo de retorno) adimensional

A = Área de la cuenca  $km^2$

<b>A (área de la cuenca) <math>km^2</math></b>	908.9
<b>a</b>	2.66
<b>b</b>	0.30

CAUDALES PARA LA SIMULACION HIDRAULICA			
ITEM	TIEMPO DE RETORNO	CAUDAL (M3/SEG)	CAUDAL INST (M3/SEG)
1	TR = 2 AÑOS	1.43	1.92
2	TR = 5 AÑOS	2.61	3.51
3	TR = 10 AÑOS	3.88	5.22
4	TR = 25 AÑOS	6.42	8.63
5	TR = 50 AÑOS	9.33	12.55
6	TR = 100 AÑOS	13.5	18.15
7	TR = 200 AÑOS	19.53	26.26

### DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE MANNING

Para el presente trabajo de investigación denominado simulación hidráulica para determinar zonas inundables en el río Caplina sector Calana, Tacna, 2025 se ha determinado el coeficiente de Manning ( $n$ ) a través de la teoría de hidráulica de canales cuyo autor es Van To Chown este parámetro empírico que representa la resistencia al flujo causada por la rugosidad, la vegetación, tipo de conducción de flujo del cauce del río caplina

### Ecuación de coeficiente de rugosidad Manning

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

#### Donde:

- Q = caudal (m3/seg)
- A = área (m2)
- R = radio hidráulico (m)
- S = pendiente (m/m)

**CUADRO 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad  $n$  (Continuación)**

<i>Tipo de canal y descripción</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Normal</i>	<i>Máximo</i>
<i>b. Cursos en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos.</i>			
1. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con grandes rocas	0.040	0.050	0.070

Para el presente trabajo de investigación denominado simulación hidráulica para determinar zonas inundables en el río Caplina sector Calana, Tacna, 2025 se ha determinado un coeficiente de rugosidad de 0.04 al considerarse un cauce naturaño con presencia de grava, canto rodado cubierta de vegetación en algunas zonas.

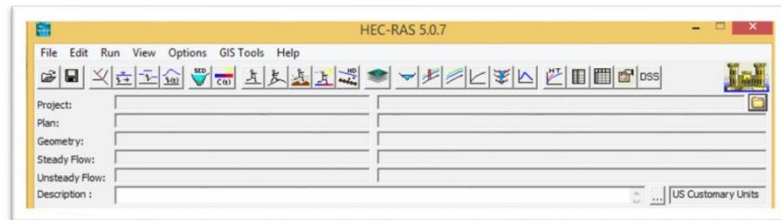
#### **DETERMINACION DE LA PENDIENTE(m/m)**

Para el presente trabajo de investigación denominado simulación hidráulica para determinar zonas inundables en el río Caplina sector Calana, Tacna, 2025 se ha determinado una pendiente de 3.25 % obtenido del perfil topográfico.

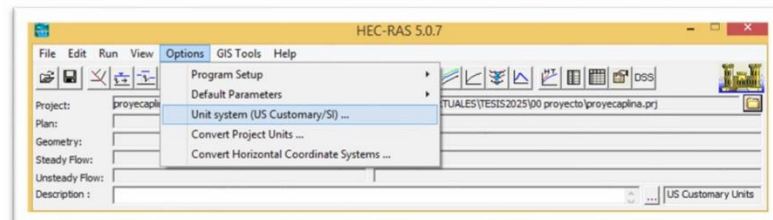
## Anexo 4. Procedimiento de simulador hidráulico

### PROCEDIMIENTO DE SIMULACION HIDRAULICA

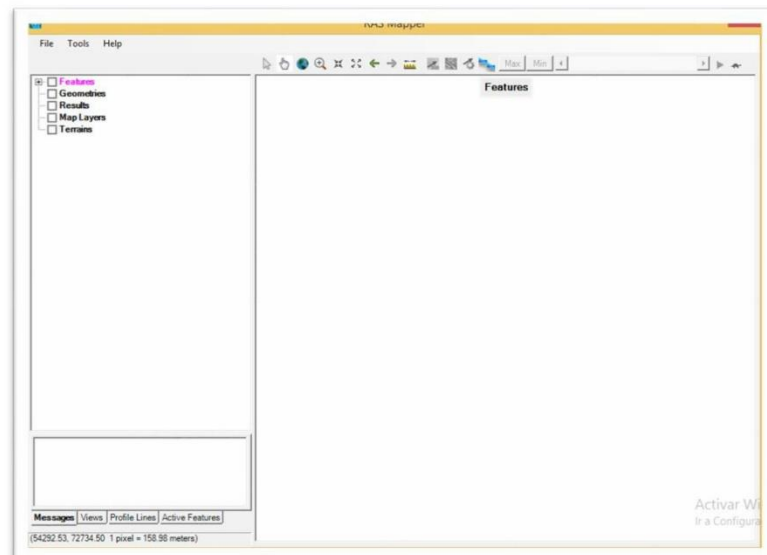
1. abrir el menú principal de la ventana de Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



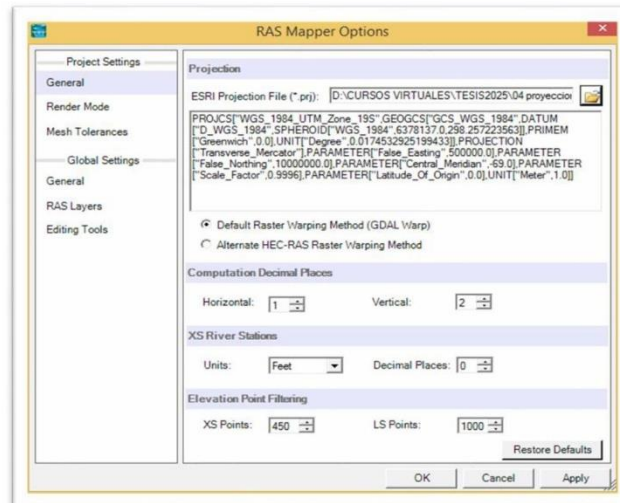
2. Configurar el sistema de coordenadas en la ventana de Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



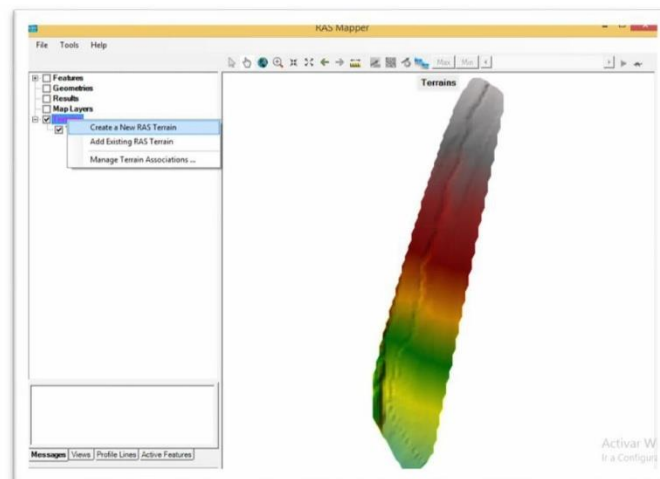
3. abrir el icono de Ras Mapper del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



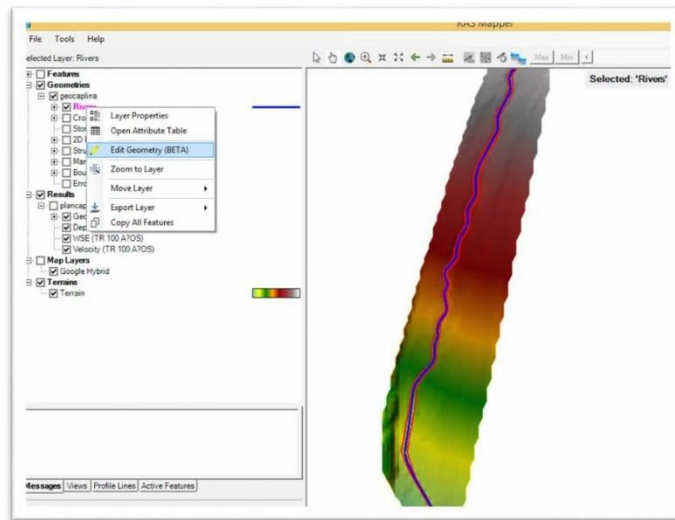
- Configurar el sistema de coordenadas en Ras Mapper del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



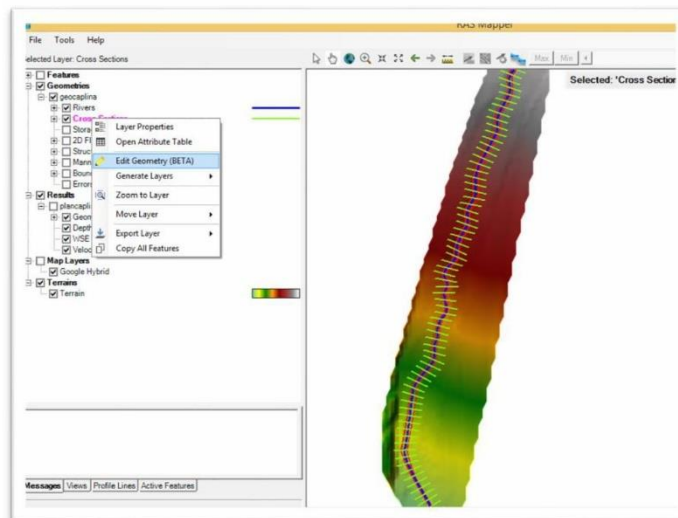
- Crear el modelo digital del Terreno MDT a partir de un archivo TIN o archivo Raster en Ras Mapper del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



- Se procede a crear y editar el eje, los bordes de ribera del rio Caplina sobre la superficie de terreno del modelo digital en Ras Mapper del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

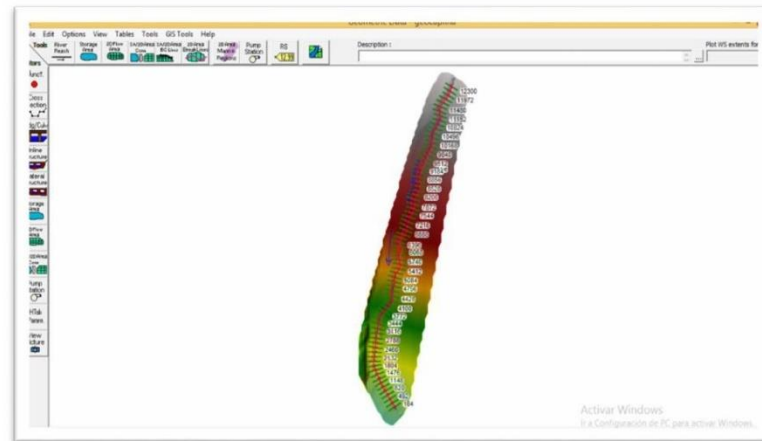


7. Se procede a crear las secciones transversales del río Caplina sobre la superficie de terreno del modelo digital en Ras Mapper del Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

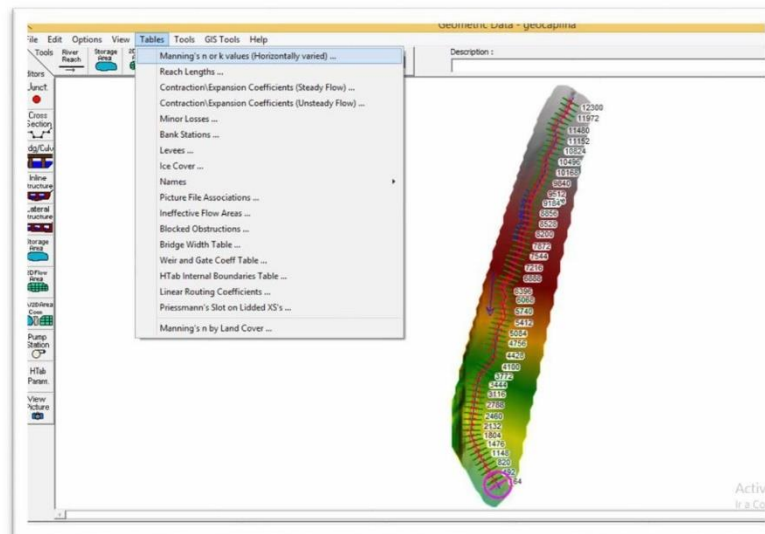


8. Guardar la edición de la geometría del río (eje de río, los bordes de rivera, y secciones transversales) y exportar el archivo al Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7

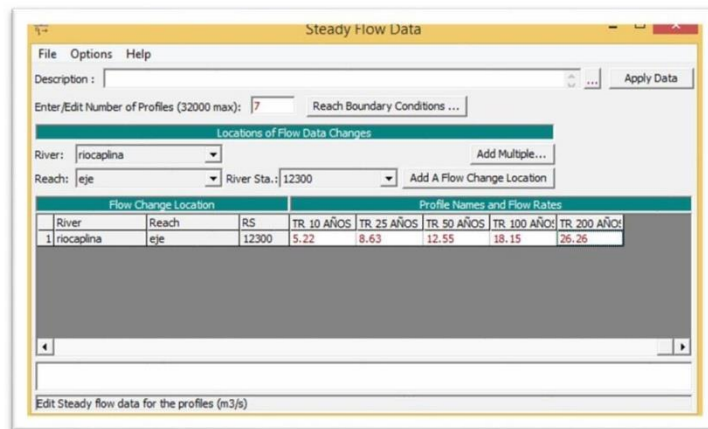
9.



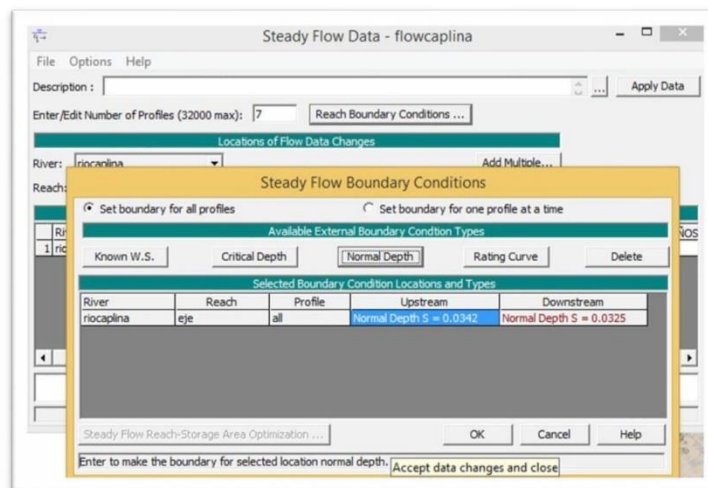
10. Se procede a ingresar el coeficiente manning o tambien conocido coeficiente de rugosidad en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



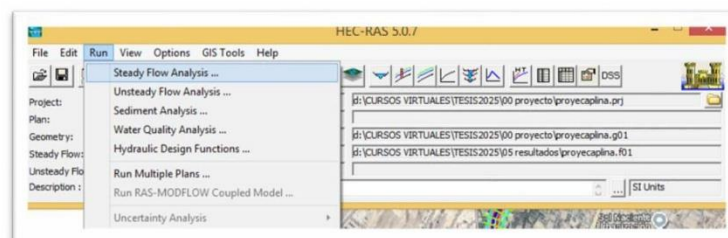
11. Se procede a ingresar los caudales maximos instantaneos determinados según los calculos hidrológicos e hidráulicos para los escenarios con tiempos de retorno de 2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años, 100 años y 200 años en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



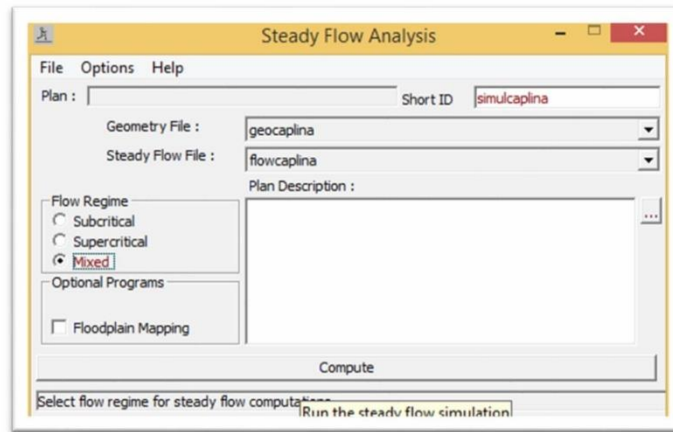
12. Se procede a ingresar la pendiente del cauce según la topografía de terreno en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



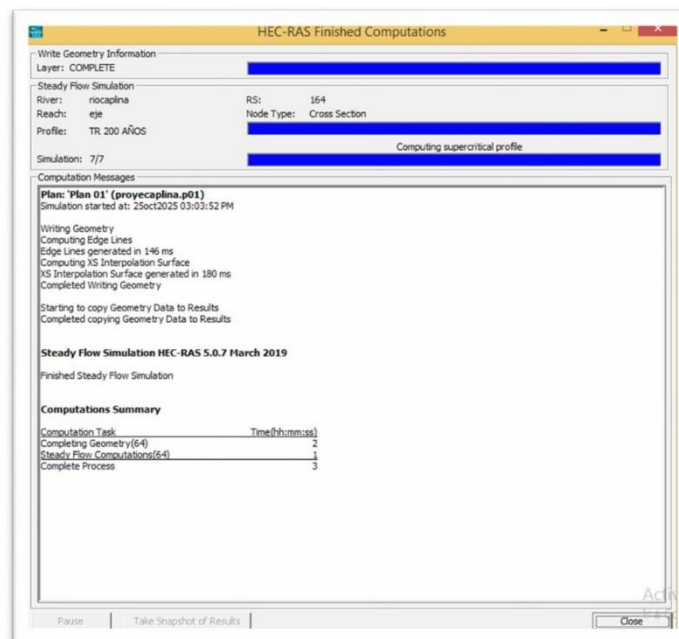
13. Determinar el tipo de flujo del cauce del rio Caplina en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



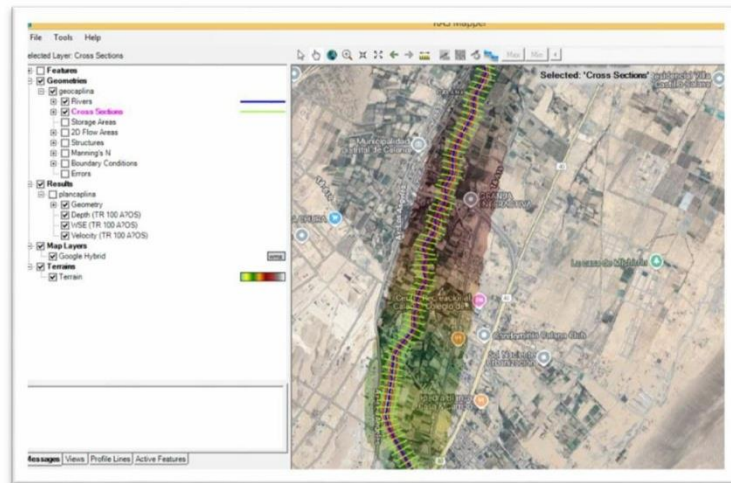
14. Determinar el tipo de flujo del cauce del rio Caplina en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



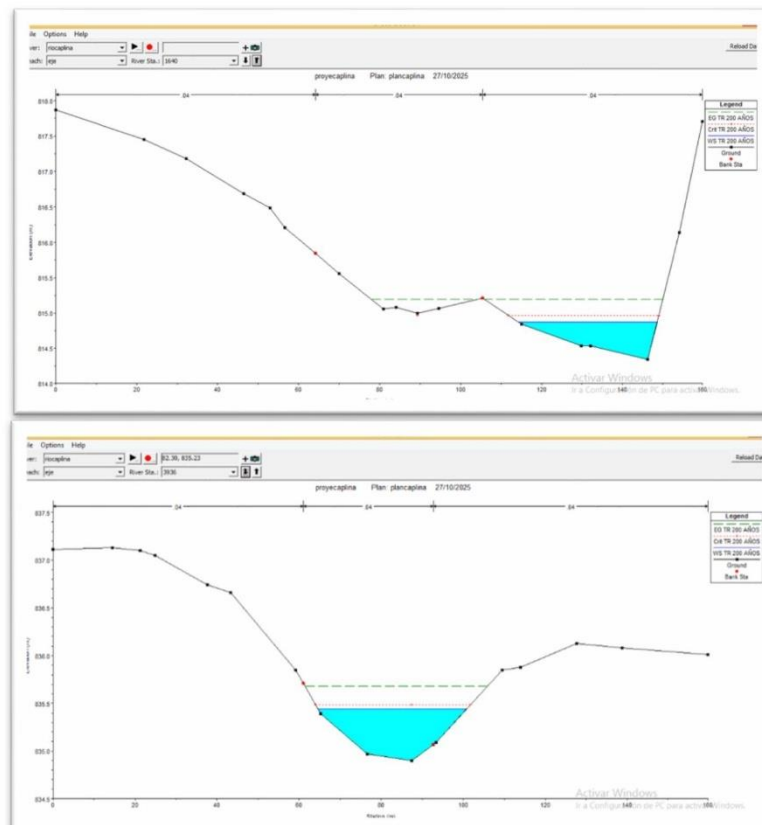
15. Validar datos ingresados y proceder con la computacion de la simulacion hidraulica en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7



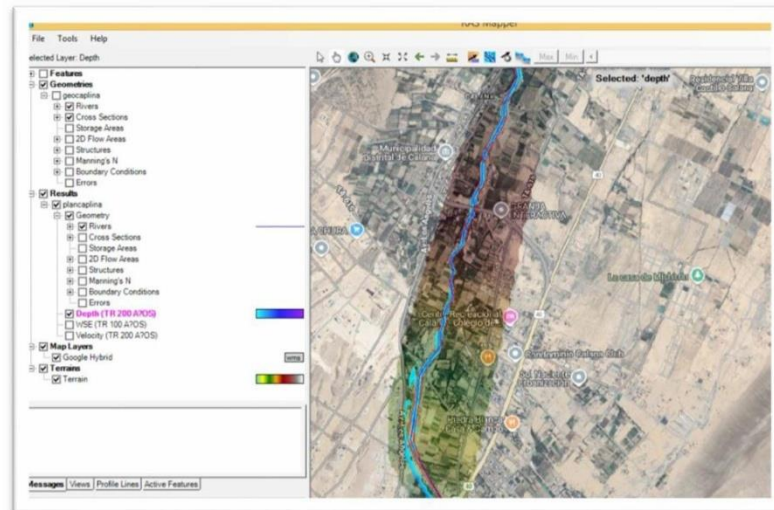
16. Abrir la ventana principal de Ras Mapper en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7 para visualizar los resultados obtenidos a través del proceso de la simulacion hidraulica del rio Caplina en el sector de Calana.



