

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**CAUDAL MEDIO DIARIO Y CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO
ANUAL DEL RÍO CUNAS EN EL PUENTE LA PERLA, CHUPACA
- 2021**

PRESENTADO POR:

Bach. VILLAVERDE INGA, MOISES

Línea de investigación Institucional:

Salud y Gestión de la Salud.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2022

Ing. Mg. García Ortíz, Alejandro B.

ASESOR

DEDICATORIA

- A Dios, por guiarme por el camino correcto y estar conmigo.
- A mi madre por estar presente en cada etapa de mi vida y el apoyo incondicional que me brinda.
- A mis Abuelos, quienes me enseñaron los valores para practicarlos en la vida.

Villaverde Inga, Moisés.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar a mi lado y convertirme en la persona que soy y darme la fuerza y salud para seguir adelante, de igual manera agradezco a mi madre por darme la vida, a mi hermano por el apoyo que me brinda en los objetivos que me propongo.

Villaverde Inga, Moisés.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 393

Que, el (la) bachiller: **MOISES, VILLAVERDE INGA**, de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL, Presentó la tesis denominado: **“CAUDAL MEDIO DIARIO Y CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO ANUAL DEL RÍO CUNAS EN EL PUENTE LA PERLA, CHUPACA - 2021”**, la misma que cuenta con **115 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **22%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 30 de diciembre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
PRESIDENTE

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil
JURADO

Mg. Erika Genoveva Zúñiga Almonacid
JURADO

Mg. Lourdes Graciela Poma Bernaola
JURADO

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo general	19
1.3.2. Objetivos específicos	19
1.4. Justificación	20
1.4.1. Social	20
1.4.2. Teórica	20
1.4.3. Metodológica	20
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.2. Bases teóricas	30
2.2.1. Caudal medio diario	30
2.2.1.1. Medición del caudal medio diario del río Cunas	30
2.2.2. Caudal máximo instantáneo anual	31
2.2.3. Tipos de medición del caudal	35
2.2.4. Variables que afectan el caudal	37
2.2.5. Estaciones de monitoreo	38

2.2.6. Características de la subcuenca del río Cunas	39
2.3. Definición de términos básicos	39
2.4. Hipótesis	41
2.4.1. Hipótesis general.....	41
2.4.2. Hipótesis específicas.....	41
2.5. Variables	42
2.5.1. Definición conceptual	42
CAPÍTULO III	45
METODOLOGÍA	45
3.1. Método de investigación	45
3.2. Tipo de investigación	45
3.3. Nivel de investigación	46
3.4. Diseño de investigación	46
3.5. Población y muestra	47
3.5.1. Población	47
3.5.2. Muestra	47
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	48
3.7. Validación de instrumentos de recolección de datos	48
3.8. Procesamiento de la información.....	48
3.8.1. Caudal en la cuenca del río Cunas	48
3.8.2. Caudal en el puente La Perla.....	52
CAPÍTULO IV	53
RESULTADOS	53
4.1. Presentación de resultados	53
4.1.1. Tirante de agua	53
4.1.2. Rugosidad	54
4.1.3. Área de sección.....	55
4.1.4. Radio hidráulico.....	56
4.2. Prueba de hipótesis	57
4.2.1. Tirante de agua	57
4.2.2. Área de sección.....	59
4.2.3. Radio hidráulico.....	60

CAPÍTULO V	62
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	62
5.1. Discusión de resultados.....	62
5.1.1. Tirante de agua	65
5.1.2. Rugosidad	66
5.1.3. Área de sección.....	67
5.1.4. Radio hidráulico.....	68
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	79
PANEL FOTOGRÁFICO	99
PLANOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Números de curva de escorrentía según uso de tierra.....	34
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	44
Tabla 3. Requerimientos para cálculo de caudal.....	49
Tabla 4. Caudal del río Cunas, método racional	50
Tabla 5. Caudales estimados, Gumbel y Nash	51
Tabla 6. Resultados de salida, HECRAS	52
Tabla 7. Velocidad, área mojada y caudal, mediciones en el río Cunas	52
Tabla 8. Tirante de agua, CMD y CMIA	54
Tabla 9. Rugosidad del río Cunas, tabla de Cowan	55
Tabla 10. Área de sección mojada, CMD y CMIA	56
Tabla 11. Radio hidráulico, CMD y CMIA	57
Tabla 12. Estadística de regresión, tirante de agua	58
Tabla 13. Análisis de varianza, tirante de agua.....	58
Tabla 14. Estadística de regresión, área de sección.....	59
Tabla 15. Análisis de varianza, área de sección	60
Tabla 16. Estadística de regresión, radio hidráulico.....	61
Tabla 17. Análisis de varianza, radio hidráulico	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación del caudal medio diario	30
Figura 2. Relación H vs AR	31
Figura 3. Método para calcular área e sección.....	36
Figura 4. Tirante de agua, CMD y CMIA	54
Figura 5. Área mojada, CMD y CMIA	56
Figura 6. Radio hidráulico, CMD y CMIA.....	57
Figura 7. Curva de regresión polinómica, tirante de agua.....	58

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la relación entre el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021?, el objetivo general fue: Determinar la relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021, y la hipótesis general que se contrastó fue: Existe una relación directa entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca – 2021.

El método de la investigación fue científico, de tipo aplicado, con nivel descriptivo – correlacional y diseño no experimental. La población está conformada por la estación de monitoreo del río Cunas perteneciente a la provincia de Chupaca, Junin. La muestra fue la estación de monitoreo del río Cunas ubicada en el puente La Perla, barrio La Perla en la provincia de Chupaca, Junín.

La conclusión general fue que no existe correlación entre el caudal medio diario y el caudal máximo instantáneo anual, ya que este último fue 803.69% mayor que el caudal medio diario obtenido de las mediciones realizadas en campo.

Palabras clave: Caudal máximo instantáneo anual, caudal medio diario, estación, río.

ABSTRACT

The general problem of this research was: What is the relationship between the average daily flow and the maximum annual instantaneous flow of the Cunas River at La Perla Bridge, Chupaca - 2021? The general objective was: To determine the relationship between the average daily flow and the maximum annual instantaneous flow of the Cunas River at La Perla Bridge, Chupaca - 2021, and the general hypothesis that was tested was: There is a direct relationship between the average daily flow and the maximum annual instantaneous flow of the Cunas River at La Perla Bridge, Chupaca - 2021.

The research method was scientific, applied, descriptive-correlational and non-experimental design. The population consisted of the Cunas River monitoring station in the province of Chupaca, Junin. The sample was the Cunas river monitoring station located at La Perla bridge, La Perla neighborhood in the province of Chupaca, Junín.

The general conclusion was that there is no correlation between the mean daily flow and the maximum annual instantaneous flow, since the latter was 803.69% higher than the mean daily flow obtained from field measurements.

Key words: Annual instantaneous peak flow, mean daily flow, station, river.

INTRODUCCIÓN

La falta de información sobre los cambios en la cantidad de agua a lo largo del año a menudo significa que la construcción de proyectos hidrotécnicos no se puede llevar a cabo de manera adecuada. El régimen de caudales de los ríos es el único término del balance hidrológico de una cuenca que puede medirse de manera directa y precisa, mientras que otros elementos de este balance (precipitación, evaporación, etc.) solo pueden estimarse a partir de mediciones observadas o inferidas de una fórmula hidrológica (Toro, 2016).

El estudio recopiló información histórica sobre la precipitación máxima diaria para estimar la descarga del río Cunas, y cabe señalar que se utilizó el método racional para calcular la descarga. Luego se tomaron medidas en la zona del río Cunas aguas arriba del puente La Perla; de ahí se obtuvo la profundidad del agua, la velocidad, el área y el caudal de esa parte del río.

El presente trabajo de investigación está dividido en cinco capítulos. El primer capítulo del problema de investigación describe el método del problema de investigación y agrega la propuesta, propósito y argumentos del problema; el segundo capítulo, el marco teórico, cuenta con los antecedentes internacionales y nacionales relacionados con el tema de investigación, así como la base teórica y la definición de términos básicos. El tercer capítulo de metodología es método de encuesta, tipo, nivel y diseño, población y muestreo, métodos técnicos y herramientas para la recolección y procesamiento de datos. El capítulo cuarto, presenta los resultados y la prueba de hipótesis de la investigación. El capítulo quinto, examina los resultados, de acuerdo al propósito específico, agrega una

discusión de los resultados. Al final se dan conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Bach. Villaverde Inga, Moisés

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La construcción de obras hidráulicas ayuda con el desarrollo y progreso de la población, además que trae consigo múltiples beneficios y facilidades, así como con mayor avance estructural. Generalmente para su predimensionamiento y posterior construcción es necesario conocer datos hidráulicos como lo es el caudal, conocer las variaciones del caudal de determinada corriente hidráulica hace que la obra que se vaya a construir sea segura.

Generalmente se toma como base la recopilación de datos de caudales medios anuales que son resultado del análisis de los caudales medios diarios que se han tomado a lo largo de un año, pero existen investigaciones que reflejan la posibilidad de tomar en consideración el caudal máximo instantáneo anual (Callañaupa, 2019).

Por lo tanto, los ríos deben ser reconocidos como cuerpos naturales con sistemas dinámicos intrincados porque cumplen una serie de requisitos por sus

roles como conductos para el flujo de agua, portadores de sedimentos y nutrientes y hogar de los seres vivos, además de proporcionar servicios ambientales ecosistémicos como regular el paisaje y el clima (Colladón y Caamao, 2009). Similar a cómo los cuerpos de agua se relacionan en tres aspectos, como son la geomorfología (cauce del río, ribera y planicie de inundación), la hidrología (flujo) y la ecología (función de los sistemas acuáticos), que están influenciados tanto por factores naturales como humanos (Hernández y Nélica, 2018). Las variaciones en las precipitaciones, el clima y los procesos físicos asociados con el caudal de los ríos son las fuentes de los cambios en la dinámica del comportamiento del agua provocados por la actividad antropogénica y el cambio climático. Dado que diferentes regiones del mundo han experimentado variaciones (tendencias de cambio) en el caudal de los ríos, es importante comprender que aún se desconoce la naturaleza precisa de los patrones de tendencia complejos y los cambios de caudal observados (Gudmunsson, y otros, 2021).

Por ello, en países como España se ha examinado la frecuencia de las inundaciones en la vertiente cantábrica y atlántica norte para encontrar los caudales máximos en esa región de España. Esta investigación se ha realizado utilizando una técnica denominada análisis regional, que también reveló que es posible que algunas regiones tengan una distribución de frecuencias de flujo estadísticamente homogénea (Montes, Álvarez, Pertierra, Moralo, & Baztán, 2018).

En Argentina se examinaron los caudales máximos anuales en las cuencas del sistema hidrográfico del río Colorado y se intentó regionalizar el área en base a los caudales descubiertos. Esto llevó a descubrir que las características morfométricas y climáticas también estaban relacionadas con el caudal máximo

anual, y que en áreas con pocas o ninguna estación hidrométrica, el cálculo podía realizarse utilizando una homogeneidad regional (Lauro, y otros, 2021).

En Chile se realizó un estudio sobre los caudales de diseño en cuencas de Chile central. Los caudales instantáneos máximos se estimaron mediante la fórmula de Verni King, junto con información sobre la cantidad de lluvia en la cuenca, por lo que el caudal instantáneo máximo determinado mediante la fórmula fue ligeramente inferior (Sanhueza, 2020). También se realizó un estudio que buscó analizar los caudales de crecida en las cuencas de la región centro sur de Chile, y los resultados mostraron que se pueden estimar los caudales para varios periodos de retorno en cuencas sin datos hidrológicos (Cifuentes, 2020).

En Perú, se han realizado estudios de caudales medios y máximos en la cuenca del río Checras, teniendo en cuenta las características morfométricas de la cuenca y datos del SENAMHI, lo que permitió a los investigadores determinar el caudal medio del río Checras utilizando métodos racionales y ecuaciones sintéticas (Herencia & Carrera, 2019). Los caudales máximos diarios anuales y los caudales máximos instantáneos anuales utilizando estaciones de captación fueron medidos en una investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en 2 ríos, Piura y Chancay, donde se demuestra la diferencia entre ambos. Fue posible determinar a partir de los datos disponibles que la relación entre los flujos estaba dentro del rango previsto (Callañupa, 2019). Se realizó una investigación también acerca de los caudales máximos para diseñar defensas ribereñas en Tumbes, en este caso se utilizaron los métodos probabilísticos de GUMBEL Y LOG PEARSON TIPO III y un modelamiento hidráulico que complementó los cálculos para un diseño eficiente de las defensas ribereñas (García & Infante, 2018).

En Junín existen estaciones hidrométricas que ayudan a llevar un registro acerca de los caudales, pero no son suficientes, es por ello que muchas veces se hace difícil para los investigadores llevar a cabo el estudio de ciertos temas o en todo caso tener una precisión al momento de realizar los cálculos y estimaciones. Existen también estaciones de monitoreo distribuidas para conocer la calidad de aire y agua principalmente pero que a su vez también controlan los caudales, en la provincia de Chupaca se encuentra por ejemplo la estación de monitoreo del río Cunas en el puente La Perla, barrio La Perla (DIGESA, 2008), lugar que conforma la zona de estudio para esta investigación y de esta manera enriquecer la información hidráulica de la provincia de Chupaca para contribuir con nuevas construcciones de obras hidráulicas y su desarrollo poblacional.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la relación entre el tirante de agua en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021?
- b) ¿Cuál es la relación entre la rugosidad en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021?

- c) ¿Cuál es la relación entre el área de sección en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021?
- d) ¿Cuál es la relación entre el radio hidráulico en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la relación entre el tirante de agua en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021.
- b) Determinar la relación entre la rugosidad en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021.
- c) Determinar la relación entre el área de sección en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021.
- d) Determinar la relación entre el radio hidráulico en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La perla, Chupaca - 2021.

1.4. Justificación

1.4.1. Social

La justificación social existe cuando al desarrollar la investigación se proponen metodologías o estrategias que al aplicarse pueden contribuir a resolver el problema (Bernal, 2010).

Para informar a la ciudadanía sobre las variaciones de caudales que se producen en dicho río y cómo pueden afectar a las actividades y a las estructuras hidráulicas que se sitúan a lo largo de su recorrido, este estudio pretende establecer el tipo de relación entre el caudal medio diario y el caudal instantáneo máximo anual en la estación de monitoreo del río Cunas en el puente La Perla. Además, este estudio proporcionará información para el diseño de obras hidráulicas futuras.

1.4.2. Teórica

La justificación teórica busca tener una contribución para llenar algún vacío de conocimiento en el tema de estudio (Salinas & Cárdenas, 2009).

Por medio de la investigación se pretende aportar información y conocimientos para determinar la relación entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual en la estación de monitoreo del río Cunas en el puente La Perla.

1.4.3. Metodológica

La justificación metodológica aporta algún nuevo instrumento o técnica metodológica para la obtención de datos (Salinas & Cárdenas, 2009). Tiene lugar cuando se propone algún nuevo método para obtener conocimiento confiable, para experimentar con las variables o para estudiar adecuadamente la población (Fernández, 2020).

De acuerdo con lo mencionado, en la investigación se determinará la relación entre la relación entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual en la estación de monitoreo del río Cunas en el puente La Perla, mediante la obtención de los caudales medios diarios realizando lecturas con un limnómetro y la recopilación de los datos de caudales máximos instantáneos anuales de la estación. A corto plazo, la investigación contribuirá en el predimensionamiento y diseño de posibles obras hidráulicas que se puedan construir en la zona estudiada, así como para futuras investigaciones que tengan que ver con la zona en estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Lauro et al. (2021) en el artículo de investigación “Regionalización del caudal máximo anual en cuencas del sistema hidrográfico del río Colorado, Argentina”. El objetivo fue encontrar la relación entre las características morfométricas y climáticas de las cuencas y el caudal máximo anual. Con un diseño no experimental, la metodología de investigación fue científica. Las cuencas no aforadas del sistema hidrográfico del río Colorado servían como límites de la población. Se utilizaron modelos de regresión simple para lograr el objetivo. Es posible pronosticar caudales máximos anuales para varios periodos de retorno en cuencas no aforadas que forman parte del sistema hidrográfico del Río Colorado, Argentina, con base en esta relación y la curva de frecuencia regional. 155,1 m³/s es el caudal máximo anual medio de la región, que está compuesta por 12 cuencas; los valores mínimo y máximo corresponden a las cuencas de los ríos Potimalal y

Colorado, respectivamente. Llegaron a la conclusión de que las pocas estaciones hidrométricas que componen la región homogénea restringen los modelos de regresión a utilizar, pudiendo utilizar solo una variable explicativa por regresión, para evitar la sobreparametrización, además de la capacidad de los modelos para determinar el valor máximo de caudal anual en función del área o perímetro de la cuenca. Los modelos son aplicables a cuencas donde se ha comprobado la homogeneidad regional, así como a los rangos de área y perímetro para los que fueron desarrollados.

Sanhueza (2020) para optar el título de Ingeniero civil sustentó la tesis titulada “Determinación de caudales de diseño en cuencas nivo-pluvial de Chile central en régimen natural, Aplicación de la fórmula de Verni King usando información grillada de precipitación diaria”. El objetivo principal fue examinar cómo se podría utilizar la fórmula de Verni King para calcular caudales máximos instantáneos en las cuencas pluviales de nieve de Chile central bajo un régimen natural. En el estudio se utilizó metodología de investigación científica y un diseño no experimental. La región de Chile Central, que se extiende desde la región de Coquimbo hasta la región del Maule, se utilizó para definir los límites de la población. Para lograr el objetivo, se utilizaron datos de la base de datos CAMELS-CL, se eligieron las cuencas que no recibirían ninguna intervención humana y se calculó la precipitación diaria promedio sobre ellas utilizando tres técnicas diferentes basadas en el producto reticulado CR2MET durante la duración del periodo de estudio. Los resultados demostraron que el método MODIS Garreaud ($R^2 = 0,46$) y el método geoespacial ($R^2 = 0,47$) produjeron los mejores resultados para un período de retorno de 10 años utilizando el método de línea de nieve. Por

el contrario, el método de Pea y Vidal proporciona un coeficiente de determinación (R^2) de 0,29. De acuerdo con sus hallazgos, los flujos instantáneos máximos medidos para períodos de retorno de 10, 20 y 50 años suelen ser más altos que los estimados utilizando la fórmula modificada de Verni-King sin utilizar el método lineal.

Cifuentes (2020) para optar el título de Magíster en Ciencias de la Ingeniería con mención en Ingeniero civil sustentó la tesis “Automatización de las estimaciones de caudales de crecidas para diferentes periodos de retorno”. El objetivo principal era presentar un método rápido y eficiente para automatizar las estimaciones de flujo de inundación para varios períodos de retorno. En el estudio se utilizó metodología de investigación científica y un diseño no experimental. Las cuencas de Mataquito, Maule, Biobo, Itata, Imperial y Toltén, que se encuentran en la zona centro sur de Chile, sirvieron como límites para la población. Para alcanzar la meta se realizó un cálculo de los índices de estacionalidad, que ayudan a describir cómo responde la cuenca a los caudales de inundación. Para ello, se generaron tres muestras de caudales extremos de los registros de la DGA para cada una de las 26 cuencas: la primera muestra incluyó los caudales más extremos ocurridos instantáneamente en los últimos 30 años durante la temporada de lluvias, entre los meses de abril y septiembre; la segunda muestra incluyó los caudales más extremos ocurridos instantáneamente en los últimos 30 años durante la estación seca, entre los meses de octubre y marzo; y la tercera muestra incluyó los caudales más extremos que ocurrieron instantáneamente en los últimos 30 años durante las máximas inundaciones anuales, independientemente de que ocurrieran durante la lluvia. Los hallazgos revelaron que la disponibilidad de recursos hídricos no cambió

significativamente entre 2011 y 2040, en contraste con 2041 a 2070, cuando ocurrirá una reducción del 24 por ciento en la cantidad de agua que sale de la cuenca. La capa de nieve también disminuyó para ambos períodos de tiempo, adelantándose el período de deshielo, y se complicó la entrega de agua como consecuencia del aumento del coeficiente de cultivo y de la evapotranspiración, lo que provoca la reducción de los recursos hídricos. Se determinó que se elaboró una clasificación preliminar de cinco grupos homogéneos de cuencas donantes de información; cada grupo exhibe similitud en la distribución de sus registros de caudales de crecida, lo que permite proponer relaciones matemáticas tanto para estimaciones de caudales para varios periodos de retorno como para la clasificación de cuencas sin información hidrológica, presentando así una sólida base hidrológica.

Montes et al. (2018) en el artículo de investigación “Análisis regional de frecuencia de avenidas en la vertiente cantábrica y noratlántica de España”. Utilizando la metodología de Análisis Regional y sus parámetros estimados por L-momentos, el objetivo general fue estimar la frecuencia de los caudales máximos en las vertientes cantábrica y noratlántica de España. En el método se utilizó un diseño no experimental, el cual fue científico. 85 aforos situados en la vertiente cantábrica y noratlántica de España, con registros de caudales máximos anuales que oscilan entre los 15 y los 72 años, sirvieron de límite entre la población y la muestra. Para la consecución del objetivo se utilizaron las bases de datos publicadas por los distintos organismos hidrográficos del área de estudio, Diputaciones Provinciales, Organismos Autonómicos, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y el Centro de Estudios y Experimentación.

De esta forma, se obtuvo información potencialmente útil de 136 estaciones de aforo en régimen natural (24 de ellas ubicadas en embalses), con una duración variable de registros entre 15 y 88 años, y un tiempo de ejecución de 32 años en promedio para la serie. De acuerdo con los hallazgos, hay nueve regiones estadísticamente homogéneas, es decir, regiones con la misma función de distribución de frecuencias, con la excepción de un factor de escala. Llegaron a la conclusión de que la capacidad del modelo propuesto para estimar valores extremos de caudales pico con mayor robustez que otras metodologías, así como la distinción de regiones según su carácter pluvial o nevado.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Herencia y Carrera (2019) en el artículo de investigación “Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales”. Para estimar caudales medios y caudales máximos utilizando, respectivamente, ecuaciones sintéticas y ecuaciones racionales, el objetivo general fue combinar los parámetros morfométricos de la cuenca con los datos estadísticos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI. Con un diseño no experimental, la metodología de investigación fue científica. La cuenca del río Checras, que es una porción de la cuenca del río Huaura y está situada al NE de la Región Lima-Provincia, sirvió como límite para la población y la muestra. Para lograr esto, se definió el área de estudio a través de la georeferenciación y parametrización de la cuenca; se completó la estimación y cálculo de esorrentía ponderada, así como el análisis estadístico y transformación de datos históricos para la estimación de precipitaciones medias y máximas; se calcularon los caudales medio y máximo, las curvas de duración y la curva de masa;

y finalmente, se completó la caracterización hidrológica y climática de la región de Checras. Los resultados mostraron que las dos ecuaciones sintéticas produjeron caudales fluviales medios de 10,032 y 10,010 m³/s para el río Checras, mientras que el caudal medio determinado por técnicas de aforo experimental y medición directa por SN Power y SENAMHI para la cuenca del río Checras durante 42 años, de 1966 a 2008 fue de 9,4 m³/s. Para determinar la ubicación, extensión y escala de las obras de infraestructura física, llegaron a la conclusión de que la estimación de la serie de caudales máximos para la cuenca del río Checras es crucial.

Callañaupa (2019) para optar el título profesional de Ingeniero civil sustentó la tesis “Medición de caudales máximos en los ríos Chancay y Piura y su influencia en el dimensionamiento de estructuras hidráulicas”. El objetivo principal era resaltar la distinción entre caudales máximos diarios y máximos instantáneos anuales. En la metodología de la investigación científica se utilizó un diseño no experimental. La estación Racarumi del río Chancay y la estación Sánchez Cerro del río Piura sirvieron como límites para la población y muestra, respectivamente. Para lograr el objetivo se combinaron datos del río Piura en la estación Sánchez Cerro y del río Chancay con datos de la estación Racarumi. Los resultados indicaron que los caudales instantáneos máximos del río Piura en los últimos diez años han oscilado entre 51 y 3460 m³/s, mientras que los caudales instantáneos máximos del río Chancay en el mismo período han oscilado entre 283 y 573 m³/s. Se determinó que las relaciones entre el caudal máximo instantáneo y el caudal máximo diario en el río Piura y el río Chancay se encuentran dentro del rango estimado, pero existe una importante fluctuación de valores, lo que complica las estadísticas a la hora de decidir los caudales de diseño ya que, cuanto más se acerque el flujo de diseño al

valor óptimo, no solo se evitará el colapso de la estructura en eventos extremos, sino también un gasto innecesario en el proyecto.