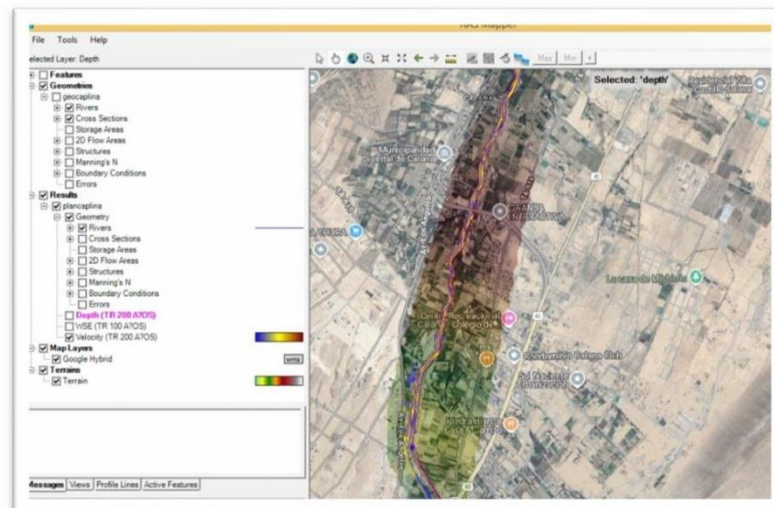
17. Visualización de resultados de la simulación hidraulica en Ras Mapper en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7.



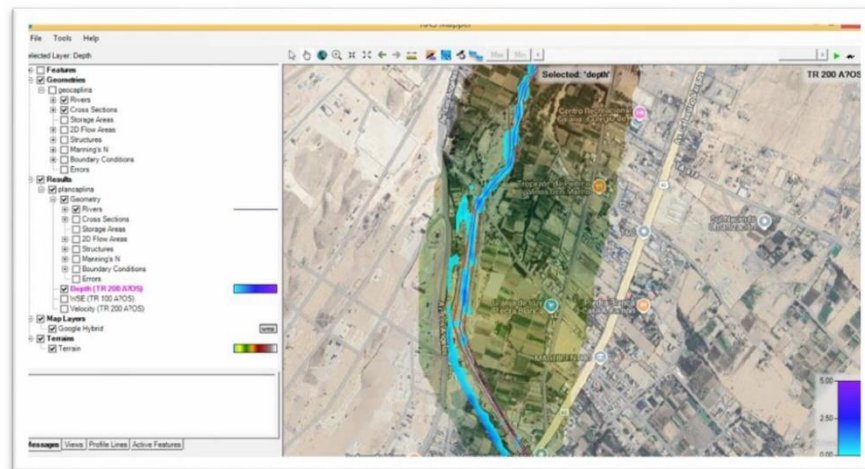
18. Visualización de las profundidades de la simulación hidráulica en Ras Mapper en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7.



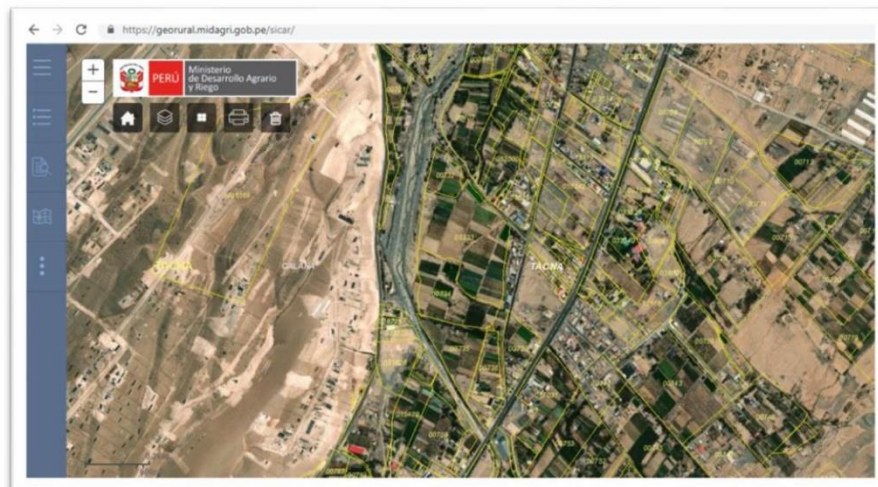
19. Visualización de las velocidades de flujo de la simulación hidráulica en Ras Mapper en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7.



20. Visualización de la zona inundable según la simulación hidráulica en Ras Mapper en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7.

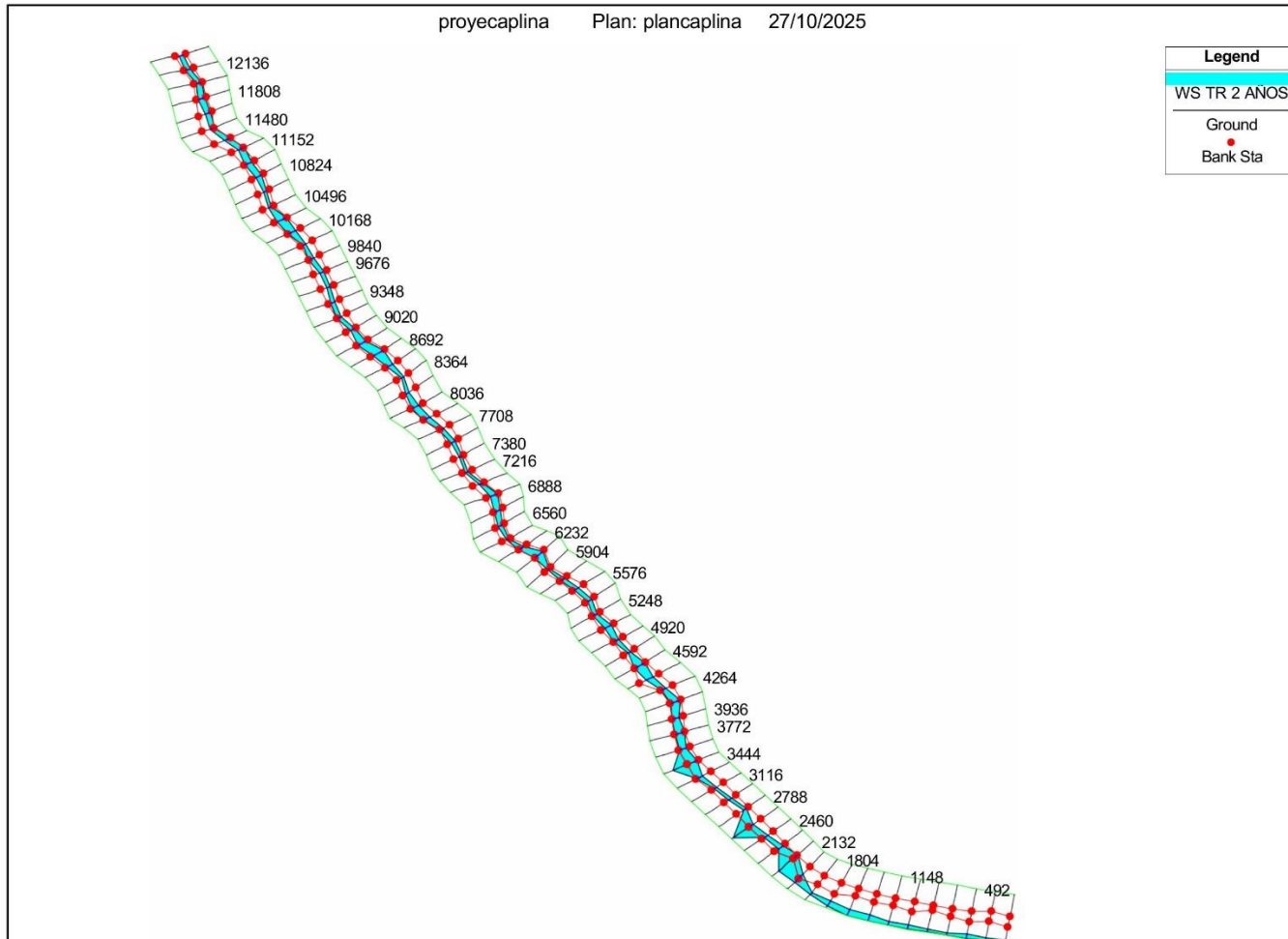


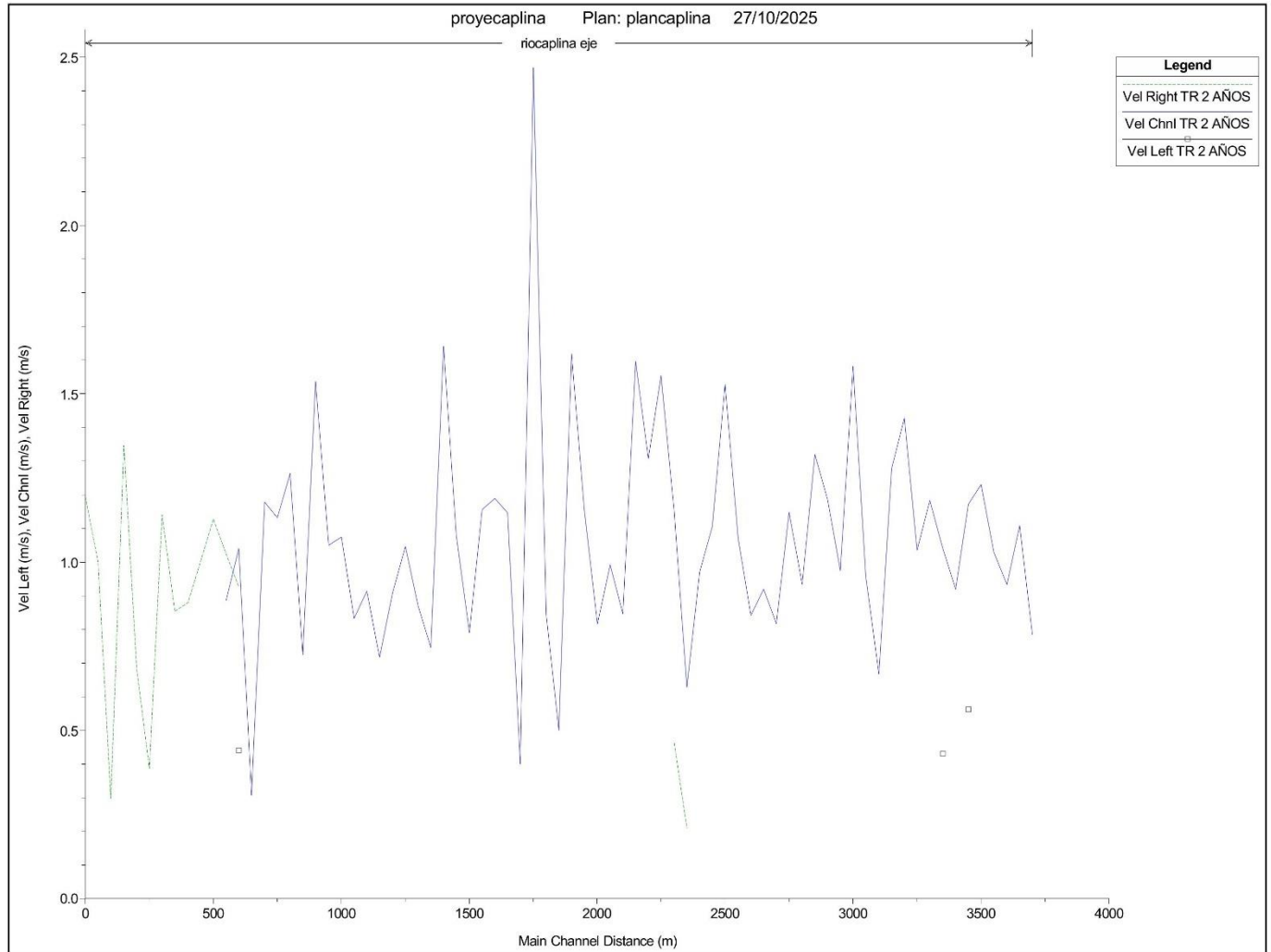
21. Verificación de predios afectados según el sistema de catastro de predios rurales del ministerio de desarrollo agrario y agricultura MIDAGRI posterior a la simulación hidraulica en Ras Mapper en el Software Hydrologic Engineering Center's River Analysis System HEC RAS V 5.0.7.

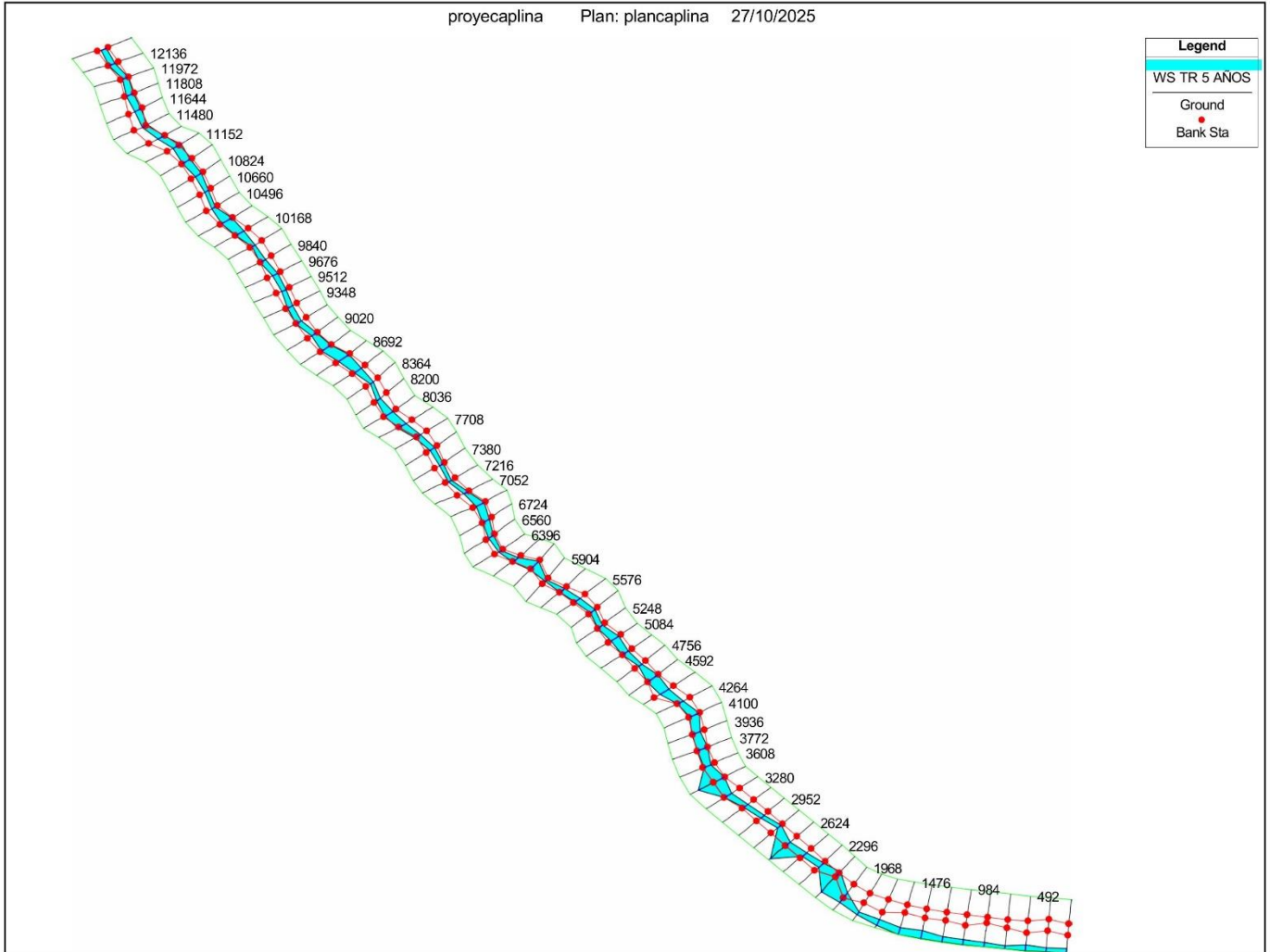


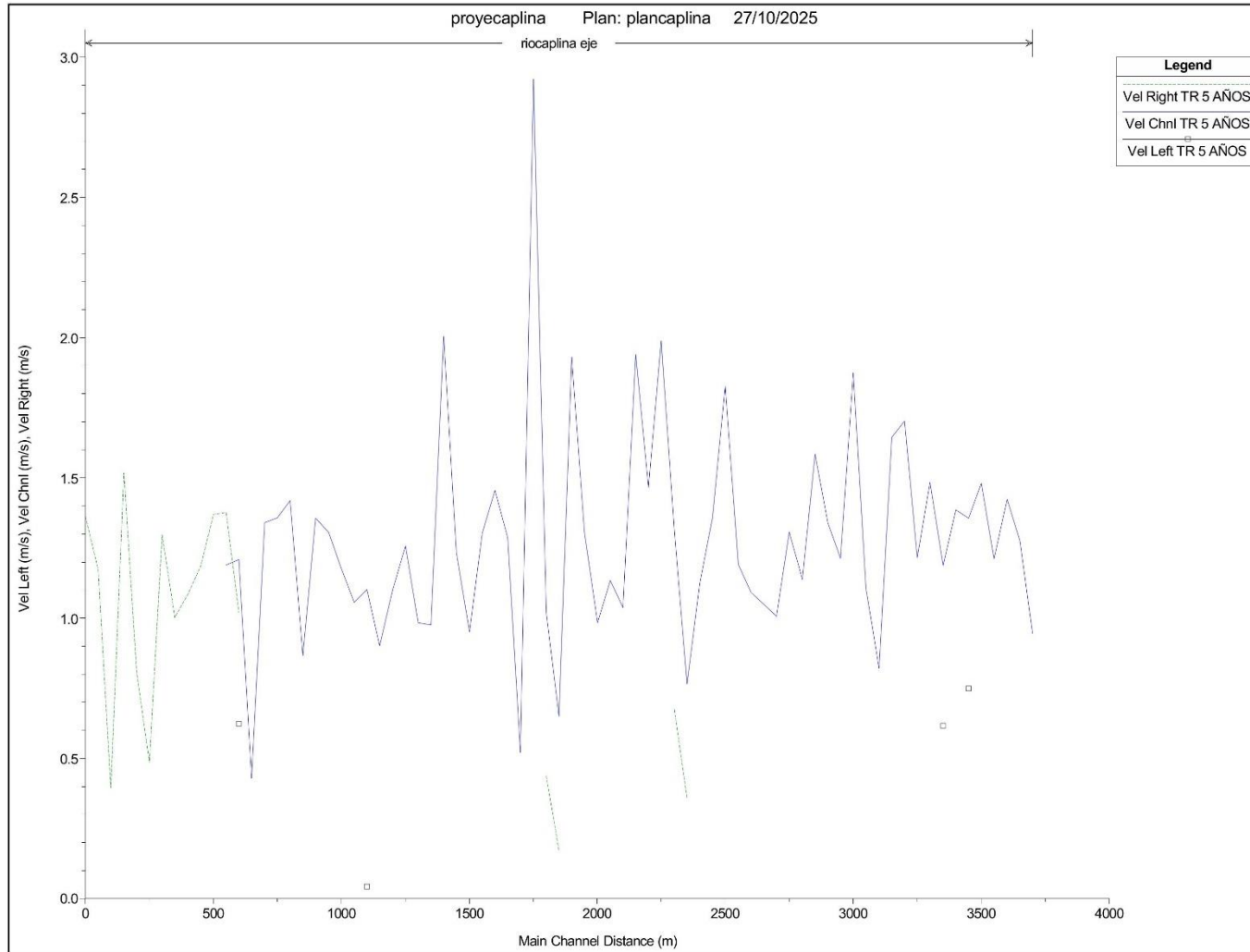
### Anexo 5. Resultados de simulación hidráulica