García e Infante (2018) para optar el título profesional de Ingeniero agrícola sustentaron la tesis “Determinación del caudal máximo para diseños de defensas ribereñas del sector Tamarindo – río Tumbes 2018”. El sector Tamarindo de la margen izquierda del río Tumbes tenía defensas fluviales que necesitaban ser diseñadas, y el objetivo general era determinar el caudal máximo. En este estudio no experimental se utilizó la metodología de investigación científica. Los vecinos del distrito de San Jacinto que vivían en la margen izquierda del río Tumbes componían la población. Se utilizaron Gumbel y Log Pearson Tipo III para calcular el flujo de diseño para alcanzar la meta. Adicionalmente, se realizó la modelación y simulación hidráulica con el fin de sustentar los cálculos y criterios utilizados para el diseño y determinación del caudal máximo. Los hallazgos indicaron que el caudal máximo determinado fue de aproximadamente 3592,66 m³/s con un periodo de retorno de 50 años. Utilizando el tirante hidráulico calculado, se diseñó la defensa fluvial con una altura de 6 m, para un caudal máximo de 3000 m³. /s que permiten la protección de la zona de riego de El Tamarindo en el margen izquierdo del río. De acuerdo con los datos hidrológicos analizados, llegaron a la conclusión de que los caudales máximos son recurrentes, y su conclusión permite un diseño técnico eficaz de las defensas fluviales.

Custodio y Pantoja (2012) en el artículo de investigación “Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas”. En las provincias de Chupaca y Concepción del departamento de Junín en el año 2012, la investigación tuvo como objetivo determinar los efectos que las actividades antrópicas tenían en la calidad

del agua del río Cunas. Se utilizó metodología de investigación científica, y el diseño fue experimental. Para cumplir con el objetivo se establecieron tres estaciones de muestreo: Angasmayo (estación 1), Antacusi (estación 2) y La Perla (estación 3), en Chupaca. En cada estación se tomaron muestras de agua en frascos de vidrio y botellas de plástico para medir los niveles de coliformes termotolerantes, nitratos y fosfatos, entre otros parámetros de calidad del agua. Los resultados para la calidad del agua de las tres estaciones fueron promedio, con valores de 65,83 para la estación Angasmayo, 61,08 para la estación Antacusi y 57,18 para la estación La Perla. Llegaron a la conclusión de que el impacto en las estaciones 1 y 2 fue levemente moderado, mientras que el impacto en la estación 3 fue severo.

Sarango et al. (2017) en el artículo de investigación titulado “Estudio de máximas avenidas para la protección de zonas de posible inundación ubicada en el tramo La Oroya – 40 Km aguas abajo Cuenca del Río Mantaro”. El objetivo del estudio fue presentar un método para calcular los caudales máximos de avenida para varios tiempos de retorno con el fin de determinar el caudal de diseño de las obras que protegen los pilares y estribos de puentes de la acción de socavación de las aguas del río. Mantaro. Se recopiló información de organizaciones como IGN, SENAMHI y SN POWER S.A durante la primera fase de la investigación. El área de estudio fue identificada por los autores para la segunda fase de la investigación, que abarca el tramo de la carretera central desde La Oroya hasta la altura del puente Matachico, que se encuentra 40 km aguas abajo de la ciudad de La Oroya. En la tercera sección de la investigación se completó el análisis hidrológico, utilizando distribuciones probabilísticas como Normal, Log Normal de dos parámetros, Log Pearson tipo III y Gumbel para determinar el caudal de avenidas

máximas para varios periodos de retorno. Esta información se utilizó para determinar el caudal de diseño de las obras de protección contra inundaciones y socavaciones en el área de estudio. Llegaron a la conclusión de que 805,82 m³/s, el caudal de diseño para el período de retorno de 100 años (año 2114) se puede utilizar para obras hidráulicas para proteger todos los caminos e infraestructura hidráulica en la zona de estudio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Caudal medio diario

Si el caudal se expresa en m³/s, el volumen se calcula en m³ y la duración es de 86 400 segundos, entonces la relación es entre el volumen del caudal en el transcurso de un día completo (de 0 a 24 horas). (Oficina Nacional del Agua y de los Medios Acuáticos en Francia, 2018).

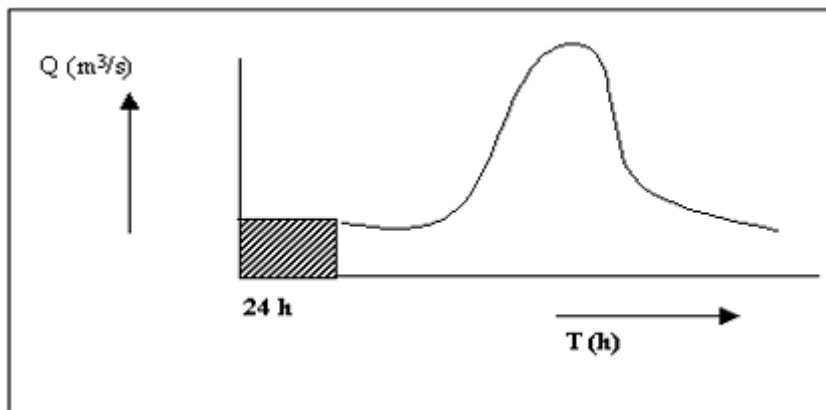


Figura 1. Representación del caudal medio diario
Fuente: (Carvajal, 2017)

2.2.1.1. Medición del caudal medio diario del río Cunas

Para realizar la medición del caudal medio diario se utilizará el método de Manning, para lo cual se necesita tener las lecturas de las alturas de tirante de agua medidas con el limnómetro, se deberán promediar por lo menos 3 lecturas para

obtener un dato más certero; se grafica la relación entre tirante y área por radio hidráulico como se muestra en la figura (Carvajal, 2017).

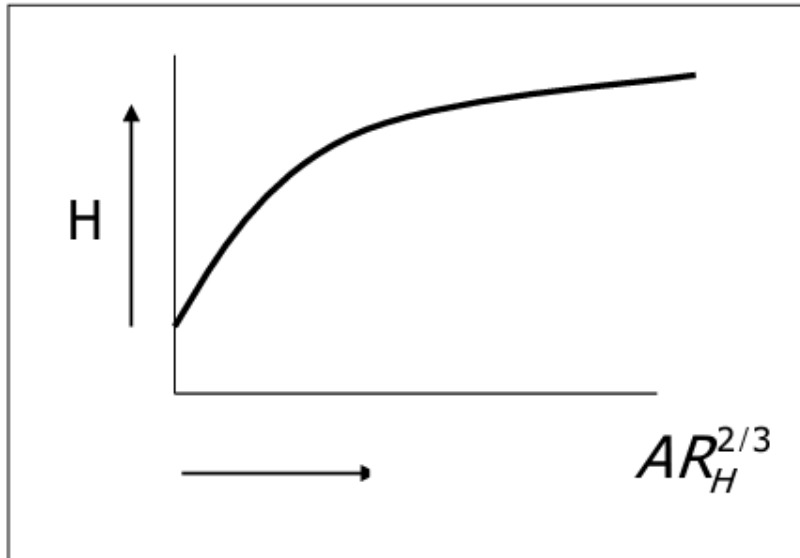


Figura 2. Relación H vs AR
Fuente: (Carvajal, 2017)

Luego se obtiene el valor de $A_H^{2/3}$ para un nivel máximo de H y se aplica la ecuación de Manning para calcular el caudal (Carvajal, 2017).

2.2.2. Caudal máximo instantáneo anual

El caudal máximo instantáneo es un parámetro que puede calcularse mediante modelos determinísticos probabilísticos o directamente por instrumentos, pero sus magnitudes están determinadas por la red de drenaje y la morfometría de la cuenca (Mendez, Córdova, & Bravo de Guenni, 2015).

Por lo tanto, el método racional, que requiere información sobre la cuenca o subcuenca como el área, la precipitación, el tipo de terreno, la longitud del cauce y la pendiente del río, se puede utilizar para determinar el caudal máximo instantáneo.

El área de la cuenca afecta el cálculo del caudal por el método racional, como se explica en las líneas siguientes.

➤ **Área de 50 a 400 ha (0.5 km² a 4 km²)**

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad de precipitación en mm/h

A: área de la cuenca en Km²

➤ **Área < 10 km²**

$$Q = 0.278 * CIA$$

Donde:

C: coeficiente de escorrentía.

I: intensidad de precipitación en mm/h

A: área de la cuenca Km²

➤ **Área ≤ 770 km²**

$$Q = 0.278 * CIA * k$$

Donde:

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad de precipitación en mm/h

A: área de la cuenca Km²

k: coeficiente de uniformidad

Una vez que se haya determinado el área y la fórmula para calcular el caudal del río, se continúa con el cálculo de los siguientes parámetros (Méndez et al. 2015)

➤ **Tiempo de concentración (Tc)**

$$Tc = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración en s

L: Longitud del cauce en Km

S: Pendiente del cauce en m/m

➤ **Coeficiente de uniformidad (k)**

$$k = 1 + \frac{Tc^{1.25}}{Tc^{1.25} + 14}$$

➤ **Coeficiente de simultaneidad (KA)**

$$K_A = 1 - \log_{10} \frac{A}{15}$$

Donde:

A: Área de la cuenca en Km²

➤ **Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)**

$$P = k_A * P_d$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida sobre la cuenca

KA: Coeficiente de simultaneidad

Pd: Precipitación máxima diaria del año

➤ **Intensidad de precipitación (I)**

$$I = \frac{P}{24} * 11^{\frac{28^{0.1} - Tc^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

➤ **Coeficiente de escorrentía (C)**

$$C = \frac{(Pd - Po)(Pd + 23Po)}{(Pd + 11Po)^2}$$

$$Po = \frac{5000}{CN} - 50$$

Donde:

CN: (Curve Number) Número de curva

Po: Umbral de escorrentía

Tabla 1. *Números de curva de escorrentía según uso de tierra*

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada:	sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos:	condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques:	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
	cubierta buena	25	55	70	77
Áreas cubiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	Óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
	Condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50% al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial:					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras:	pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
	grava	76	85	89	91
	tierra	72	82	87	89

Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

Según Aristizábal (2014), los grupos de suelos se clasifican en:

Grupo A: En ellos el agua se infiltra rápidamente, aun cuando estén muy húmedos. Profundos y de texturas gruesas (arenosas o areno-limosas), están excesivamente drenados.

Grupo B: Cuando están muy húmedos tienen la capacidad de infiltración moderada. La profundidad del suelo es de media a profunda y su textura es franco-arenosa, franca, franco-arcillosa o franco-limosa. Están bien o moderadamente drenados.

Grupo C: Cuando están muy húmedos la infiltración es lenta. La profundidad de suelo es inferior a la media y su textura es franco-arcillosa, franco arcillo-limosa o arcillo-arenosa. Son suelos imperfectamente drenados.

Grupo D: Cuando están muy húmedos la infiltración es muy lenta. Tienen horizontes de arcilla en la superficie o próximos a ella y están pobremente o muy pobremente drenados. También se incluyen aquí los terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor (litosuelos).

2.2.3. Tipos de medición del caudal

a) Método volumétrico

Es una de las formas más sencillas para calcular los caudales pequeños de manera directa (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

Esta técnica se utiliza cuando la corriente forma una cascada para poder colocar un recipiente de volumen conocido. Necesitarás un cronómetro, un recipiente con un volumen conocido y bolsas, tubos o

láminas que dejen fluir el agua a través de ellos. Se mide el tiempo de llenado del recipiente y luego se usa la fórmula para determinar la medida.

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen de agua capturado (litros)}}{\text{Tiempo de llenado (segundos)}} = \left[\frac{L}{s} \right]$$

b) Método área-velocidad o flotadores

Este método consiste en medir la velocidad del agua en una sección de un arroyo o río. Para hacer esto, necesitarás un cronómetro, un objeto flotante, una cinta métrica, una regla y algo de cuerda. Primero, encuentre un lugar donde el agua fluya libremente y no haya obstrucciones como rocas o troncos de árboles. A continuación, calcula el tiempo que tarda el flotador en recorrer la distancia de la sección. Este proceso debe repetirse al menos diez veces (Corantioquía, 2014).

$$\text{Velocidad (v)} = \frac{\text{Distancia (metros)}}{\text{Tiempo (segundos)}} = \left[\frac{m}{s} \right]$$

Posteriormente se procede a calcular el área de la sección haciendo uso de la cuerda y dividiendo el ancho en tramos iguales a los cuales se les llama fajas, se calcula el área de cada faja midiendo la profundidad del agua y se realiza una sumatoria de áreas para hallar el total (Corantioquía, 2014).

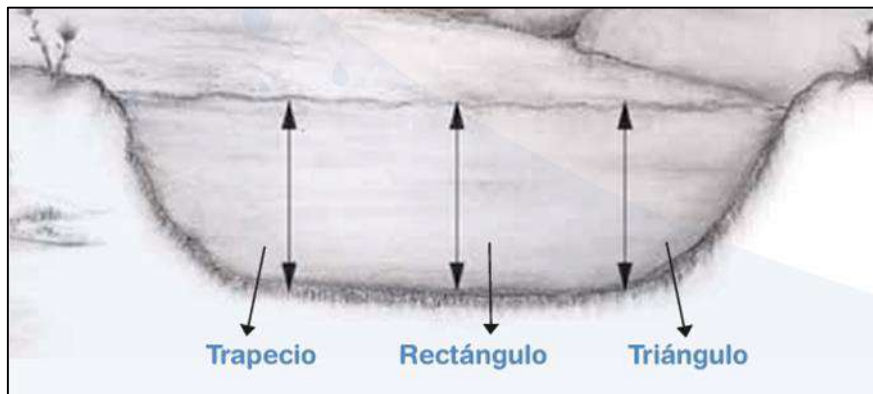


Figura 3. Método para calcular área e sección
Fuente: (Corantioquía, 2014)

Finalmente, para conocer el caudal se aplica la fórmula.

$$\text{Caudal } (Q) = \text{Área de la sección } (A) * \text{velocidad } (v)$$

c) Método del colorante

El tiempo que tarda un tinte intenso en recorrer una distancia conocida río abajo se puede medir utilizando un método diferente que consiste en verter el tinte en la corriente de agua y medir el tiempo que tarda. Este método siempre se repite varias veces para obtener un promedio (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

2.2.4. Variables que afectan el caudal

a) Clima

La variación del clima, como el aumento de las precipitaciones hace que el caudal aumente, mientras que en temporadas de sequía el caudal tiene a disminuir (Corantioquía, 2014).

b) Permeabilidad

La permeabilidad del suelo influye en la cantidad de absorción y retención del agua, esta cantidad de agua luego aflorará en manantiales (Corantioquía, 2014).

c) Vegetación

Es aquel factor que evita las crecidas violentas y torrenciales de ríos pues no permite que el agua se desplace por las laderas (Corantioquía, 2014).

d) Acción del hombre

Es responsable de alterar el comportamiento natural tanto de ríos como de quebradas por la construcción de represas y embalses, además de provocar también la acumulación de residuos sólidos (Corantioquía, 2014).

2.2.5. Estaciones de monitoreo

Son estaciones que tienen como objetivo monitorear la calidad del agua en los principales cuerpos de agua y de esta manera identificar variaciones en su composición, sirve también para comprobar el adecuado funcionamiento de las medidas de manejo ambiental y monitoreo del régimen hidrológico en las cuencas para poder evaluar los impactos; su ubicación depende de la ubicación de las redes de drenaje como los cruces de ríos y los cursos de agua que puedan afectar actividades constructivas. Analizan los siguientes parámetros (Ministerio de Energía y Minas, 2017).

- Caudal
- pH
- Conductividad eléctrica
- Temperatura
- Turbiedad
- Aceites y grasas
- Cromo hexavalente
- CN total
- Detergentes
- Coliformes totales y termotolerantes

- DBO₅
- Hierro total, Arsénico total, Cadmio total, Cobre total, Mercurio total, Plomo total y Zinc total

2.2.6. Características de la subcuenca del río Cunas

El río Cunas se encuentra en las provincias de Chupaca, Concepción, Huancayo y Jauja. La longitud del río Cunas es de 101,1 km. Los centros de población más significativos de la microcuenca son Yanacancha, San Juan de Jarpa, San José de Quero y Chupaca. Cunas Altas es una zona rural con ganadería y agricultura serrana (DIGESA, 2008).

Cuenta con 3 estaciones hidrometeorológicas: Huayao, Chongos Bajo y Huaytapallana; y 4 estaciones de monitoreo: en el puente Cunas, puente La Perla, puente Muqui y a 100 metros de la unión de los ríos Chalhuan y Jarpa (DIGESA, 2008).

2.3. Definición de términos básicos

a) Caudal

Un caudal de corriente, río u otro cuerpo de agua que fluye a través de una sección particular en un segundo (Corantioquía, 2014). Es el volumen de agua que fluye a través de un lugar particular dentro de un sistema hidráulico en un tiempo o intervalo particular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

b) Estación hidrometeorológica

Lugar donde se puede observar los datos hidrológicos o climatológicos para conocer el comportamiento de las variables como la precipitación,

niveles de agua, temperatura, humedad relativa, etc.; para poder investigarlas (Rodríguez, 2019).

c) Aforar

Para medir el flujo de agua, se utiliza un proceso para determinar cuánta agua puede transportar una corriente en un período de tiempo determinado. (Corantioquía, 2014).

d) Limnógrafo

Un limnógrafo es un artefacto que mide el nivel del agua; está hecho de un flotador unido a una punta que marca el nivel en una hoja de papel fijada a un tambor; gira usando un mecanismo de relojería y produce un gráfico de niveles contra el tiempo conocido como limnograma (Espinoza, Olguín, & Leyva, 2015).

e) Cuenca hidrográfica

Área de terreno cuya escorrentía superficial drena completamente al mar por una sola desembocadura a través de una red de corrientes, como ríos y lagos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). Las características físicas de una cuenca tienen relación con el comportamiento de los caudales que transitan por ella, depende del área, perímetro, longitud de la cuenca, ancho de la cuenca (Lux, 2016).

f) Río

Corriente de agua de grandes dimensiones, dicho de otra manera, es un canal natural en una cuenca (Mejía & Rosas, 2016).

g) Molinete

Dispositivo que se emplea para la medición de la velocidad del agua en una corriente de agua como un río o canal (Mejía & Rosas, 2016), existen dos tipos de molinete, el de tipo de taza cónica y el de hélice (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

h) Rugosidad

Factor que influencia significativamente la erosión hídrica a la que se puede someter el suelo, reduce la velocidad de escorrentía y disminuye el arrastre de partículas por erosión hídrica por lo que incrementa el contenido de agua de los suelos, así como la disponibilidad de agua para las plantas (García, 2006).

i) Área de sección

Superficie libre donde se puede accionar el gasto y el tirante (Pérez, Rodríguez, Caballero, Angel, & Molina, 2021).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Existe una relación directa entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca 2021.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Existe una relación proporcional entre el tirante de agua en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca 2021.

- b) Existe una relación entre la rugosidad en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca 2021.
- c) Existe una relación entre el área de sección en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca 2021.
- d) Existe una relación entre el radio hidráulico en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca 2021.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual

Variable 1

Caudal medio diario

Para un registro continuo de los niveles de agua a lo largo del tiempo, se suele medir con la ayuda de un limnógrafo, que se define como el caudal medio medido en m^3/s durante un período de 24 horas (Oficina Nacional de Aguas y Medios Acuáticos en Francia, 2018). Si no tiene un limnógrafo, puede usar un limnómetro y tomar tres lecturas mínimas por día para promediarlas (Carvajal, 2017).

Variable 2

Caudal máximo instantáneo anual

El caudal máximo instantáneo es un parámetro hidrológico que se puede calcular mediante modelos deterministas que toman en cuenta la red de drenaje y la morfometría de la cuenca o bien tomando medidas directas

y recopilándolas en registros de datos hidrométricos en las estaciones (Méndez et al. 2015).

La operacionalización de las variables se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	FUENTES
Variable 1: Caudal medio diario	Definido como la tasa promedio medida en m ³ /s para un período de 24 horas, generalmente se mide con la ayuda de un limnógrafo, para poder tener un registro continuo de los niveles de agua en el tiempo (Oficina Nacional del Agua y de los Medios Acuáticos en Francia, 2018), de no tener un limnógrafo se puede usar un limnómetro y se deben realizar 3 lecturas mínimas por día para promediarlas (Carvajal, 2017).	Tirante de agua	Altura en limnómetro	Limnómetro	Análisis de caudales (Toro, 2016)
		Rugosidad	Coefficiente de rugosidad	Tabla de valores de Cowan	
		Área de sección	Área en metros cuadrados	Jalones y flexómetro	
		Radio hidráulico	Área húmeda Perímetro húmedo	Jalones y flexómetro	
Variable 2: Caudal máximo instantáneo anual	El caudal máximo instantáneo es un parámetro hidrológico que se puede estimar mediante modelos determinísticos, teniendo en cuenta la morfometría de la cuenca y su red de drenaje, o por mediciones directas, (Mendez, Córdova, & Bravo de Guenni, 2015) compiladas en registros de datos hidrométricos en estaciones.	Caudal máximo en un año	Área Perímetro Longitud de cauce Ancho promedio Factor de forma de Horton Coeficiente de compacidad Cota mínima Cota máxima Densidad de drenaje Pendiente de cauce Altitud media Número de curva Intensidad Duración Frecuencia Longitud máxima de la cuenca	Fichas de registro de datos	Modelos predictivos de caudales máximos instantáneos para cuencas de drenaje de ambientes montañosos, sustentados en parámetros morfométricos (Méndez et al. 2015).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

De acuerdo con Mejía (2005), la investigación científica es la producción de conocimientos científicos, se empieza con conocimientos previos, luego se plantea los problemas de investigación, se formula la hipótesis para contrastarla con la evidencia y se pueda adoptar decisiones.

Para la investigación el método usado fue el científico puesto que se determinó a partir de la recolección de los datos de caudales diarios anuales los caudales máximos instantáneos anuales.

3.2. Tipo de investigación

La investigación aplicada, para Espinoza (2014) busca aplicar los conocimientos de la investigación científica para solucionar los problemas de la sociedad de manera eficiente y productiva.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación se planteó utilizar la estación de monitoreo del río Cunas en el puente La Perla para conocer la

relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo instantáneo anual. Esto permitiría a los investigadores comprender los caudales del río en el lugar de estudio y aplicar ese conocimiento a cualquier proyecto hidráulico potencial que se pueda construir en Chupaca.

Estas definiciones establecen que el tipo de investigación es aplicada porque nos ayuda a resolver problemas actuales y aplica conocimientos teóricos a una situación particular para determinar sus ramificaciones prácticas.

3.3. Nivel de investigación

Hernández et al. (2014) demuestran el potencial de más de un nivel de investigación debido a que esto depende del tema de investigación, es por ello que esta investigación se relaciona con los niveles de investigación descriptiva y correlacional.

Según Condori (2020), la investigación descriptiva tiene como objetivo comprender, identificar y describir los rasgos de un fenómeno social específico.

En este caso se desarrollará la correlación entre el caudal medio diario y el caudal máximo anual instantáneo en la estación de monitoreo del río Cunas en el puente La Perla, según Abreu (2012), quien revela que una hipótesis perteneciente al nivel de investigación correlacional especifica las relaciones entre las variables y establece una asociación entre ellas.

3.4. Diseño de investigación

Según Hernández et al. (2014), el diseño no experimental es aquel que tiene control nulo sobre las variables, pues se centra en la observación única o dada en varios momentos sin ejercer control o variación en los efectos.

Los diseños de investigación longitudinales describen ciertas variables en función a sus cambios o evoluciones en el tiempo (Salinas & Cárdenas, 2009).

Dado que los datos se recopilaron en varios momentos a lo largo de los meses de operación del estudio, el diseño de la investigación es de naturaleza no experimental y longitudinal.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Ñaupas et al. (2014) afirman que es el universo o conjunto perteneciente a la investigación.

La población son todos los elementos que son sujetos a análisis en una investigación, de los cuales se busca información en base a los objetivos, se puede definir demográfica, social, económica, política, mercadológica o psicológicamente (Hernández et al. 2014)

La población de la presente investigación estuvo conformada por las estaciones de monitoreo del río Cunas, las cuales se encuentran ubicadas en Chupaca, Junín.

3.5.2. Muestra

Jiménez (2010) afirma que la muestra es el subconjunto de la población que se investiga y que proporciona los datos necesarios para responder a las preguntas abiertas de la investigación. De acuerdo a los parámetros del estudio se utiliza un muestreo no probabilístico o intencional (Rodríguez, 2012).

Debido a que la muestra de la investigación es de conveniencia y no probabilística, está definida por la estación de monitoreo del río Cunas, la cual se ubica en el puente La Perla en el barrio La Perla de Chupaca, provincia de Junín.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa

La técnica de la observación implica identificar características a través de la percepción en el momento de la recolección de datos; en consecuencia, esta técnica será más pertinente cuando se realice la visita de campo y se discuta a partir de los hallazgos de la investigación.

Análisis de documentos

Implica recopilar datos bibliográficos, que pueden estar presentes en materiales físicos o digitales. Los datos recopilados se utilizarán para crear una metodología que permita la organización de dichos datos.

Trabajo en gabinete

El procesamiento de datos en oficina, que inició con la identificación y examen del área de trabajo, la recolección de datos históricos de precipitación para el cómputo del caudal máximo anual instantáneo, y la continuación de los registros de profundidad, velocidad, área y caudal aguas arriba del puente La Perla sobre el río Cunas están todos incluidos.

3.7. Validación de instrumentos de recolección de datos

Las fichas utilizadas para registrar la profundidad, velocidad y área de sección del río Cunas en los 450 m aguas arriba del puente La Perla sirvieron como herramientas de recolección de datos. El caudal del río Cunas se calculó y estimó utilizando hojas de Excel de manera similar.