HEC-RAS Plan: plancaplina River: rioaplina Reach: eje Profile: TR 2 AÑOS												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
eje	12300	TR 2 AÑOS	1.92	909.58	909.97	909.89	910.01	0.008206	0.78	2.45	11.99	0.55
eje	12136	TR 2 AÑOS	1.92	908.97	909.22	909.22	909.28	0.031967	1.11	1.73	14.01	1.01
eje	11972	TR 2 AÑOS	1.92	907.26	907.51	907.49	907.56	0.019508	0.93	2.06	14.92	0.80
eje	11808	TR 2 AÑOS	1.92	906.03	906.24	906.24	906.30	0.033909	1.03	1.87	17.66	1.01
eje	11644	TR 2 AÑOS	1.92	904.02	904.26	904.27	904.34	0.045752	1.23	1.56	14.13	1.18
eje	11480	TR 2 AÑOS	1.92	902.36	902.61	902.61	902.68	0.028326	1.17	1.71	13.36	0.98
eje	11316	TR 2 AÑOS	1.92	900.81	901.06	901.04	901.10	0.021852	0.92	2.09	16.85	0.83
eje	11152	TR 2 AÑOS	1.92	899.57	899.78	899.78	899.83	0.030021	1.04	1.91	18.57	0.97
eje	10988	TR 2 AÑOS	1.92	897.51	897.64	897.66	897.71	0.063988	1.18	1.62	20.06	1.33
eje	10824	TR 2 AÑOS	1.92	895.99	896.21	896.21	896.26	0.033431	1.03	1.86	17.21	1.01
eje	10660	TR 2 AÑOS	1.92	894.00	894.30	894.32	894.40	0.041396	1.43	1.34	9.03	1.18
eje	10496	TR 2 AÑOS	1.92	892.32	892.64	892.64	892.72	0.030066	1.28	1.50	9.36	1.02
eje	10332	TR 2 AÑOS	1.92	891.46	891.64	891.61	891.66	0.015028	0.67	2.88	28.40	0.67
eje	10168	TR 2 AÑOS	1.92	890.40	890.52	890.52	890.57	0.034598	0.96	2.01	21.51	1.00
eje	10004	TR 2 AÑOS	1.92	888.01	888.29	888.33	888.42	0.054078	1.58	1.21	8.54	1.34
eje	9840	TR 2 AÑOS	1.92	887.18	887.43	887.41	887.47	0.022452	0.97	1.97	14.87	0.85
eje	9676	TR 2 AÑOS	1.92	885.81	886.09	886.09	886.16	0.031191	1.19	1.62	11.63	1.01
eje	9512	TR 2 AÑOS	1.92	884.07	884.35	884.37	884.44	0.038023	1.32	1.46	10.32	1.12
eje	9348	TR 2 AÑOS	1.92	883.12	883.39	883.35	883.44	0.014713	0.93	2.06	12.03	0.72
eje	9184	TR 2 AÑOS	1.92	882.06	882.32	882.32	882.39	0.031959	1.15	1.67	12.85	1.02
eje	9020	TR 2 AÑOS	1.92	880.24	880.54	880.48	880.58	0.010328	0.82	2.35	12.86	0.61
eje	8856	TR 2 AÑOS	1.92	879.51	879.66	879.66	879.70	0.036213	0.92	2.09	24.56	1.01
eje	8692	TR 2 AÑOS	1.92	877.70	877.78	877.78	877.81	0.039442	0.84	2.28	32.78	1.02
eje	8528	TR 2 AÑOS	1.92	875.58	875.81	875.81	875.86	0.038495	1.07	1.80	17.63	1.07
eje	8364	TR 2 AÑOS	1.92	873.30	873.59	873.62	873.71	0.048096	1.53	1.26	8.52	1.27
eje	8200	TR 2 AÑOS	1.92	872.34	872.65	872.63	872.71	0.022028	1.11	1.74	10.66	0.87
eje	8036	TR 2 AÑOS	1.92	871.12	871.28	871.28	871.33	0.035402	0.97	1.98	21.18	1.01
eje	7872	TR 2 AÑOS	1.92	870.25	870.53	870.46	870.55	0.007185	0.63	3.09	20.63	0.50
eje	7708	TR 2 AÑOS	1.92	869.61	869.84	869.84	869.91	0.028102	1.15	1.72	13.78	0.97
eje	7544	TR 2 AÑOS	1.92	867.31	867.51	867.54	867.63	0.085913	1.55	1.24	12.66	1.59
eje	7380	TR 2 AÑOS	1.92	864.82	865.16	865.16	865.25	0.029943	1.31	1.47	8.83	1.02
eje	7216	TR 2 AÑOS	1.92	862.85	863.14	863.17	863.27	0.054787	1.60	1.20	8.43	1.35
eje	7052	TR 2 AÑOS	1.92	861.45	861.83	861.75	861.86	0.009383	0.85	2.27	10.97	0.59
eje	6888	TR 2 AÑOS	1.92	860.80	860.99	860.99	861.04	0.035190	0.99	1.94	19.94	1.02
eje	6724	TR 2 AÑOS	1.92	859.30	859.57	859.53	859.60	0.015522	0.81	2.36	17.60	0.71
eje	6560	TR 2 AÑOS	1.92	858.19	858.45	858.45	858.52	0.031711	1.15	1.66	12.58	1.01
eje	6396	TR 2 AÑOS	1.92	856.13	856.46	856.46	856.59	0.047351	1.62	1.19	7.30	1.28
eje	6232	TR 2 AÑOS	1.92	855.35	855.74	855.61	855.76	0.003108	0.50	3.84	17.88	0.34
eje	6068	TR 2 AÑOS	1.92	855.21	855.34	855.34	855.38	0.036070	0.84	2.28	31.69	0.98
eje	5904	TR 2 AÑOS	1.92	851.66	851.95	852.04	852.26	0.130013	2.47	0.78	5.40	2.08
eje	5740	TR 2 AÑOS	1.92	850.01	850.66	850.36	850.67	0.001109	0.40	4.80	14.38	0.22
eje	5576	TR 2 AÑOS	1.92	850.18	850.44	850.44	850.50	0.032388	1.15	1.68	13.03	1.02
eje	5412	TR 2 AÑOS	1.92	848.52	848.71	848.72	848.78	0.037094	1.19	1.62	13.17	1.08
eje	5248	TR 2 AÑOS	1.92	846.83	847.09	847.09	847.16	0.031760	1.16	1.66	12.57	1.01
eje	5084	TR 2 AÑOS	1.92	845.47	845.66	845.63	845.69	0.016416	0.79	2.43	19.81	0.72
eje	4920	TR 2 AÑOS	1.92	844.29	844.50	844.50	844.56	0.033478	1.08	1.78	15.52	1.02
eje	4756	TR 2 AÑOS	1.92	841.88	842.14	842.18	842.28	0.065006	1.64	1.17	8.95	1.45
eje	4592	TR 2 AÑOS	1.92	841.13	841.25	841.24	841.28	0.026714	0.75	2.57	33.21	0.85
eje	4428	TR 2 AÑOS	1.92	839.73	839.93	839.92	839.97	0.025340	0.87	2.21	21.63	0.87
eje	4264	TR 2 AÑOS	1.92	838.32	838.60	838.59	838.66	0.027272	1.05	1.83	14.37	0.94
eje	4100	TR 2 AÑOS	1.92	836.87	837.03	837.03	837.07	0.037286	0.91	2.11	25.84	1.02
eje	3936	TR 2 AÑOS	1.92	834.90	835.10	835.06	835.13	0.011744	0.72	2.69	20.63	0.62
eje	3772	TR 2 AÑOS	1.92	833.94	834.13	834.13	834.17	0.036419	0.91	2.10	25.16	1.01
eje	3608	TR 2 AÑOS	1.92	832.27	832.52	832.49	832.55	0.016569	0.83	2.31	17.51	0.73
eje	3444	TR 2 AÑOS	1.92	831.23	831.44	831.44	831.49	0.027829	1.07	1.85	17.50	0.95
eje	3280	TR 2 AÑOS	1.92	829.83	829.83	829.84	829.89	0.037400	1.05	1.83	18.06	1.05
eje	3116	TR 2 AÑOS	1.92	827.88	828.11	828.15	828.23	0.059678	1.54	1.25	9.90	1.38
eje	2952	TR 2 AÑOS	1.92	825.60	826.07	825.95	826.10	0.005779	0.72	2.65	11.23	0.48
eje	2788	TR 2 AÑOS	1.92	825.14	825.45	825.45	825.53	0.030281	1.26	1.52	9.71	1.02
eje	2624	TR 2 AÑOS	1.92	823.59	823.82	823.83	823.88	0.036239	1.13	1.78	16.94	1.06
eje	2460	TR 2 AÑOS	1.92	822.07	822.35	822.35	822.42	0.030738	1.18	1.63	11.69	1.01
eje	2296	TR 2 AÑOS	1.92	819.56	820.31	819.92	820.31	0.000565	0.31	6.24	16.71	0.16
eje	2132	TR 2 AÑOS	1.92	820.00	820.17	820.17	820.22	0.031905	1.04	1.96	20.49	0.99
eje	1968	TR 2 AÑOS	1.92	817.84	817.91	817.92	817.95	0.064385	0.88	2.00	34.46	1.24
eje	1804	TR 2 AÑOS	1.92	816.31	815.85	815.81	815.91	0.017681		1.70	8.58	0.00
eje	1640	TR 2 AÑOS	1.92	815.00	814.56	814.56	814.61	0.033521		1.92	18.67	0.00
eje	1476	TR 2 AÑOS	1.92	813.82	812.71	812.70	812.75	0.026178		2.19	21.40	0.00
eje	1312	TR 2 AÑOS	1.92	812.88	811.41	811.39	811.45	0.022664		2.25	20.66	0.00
eje	1148	TR 2 AÑOS	1.92	811.74	809.99	809.99	810.06	0.032209		1.68	12.90	0.00
eje	984	TR 2 AÑOS	1.92	810.47	808.21	807.93	808.22	0.001043		4.96	14.43	0.00
eje	820	TR 2 AÑOS	1.92	809.86	808.09		808.12	0.004821		2.81	10.86	0.00
eje	656	TR 2 AÑOS	1.92	809.21	807.52	807.52	807.61	0.030506		1.43	7.98	0.00
eje	492	TR 2 AÑOS	1.92	808.92	807.43	807.02	807.44	0.000511		6.45	16.07	0.00
eje	328	TR 2 AÑOS	1.92	808.27	807.31	807.26	807.36	0.014411		1.92	9.58	0.00
eje	164	TR 2 AÑOS	1.92	806.95	806.24	806.24	806.32	0.032288		1.61	11.48	0.00



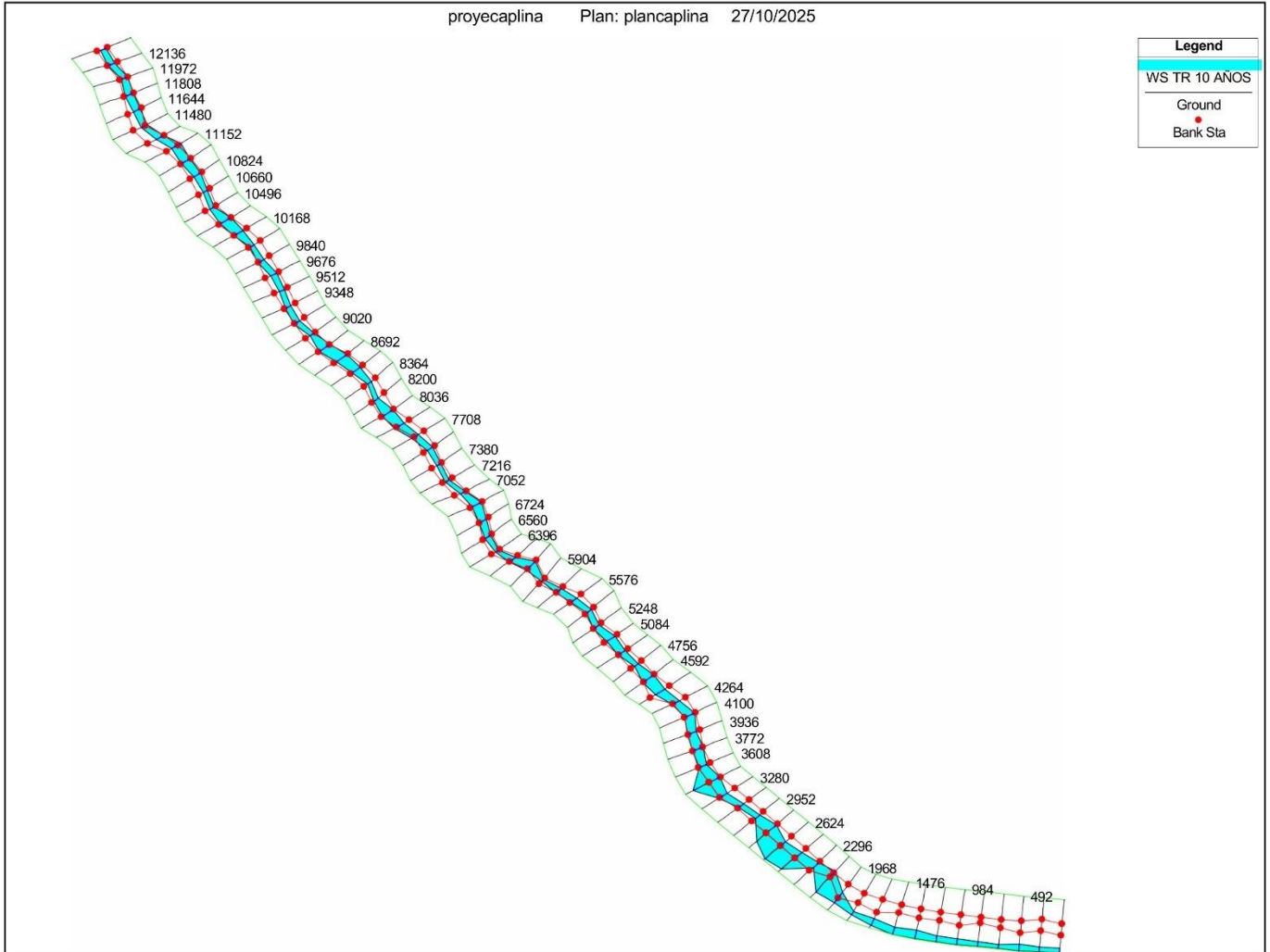


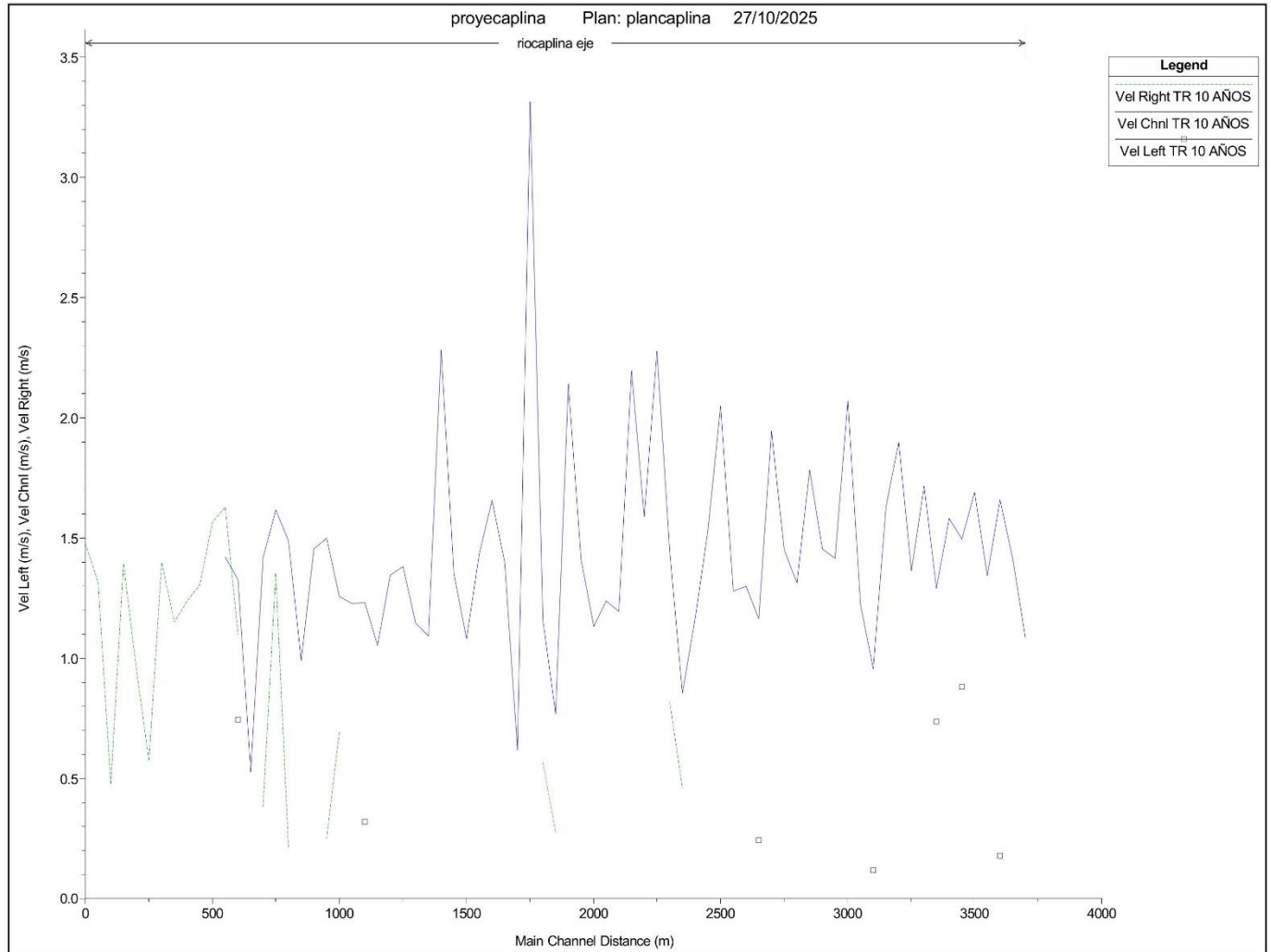




HEC-RAS Plan: plancaplina River: rio:caplina Reach: eje Profile: TR 10 AÑOS

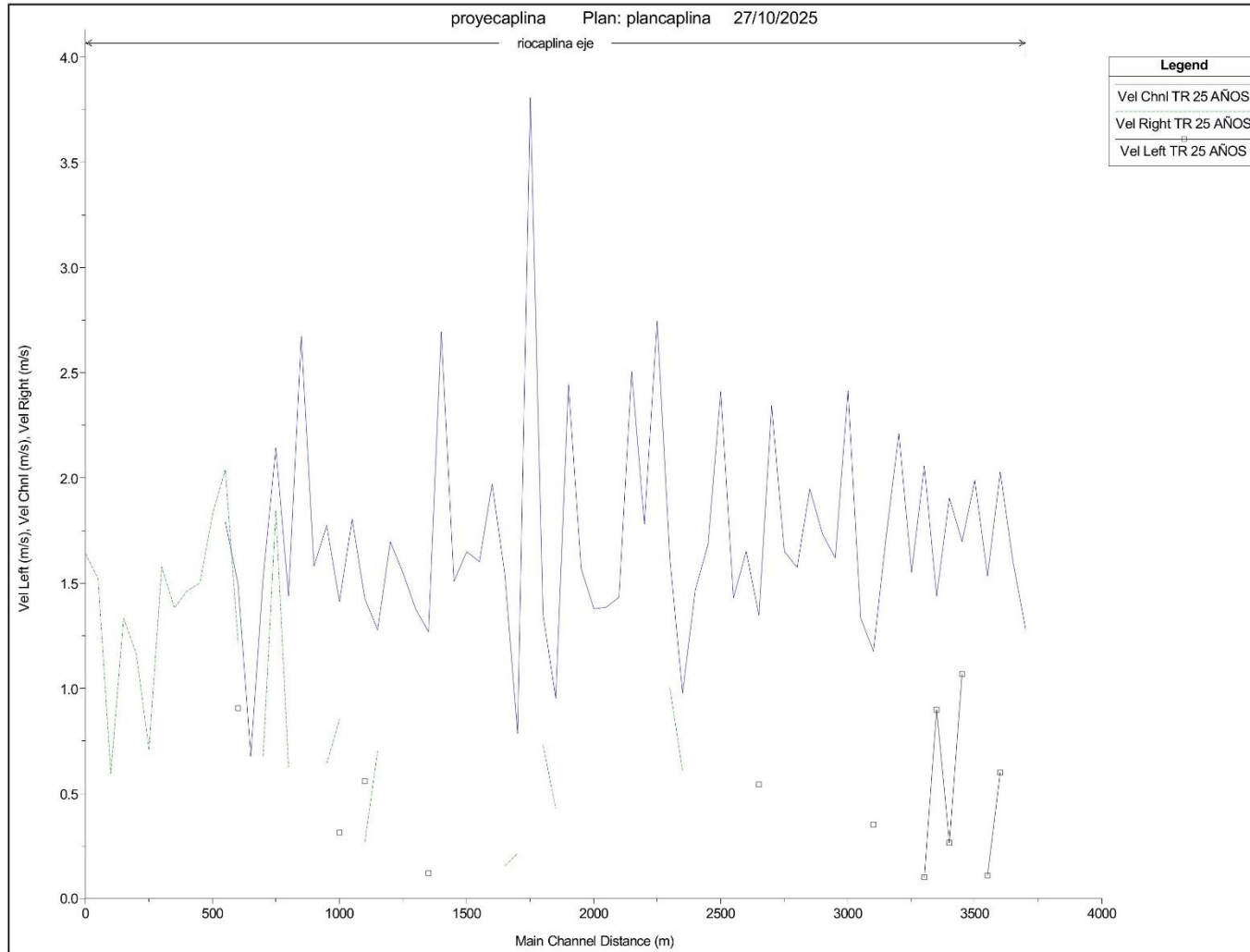
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
eje	12300	TR 10 AÑOS	5.22	909.58	910.14	910.04	910.20	0.009579	1.08	4.84	16.46	0.64
eje	12136	TR 10 AÑOS	5.22	908.97	909.33	909.33	909.44	0.027937	1.41	3.69	18.75	1.02
eje	11972	TR 10 AÑOS	5.22	907.26	907.58	907.61	907.72	0.043076	1.66	3.15	17.74	1.24
eje	11808	TR 10 AÑOS	5.22	906.03	906.34	906.34	906.44	0.028593	1.34	3.89	21.71	1.01
eje	11644	TR 10 AÑOS	5.22	904.02	904.35	904.39	904.49	0.055483	1.69	3.09	20.09	1.38
eje	11480	TR 10 AÑOS	5.22	902.36	902.75	902.74	902.85	0.022380	1.49	3.78	18.31	0.95
eje	11316	TR 10 AÑOS	5.22	900.81	901.12	901.15	901.25	0.047674	1.58	3.30	21.18	1.28
eje	11152	TR 10 AÑOS	5.22	899.57	899.88	899.88	899.96	0.025135	1.29	4.36	28.63	0.96
eje	10988	TR 10 AÑOS	5.22	897.51	897.70	897.75	897.85	0.083180	1.71	3.04	26.25	1.61
eje	10824	TR 10 AÑOS	5.22	895.99	896.31	896.31	896.40	0.028780	1.36	3.83	21.00	1.02
eje	10660	TR 10 AÑOS	5.22	894.00	894.43	894.47	894.61	0.045425	1.90	2.75	12.91	1.31
eje	10496	TR 10 AÑOS	5.22	892.32	892.79	892.80	892.92	0.029443	1.63	3.21	13.68	1.07
eje	10332	TR 10 AÑOS	5.22	891.46	891.72	891.69	891.76	0.016264	0.96	5.46	33.52	0.75
eje	10168	TR 10 AÑOS	5.22	890.40	890.61	890.61	890.69	0.029631	1.22	4.27	28.64	1.00
eje	10004	TR 10 AÑOS	5.22	888.01	888.42	888.48	888.64	0.057729	2.07	2.52	12.45	1.47
eje	9840	TR 10 AÑOS	5.22	887.18	887.53	887.53	887.63	0.024874	1.41	3.74	18.64	0.97
eje	9676	TR 10 AÑOS	5.22	885.81	886.22	886.22	886.33	0.027271	1.45	3.59	17.15	1.02
eje	9512	TR 10 AÑOS	5.22	884.07	884.47	884.51	884.63	0.043448	1.78	2.93	14.64	1.27
eje	9348	TR 10 AÑOS	5.22	883.12	883.53	883.49	883.62	0.017740	1.31	3.98	16.04	0.84
eje	9184	TR 10 AÑOS	5.22	882.06	882.45	882.45	882.55	0.025759	1.45	3.65	18.12	0.99
eje	9020	TR 10 AÑOS	5.22	880.24	880.57	880.62	880.76	0.052491	1.94	2.68	13.56	1.39
eje	8856	TR 10 AÑOS	5.22	879.51	879.74	879.74	879.81	0.031205	1.16	4.51	34.84	1.01
eje	8692	TR 10 AÑOS	5.22	877.70	877.83	877.84	877.91	0.046927	1.30	4.02	34.21	1.21
eje	8528	TR 10 AÑOS	5.22	875.58	875.91	875.91	875.99	0.032108	1.28	4.09	26.82	1.05
eje	8364	TR 10 AÑOS	5.22	873.30	873.72	873.78	873.93	0.053881	2.05	2.55	12.14	1.43
eje	8200	TR 10 AÑOS	5.22	872.34	872.78	872.78	872.90	0.026403	1.53	3.41	14.74	1.02
eje	8036	TR 10 AÑOS	5.22	871.12	871.38	871.38	871.45	0.031800	1.16	4.49	33.68	1.02
eje	7872	TR 10 AÑOS	5.22	870.25	870.66	870.57	870.69	0.007710	0.86	6.35	29.46	0.55
eje	7708	TR 10 AÑOS	5.22	869.61	869.97	869.97	870.07	0.022799	1.45	3.90	20.32	0.95
eje	7544	TR 10 AÑOS	5.22	867.31	867.58	867.66	867.84	0.122212	2.28	2.29	17.25	1.99
eje	7380	TR 10 AÑOS	5.22	864.82	865.33	865.33	865.46	0.025747	1.59	3.29	13.17	1.01
eje	7216	TR 10 AÑOS	5.22	862.85	863.25	863.33	863.50	0.065844	2.19	2.38	11.85	1.56
eje	7052	TR 10 AÑOS	5.22	861.45	861.99	861.91	862.06	0.011771	1.19	4.37	14.92	0.70
eje	6888	TR 10 AÑOS	5.22	860.80	861.09	861.09	861.17	0.029991	1.24	4.22	27.61	1.01
eje	6724	TR 10 AÑOS	5.22	859.30	859.68	859.64	859.74	0.016617	1.13	4.61	22.38	0.79
eje	6560	TR 10 AÑOS	5.22	858.19	858.58	858.58	858.69	0.027831	1.41	3.70	18.76	1.02
eje	6396	TR 10 AÑOS	5.22	856.13	856.60	856.66	856.83	0.051311	2.14	2.44	10.46	1.42
eje	6232	TR 10 AÑOS	5.22	855.35	855.89	855.73	855.92	0.004138	0.77	6.88	22.20	0.43
eje	6068	TR 10 AÑOS	5.22	855.21	855.41	855.41	855.48	0.028860	1.16	4.62	35.39	0.98
eje	5904	TR 10 AÑOS	5.22	851.66	852.07	852.23	852.63	0.146552	3.31	1.58	7.68	2.34
eje	5740	TR 10 AÑOS	5.22	850.01	850.88	850.54	850.90	0.001783	0.62	8.45	19.06	0.29
eje	5576	TR 10 AÑOS	5.22	850.18	850.56	850.56	850.66	0.028193	1.40	3.74	19.45	1.02
eje	5412	TR 10 AÑOS	5.22	848.52	848.81	848.84	848.95	0.042490	1.66	3.15	17.31	1.24
eje	5248	TR 10 AÑOS	5.22	846.83	847.22	847.22	847.33	0.027764	1.43	3.65	18.62	1.02
eje	5084	TR 10 AÑOS	5.22	845.47	845.76	845.74	845.82	0.018627	1.08	4.83	27.09	0.82
eje	4920	TR 10 AÑOS	5.22	844.29	844.61	844.61	844.70	0.027384	1.35	3.89	21.96	1.00
eje	4756	TR 10 AÑOS	5.22	841.88	842.25	842.33	842.51	0.080384	2.28	2.29	12.52	1.70
eje	4592	TR 10 AÑOS	5.22	841.13	841.31	841.31	841.37	0.026345	1.09	4.85	37.39	0.93
eje	4428	TR 10 AÑOS	5.22	839.73	840.03	840.01	840.09	0.024913	1.14	4.56	29.21	0.92
eje	4264	TR 10 AÑOS	5.22	838.32	838.71	838.71	838.81	0.026359	1.38	3.83	21.41	0.99
eje	4100	TR 10 AÑOS	5.22	836.87	837.09	837.11	837.19	0.040921	1.34	3.88	28.32	1.16
eje	3936	TR 10 AÑOS	5.22	834.90	835.21	835.16	835.26	0.013722	1.05	5.07	25.58	0.72
eje	3772	TR 10 AÑOS	5.22	833.94	834.21	834.21	834.29	0.029858	1.23	4.25	28.56	1.01
eje	3608	TR 10 AÑOS	5.22	832.27	832.62	832.60	832.70	0.020060	1.23	4.26	20.86	0.87
eje	3444	TR 10 AÑOS	5.22	831.23	831.55	831.55	831.62	0.022739	1.26	4.65	32.39	0.91
eje	3280	TR 10 AÑOS	5.22	829.63	829.91	829.94	830.02	0.046855	1.50	3.50	26.10	1.25
eje	3116	TR 10 AÑOS	5.22	827.86	828.29	828.29	828.40	0.027055	1.45	3.59	17.06	1.01
eje	2952	TR 10 AÑOS	5.22	825.60	826.27	826.12	826.32	0.006824	0.99	5.27	15.84	0.55
eje	2788	TR 10 AÑOS	5.22	825.14	825.62	825.62	825.73	0.024114	1.49	3.55	18.11	0.97
eje	2624	TR 10 AÑOS	5.22	823.59	823.90	823.93	824.02	0.051682	1.62	3.36	23.72	1.32
eje	2460	TR 10 AÑOS	5.22	822.07	822.49	822.49	822.59	0.025880	1.42	3.74	19.85	0.99
eje	2296	TR 10 AÑOS	5.22	819.56	820.50	820.09	820.51	0.001233	0.53	9.89	21.12	0.25
eje	2132	TR 10 AÑOS	5.22	820.00	820.27	820.27	820.34	0.025674	1.33	4.43	29.82	0.97
eje	1968	TR 10 AÑOS	5.22	817.84	817.95	817.98	818.07	0.090280	1.42	3.43	37.81	1.58
eje	1804	TR 10 AÑOS	5.22	816.31	816.01	815.99	816.13	0.021815		3.33	12.00	0.00
eje	1640	TR 10 AÑOS	5.22	815.00	814.66	814.66	814.74	0.029456		4.00	23.76	0.00
eje	1476	TR 10 AÑOS	5.22	813.82	812.80	812.79	812.88	0.024758		4.22	23.64	0.00
eje	1312	TR 10 AÑOS	5.22	812.88	811.50	811.49	811.57	0.024145		4.54	27.91	0.00
eje	1148	TR 10 AÑOS	5.22	811.74	810.12	810.12	810.22	0.028350		3.74	19.16	0.00
eje	984	TR 10 AÑOS	5.22	810.47	808.46	808.08	808.48	0.001435		9.11	18.55	0.00
eje	820	TR 10 AÑOS	5.22	809.86	808.30		808.34	0.006346		5.46	15.69	0.00
eje	656	TR 10 AÑOS	5.22	809.21	807.74		807.84	0.017171		3.75	12.93	0.00
eje	492	TR 10 AÑOS	5.22	808.92	807.68		807.69	0.000899		11.00	20.77	0.00
eje	328	TR 10 AÑOS	5.22	808.27	807.48	807.43	807.57	0.017014		3.97	14.89	0.00
eje	164	TR 10 AÑOS	5.22	806.95	806.38	806.38	806.49	0.027421		3.54	16.19	0.00