3.8. Procesamiento de la información

3.8.1. Caudal en la cuenca del río Cunas

Se recopiló la historia de la mayor precipitación diaria en la estación de Huayao para calcular el caudal de la cuenca del río Cunas; los registros de

precipitación se adjuntan como anexo 4 del informe. La siguiente tabla contiene los datos que se requirieron para calcular el caudal de la cuenca Cunas, incluyendo el área de la cuenca, la longitud del cauce, la pendiente y el número de curvas.

Tabla 3. Requerimientos para cálculo de caudal

Área subcuenca	1750	Km ²
Longitud del cauce	101.10	Km
Pendiente del cauce	0.010	
Po (Umbral de escorrentía)	30.65	
CN (Número de curva)	62	

Fuente: Senamhi

Así mismo en la tabla siguiente se muestra el caudal calculado por el método racional, para cada año de registro.

Tabla 4. Caudal del río Cunas

N°	Año	PP máx.24h	Tc (h)	K	K _A	P	I	C	Q
		mm	Tiempo de concentración	Coefficiente de uniformidad	Coef. De simultaneidad	PP máx. corregida de la cuenca	Intensidad de la precipitación	Coefficiente de escorrentía	Caudal (m ³ /s)
1	1994	21.6	17.33	1.72	1.07	23.05	0.65	0.05	27.55
2	1995	28.0	17.33	1.72	1.07	29.87	0.84	0.01	10.17
3	1996	26.2	17.33	1.72	1.07	27.95	0.78	0.02	16.11
4	1997	29.5	17.33	1.72	1.07	31.47	0.88	0.01	4.61
5	1998	25.7	17.33	1.72	1.07	27.42	0.77	0.03	17.62
6	1999	27.7	17.33	1.72	1.07	29.55	0.83	0.02	11.22
7	2000	24.2	17.33	1.72	1.07	25.82	0.72	0.04	21.76
8	2001	29.2	17.33	1.72	1.07	31.15	0.87	0.01	5.77
9	2002	30.3	17.33	1.72	1.07	32.33	0.91	0.00	1.42
10	2003	26.4	17.33	1.72	1.07	28.17	0.79	0.02	15.49
11	2004	37.6	17.33	1.72	1.07	40.12	1.12	0.04	34.54
12	2005	26.2	17.33	1.72	1.07	27.95	0.78	0.02	16.11
13	2006	31.9	17.33	1.72	1.07	34.04	0.95	0.01	5.41
14	2007	32.4	17.33	1.72	1.07	34.57	0.97	0.01	7.67
15	2008	18.3	17.33	1.72	1.07	19.53	0.55	0.07	32.30
16	2009	40.7	17.33	1.72	1.07	43.42	1.22	0.05	53.39
17	2010	27.1	17.33	1.72	1.07	28.91	0.81	0.02	13.24
18	2011	36.5	17.33	1.72	1.07	38.94	1.09	0.03	28.35
19	2012	23.4	17.33	1.72	1.07	24.97	0.70	0.04	23.73
20	2013	24.5	17.33	1.72	1.07	26.14	0.73	0.03	20.97

Fuente: Elaboración propia

Ya que el caudal calculado al año 2013 fue 20.97 m³/s, se estimó el caudal para 9 años que sería el caudal actual (año 2022). Para la estimación del caudal se consideró el método Gumbel y Nash, que se describen en el anexo 5 y en la siguiente tabla se puede apreciar los valores estimados por ambos métodos para 9 años, 10; 25; 50 y 100 años respectivamente.

Tabla 5. Caudales estimados, Gumbel y Nash

Periodo de retorno	Caudal (m ³ /s)	
	M. Gumbel	M. Nash
Qd (0a - 2013)	20.97	
Qd(9a)	51.61	51.23
Qd(10a)	53.20	52.85
Qd(25a)	70.36	63.67
Qd(50a)	83.32	71.86
Qd(100a)	96.28	80.05

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los cálculos realizados y los valores obtenidos, se optó por considerar el valor del caudal para 9 años del Método de Gumbel de 51.61m³/s para el año actual (2022). Así mismo se debe mencionar que los valores obtenidos corresponden al caudal máximo instantáneo anual que requiere de la información de la subcuenca y precipitación.

En la tabla siguiente se puede apreciar la velocidad, área mojada, espejo de agua y número de Froude del río Cunas el cual se obtuvo de la simulación en el programa HECRAS.

Tabla 6. Resultados de salida, HECRAS

Sección	Q m ³ /s	Cota de fondo	Altura de lámina de agua (m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad m/s	Área mojada (m ²)	Espejo de agua (m)	Nro. Froude
0+450	51.61	-0.52	1.53		1.55	0.000979	1.18	44.08	29.46	0.17
0+400	51.61	-0.59	1.48		1.5	0.001093	1.25	41.76	26.98	0.17
0+350	51.61	-0.55	1.42		1.44	0.001129	1.29	40.61	26	0.18
0+300	51.61	-0.54	1.36		1.39	0.001188	1.22	42.16	28.3	0.18
0+250	51.61	-0.52	1.27		1.31	0.002131	1.5	34.62	29.64	0.24
0+200	51.61	-0.57	1.16		1.2	0.00203	1.58	34.01	27.82	0.23
0+150	51.61	-0.6	1.09		1.12	0.001417	1.35	40.77	32.02	0.2
0+100	51.61	-0.37	1.01		1.04	0.001805	1.31	39.45	33.68	0.21
0+050	51.61	-0.42	0.89		0.93	0.002702	1.54	33.43	29.99	0.26
0+000	51.61	-0.49	0.27	0.27	0.54	0.052482	4.17	12.38	23.44	1.01

Fuente: Elaboración propia

3.8.2. Caudal en el puente La Perla

Para el cálculo del caudal medio diario que corresponde al caudal en el puente La Perla de la provincia de Chupaca, se realizaron mediciones del tirante del río en 10 puntos o sectores cada 50 m en un total de 450 m de tramo del río Cunas aguas arriba del puente La Perla. Cabe resaltar que las mediciones se realizaron 3 veces en los mismos lugares. En la siguiente tabla se muestra la velocidad, área de la sección mojada y caudal en cada tramo de estudio. Así mismo, en el anexo 7 se adjuntan las tablas con las mediciones realizadas en cada tramo.

Tabla 7. Velocidad, área mojada y caudal, mediciones en el río Cunas

Sección	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
0+450	1.04	5.52	5.76
0+400	0.83	6.92	5.71
0+350	1.05	5.44	5.71
0+300	0.76	7.51	5.70
0+250	1.05	5.46	5.72
0+200	0.97	5.93	5.73
0+150	0.68	8.40	5.69
0+100	0.78	7.33	5.70
0+050	0.73	7.83	5.69
0+000	0.93	6.13	5.70

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Tirante de agua

De acuerdo con las mediciones realizadas y los cálculos obtenidos, en la siguiente tabla se muestra el tirante del río en el caudal medio diario (CMD) obtenido de las mediciones diarias en el río Cunas, así como el tirante del río en el caudal máximo instantáneo anual (CMIA) que comprende la información hidrológica e hidráulica del río Cunas.

Cabe mencionar que el tirante para el caudal medio diario se obtuvo de las mediciones diarias y el tirante para el caudal máximo instantáneo anual se obtuvo de la simulación del tramo de estudio en el programa HECRAS.

Tabla 8. Tirante de agua, CMD y CMIA

Sección	Tirante de agua	
	Caudal medio diario	Caudal máximo instantáneo anual
0+450	0.52	2.05
0+400	0.59	2.07
0+350	0.55	1.97
0+300	0.54	1.90
0+250	0.52	1.79
0+200	0.57	1.73
0+150	0.60	1.69
0+100	0.29	1.38
0+050	0.36	1.31
0+000	0.29	0.76

Fuente: Elaboración propia

En la figura se puede apreciar el tirante de agua en el río, aguas arriba del puente La Perla.

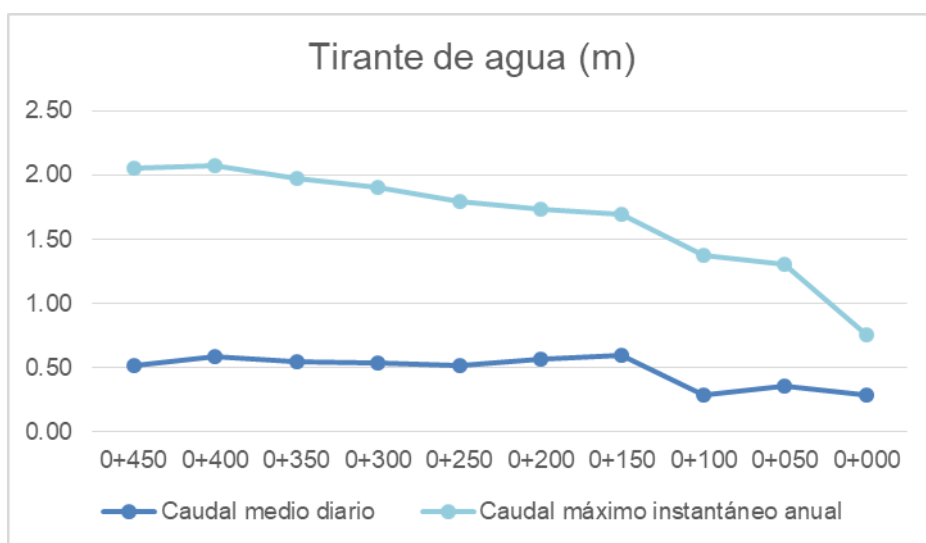


Figura 4. Tirante de agua, CMD y CMIA

4.1.2. Rugosidad

La rugosidad del río cunas fue el mismo en ambos casos del caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual. En la tabla se muestra el cálculo de la rugosidad del río, de acuerdo con la tabla de Cowan (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Tabla 9. Rugosidad del río Cunas, tabla de Cowan

Superficie del canal	Tierra	n₀	0.020
	Roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Irregularidad	Suave	n₁	0.000
	Menor		0.005
	Moderada		0.010
	Severa		0.020
Variación de la sección	Gradual	n₂	0.000
	Ocasional		0.005
	Frecuente		0.010 - 0.015
Efecto de la obstrucción	Despreciable	n₃	0.000
	Menor		0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 - 0.030
	Severo		0.040 - 0.060
Vegetación	Bajo	n₄	0.005 - 0.010
	Medio		0.010 - 0.025
	Alto		0.025 - 0.050
	Muy alto		0.050 - 0.100
Intensidad de meandros	Menor	m₅	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

$$n = 0.053$$

4.1.3. Área de sección

En la siguiente tabla se adjunta el área de sección con un caudal medio diario (CMD) y con el caudal máximo instantáneo (CMIA).

Tabla 10. Área de sección mojada, CMD y CMIA

Sección	Área mojada (m ²)	
	Caudal medio diario	Caudal máximo instantáneo anual
0+450	5.52	44.08
0+400	6.92	41.76
0+350	5.44	40.61
0+300	7.51	42.16
0+250	5.46	34.62
0+200	5.93	34.01
0+150	8.40	40.77
0+100	7.33	39.45
0+050	7.83	33.43
0+000	6.13	12.38

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, en la siguiente figura se puede apreciar el área mojada para el caudal medio diario y máximo instantáneo anual.

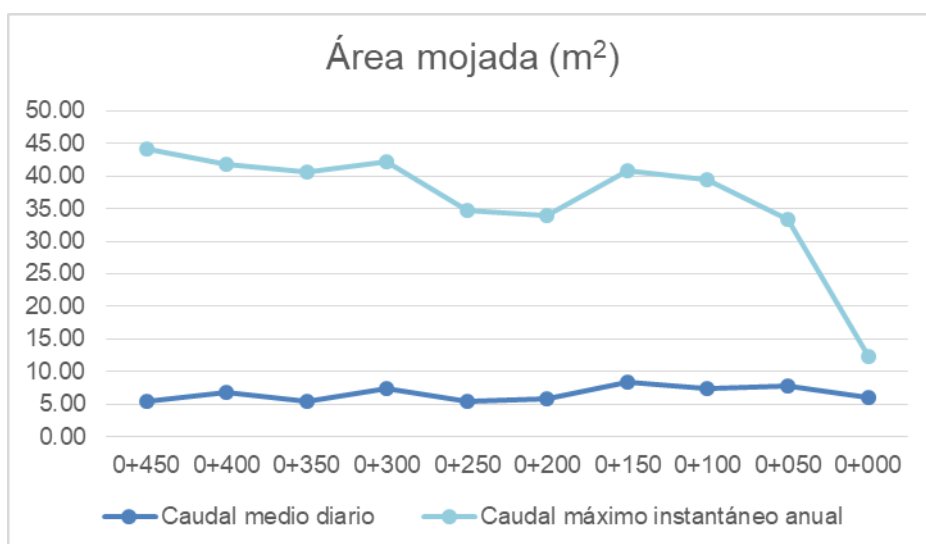


Figura 5. Área mojada, CMD y CMIA

4.1.4. Radio hidráulico

La tabla muestra el radio hidráulico para el caudal medio diario (CMD) y para el caudal máximo instantáneo anual (CMIA).