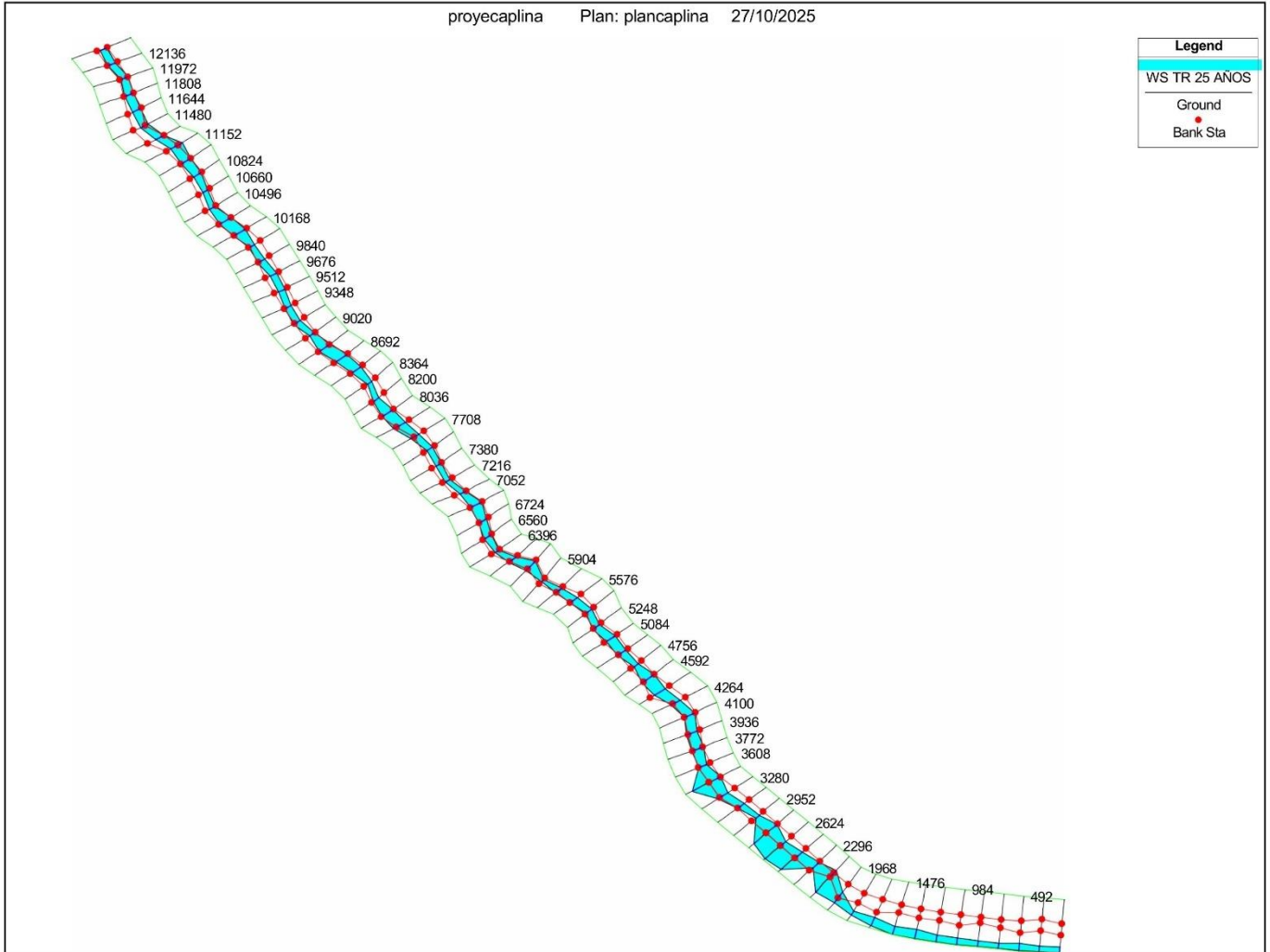




HEC-RAS Plan: plancaplina River: riocaplina Reach: eje Profile: TR 25 AÑOS

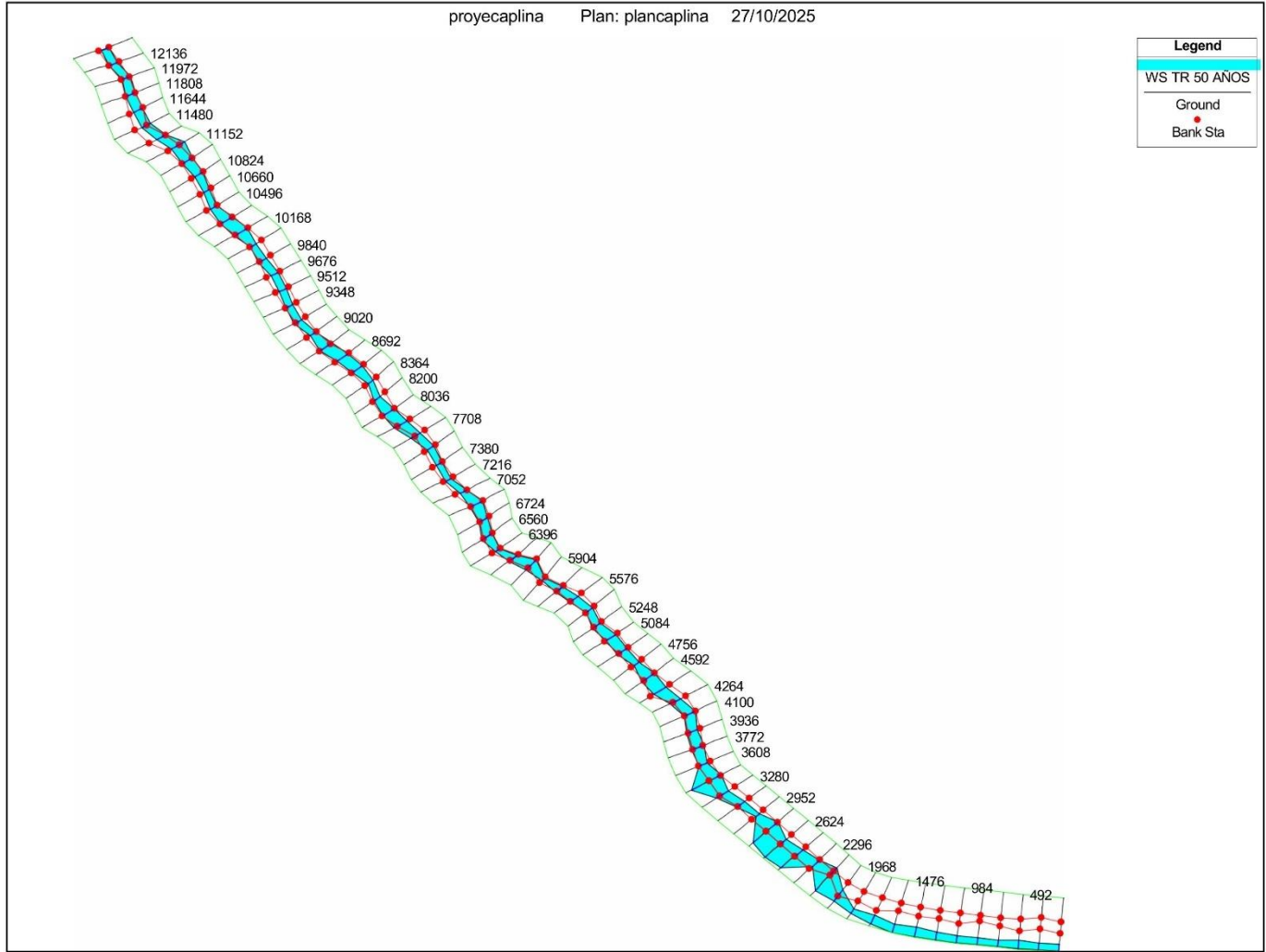
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
eje	12300	TR 25 AÑOS	8.63	909.58	910.25	910.15	910.33	0.010543	1.28	6.76	19.19	0.69
eje	12136	TR 25 AÑOS	8.63	908.97	909.42	909.42	909.55	0.025343	1.60	5.39	21.08	1.01
eje	11972	TR 25 AÑOS	8.63	907.26	907.64	907.70	907.85	0.047370	2.03	4.30	20.29	1.36
eje	11808	TR 25 AÑOS	8.63	906.03	906.42	906.42	906.54	0.026342	1.53	5.63	24.41	1.02
eje	11644	TR 25 AÑOS	8.63	904.02	904.40	904.47	904.61	0.061467	1.99	4.34	23.89	1.49
eje	11480	TR 25 AÑOS	8.63	902.36	902.84	902.84	902.97	0.021039	1.70	5.59	21.73	0.96
eje	11316	TR 25 AÑOS	8.63	900.81	901.18	901.23	901.36	0.054432	1.90	4.54	24.83	1.41
eje	11152	TR 25 AÑOS	8.63	899.57	899.95	899.95	900.04	0.023433	1.44	6.57	35.20	0.96
eje	10988	TR 25 AÑOS	8.63	897.51	897.74	897.81	897.96	0.091268	2.06	4.20	29.62	1.74
eje	10824	TR 25 AÑOS	8.63	895.99	896.39	896.39	896.51	0.026063	1.55	5.57	23.38	1.01
eje	10660	TR 25 AÑOS	8.63	894.00	894.51	894.58	894.76	0.048758	2.21	3.90	15.38	1.40
eje	10496	TR 25 AÑOS	8.63	892.32	892.91	892.91	893.06	0.024377	1.72	5.02	17.11	1.01
eje	10332	TR 25 AÑOS	8.63	891.46	891.77	891.74	891.84	0.017446	1.18	7.37	35.76	0.81
eje	10168	TR 25 AÑOS	8.63	890.40	890.68	890.68	890.77	0.026799	1.33	6.54	36.94	0.99
eje	10004	TR 25 AÑOS	8.63	888.01	888.50	888.59	888.79	0.062495	2.41	3.58	14.87	1.57
eje	9840	TR 25 AÑOS	8.63	887.18	887.62	887.62	887.75	0.022876	1.62	5.48	21.73	0.98
eje	9676	TR 25 AÑOS	8.63	885.81	886.30	886.32	886.45	0.029624	1.73	4.98	19.46	1.09
eje	9512	TR 25 AÑOS	8.63	884.07	884.56	884.61	884.76	0.039211	1.95	4.44	17.97	1.25
eje	9348	TR 25 AÑOS	8.63	883.12	883.62	883.59	883.74	0.020034	1.57	5.48	18.45	0.92
eje	9184	TR 25 AÑOS	8.63	882.06	882.54	882.54	882.67	0.022742	1.65	5.39	20.75	0.98
eje	9020	TR 25 AÑOS	8.63	880.24	880.64	880.72	880.92	0.059452	2.34	3.68	15.44	1.53
eje	8856	TR 25 AÑOS	8.63	879.51	879.79	879.79	879.89	0.027199	1.35	6.51	37.45	0.99
eje	8692	TR 25 AÑOS	8.63	877.70	877.86	877.90	878.00	0.055333	1.65	5.23	35.17	1.37
eje	8528	TR 25 AÑOS	8.63	875.58	875.98	875.98	876.08	0.028053	1.43	6.04	30.26	1.02
eje	8364	TR 25 AÑOS	8.63	873.30	873.80	873.89	874.09	0.059129	2.41	3.58	14.33	1.54
eje	8200	TR 25 AÑOS	8.63	872.34	872.88	872.88	873.03	0.024621	1.68	5.12	18.18	1.01
eje	8036	TR 25 AÑOS	8.63	871.12	871.42	871.43	871.53	0.036890	1.47	5.88	34.82	1.14
eje	7872	TR 25 AÑOS	8.63	870.25	870.75	870.65	870.79	0.007741	0.98	9.26	35.28	0.57
eje	7708	TR 25 AÑOS	8.63	869.61	870.06	870.06	870.18	0.021294	1.62	5.86	24.76	0.95
eje	7544	TR 25 AÑOS	8.63	867.31	867.62	867.74	868.01	0.128665	2.74	3.14	18.56	2.13
eje	7380	TR 25 AÑOS	8.63	864.82	865.43	865.44	865.60	0.024972	1.78	4.85	15.98	1.03
eje	7216	TR 25 AÑOS	8.63	862.85	863.33	863.43	863.65	0.066994	2.50	3.45	14.26	1.63
eje	7052	TR 25 AÑOS	8.63	861.45	862.09	862.02	862.19	0.013547	1.43	6.03	17.42	0.78
eje	6888	TR 25 AÑOS	8.63	860.80	861.16	861.16	861.25	0.027786	1.39	6.23	32.47	1.01
eje	6724	TR 25 AÑOS	8.63	859.30	859.75	859.72	859.85	0.017247	1.38	6.32	24.98	0.84
eje	6560	TR 25 AÑOS	8.63	858.19	858.67	858.67	858.80	0.025908	1.57	5.51	22.63	1.01
eje	6396	TR 25 AÑOS	8.63	856.13	856.69	856.78	857.00	0.052169	2.44	3.53	12.58	1.47
eje	6232	TR 25 AÑOS	8.63	855.35	856.00	855.82	856.04	0.004859	0.95	9.28	25.09	0.48
eje	6068	TR 25 AÑOS	8.63	855.21	855.47	855.47	855.56	0.026020	1.35	6.63	38.29	0.98
eje	5904	TR 25 AÑOS	8.63	851.66	852.15	852.36	852.89	0.151706	3.81	2.27	9.22	2.45
eje	5740	TR 25 AÑOS	8.63	850.01	851.01	850.66	851.04	0.002209	0.78	11.12	21.87	0.34
eje	5576	TR 25 AÑOS	8.63	850.18	850.65	850.65	850.77	0.025481	1.54	5.60	23.82	1.00
eje	5412	TR 25 AÑOS	8.63	848.52	848.88	848.93	849.08	0.047144	1.97	4.38	20.00	1.34
eje	5248	TR 25 AÑOS	8.63	846.83	847.31	847.31	847.44	0.023598	1.60	5.50	22.87	0.99
eje	5084	TR 25 AÑOS	8.63	845.47	845.78	845.81	845.92	0.040901	1.65	5.24	28.13	1.22
eje	4920	TR 25 AÑOS	8.63	844.29	844.69	844.69	844.80	0.024379	1.51	5.85	26.57	0.98
eje	4756	TR 25 AÑOS	8.63	841.88	842.31	842.43	842.68	0.088711	2.69	3.21	14.71	1.84
eje	4592	TR 25 AÑOS	8.63	841.13	841.37	841.36	841.45	0.023294	1.27	7.00	40.59	0.92
eje	4428	TR 25 AÑOS	8.63	839.73	840.08	840.08	840.18	0.027945	1.37	6.28	33.26	1.01
eje	4264	TR 25 AÑOS	8.63	838.32	838.80	838.80	838.91	0.023275	1.55	5.83	27.08	0.97
eje	4100	TR 25 AÑOS	8.63	836.87	837.14	837.17	837.28	0.048974	1.69	5.09	30.01	1.31
eje	3936	TR 25 AÑOS	8.63	834.90	835.28	835.24	835.36	0.015223	1.28	6.98	28.95	0.79
eje	3772	TR 25 AÑOS	8.63	833.94	834.27	834.27	834.38	0.026175	1.42	6.13	31.79	0.99
eje	3608	TR 25 AÑOS	8.63	832.27	832.65	832.68	832.81	0.038994	1.80	4.79	21.69	1.22
eje	3444	TR 25 AÑOS	8.63	831.23	831.61	831.61	831.70	0.021585	1.41	7.00	40.83	0.92
eje	3280	TR 25 AÑOS	8.63	829.63	829.96	830.01	830.12	0.047438	1.77	5.03	32.06	1.31
eje	3116	TR 25 AÑOS	8.63	827.86	828.38	828.38	828.51	0.026058	1.58	5.46	22.32	1.02
eje	2952	TR 25 AÑOS	8.63	825.60	826.12	826.24	826.48	0.068979	2.67	3.23	12.40	1.67
eje	2788	TR 25 AÑOS	8.63	825.14	825.73	825.73	825.83	0.018091	1.44	6.72	35.31	0.87
eje	2624	TR 25 AÑOS	8.63	823.59	823.93	824.00	824.15	0.080305	2.14	4.17	26.66	1.68
eje	2460	TR 25 AÑOS	8.63	822.07	822.58	822.58	822.70	0.022835	1.52	5.93	27.42	0.96
eje	2296	TR 25 AÑOS	8.63	819.56	820.63	820.21	820.65	0.001728	0.68	12.74	24.13	0.30
eje	2132	TR 25 AÑOS	8.63	820.00	820.33	820.33	820.43	0.023983	1.49	6.62	36.14	0.97
eje	1968	TR 25 AÑOS	8.63	817.84	817.97	818.03	818.16	0.105424	1.79	4.51	39.81	1.78
eje	1804	TR 25 AÑOS	8.63	816.31	816.11	816.11	816.28	0.023578	4.72	14.28	14.28	0.00
eje	1640	TR 25 AÑOS	8.63	815.00	814.72	814.73	814.84	0.028841		5.75	27.32	0.00
eje	1476	TR 25 AÑOS	8.63	813.82	812.87	812.86	812.98	0.024353		5.90	25.35	0.00
eje	1312	TR 25 AÑOS	8.63	812.88	811.56	811.55	811.66	0.024962		6.25	29.88	0.00
eje	1148	TR 25 AÑOS	8.63	811.74	810.20	810.20	810.33	0.026404		5.48	22.22	0.00
eje	984	TR 25 AÑOS	8.63	810.47	808.62	808.19	808.65	0.001726		12.20	20.76	0.00
eje	820	TR 25 AÑOS	8.63	809.86	808.41		808.48	0.007819		7.41	18.55	0.00
eje	656	TR 25 AÑOS	8.63	809.21	807.92		808.01	0.010933		6.48	17.05	0.00
eje	492	TR 25 AÑOS	8.63	808.92	807.84		807.86	0.001165		14.53	23.81	0.00
eje	328	TR 25 AÑOS	8.63	808.27	807.58	807.54	807.70	0.018326		5.68	18.22	0.00
eje	164	TR 25 AÑOS	8.63	806.95	806.48	806.48	806.62	0.025491		5.26	19.46	0.00