Tabla 11. Radio hidráulico, CMD y CMIA

Sección	Radio hidráulico	
	Caudal medio diario	Caudal máximo instantáneo anual
0+450	0.52	2.79
0+400	0.36	2.79
0+350	0.52	2.84
0+300	0.32	2.58
0+250	0.52	2.24
0+200	0.46	2.38
0+150	0.27	2.38
0+100	0.33	2.08
0+050	0.30	1.97
0+000	0.44	0.95

Fuente: Elaboración propia

La figura muestra el radio hidráulico para ambos casos de caudales medio diario y máximo instantáneo anual.

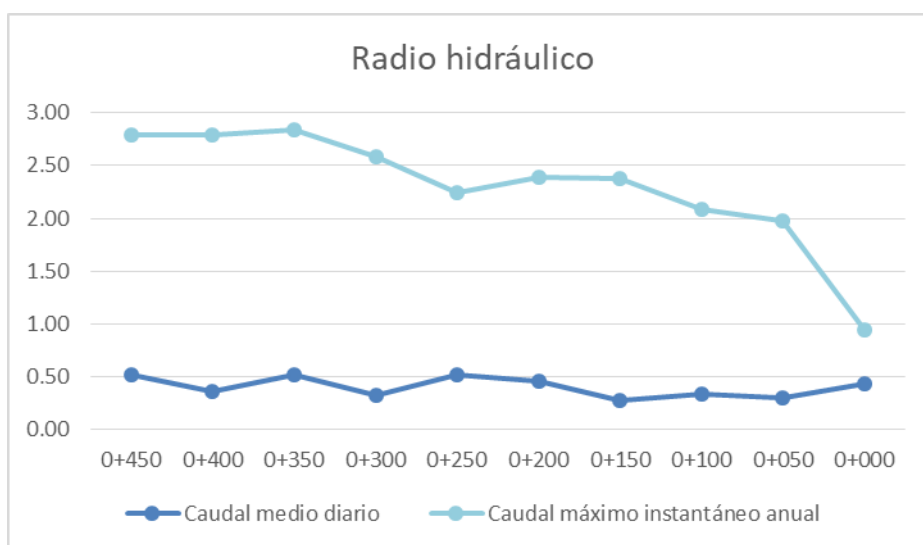


Figura 6. Radio hidráulico, CMD y CMIA

4.2. Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis se realizó la correlación de Pearson, para comprobar las hipótesis propuestas.

4.2.1. Tirante de agua

Las hipótesis que se plantearon fueron.

H0: La relación entre el tirante medio diario y el tirante máximo anual es directa.

H1: La relación entre el tirante medio diario y el tirante máximo anual no es directa

En las siguientes tablas, se muestra la estadística de regresión y el análisis de varianza obtenido de la correlación de Pearson.

Tabla 12. Estadística de regresión, tirante de agua

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.845
Coefficiente de determinación R ²	0.714
R ² ajustado	0.678
Error típico	0.232
Observaciones	10.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Análisis de varianza, tirante de agua

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1.076	1.076	19.933	0.002
Residuos	8	0.432	0.054		
Total	9	1.507			

Fuente: Elaboración propia

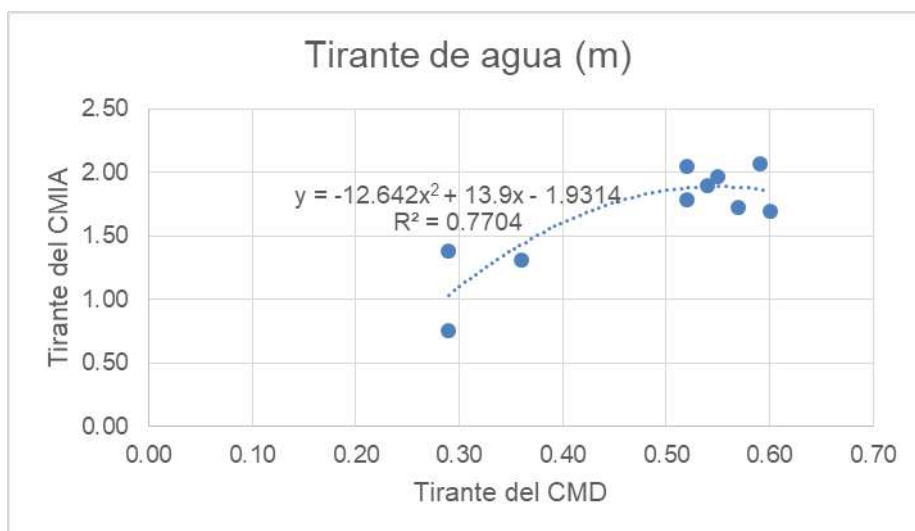


Figura 7. Curva de regresión polinómica, tirante de agua

De la estadística de regresión se obtuvo que el coeficiente correlación múltiple fue 0.845 el cual señala una relación muy alta directa entre el tirante del caudal medio diario y el tirante del caudal máximo instantáneo anual, el coeficiente de determinación R^2 fue 0.714 y el coeficiente de determinación de la regresión polinómica fue 0.770. Respecto al análisis de varianza, el valor crítico de F fue 0.002 el cual es menor a 0.05 (nivel de confianza) señala aceptar la hipótesis nula de que la relación entre el tirante medio diario y el tirante máximo instantáneo anual es directa.

4.2.2. Área de sección

Las hipótesis que se plantearon fueron.

H0: La relación entre el área de sección medio diario y el área de sección máximo anual es directa

H1: La relación entre el área de sección medio diario y el área de sección máximo anual no es directa

Las siguientes tablas muestran la estadística de regresión y análisis de varianza de la prueba de correlación, así mismo se muestra el gráfico de la relación entre área de sección medio diario y máximo anual con la función que más se ajusta a la distribución de los datos.

Tabla 14. Estadística de regresión, área de sección

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.168
Coefficiente de determinación R^2	0.028
R^2 ajustado	-0.093
Error típico	9.618
Observaciones	10.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Análisis de varianza, área de sección

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	21.563	21.563	0.233	0.642
Residuos	8	740.058	92.507		
Total	9	761.622			

Fuente: Elaboración propia

De la estadística de regresión se obtuvo que el coeficiente correlación múltiple fue 0.168 el cual señala una relación muy baja entre el área de sección del caudal medio diario y el área de sección del caudal máximo instantáneo anual, el coeficiente de determinación R^2 fue 0.028. En cuanto al análisis de varianza el valor crítico de F fue 0.642 mayor a 0.05 (nivel de significancia) que señala rechazar la relación entre el área de sección medio diario y el área de sección máximo anual.

4.2.3. Radio hidráulico

Las hipótesis que se plantearon fueron.

H0: El radio hidráulico en el caudal medio diario es igual al tirante del caudal máximo instantáneo anual.

H1: El radio hidráulico en el caudal medio diario es diferente al tirante del caudal máximo instantáneo anual.

En las tablas se muestran la estadística de regresión y el análisis de varianza de la correlación de Pearson, así como también se presenta el gráfico con la función que más se ajusta a la distribución de los datos.

Tabla 16. Estadística de regresión, radio hidráulico

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.141
Coefficiente de determinación R ²	0.020
R ² ajustado	-0.103
Error típico	0.591
Observaciones	10.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Análisis de varianza, radio hidráulico

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0.057	0.057	0.162	0.697
Residuos	8	2.794	0.349		
Total	9	2.851			

Fuente: Elaboración propia

De la estadística de regresión se obtuvo que el coeficiente de correlación múltiple fue 0.141 el cual señala una relación muy baja entre el área de sección del caudal medio diario y el área de sección del caudal máximo instantáneo anual, el coeficiente de determinación R² fue 0.020. Respecto al análisis de varianza el valor crítico de F de 0.697 mayor a 0.05 (nivel de significancia) que señala rechazar la relación entre el radio hidráulico medio diario y el radio hidráulico máximo instantáneo anual.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados

Para determinar el caudal máximo instantáneo anual del río Cunas, se empleó el método racional el cual se encuentra asociado a la precipitación de la zona de estudio. El método racional, requirió de la información de la precipitación máxima diaria el cual se obtuvo de la estación Huayao. Así mismo fue necesario conocer el área de la subcuenca, longitud del cauce, pendiente del cauce y número de curva el cual está asociado al uso de tierra. El área de la subcuenca considerado fue 1750 Km², la longitud del cauce fue 101.1 Km, la pendiente del cauce fue 0.010 m/m y el número de curva considerado fue 62 ya que el uso en la zona de estudio es tierra cultivada con tratamiento correspondiente a suelos del grupo A donde el agua se infiltra rápidamente.

Del mismo modo, se debe mencionar que el caudal máximo instantáneo anual de la tabla 4 obtenido fue 20.97 m³/s para el año 2013, por lo que se estimó el caudal del río Cunas para el año 2022 es decir que se proyectó el caudal para

9 años, 10; 25; 50 y 100 años. Los métodos usados para la estimación fueron el método Gumbel y Nash, de los cuales el método Gumbel evidenció valores altos por lo cual se consideraron los valores de este método. Es así que el caudal del río Cunas para el año 2022 fue 51.61 m³/s.

Esta parte de la investigación tiene soporte en el antecedente de Cifuentes (2020) donde se estimaron caudales para diferentes periodos de retorno, además de estimar caudales para el periodo de lluvias (abril a setiembre) y estiaje (octubre a marzo) en las cuencas de la zona centro sur de Chile, y en los que se observó que del año 2011 al 2040 no existe variación de la disponibilidad del recurso, mientras que para los años 2040 a 2070 el volumen de agua disminuirá en un 24% adelantándose el periodo de deshielo. En base a este antecedente en la investigación también se realizó la estimación de caudales para los periodos de retorno de 9; 10; 25; 50 y 100 años por lo que se observó el incremento del caudal en cada periodo de retorno, sin embargo de haber realizado una estimación anual se habría observado la variación del caudal del río Cunas ya que dicha variación puede tener origen en el cambio climático, la actividad antrópica y otros como el adelantamiento del periodo de deshielo.

Otro antecedente de respaldo es el de García e Infante (2018) donde calculó el caudal máximo para el diseño de defensas ribereñas para un periodo de retorno de 50 años y menciona que el caudal máximo permite un diseño técnico eficiente de defensas ribereñas y además dependen de la información hidrológica de la zona de estudio. De acuerdo a este antecedente en la investigación también se calculó el caudal máximo de la subcuenca del río Cunas con la información hidrológica de precipitación de la estación Huayao, además es posible decir que con la información obtenida se puede incentivar al diseño

de defensas ribereñas aguas arriba del puente La Perla que es donde se sitúa la investigación con la finalidad de proteger el deslizamiento de tierra de ambos márgenes del río.

Referente al caudal medio diario, este se obtuvo con las mediciones diarias que se realizaron aguas arriba del puente La Perla el cual se realizó en tramos de 50 m cada uno haciendo un total de 450 m. Las mediciones se realizaron en el mismo lugar de donde se obtuvo el tirante, velocidad, área mojada y caudal del río Cunas.

De acuerdo con el antecedente de Herencia y Carrera (2019) donde estimaron los caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras, el caudal obtenido por ecuaciones sintéticas (caudal medio) fueron $10.032 \text{ m}^3/\text{s}$ y $10.010 \text{ m}^3/\text{s}$ mientras que el caudal obtenido por el método racional (caudal máximo) fue $9.42 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de 42 comprendido entre los años 1966 al 2008; por lo que concluyen en que es fundamental estimar los caudales máximos para definir la localización, extensión y dimensionamiento de infraestructuras. Es así que este antecedente también sirve de respaldo a la investigación, ya que también se realizaron las estimaciones del caudal del río Cunas con información histórica de precipitación para el caudal máximo y para el caudal medio diario se realizaron las mediciones en campo es decir en un tramo de 450 m aguas arriba del puente La Perla.

Del mismo modo se debe mencionar que el caudal máximo instantáneo anual obtenido fue $51.61 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal medio diario obtenido fue $5.71 \text{ m}^3/\text{s}$, observándose que el caudal calculado máximo calculado por el método racional es 9.0385 veces mayor al caudal obtenido de las mediciones diarias. Por lo cual es posible mencionar que el caudal máximo anual es fundamental para un diseño

eficiente de defensas ribereñas, tal como lo menciona el antecedente de (García et al. 2018).