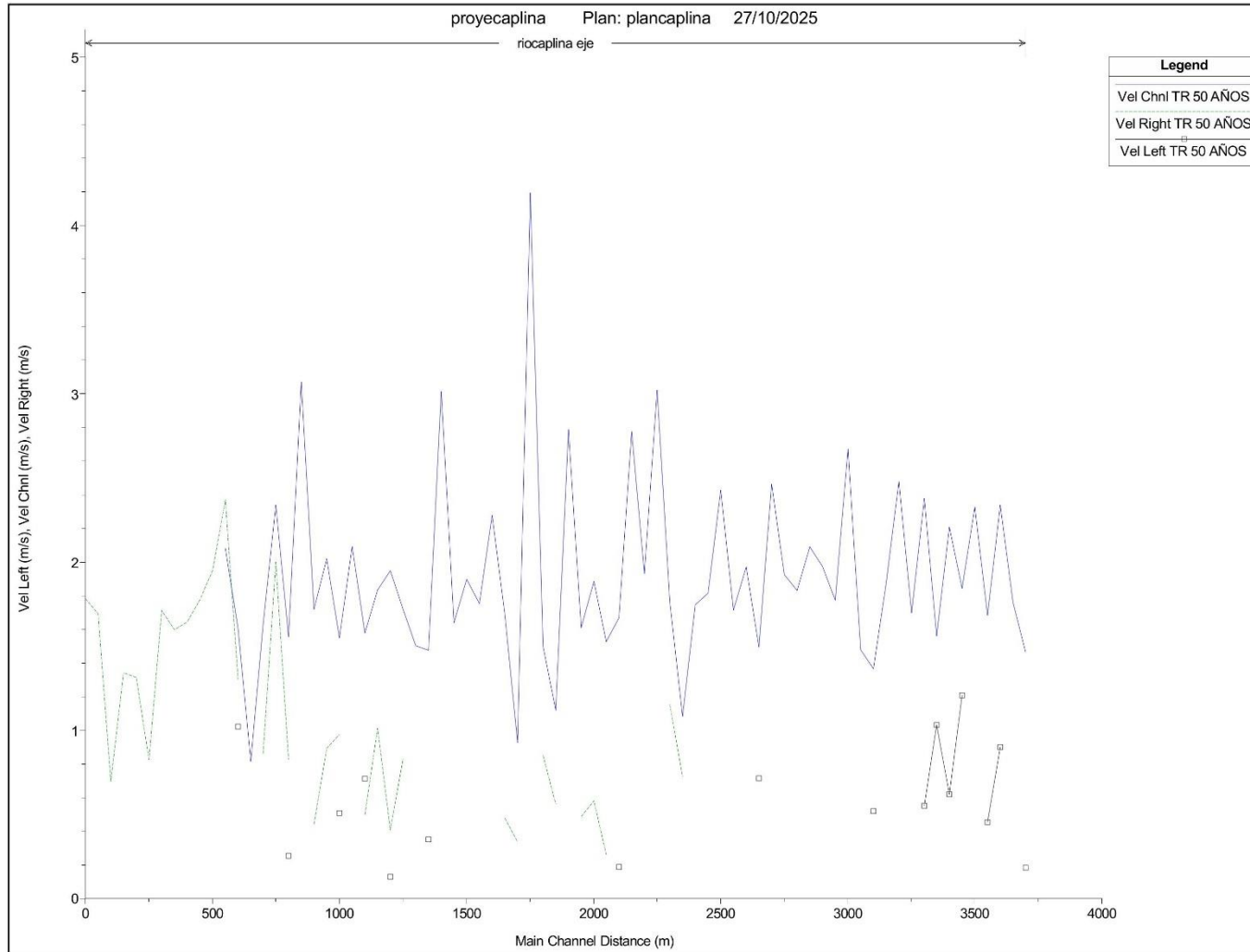




HEC-RAS Plan: plancaplina River: rioaplina Reach: eje Profile: TR 50 AÑOS

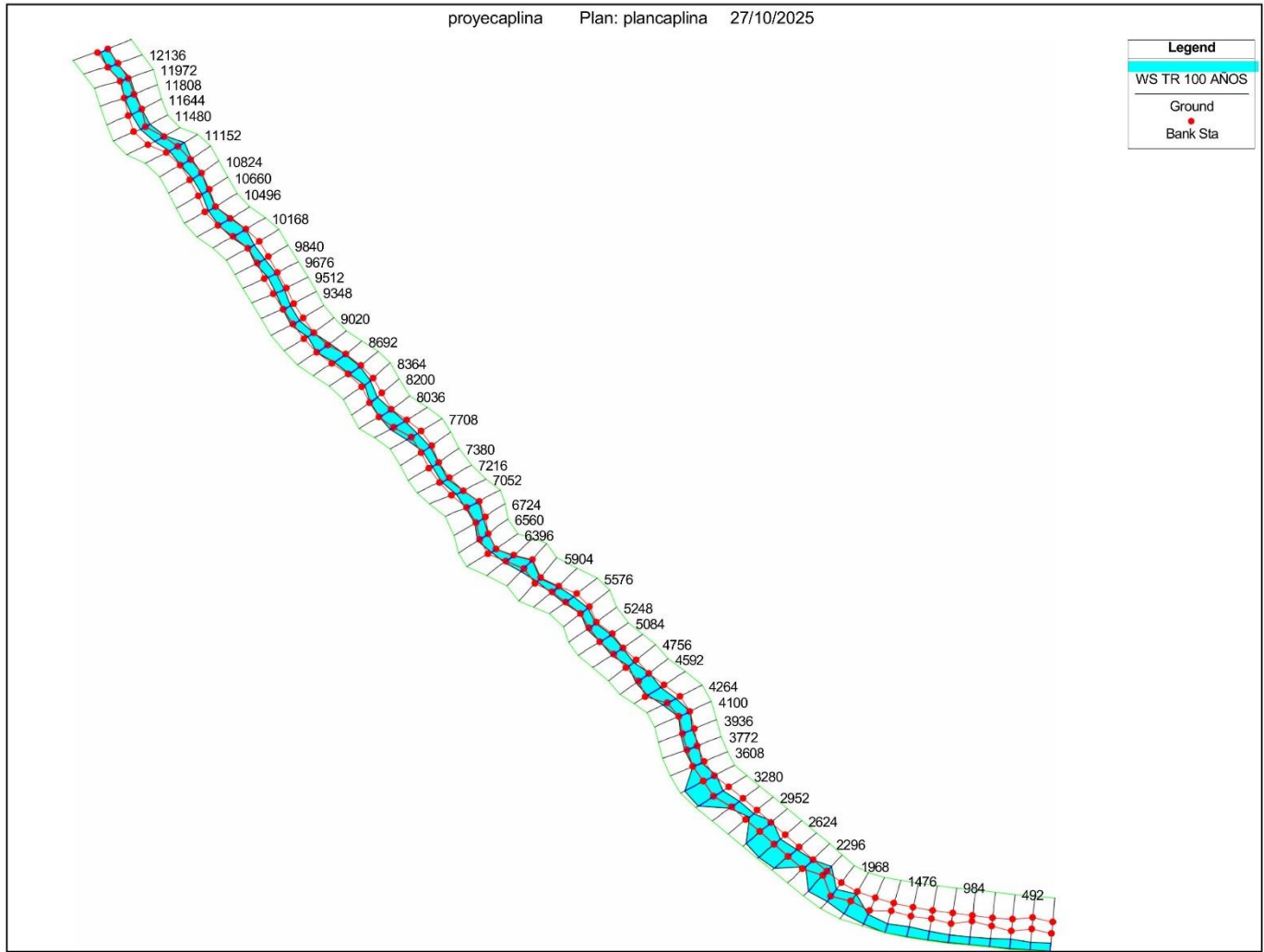
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
eje	12300	TR 50 AÑOS	12.55	909.58	910.34	910.25	910.45	0.011159	1.46	8.60	21.47	0.73
eje	12136	TR 50 AÑOS	12.55	908.97	909.50	909.50	909.66	0.023793	1.76	7.13	23.23	1.01
eje	11972	TR 50 AÑOS	12.55	907.26	907.70	907.78	907.97	0.050474	2.34	5.48	22.62	1.44
eje	11808	TR 50 AÑOS	12.55	906.03	906.49	906.49	906.64	0.023263	1.68	7.51	27.03	0.99
eje	11644	TR 50 AÑOS	12.55	904.02	904.45	904.53	904.72	0.072970	2.33	5.40	26.67	1.65
eje	11480	TR 50 AÑOS	12.55	902.36	902.92	902.92	903.07	0.019734	1.84	7.56	24.91	0.95
eje	11316	TR 50 AÑOS	12.55	900.81	901.22	901.30	901.47	0.059772	2.21	5.73	27.90	1.51
eje	11152	TR 50 AÑOS	12.55	899.57	900.01	900.01	900.12	0.022645	1.56	8.86	40.91	0.96
eje	10988	TR 50 AÑOS	12.55	897.51	897.78	897.87	898.07	0.091973	2.38	5.30	31.20	1.81
eje	10824	TR 50 AÑOS	12.55	895.99	896.46	896.46	896.61	0.024208	1.70	7.40	25.65	1.01
eje	10660	TR 50 AÑOS	12.55	894.00	894.58	894.67	894.89	0.051418	2.48	5.07	17.52	1.47
eje	10496	TR 50 AÑOS	12.55	892.32	893.00	893.00	893.18	0.023544	1.87	6.70	19.58	1.02
eje	10332	TR 50 AÑOS	12.55	891.46	891.82	891.80	891.92	0.018214	1.37	9.28	37.89	0.86
eje	10168	TR 50 AÑOS	12.55	890.40	890.73	890.73	890.84	0.025663	1.48	8.63	40.98	1.00
eje	10004	TR 50 AÑOS	12.55	888.01	888.57	888.68	888.93	0.063891	2.67	4.70	17.08	1.63
eje	9840	TR 50 AÑOS	12.55	887.18	887.70	887.70	887.85	0.021327	1.77	7.36	24.64	0.97
eje	9676	TR 50 AÑOS	12.55	885.81	886.37	886.40	886.57	0.031626	1.97	6.36	21.52	1.16
eje	9512	TR 50 AÑOS	12.55	884.07	884.64	884.69	884.87	0.036631	2.09	6.01	20.79	1.24
eje	9348	TR 50 AÑOS	12.55	883.12	883.69	883.69	883.86	0.023028	1.83	6.85	20.40	1.01
eje	9184	TR 50 AÑOS	12.55	882.06	882.60	882.62	882.78	0.025016	1.92	6.79	22.64	1.05
eje	9020	TR 50 AÑOS	12.55	880.24	880.72	880.82	881.03	0.051331	2.46	5.10	17.76	1.47
eje	8856	TR 50 AÑOS	12.55	879.51	879.85	879.85	879.96	0.024569	1.49	8.61	39.95	0.98
eje	8692	TR 50 AÑOS	12.55	877.70	877.90	877.95	878.09	0.062614	1.97	6.37	36.06	1.50
eje	8528	TR 50 AÑOS	12.55	875.58	876.02	876.04	876.17	0.033589	1.71	7.33	32.03	1.14
eje	8364	TR 50 AÑOS	12.55	873.30	873.90	873.98	874.20	0.045938	2.43	5.17	16.92	1.40
eje	8200	TR 50 AÑOS	12.55	872.34	872.98	872.98	873.14	0.023478	1.81	6.92	21.20	1.01
eje	8036	TR 50 AÑOS	12.55	871.12	871.45	871.48	871.61	0.041617	1.75	7.19	35.86	1.25
eje	7872	TR 50 AÑOS	12.55	870.25	870.83	870.72	870.88	0.007714	1.08	12.21	39.68	0.59
eje	7708	TR 50 AÑOS	12.55	869.61	870.13	870.13	870.27	0.020569	1.76	7.89	28.65	0.96
eje	7544	TR 50 AÑOS	12.55	867.31	867.67	867.82	868.14	0.126403	3.02	4.15	20.94	2.17
eje	7380	TR 50 AÑOS	12.55	864.82	865.53	865.54	865.72	0.024135	1.93	6.50	18.50	1.04
eje	7216	TR 50 AÑOS	12.55	862.85	863.40	863.53	863.80	0.068583	2.77	4.52	16.34	1.68
eje	7052	TR 50 AÑOS	12.55	861.45	862.17	862.12	862.31	0.015423	1.67	7.53	19.41	0.85
eje	6888	TR 50 AÑOS	12.55	860.80	861.21	861.21	861.33	0.025386	1.53	8.26	36.74	1.00
eje	6724	TR 50 AÑOS	12.55	859.30	859.77	859.80	859.95	0.030176	1.89	6.74	25.57	1.13
eje	6560	TR 50 AÑOS	12.55	858.19	858.76	858.76	858.89	0.022525	1.61	7.98	33.15	0.97
eje	6396	TR 50 AÑOS	12.55	856.13	856.76	856.89	857.16	0.057594	2.79	4.50	14.17	1.58
eje	6232	TR 50 AÑOS	12.55	855.35	856.08	855.90	856.14	0.005582	1.12	11.56	27.57	0.52
eje	6068	TR 50 AÑOS	12.55	855.21	855.52	855.52	855.63	0.023567	1.50	8.78	41.17	0.97
eje	5904	TR 50 AÑOS	12.55	851.66	852.23	852.48	853.12	0.152926	4.19	2.99	10.59	2.52
eje	5740	TR 50 AÑOS	12.55	850.01	851.13	850.77	851.17	0.002570	0.93	13.80	24.36	0.37
eje	5576	TR 50 AÑOS	12.55	850.18	850.73	850.73	850.87	0.022717	1.69	7.54	27.60	0.98
eje	5412	TR 50 AÑOS	12.55	848.52	848.93	849.01	849.20	0.053158	2.28	5.51	22.21	1.46
eje	5248	TR 50 AÑOS	12.55	846.83	847.39	847.39	847.54	0.021900	1.75	7.44	26.46	0.98
eje	5084	TR 50 AÑOS	12.55	845.47	845.83	845.87	846.01	0.045918	1.90	6.62	31.43	1.32
eje	4920	TR 50 AÑOS	12.55	844.29	844.76	844.76	844.89	0.022887	1.64	7.90	30.68	0.98
eje	4756	TR 50 AÑOS	12.55	841.88	842.37	842.52	842.84	0.090156	3.01	4.17	16.35	1.91
eje	4592	TR 50 AÑOS	12.55	841.13	841.41	841.41	841.52	0.023915	1.47	8.85	42.88	0.97
eje	4428	TR 50 AÑOS	12.55	839.73	840.14	840.14	840.25	0.026852	1.50	8.35	37.59	1.02
eje	4264	TR 50 AÑOS	12.55	838.32	838.86	838.88	839.01	0.023272	1.72	7.79	31.86	1.00
eje	4100	TR 50 AÑOS	12.55	836.87	837.18	837.23	837.37	0.048831	1.95	6.46	31.82	1.36
eje	3936	TR 50 AÑOS	12.55	834.90	835.28	835.31	835.45	0.031053	1.83	7.07	29.10	1.13
eje	3772	TR 50 AÑOS	12.55	833.94	834.33	834.33	834.46	0.022781	1.58	8.19	34.98	0.97
eje	3608	TR 50 AÑOS	12.55	832.27	832.70	832.75	832.92	0.043219	2.09	6.00	23.45	1.32
eje	3444	TR 50 AÑOS	12.55	831.23	831.67	831.67	831.77	0.020942	1.55	9.46	47.98	0.93
eje	3280	TR 50 AÑOS	12.55	829.63	830.01	830.08	830.21	0.049618	2.02	6.56	36.75	1.38
eje	3116	TR 50 AÑOS	12.55	827.86	828.46	828.46	828.61	0.023062	1.72	7.38	26.65	0.99
eje	2952	TR 50 AÑOS	12.55	825.60	826.19	826.34	826.67	0.077795	3.07	4.09	13.95	1.81
eje	2788	TR 50 AÑOS	12.55	825.14	825.80	825.80	825.91	0.018139	1.56	9.23	43.42	0.89
eje	2624	TR 50 AÑOS	12.55	823.59	823.98	824.06	824.24	0.077317	2.34	5.58	31.21	1.69
eje	2460	TR 50 AÑOS	12.55	822.07	822.66	822.66	822.78	0.021766	1.63	8.20	33.49	0.96
eje	2296	TR 50 AÑOS	12.55	819.56	820.73	820.32	820.77	0.002211	0.81	15.42	26.64	0.34
eje	2132	TR 50 AÑOS	12.55	820.00	820.40	820.40	820.50	0.022062	1.60	9.06	42.04	0.96
eje	1968	TR 50 AÑOS	12.55	817.84	818.00	818.08	818.26	0.112246	2.08	5.66	41.80	1.89
eje	1804	TR 50 AÑOS	12.55	816.31	816.22	816.22	816.42	0.021717		6.43	16.62	0.00
eje	1640	TR 50 AÑOS	12.55	815.00	814.77	814.80	814.93	0.034240		7.07	29.73	0.00
eje	1476	TR 50 AÑOS	12.55	813.82	812.93	812.93	813.07	0.023789		7.63	26.99	0.00
eje	1312	TR 50 AÑOS	12.55	812.88	811.61	811.61	811.74	0.026008		7.85	31.05	0.00
eje	1148	TR 50 AÑOS	12.55	811.74	810.28	810.28	810.43	0.024781		7.34	25.07	0.00
eje	984	TR 50 AÑOS	12.55	810.47	808.76	808.30	808.79	0.001971		15.22	22.65	0.00
eje	820	TR 50 AÑOS	12.55	809.86	808.52		808.60	0.008495		9.55	21.25	0.00
eje	656	TR 50 AÑOS	12.55	809.21	808.08		808.17	0.008815		9.36	20.77	0.00
eje	492	TR 50 AÑOS	12.55	808.92	807.98		808.00	0.001402		18.01	26.68	0.00
eje	328	TR 50 AÑOS	12.55	808.27	807.67	807.64	807.82	0.019140		7.42	20.94	0.00
eje	164	TR 50 AÑOS	12.55	806.95	806.56	806.56	806.73	0.024522		7.04	22.34	0.00