5.1.1. Tirante de agua

De acuerdo con los resultados de este primer objetivo específico, la tabla del apartado 4.1.1., muestra el tirante de agua para el caudal medio diario y para el caudal máximo instantáneo anual en el puente La Perla en la que se puede observar que el tirante de agua por caudal medio diario es inferior al tirante por caudal máximo instantáneo. Deduciendo que el tirante del caudal máximo anual es 3.45 veces mayor que el tirante medido para el caudal máximo diario.

Así mismo en la figura 4 se puede apreciar la representación gráfica de los tirantes para el caudal medio diario y para el caudal máximo anual, donde se puede apreciar que el tirante de agua en la progresiva 0+000 para cada caudal analizado son cercanos y esto se debe a que en esta progresiva se encuentra el puente La Perla.

Es así que se realizó la prueba de hipótesis para determinar la relación entre el tirante del caudal medio diario y el tirante del caudal máximo instantáneo anual.

Cabe resaltar que se realizó la correlación de Pearson para determinar la relación, donde el coeficiente correlación múltiple fue 0.845 que señala una correlación alta directa entre los tirantes de ambos caudales analizados, el coeficiente de determinación R^2 fue 0.714 de la estadística de regresión mientras que el valor de R^2 de la curva de regresión polinómica fue 0.770. En concordancia con el antecedente de Callañaupa (2019) la gran variación o fluctuación de valores afecta en la toma de decisiones ya que al tener un valor cercano del caudal de diseño se evita el colapso de la infraestructura y a la vez

se realizan gastos innecesarios en el sobrecosto de la obra, así mismo menciona que los caudales promedio diarios y mensuales son engañosos al momento de diseñar infraestructuras hídricas ya que dichos valores no reflejan el verdadero comportamiento del río a diferencia del cálculo del caudal máximo anual.

5.1.2. Rugosidad

Referente a la rugosidad del río Cunas, este se calculó en base a la tabla de Cowan de acuerdo con el manual de hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La tabla de Cowan permite determinar el coeficiente de rugosidad según la superficie del canal o material involucrado en la sección, irregularidad, variación de la sección, efecto de obstrucción, vegetación e intensidad de meandros (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

La superficie del canal o material involucrado puede ser tierra, roca, grava fina o grava gruesa; en la investigación se consideró la superficie del río la grava gruesa que le correspondió el valor de 0.028 para n_0 . La irregularidad puede ser suave, menor, moderada, severa; para el río Cunas se consideró una irregularidad moderada que le correspondió el valor de 0.010 para n_1 . La variación de la sección puede ser gradual, ocasional y frecuente; para el tramo del río Cunas aguas arriba del puente La Perla se consideró una variación gradual con un valor de 0.00 para n_2 . El efecto de obstrucción puede ser despreciable, menor, apreciable y severo; en el tramo de estudio del río Cunas se consideró una obstrucción menor que le corresponde los valores entre 0.010 y 0.015 para n_3 . La vegetación puede ser bajo, medio, alto y muy alto; para el río Cunas, se consideró una vegetación baja cuyos valores fueron 0.005 y 0.010 para n_4 . Por último la intensidad de meandros puede ser menor, apreciable y

severo; para el río Cunas se consideró una intensidad de meandros menor que le corresponde un valor de 1.000 para m_5 . De acuerdo a los valores descritos, se pudo calcular el coeficiente de rugosidad del río Cunas, el cual fue 0.053.

5.1.3. Área de sección

De acuerdo con los resultados de este tercer objetivo específico, la tabla 10 del apartado 4.1.3.; muestra el área mojada del caudal medio diario para el cual se realizaron mediciones en campo, también muestra el área mojada que se obtuvo con el caudal máximo instantáneo anual el cual se pudo obtener por medio de la simulación del tramo del río Cunas en el programa HECRAS. Analizando la tabla 9, se obtiene que el área mojada del caudal máximo instantáneo anual es 5.47 veces mayor que el área mojada del caudal medio diario.

En la figura 5 se muestra la representación gráfica del área mojada para un caudal medio diario y para un caudal máximo anual, en el cual se puede apreciar que el área mojada máxima anual del río en el tramo de estudio es mayor al área mojada media diaria.

Posteriormente se realizó la prueba de hipótesis para comprobar la relación entre el área mojada media diaria y el área mojada máxima anual. Para la prueba de hipótesis se realizó la correlación de Pearson.

De la prueba de hipótesis se obtuvo que el coeficiente de correlación múltiple fue 0.168 el cual indica una correlación muy baja entre el área mojada media diaria y el área mojada máxima instantánea anual, el coeficiente de determinación R^2 fue 0.028 a diferencia de la curva de regresión con la función polinómica donde el valor de R^2 fue 0.098 los cuales son valores bajos para expresar la relación. En cuanto al análisis de varianza, el valor crítico de F fue

0.642 el cual es mayor a 0.05 (valor de significancia) que señala rechazar la relación entre el área de sección o mojada media diaria y el área mojada máxima instantánea anual.

De acuerdo con el antecedente de Callañaupa (2019) donde menciona que los caudales promedios mensuales y diarios son dudosos cuando se requiere diseñar infraestructura hidráulica ya que dichos valores no reflejan el comportamiento real de un río, por lo que se debe considerar el cálculo del caudal máximo anual que incluye las condiciones de precipitación de la zona de estudio así como otros aspectos hidrológicos como la longitud del cauce, pendiente del cauce, rugosidad del cauce, entre otros.

5.1.4. Radio hidráulico

Conforme a los resultados del cuarto objetivo específico, la tabla 11 del apartado 4.1.4., muestra el radio hidráulico del caudal medio diario y caudal máximo instantáneo. Cabe mencionar que el radio hidráulico para los caudales analizados se calculó con la fórmula de Manning. Analizando la tabla, se obtuvo que el radio hidráulico máximo instantáneo anual es 5.68 veces mayor al radio hidráulico medio diario obtenido de las mediciones de tirante, velocidad y área aguas arriba del puente La Perla.

Así mismo, en la figura 6 se puede apreciar la representación gráfica del radio hidráulico para el caudal medio diario y para el caudal máximo instantáneo anual, en la cual se puede apreciar que la línea de color azul representa el radio hidráulico del caudal medio diario cuyas dimensiones son menores a las de la línea de color celeste que representa el radio hidráulico del caudal máximo instantáneo anual.

Del mismo modo, es necesario mencionar que el radio hidráulico es la relación entre el área hidráulica y el perímetro mojada del cauce de un río, así mismo es utilizado para medir el efecto de la forma del canal (Estrada, 2013). También se debe mencionar que el radio hidráulico depende de la forma de un canal, pero principalmente del tamaño (Sánchez, 2017); por lo que es posible decir que a mayor tamaño de cauce mayor será el radio hidráulico lo cual que comprobado con los cálculos para el caudal medio diario y para el caudal máximo anual.

Posteriormente se realizó la prueba de hipótesis para comprobar la relación entre el radio hidráulico medio diario y el radio hidráulico máximo anual. Cabe resaltar que para la prueba de hipótesis se realizó la correlación de Pearson.

De la prueba de hipótesis se obtuvo que el coeficiente de correlación múltiple fue 0.141 el cual señala una correlación muy baja entre el radio hidráulico medio diario y el radio hidráulico máximo instantáneo anual, el coeficiente de determinación R^2 fue 0.020 a diferencia de la curva de regresión con la función polinómica donde el valor de R^2 fue 0.161 los cuales son valores bajos para expresar la relación. Referente al análisis de varianza, el valor crítico de F fue 0.697 el cual es mayor a 0.05 (valor de significancia) que indica rechazar la relación entre el radio hidráulico medio diario y el radio hidráulico máximo instantáneo anual.

Conforme con el antecedente de Callañaupa (2019) en el cual menciona que los caudales promedios mensuales y diarios son dudosos cuando es necesario el diseño de infraestructuras hidráulicas ya que los valores no reflejan el verdadero comportamiento de un río, por lo que se debe considerar el cálculo

del caudal máximo anual de un río que incluye las características de hidrológicas del río.

CONCLUSIONES

- Referente al primer objetivo específico, se concluye que existe relación entre el tirante medio diario y el tirante máximo instantáneo anual, ya que el coeficiente de correlación múltiple fue 0.845 el cual señala una relación muy alta directa entre el tirante del caudal medio diario y del caudal máximo instantáneo anual.
- Referente a la rugosidad del río Cunas, se concluye que esta es la misma para el caudal medio diario como para el caudal máximo instantáneo anual ya que se empleó la tabla de Cowan para determinar la rugosidad del río Cunas el cual fue 0.053.
- En cuanto al tercer objetivo específico, se concluye que existe relación entre el área mojada media diaria y el área mojada máxima instantánea anual, a pesar de tener una baja correlación que además evidenció gran variación del área mojada medido en campo que hace referencia al caudal medio diario y entre área mojada obtenido de la simulación.
- En cuanto al cuarto objetivo específico, se concluye que existe relación entre el radio hidráulico medio diario y el radio máximo instantáneo anual, a pesar de presentar una baja correlación; además de evidenciar una gran variación entre el radio hidráulico medio diario y el radio hidráulico máximo anual.
- De forma general se concluye que no existe relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo instantáneo anual ya que haciendo un análisis el caudal máximo instantáneo es el 803.69% mayor que el caudal medio

diario analizado. No obstante se pudo corroborar la relación para el tirante de agua, área de sección y radio hidráulico.

RECOMENDACIONES

- Para el primer objetivo específico, se recomienda realizar las mediciones in situ con precisión para tener datos precisos, así mismo se recomienda tomar precauciones en la toma de datos dentro del río Cunas para evitar accidentes y pérdidas.
- Para el segundo objetivo específico sobre la rugosidad del río Cunas, se recomienda considerar rugosidades diferentes por cada tramo de estudio que presente alguna variación de los factores que implica la tabla de Cowan, con la finalidad de acercarse a la realidad ya que la rugosidad del río Cunas varía según la altitud que atraviesa su recorrido.
- Para el tercer objetivo específico, se recomienda considerar la medición exacta del caudal y altura de tirante de un limnígrafo cercano al lugar de estudio para así poder obtener una variación menor de área mojada para el caudal medio diario y para el caudal máximo anual.
- Para el cuarto objetivo específico, también se recomienda considerar la medición exacta del caudal incluyendo la medida del perímetro mojado en el área de estudio del río Cunas para así poder obtener menor variación del radio hidráulico, ya que es el mismo lugar de estudio y las mediciones han de ser similares.
- De forma general, se recomienda realizar mediciones precisas en campo para tener datos e información cercanos a la realidad. Así mismo se puede utilizar la información de esta investigación ya que puede servir de referencia en otras investigaciones donde se pretenda desarrollar

infraestructura hidráulica como defensas ribereñas ya que la estimación de caudales máximos influye en el diseño de infraestructura hidráulica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, J. (2012). Hipótesis, método y diseño de investigación. *International Journal of Good Conscience*, 187-197.
- Ariztizábal, V., Botero, B., & Vélez, J. (2014). *Manual de hidrología para obras viales basado en el uso de sistemas de información geográfica*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia: Pearson Educación.
- Callañaupa, O. (2019). *Medición de caudales máximos en los ríos Chancay y Piura y su influencia en el dimensionamiento e estructuras hidráulicas*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Carvajal, L. (2017). Análisis de caudales. Obtenido de <https://docplayer.es/32738620-Analisis-de-caudales-ii-profesor-luis-fernando-carvajal.html>
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. Colombia: McGraw-Hill.
- Cifuentes, D. (2020). *Automatización de las estimaciones de caudales de crecidas para diferentes periodos de retorno*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Colladón, M., & Caamaño, G. (2009). *Procedimientos geométricos de identificación*. Obtenido de [http://irhfce.unse.edu.ar/Rios2009/CD/TC/E/TC_E01_Colladon_Umbrales%](http://irhfce.unse.edu.ar/Rios2009/CD/TC/E/TC_E01_Colladon_Umbrales%20)
- Condori, P. (2020). Niveles de investigación.
- Corantioquía. (2014). Medición del caudal. En *Manual Piragüero*. Medellín, Colombia: Programa Integral Red Agua.
- Custodio, M., & Pantoja, R. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 2(2), 130 - 137. doi:DOI: <https://doi.org/10.18259/acs.2012015>
- DIGESA, M. d. (2008). Río Cunas y Afluentes 2008. Junín, Perú.
- Espinoza, C. (2014). *Metodología de investigación tecnológica*. Huancayo, Perú: Ciro Espinoza Montes.