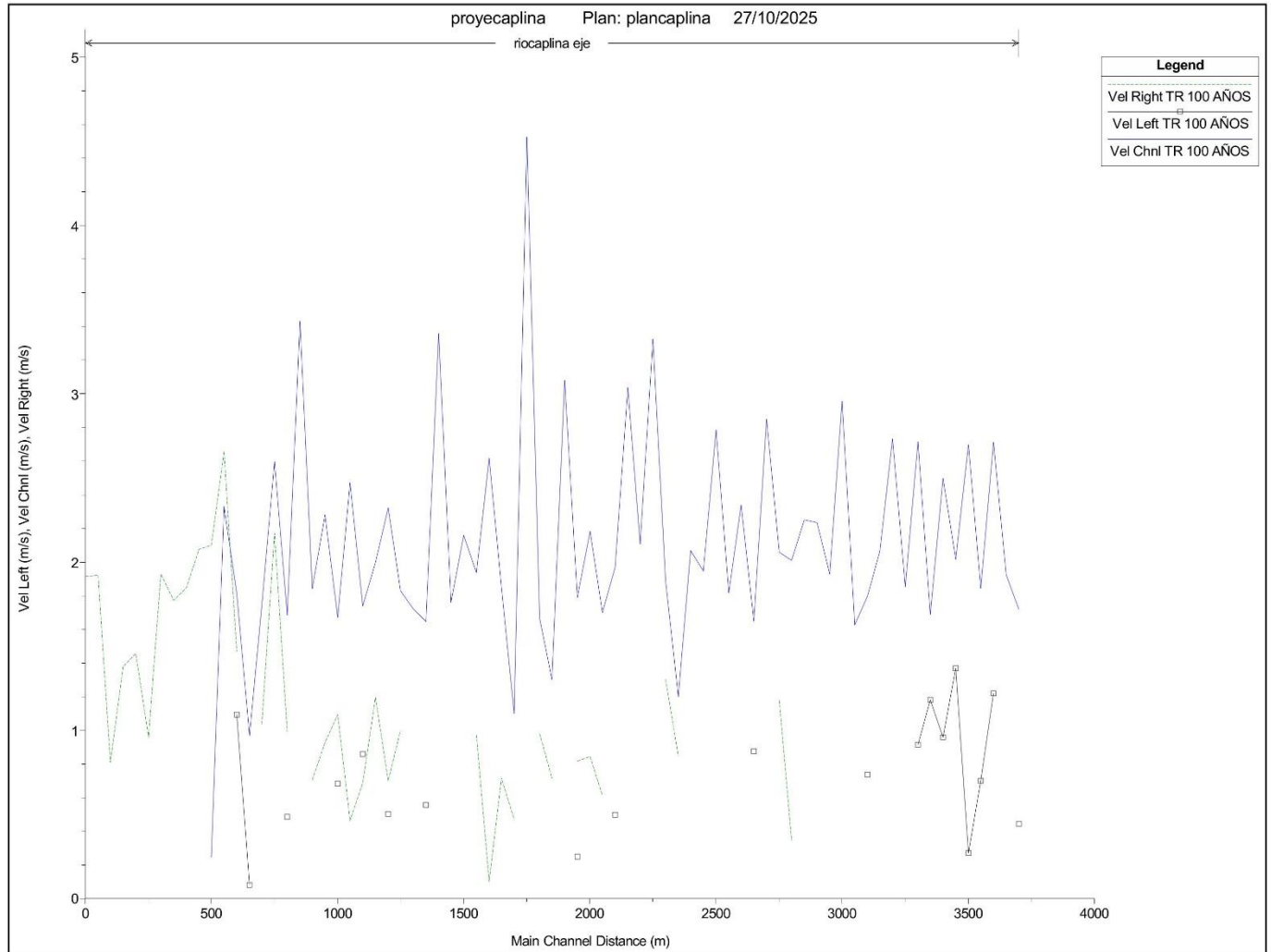




HEC-RAS Plan: plancaplina River: riocaplina Reach: eje Profile: TR 100 AÑOS

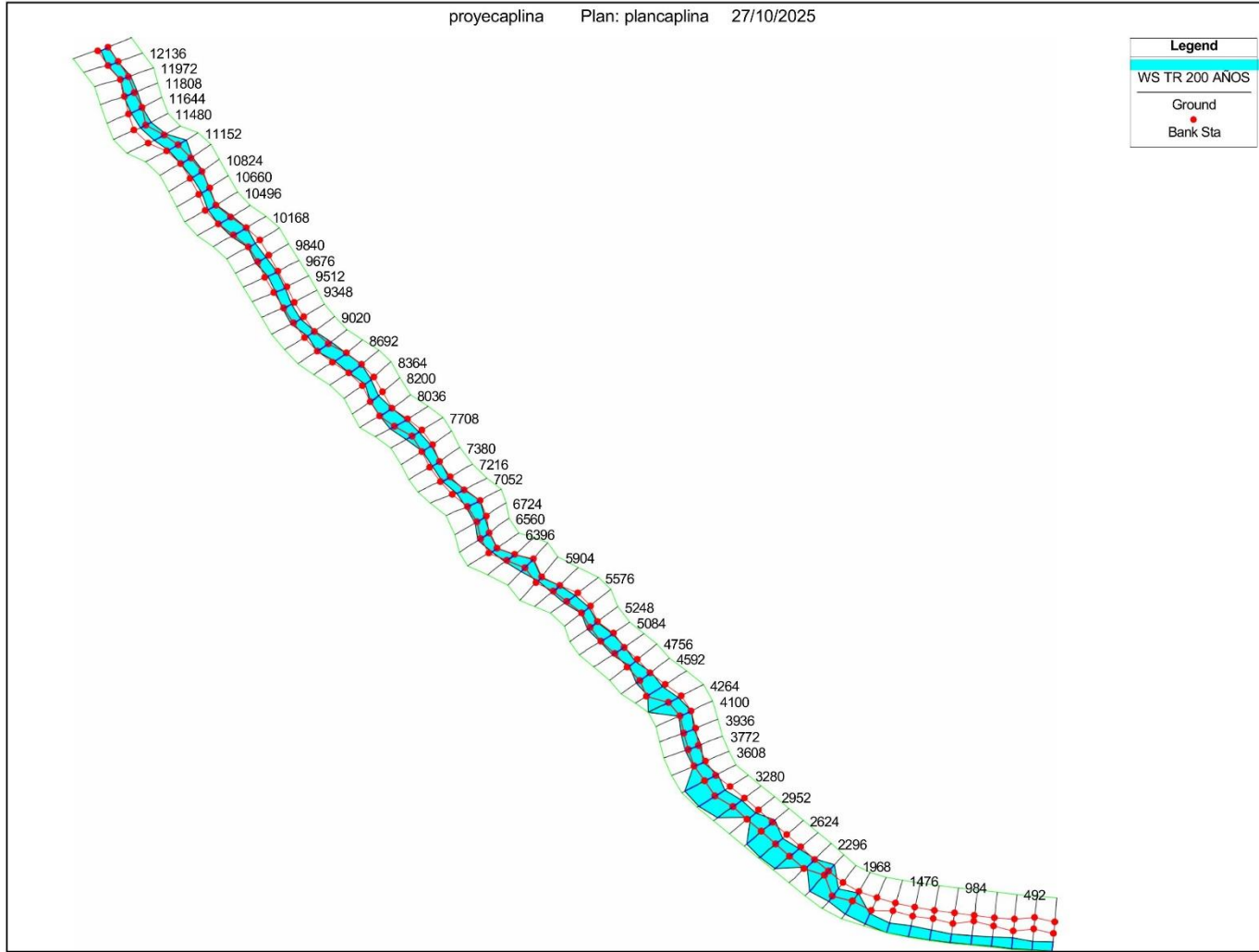
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
eje	12300	TR 100 AÑOS	18.15	909.58	910.43	910.36	910.58	0.012249	1.72	10.68	23.78	0.78
eje	12136	TR 100 AÑOS	18.15	908.97	909.59	909.59	909.78	0.021629	1.92	9.47	25.84	1.00
eje	11972	TR 100 AÑOS	18.15	907.26	907.76	907.87	908.12	0.055609	2.71	6.92	25.15	1.55
eje	11808	TR 100 AÑOS	18.15	906.03	906.58	906.58	906.75	0.021083	1.84	10.03	30.45	0.98
eje	11644	TR 100 AÑOS	18.15	904.02	904.49	904.61	904.86	0.083506	2.70	6.73	29.84	1.80
eje	11480	TR 100 AÑOS	18.15	902.36	903.01	903.01	903.19	0.019150	2.02	10.07	28.47	0.96
eje	11316	TR 100 AÑOS	18.15	900.81	901.28	901.39	901.59	0.062342	2.50	7.39	31.68	1.58
eje	11152	TR 100 AÑOS	18.15	899.57	900.08	900.08	900.20	0.021938	1.89	11.86	47.04	0.97
eje	10988	TR 100 AÑOS	18.15	897.51	897.82	897.94	898.20	0.090231	2.71	6.76	33.18	1.86
eje	10824	TR 100 AÑOS	18.15	895.99	896.55	896.55	896.72	0.023010	1.85	9.79	28.61	1.01
eje	10660	TR 100 AÑOS	18.15	894.00	894.66	894.78	895.04	0.052152	2.73	6.65	20.07	1.51
eje	10496	TR 100 AÑOS	18.15	892.32	893.10	893.11	893.32	0.023413	2.06	8.80	22.17	1.05
eje	10332	TR 100 AÑOS	18.15	891.46	891.85	891.87	892.01	0.028437	1.80	10.23	38.89	1.09
eje	10168	TR 100 AÑOS	18.15	890.40	890.80	890.80	890.93	0.022860	1.63	11.43	43.93	0.98
eje	10004	TR 100 AÑOS	18.15	888.01	888.65	888.79	889.09	0.065542	2.95	6.14	19.56	1.68
eje	9840	TR 100 AÑOS	18.15	887.18	887.80	887.80	887.98	0.019878	1.93	9.90	28.08	0.97
eje	9676	TR 100 AÑOS	18.15	885.81	886.45	886.50	886.70	0.033682	2.23	8.13	23.88	1.22
eje	9512	TR 100 AÑOS	18.15	884.07	884.74	884.79	884.99	0.034692	2.25	8.07	23.98	1.24
eje	9348	TR 100 AÑOS	18.15	883.12	883.79	883.79	883.99	0.021529	2.01	9.06	23.19	1.01
eje	9184	TR 100 AÑOS	18.15	882.06	882.70	882.72	882.91	0.021793	2.06	9.28	25.68	1.02
eje	9020	TR 100 AÑOS	18.15	880.24	880.79	880.92	881.20	0.058186	2.85	6.38	19.63	1.59
eje	8856	TR 100 AÑOS	18.15	879.51	879.92	879.92	880.05	0.022231	1.65	11.38	42.93	0.97
eje	8692	TR 100 AÑOS	18.15	877.70	877.93	878.02	878.21	0.070535	2.34	7.76	37.10	1.63
eje	8528	TR 100 AÑOS	18.15	875.58	876.10	876.11	876.26	0.028537	1.82	9.99	35.42	1.09
eje	8364	TR 100 AÑOS	18.15	873.30	873.97	874.09	874.37	0.051239	2.78	6.52	18.85	1.51
eje	8200	TR 100 AÑOS	18.15	872.34	873.08	873.08	873.27	0.022238	1.95	9.32	24.67	1.01
eje	8036	TR 100 AÑOS	18.15	871.12	871.50	871.55	871.72	0.046801	2.07	8.77	37.08	1.36
eje	7872	TR 100 AÑOS	18.15	870.25	870.91	870.79	870.98	0.007797	1.20	15.94	44.54	0.61
eje	7708	TR 100 AÑOS	18.15	869.61	870.22	870.22	870.38	0.019645	1.89	10.68	33.48	0.96
eje	7544	TR 100 AÑOS	18.15	867.31	867.73	867.90	868.30	0.128869	3.32	5.46	24.22	2.23
eje	7380	TR 100 AÑOS	18.15	864.82	865.64	865.65	865.86	0.023843	2.11	8.61	21.28	1.06
eje	7216	TR 100 AÑOS	18.15	862.85	863.49	863.64	863.96	0.068101	3.04	5.98	18.79	1.72
eje	7052	TR 100 AÑOS	18.15	861.45	862.26	862.23	862.45	0.017899	1.97	9.28	21.60	0.93
eje	6888	TR 100 AÑOS	18.15	860.80	861.28	861.28	861.43	0.023077	1.70	10.83	39.01	0.99
eje	6724	TR 100 AÑOS	18.15	859.30	859.83	859.89	860.07	0.031788	2.18	8.52	27.97	1.19
eje	6560	TR 100 AÑOS	18.15	858.19	858.84	858.84	859.00	0.020592	1.79	10.55	35.01	0.96
eje	6396	TR 100 AÑOS	18.15	856.13	856.86	857.01	857.34	0.058594	3.08	5.89	16.17	1.63
eje	6232	TR 100 AÑOS	18.15	855.35	856.18	856.00	856.27	0.006331	1.30	14.45	30.41	0.57
eje	6068	TR 100 AÑOS	18.15	855.21	855.59	855.59	855.72	0.021798	1.67	11.56	44.62	0.97
eje	5904	TR 100 AÑOS	18.15	851.66	852.31	852.60	853.36	0.146528	4.53	4.01	12.26	2.53
eje	5740	TR 100 AÑOS	18.15	850.01	851.25	850.88	851.31	0.003038	1.10	17.03	27.06	0.41
eje	5576	TR 100 AÑOS	18.15	850.18	850.81	850.81	850.98	0.020511	1.85	10.13	31.57	0.97
eje	5412	TR 100 AÑOS	18.15	848.52	848.99	849.10	849.34	0.059111	2.61	6.94	24.70	1.57
eje	5248	TR 100 AÑOS	18.15	846.83	847.48	847.48	847.66	0.020751	1.94	9.90	29.96	0.98
eje	5084	TR 100 AÑOS	18.15	845.47	845.88	845.94	846.12	0.050408	2.16	8.41	35.24	1.41
eje	4920	TR 100 AÑOS	18.15	844.29	844.85	844.85	845.00	0.021170	1.76	10.73	35.55	0.97
eje	4756	TR 100 AÑOS	18.15	841.88	842.45	842.63	843.02	0.091553	3.36	5.41	18.25	1.97
eje	4592	TR 100 AÑOS	18.15	841.13	841.47	841.47	841.61	0.021787	1.65	11.63	46.14	0.96
eje	4428	TR 100 AÑOS	18.15	839.73	840.19	840.21	840.35	0.029641	1.72	10.54	41.67	1.09
eje	4264	TR 100 AÑOS	18.15	838.32	838.95	838.96	839.11	0.021176	1.83	10.78	38.00	0.98
eje	4100	TR 100 AÑOS	18.15	836.87	837.22	837.30	837.50	0.053716	2.32	7.90	33.63	1.47
eje	3936	TR 100 AÑOS	18.15	834.90	835.36	835.39	835.55	0.028955	2.00	9.47	32.82	1.12
eje	3772	TR 100 AÑOS	18.15	833.94	834.41	834.41	834.56	0.019882	1.74	11.00	38.92	0.94
eje	3608	TR 100 AÑOS	18.15	832.27	832.75	832.84	833.07	0.048431	2.47	7.37	25.31	1.44
eje	3444	TR 100 AÑOS	18.15	831.23	831.73	831.73	831.85	0.019819	1.67	12.86	56.37	0.93
eje	3280	TR 100 AÑOS	18.15	829.63	830.05	830.14	830.30	0.052175	2.28	8.95	64.70	1.45
eje	3116	TR 100 AÑOS	18.15	827.86	828.56	828.56	828.73	0.020445	1.84	10.20	32.35	0.97
eje	2952	TR 100 AÑOS	18.15	825.60	826.27	826.46	826.87	0.081810	3.43	5.29	15.87	1.90
eje	2788	TR 100 AÑOS	18.15	825.14	825.87	825.87	825.99	0.017590	1.68	12.63	52.70	0.89
eje	2624	TR 100 AÑOS	18.15	823.59	824.03	824.14	824.35	0.077813	2.60	7.33	36.10	1.74
eje	2460	TR 100 AÑOS	18.15	822.07	822.74	822.74	822.88	0.020971	1.74	11.19	40.12	0.96
eje	2296	TR 100 AÑOS	18.15	819.56	820.85	820.44	820.90	0.002701	0.97	18.76	29.48	0.38
eje	2132	TR 100 AÑOS	18.15	820.00	820.46	820.46	820.59	0.022947	1.81	11.87	50.01	1.01
eje	1968	TR 100 AÑOS	18.15	817.84	818.04	818.14	818.36	0.107998	2.33	7.32	44.55	1.91
eje	1804	TR 100 AÑOS	18.15	816.31	816.35	816.35	816.57	0.020543	0.24	8.67	20.51	0.58
eje	1640	TR 100 AÑOS	18.15	815.00	814.82	814.87	815.04	0.039757		8.75	32.52	0.00
eje	1476	TR 100 AÑOS	18.15	813.82	813.01	813.01	813.19	0.023261		9.84	28.72	0.00
eje	1312	TR 100 AÑOS	18.15	812.88	811.69	811.69	811.85	0.024099		10.25	32.72	0.00
eje	1148	TR 100 AÑOS	18.15	811.74	810.36	810.37	810.55	0.026136		9.41	27.90	0.00
eje	984	TR 100 AÑOS	18.15	810.47	808.91	808.42	808.96	0.002254		18.92	24.77	0.00
eje	820	TR 100 AÑOS	18.15	809.86	808.64		808.75	0.008808		12.47	24.45	0.00
eje	656	TR 100 AÑOS	18.15	809.21	808.24		808.34	0.007485		13.18	24.85	0.00
eje	492	TR 100 AÑOS	18.15	808.92	808.13		808.17	0.001648		22.41	29.91	0.00
eje	328	TR 100 AÑOS	18.15	808.27	807.76	807.75	807.95	0.020680		9.45	23.32	0.00
eje	164	TR 100 AÑOS	18.15	806.95	806.67	806.67	806.85	0.023009		9.49	25.77	0.00

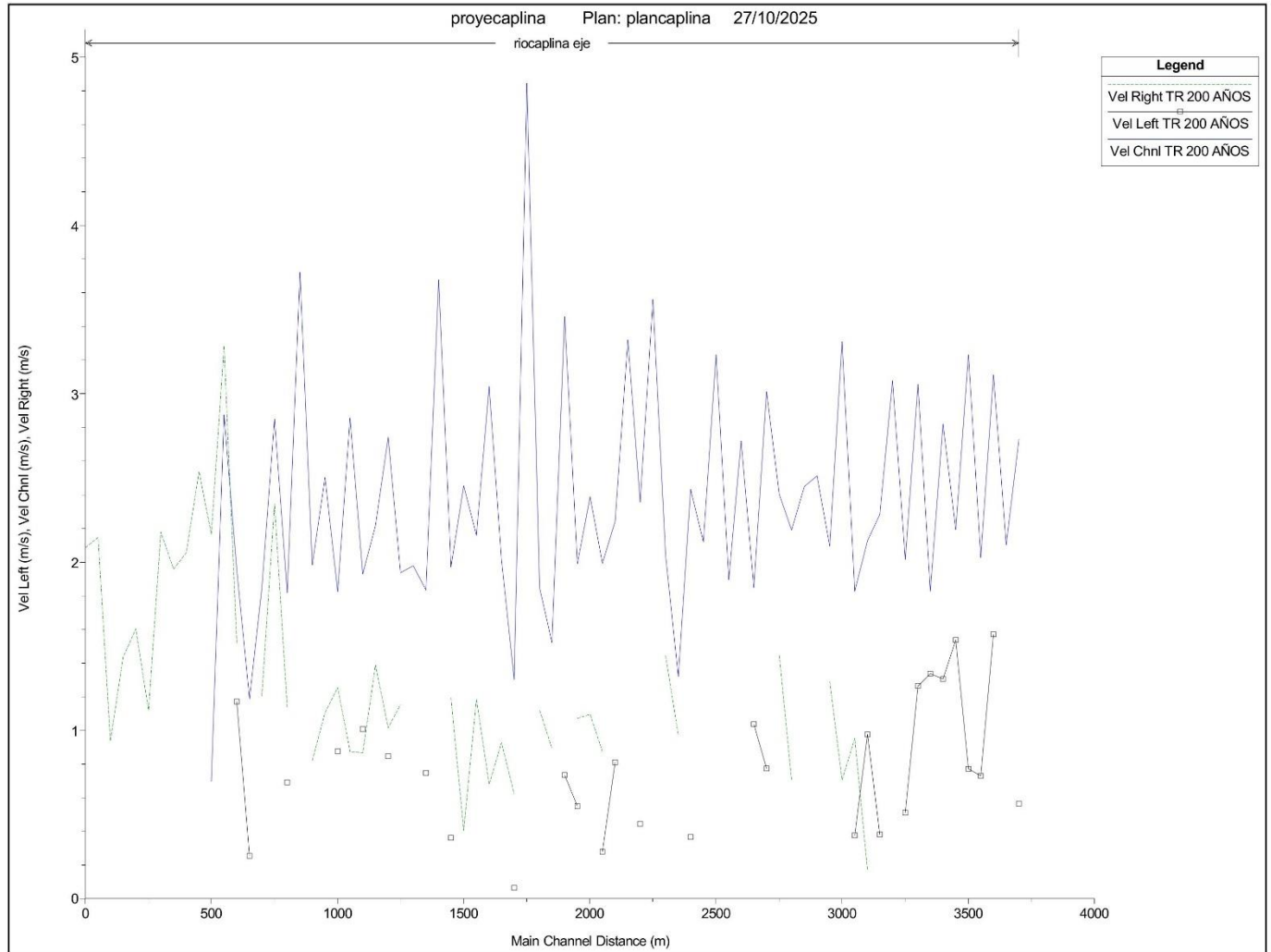




HEC-RAS Plan: plancaplina River: riocaplina Reach: eje Profile: TR 100 AÑOS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
eje	12300	TR 100 AÑOS	18.15	909.58	910.43	910.36	910.58	0.012249	1.72	10.68	23.78	0.78
eje	12136	TR 100 AÑOS	18.15	908.97	909.59	909.59	909.78	0.021629	1.92	9.47	25.84	1.00
eje	11972	TR 100 AÑOS	18.15	907.26	907.76	907.87	908.12	0.055609	2.71	6.92	25.15	1.55
eje	11808	TR 100 AÑOS	18.15	906.03	906.58	906.58	906.75	0.021083	1.84	10.03	30.45	0.98
eje	11644	TR 100 AÑOS	18.15	904.02	904.49	904.61	904.86	0.083506	2.70	6.73	29.84	1.80
eje	11480	TR 100 AÑOS	18.15	902.36	903.01	903.01	903.19	0.019150	2.02	10.07	28.47	0.96
eje	11316	TR 100 AÑOS	18.15	900.81	901.28	901.39	901.59	0.062342	2.50	7.39	31.68	1.58
eje	11152	TR 100 AÑOS	18.15	899.57	900.08	900.08	900.20	0.021938	1.69	11.86	47.04	0.97
eje	10988	TR 100 AÑOS	18.15	897.51	897.82	897.94	898.20	0.090231	2.71	6.76	33.18	1.86
eje	10824	TR 100 AÑOS	18.15	895.99	896.55	896.55	896.72	0.023010	1.85	9.79	28.61	1.01
eje	10660	TR 100 AÑOS	18.15	894.00	894.66	894.78	895.04	0.052152	2.73	6.65	20.07	1.51
eje	10496	TR 100 AÑOS	18.15	892.32	893.10	893.11	893.32	0.023413	2.06	8.80	22.17	1.05
eje	10332	TR 100 AÑOS	18.15	891.46	891.85	891.87	892.01	0.028437	1.80	10.23	38.89	1.09
eje	10168	TR 100 AÑOS	18.15	890.40	890.80	890.80	890.93	0.022860	1.63	11.43	43.93	0.98
eje	10004	TR 100 AÑOS	18.15	888.01	888.65	888.79	889.09	0.065542	2.95	6.14	19.56	1.68
eje	9840	TR 100 AÑOS	18.15	887.18	887.80	887.80	887.98	0.019878	1.93	9.90	28.08	0.97
eje	9676	TR 100 AÑOS	18.15	885.81	886.45	886.50	886.70	0.033682	2.23	8.13	23.88	1.22
eje	9512	TR 100 AÑOS	18.15	884.07	884.74	884.79	884.99	0.034692	2.25	8.07	23.98	1.24
eje	9348	TR 100 AÑOS	18.15	883.12	883.79	883.79	883.99	0.021529	2.01	9.06	23.19	1.01
eje	9184	TR 100 AÑOS	18.15	882.06	882.70	882.72	882.91	0.021793	2.06	9.28	25.68	1.02
eje	9020	TR 100 AÑOS	18.15	880.24	880.79	880.92	881.20	0.058186	2.85	6.38	19.63	1.59
eje	8856	TR 100 AÑOS	18.15	879.51	879.92	879.92	880.05	0.022231	1.65	11.38	42.93	0.97
eje	8692	TR 100 AÑOS	18.15	877.70	877.93	878.02	878.21	0.070535	2.34	7.76	37.10	1.63
eje	8528	TR 100 AÑOS	18.15	875.58	876.10	876.11	876.26	0.028537	1.82	9.99	35.42	1.09
eje	8364	TR 100 AÑOS	18.15	873.30	873.97	874.09	874.37	0.051239	2.78	6.52	18.85	1.51
eje	8200	TR 100 AÑOS	18.15	872.34	873.08	873.08	873.27	0.022238	1.95	9.32	24.67	1.01
eje	8036	TR 100 AÑOS	18.15	871.12	871.50	871.55	871.72	0.046801	2.07	8.77	37.08	1.36
eje	7872	TR 100 AÑOS	18.15	870.25	870.91	870.79	870.98	0.007797	1.20	15.94	44.54	0.61
eje	7708	TR 100 AÑOS	18.15	869.61	870.22	870.22	870.38	0.019645	1.89	10.68	33.48	0.96
eje	7544	TR 100 AÑOS	18.15	867.31	867.73	867.90	868.30	0.128869	3.32	5.46	24.22	2.23
eje	7380	TR 100 AÑOS	18.15	864.82	865.64	865.65	865.86	0.023843	2.11	8.61	21.28	1.06
eje	7216	TR 100 AÑOS	18.15	862.85	863.49	863.64	863.96	0.068101	3.04	5.98	18.79	1.72
eje	7052	TR 100 AÑOS	18.15	861.45	862.26	862.23	862.45	0.017899	1.97	9.28	21.60	0.93
eje	6888	TR 100 AÑOS	18.15	860.80	861.28	861.28	861.43	0.023077	1.70	10.83	39.01	0.99
eje	6724	TR 100 AÑOS	18.15	859.30	859.83	859.89	860.07	0.031788	2.18	8.52	27.97	1.19
eje	6560	TR 100 AÑOS	18.15	858.19	858.84	858.84	859.00	0.020592	1.79	10.55	35.01	0.96
eje	6396	TR 100 AÑOS	18.15	856.13	856.86	857.01	857.34	0.058594	3.08	5.89	16.17	1.63
eje	6232	TR 100 AÑOS	18.15	855.35	856.18	856.00	856.27	0.006331	1.30	14.45	30.41	0.57
eje	6068	TR 100 AÑOS	18.15	855.21	855.59	855.59	855.72	0.021798	1.67	11.56	44.62	0.97
eje	5904	TR 100 AÑOS	18.15	851.66	852.31	852.60	853.36	0.146528	4.53	4.01	12.26	2.53
eje	5740	TR 100 AÑOS	18.15	850.01	851.25	850.88	851.31	0.003038	1.10	17.03	27.06	0.41
eje	5576	TR 100 AÑOS	18.15	850.18	850.81	850.81	850.98	0.020511	1.85	10.13	31.57	0.97
eje	5412	TR 100 AÑOS	18.15	848.52	848.99	849.10	849.34	0.059111	2.61	6.94	24.70	1.57
eje	5248	TR 100 AÑOS	18.15	846.83	847.48	847.48	847.66	0.020751	1.94	9.90	29.96	0.98
eje	5084	TR 100 AÑOS	18.15	845.47	845.88	845.94	846.12	0.050408	2.16	8.41	35.24	1.41
eje	4920	TR 100 AÑOS	18.15	844.29	844.85	844.85	845.00	0.021170	1.76	10.73	35.55	0.97
eje	4756	TR 100 AÑOS	18.15	841.88	842.45	842.63	843.02	0.091553	3.36	5.41	18.25	1.97
eje	4592	TR 100 AÑOS	18.15	841.13	841.47	841.47	841.61	0.021787	1.65	11.63	46.14	0.96
eje	4428	TR 100 AÑOS	18.15	839.73	840.19	840.21	840.35	0.029641	1.72	10.54	41.67	1.09
eje	4264	TR 100 AÑOS	18.15	838.32	838.95	838.96	839.11	0.021176	1.83	10.78	38.00	0.98
eje	4100	TR 100 AÑOS	18.15	836.87	837.22	837.30	837.50	0.053716	2.32	7.90	33.63	1.47
eje	3936	TR 100 AÑOS	18.15	834.90	835.36	835.39	835.55	0.028955	2.00	9.47	32.82	1.12
eje	3772	TR 100 AÑOS	18.15	833.94	834.41	834.41	834.56	0.019882	1.74	11.00	38.92	0.94
eje	3608	TR 100 AÑOS	18.15	832.27	832.75	832.84	833.07	0.048431	2.47	7.37	25.31	1.44
eje	3444	TR 100 AÑOS	18.15	831.23	831.73	831.73	831.85	0.019819	1.67	12.86	56.37	0.93
eje	3280	TR 100 AÑOS	18.15	829.63	830.05	830.14	830.30	0.052175	2.28	8.95	64.70	1.45
eje	3116	TR 100 AÑOS	18.15	827.86	828.56	828.56	828.73	0.020445	1.84	10.20	32.35	0.97
eje	2952	TR 100 AÑOS	18.15	825.60	826.27	826.46	826.87	0.081810	3.43	5.29	15.87	1.90
eje	2788	TR 100 AÑOS	18.15	825.14	825.87	825.87	825.99	0.017590	1.68	12.63	52.70	0.89
eje	2624	TR 100 AÑOS	18.15	823.59	824.03	824.14	824.35	0.077813	2.60	7.33	36.10	1.74
eje	2460	TR 100 AÑOS	18.15	822.07	822.74	822.74	822.88	0.020971	1.74	11.19	40.12	0.96
eje	2296	TR 100 AÑOS	18.15	819.56	820.85	820.44	820.90	0.002701	0.97	18.76	29.48	0.38
eje	2132	TR 100 AÑOS	18.15	820.00	820.46	820.46	820.59	0.022947	1.81	11.87	50.01	1.01
eje	1968	TR 100 AÑOS	18.15	817.84	818.04	818.14	818.36	0.107998	2.33	7.32	44.55	1.91
eje	1804	TR 100 AÑOS	18.15	816.31	816.35	816.35	816.57	0.020543	0.24	8.67	20.51	0.58
eje	1640	TR 100 AÑOS	18.15	815.00	814.82	814.87	815.04	0.039757		8.75	32.52	0.00
eje	1476	TR 100 AÑOS	18.15	813.82	813.01	813.01	813.19	0.023261		9.84	28.72	0.00
eje	1312	TR 100 AÑOS	18.15	812.88	811.69	811.69	811.85	0.024099		10.25	32.72	0.00
eje	1148	TR 100 AÑOS	18.15	811.74	810.36	810.37	810.55	0.026136		9.41	27.90	0.00
eje	984	TR 100 AÑOS	18.15	810.47	808.91	808.42	808.96	0.002254		18.92	24.77	0.00
eje	820	TR 100 AÑOS	18.15	809.86	808.64		808.75	0.008808		12.47	24.45	0.00
eje	656	TR 100 AÑOS	18.15	809.21	808.24		808.34	0.007485		13.18	24.85	0.00
eje	492	TR 100 AÑOS	18.15	808.92	808.13		808.17	0.001648		22.41	29.91	0.00
eje	328	TR 100 AÑOS	18.15	808.27	807.76	807.75	807.95	0.020680		9.45	23.32	0.00
eje	164	TR 100 AÑOS	18.15	806.95	806.67	806.67	806.85	0.023009		9.49	25.77	0.00





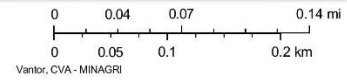
### Anexo 6. Ubicación de área inundada según SICAR

#### VISTA DE PREDIOS RURALES SEGÚN MIDAGRI - SICAR



November 10, 2025

- Comunidades Nativas
- Predio Rural
- Provincias
- Comunidades Campesinas
- Distritos
- Departamentos

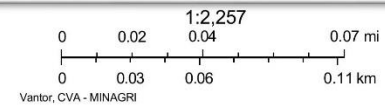


**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 15032**



November 10, 2025

- Comunidades Nativas
- Predio Rural
- Provincias
- Comunidades Campesinas
- Distritos
- Departamentos

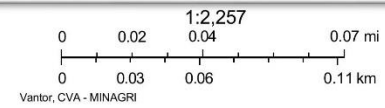


**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 16795**



November 10, 2025

- Comunidades Nativas
  Predio Rural
  Provincias
- Comunidades Campesinas
  Distritos
  Departamentos

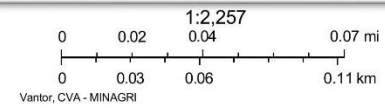


**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 33029**



November 10, 2025

- Comunidades Nativas
- Predio Rural
- Provincias
- Comunidades Campesinas
- Distritos
- Departamentos

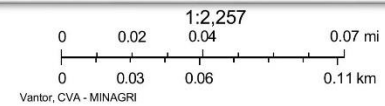


**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 15401**



November 10, 2025

- Comunidades Nativas
  Predio Rural
  Provincias
- Comunidades Campesinas
  Distritos
  Departamentos



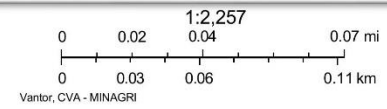
**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 33028**



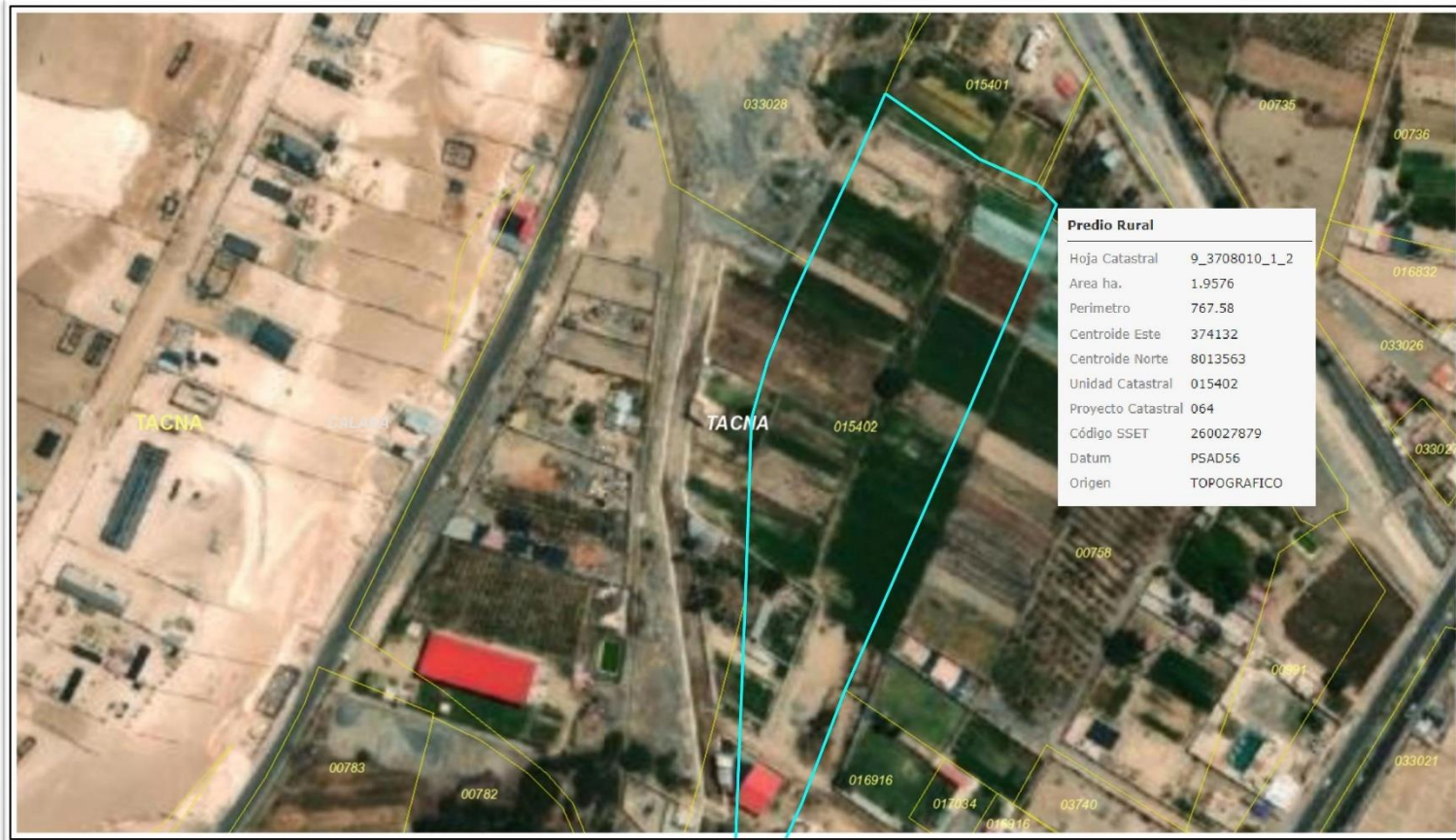
Predio Rural	
Hoja Catastral	9_3708010
Area ha.	1.6866
Perimetro	522.96
Centroide Este	374084
Centroide Norte	8013767
Unidad Catastral	033028
Proyecto Catastral	064
Código SSET	260029535
Datum	PSAD56
Origen	FOTOGRAMETRICO

November 10, 2025

- Comunidades Nativas
- Predio Rural
- Provincias
- Comunidades Campesinas
- Distritos
- Departamentos

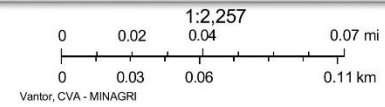


**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 15402**

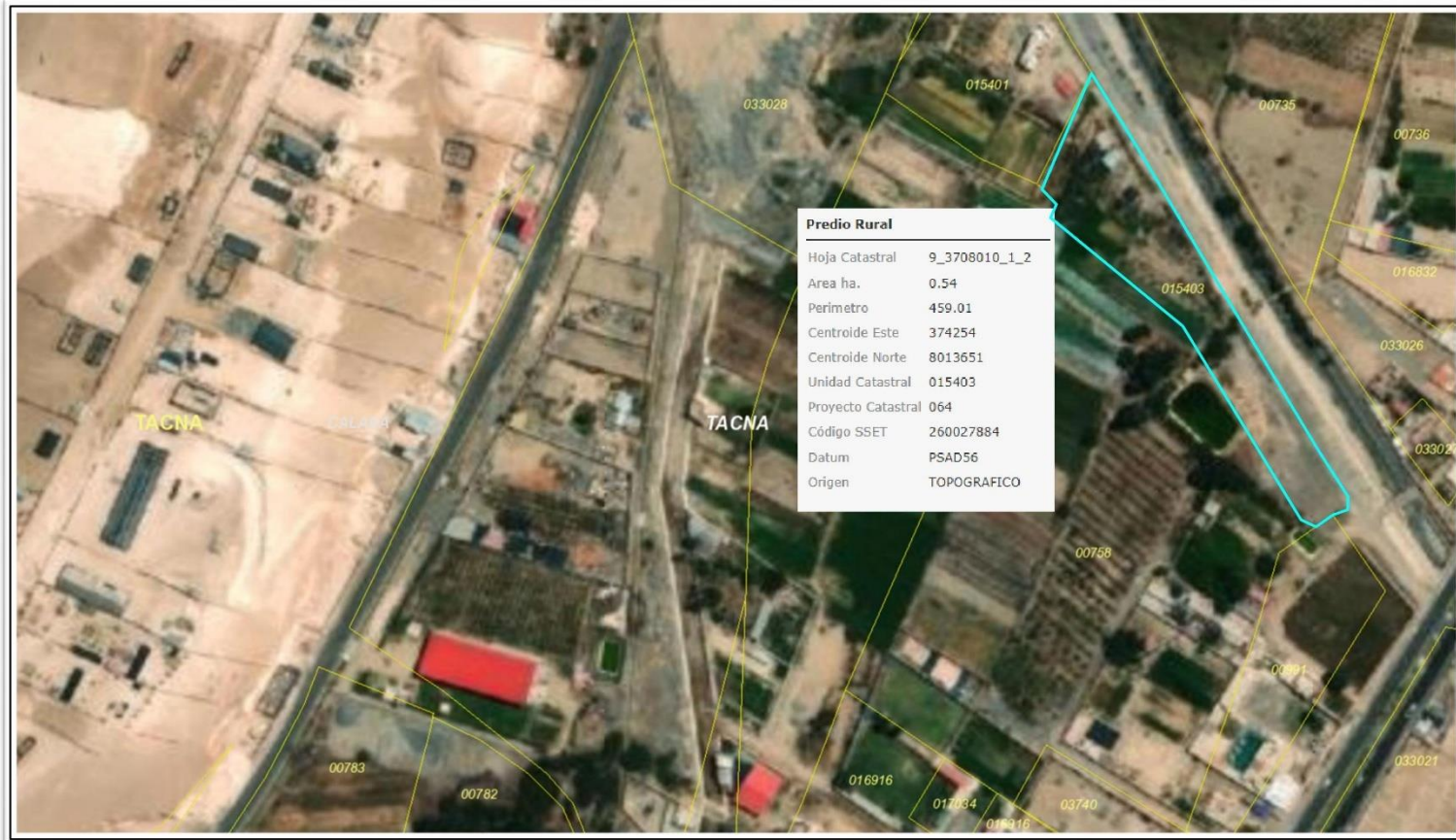


November 10, 2025

- Comunidades Nativas
- Predio Rural
- Provincias
- Comunidades Campesinas
- Distritos
- Departamentos

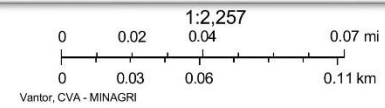


**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 15403**

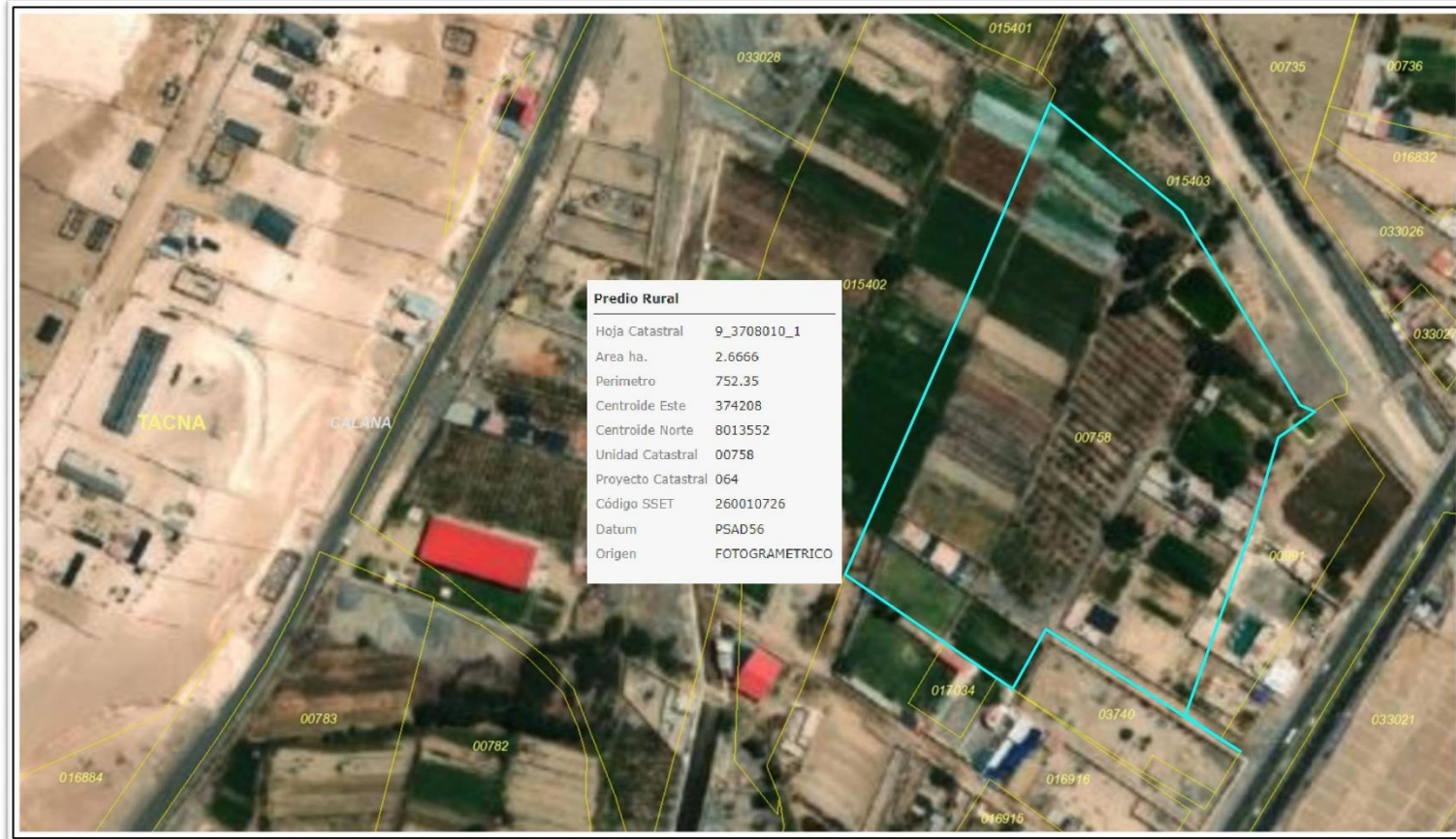


November 10, 2025

- Comunidades Nativas
- Predio Rural
- Provincias
- Comunidades Campesinas
- Distritos
- Departamentos

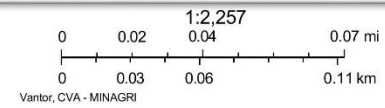


**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 00758**

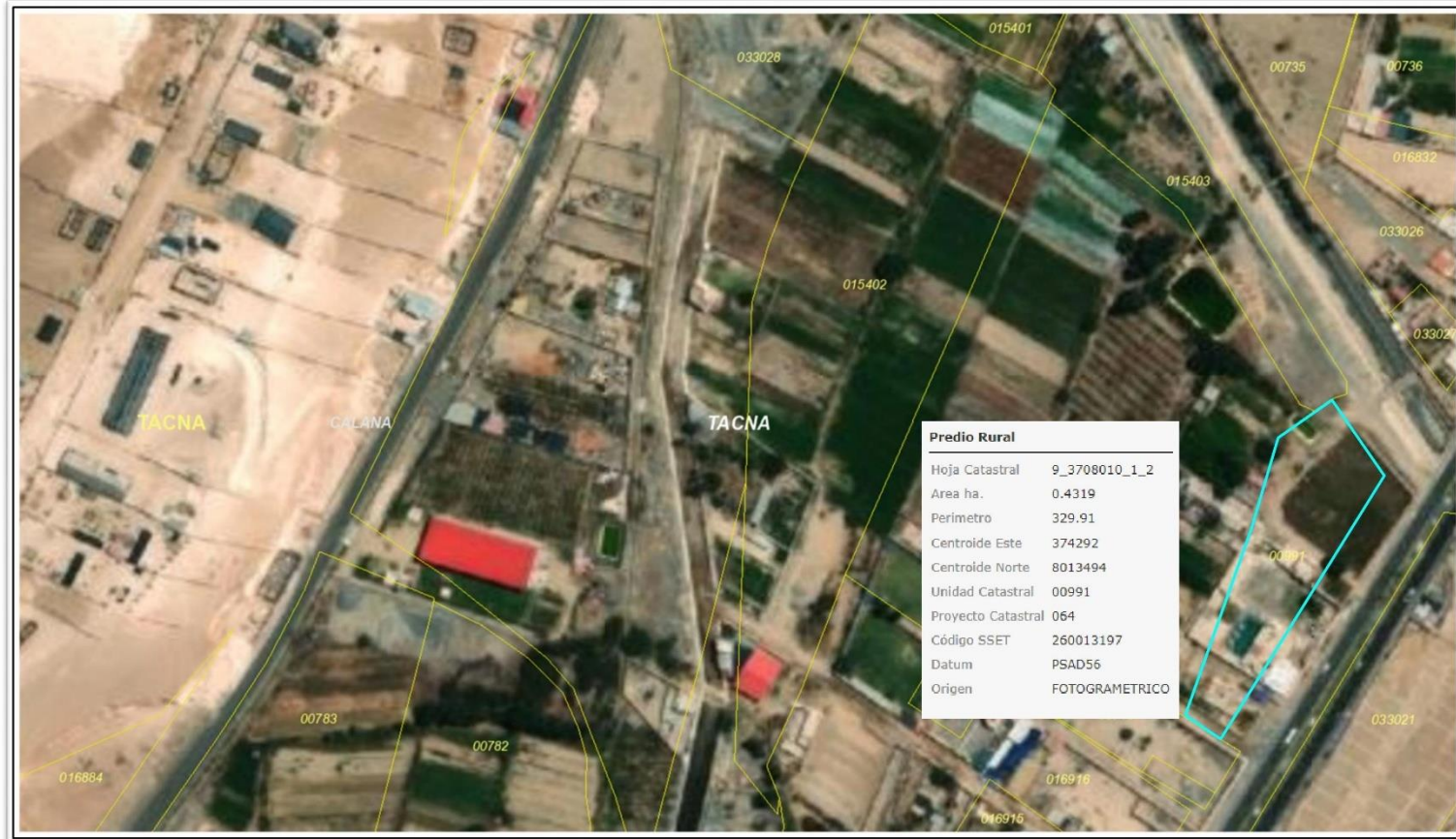


November 10, 2025

- Comunidades Nativas
- Predio Rural
- Provincias
- Comunidades Campesinas
- Distritos
- Departamentos



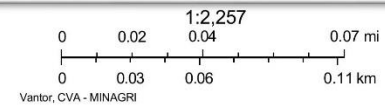
**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 00991**



Predio Rural	
Hoja Catastral	9_3708010_1_2
Area ha.	0.4319
Perimetro	329.91
Centroide Este	374292
Centroide Norte	8013494
Unidad Catastral	00991
Proyecto Catastral	064
Código SSET	260013197
Datum	PSAD56
Origen	FOTOGRAMETRICO

November 10, 2025

- Comunidades Nativas
- Predio Rural
- Provincias
- Comunidades Campesinas
- Distritos
- Departamentos



**AREA INUNDABLE UNIDAD CATASTRAL N° 3740**



November 10, 2025