- Espinoza, F., Olgún, G., & Leyva, F. (2015). Diseño y construcción de un limnógrafo electrónico. *Pistas Educativas*, 36(112).
- Estrada, G. (2013). *Laboratorio de hidráulica de canales*. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Fernández, V. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu Emprendedor TES*, 65-76.
- García, A., & Infante, F. (2018). *Determinación del caudal máximo para diseños de defensas ribereñas del sector Tamarindo – río Tumbes 2018*. Tumbes, Perú: Universidad Nacional de Tumbes.
- García, R. (2006). *Desarrollo de una metodología para la medición de la rugosidad superficial del suelo*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Gudmunsson, L., Boulange, J., Hong, X., Do, S., Gosling, N., Manolis, G., . . . Zhao, F. (2021). Globally observed trends in mean and extreme river flow attributed to climate change. *Science*, 371(6534), 1159 - 1162. doi:www.10.1126/science. aba3996
- Herencia, B., & Carrera, C. (2019). Estimación caudales medios y máximos de la cuenca del río Checras mediante ecuaciones sintéticas y racionales. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 22(44), 15-24.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McFraw-Hill.
- Hernández, V., & Nélica, C. (2018). Ríos y su territorio. Espacio de libertad. Un concepto de gestión. *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/721/72157132006/72157132006.pdf>
- Jimenez, R. (2010). Problema científico, población y muestra. Revisión de conceptos y ejemplo. *Revista cubana de cardiología y cirugía cardiovascular*, 12(2).
- Lauro, C., Vich, A., Moreira, S., Bastidas, L., Otta, S., & Vaccarino, E. (2021). Regionalización del caudal máximo anual en cuencas del sistema hidrográfico del río Colorado, Argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*(47). doi:10.18172
- Lux, B. (2016). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas.
- Mejía, E. (2005). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Mejía, E., & Rosas, G. (2016). *Cálculo de la velocidad media y el caudal con base en la velocidad superficial del agua en pequeñas corrientes*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Mendez, W., Córdova, J., & Bravo de Guenni, L. (2015). Modelos predictivos de caudales máximos instantáneos para cuencas de drenaje de ambientes montañosos, sustentados en parámetros morfométricos. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad de Zulia*, 38(3).
- Ministerio de Energía y Minas. (2017). Anexo III: Manual de monitoreo. En *Catálogo de Medidas Ambientales en el marco del IGAFOM* (págs. 3-16). Dirección General de Formalización Minera - MINEM.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Montes, J., Álvarez, M., Pertierra, L., Moralo, J., & Baztán, J. (2018). Análisis regional de frecuencia de avenidas en la vertiente cantábrica y noratlántica de España. *Ingeniería del agua*(22), 93-107. doi:10.4995
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Oficina Nacional del Agua y de los Medios Acuáticos en Francia. (13 de 07 de 2018). *Glossaire*. Obtenido de Caudal medio diario: <http://www.glossaire-eau.fr/es/concept/caudal-medio-diario>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). *Capítulo 4 - Caudal*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/t0848s/t0848s06.htm>
- Pérez, G., Rodríguez, J., Caballero, J., Angel, J., & Molina, J. (2021). *Manual de prácticas Hidráulica de canales 5o semestre*. Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Rabasa, G. (2 de noviembre de 2016). *IAGUA*. Obtenido de Las curvas de gasto en las estaciones de aforo: Limnímetros y aforos directos: <https://www.iagua.es/blogs/conoce-che-y-gestion-agua/curvas-gasto-estaciones-aforo-limnimitros-y-aforos-directos>
- Rodríguez, I. (2019). Implementación de estaciones hidrometeorológicas automáticas. Lima, Perú: Gerencia de Desarrollo e Investigación - SEDAPAL.

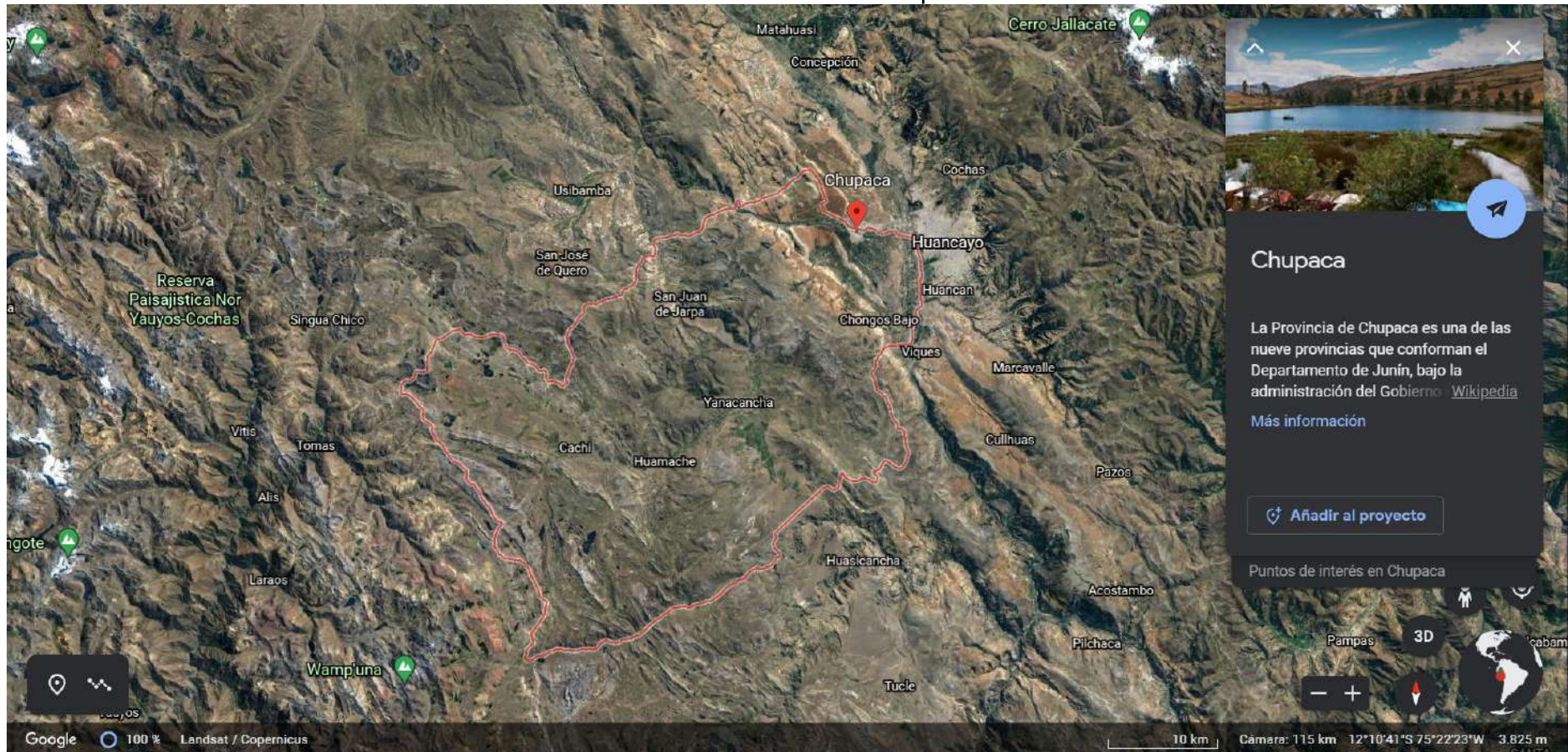
- Rodríguez, K. (2012). Investigación cuantitativa: diseño, técnicas, muestreo y análisis cuantitativo. En K. Rodríguez, *Metodología para investigaciones de alto impacto en las ciencias sociales* (págs. 153-279). Madrid, España: DYKINSON.
- Salinas, P., & Cárdenas, M. (2009). *Métodos de investigación social*. Quito, Ecuador: Quipus.
- Sánchez, J. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.
- Sanhueza, P. (2020). *Determinación de caudales de diseño en cuencas nivopluvial de Chile central en régimen natural, Aplicación de la fórmula de Verni-King usando información grillada de precipitación diaria*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.
- Sarango, D., Velásquez, T., Rozas, G., & Gástelo, J. (2017). "Estudio de máximas avenidas para la protección de zonas de posible inundación ubicada en el tramo La Oroya – 40 Km aguas abajo Cuenca del Río Mantaro. *Revista del Instituto de Investigación, FIGMMG - UNMSM*, 20(39), 27 - 38.
- Toro, F. (2016). Capítulo 7. En *Análisis de caudales*.

ANEXOS

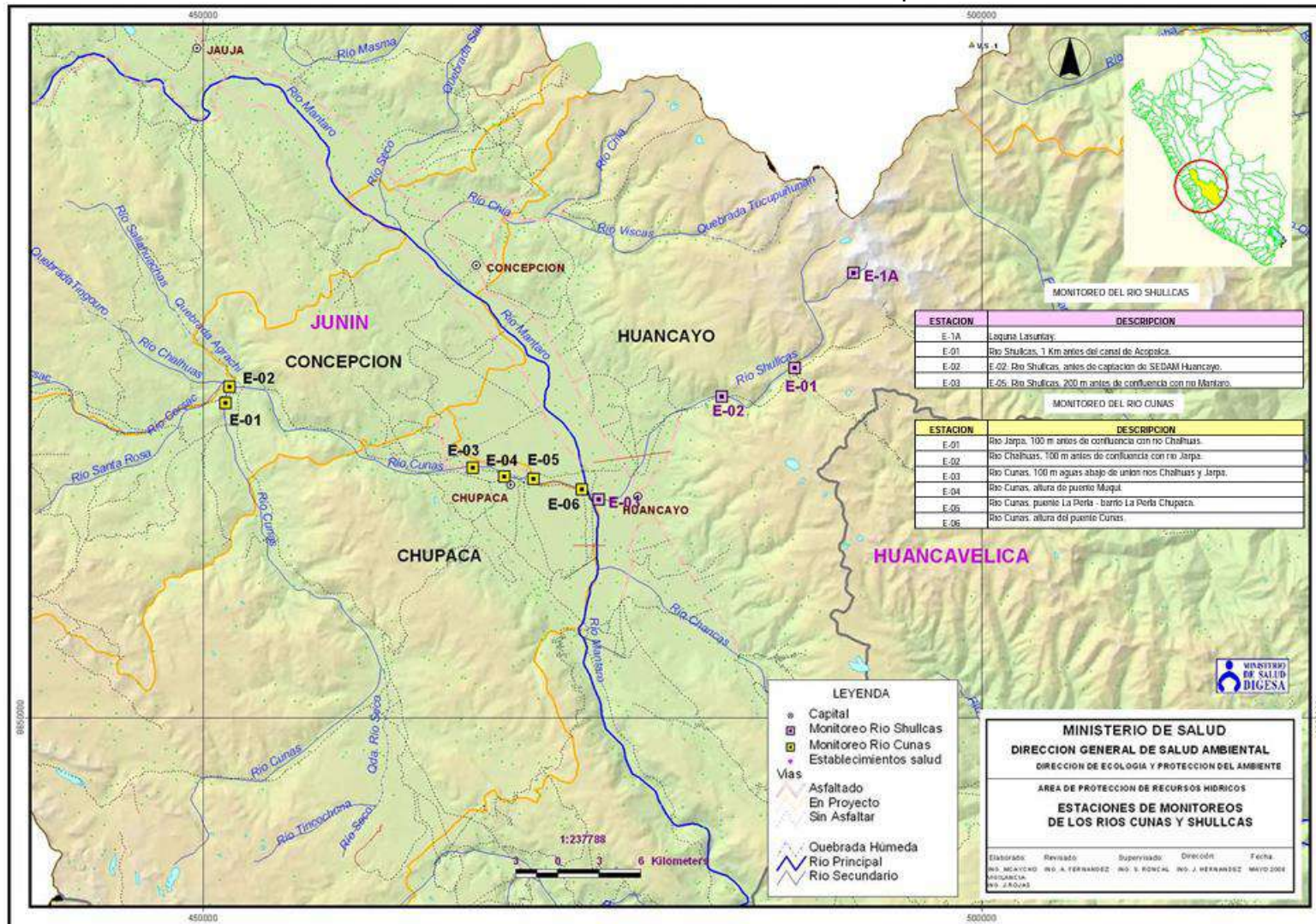
Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general: ¿Cuál es la relación entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021?</p>	<p>Objetivo general: Determinar la relación entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021.</p>	<p>Antecedente internacional: Según Cifuentes (2020) para optar el título de Magíster en Ciencias de la Ingeniería con mención en Ingeniero civil sustentó la tesis "Automatización de las estimaciones de caudales de crecidas para diferentes periodos de retorno". El objetivo general fue, proponer un método rápido y efectivo para la automatización de las estimaciones de caudales de crecida para diferentes periodos de retorno. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo delimitada por las cuencas Mataquito, Maule, Biobío, Itata, Imperial y Toltén pertenecientes a la zona centro sur de Chile. Llegó a la conclusión de que, se generó una clasificación preliminar de 5 grupos homogéneos de cuencas donantes de información, cada grupo presenta similitud en la distribución de sus registros de caudales de crecida, siendo posible proponer relaciones matemáticas tanto para las estimaciones de caudales para diferentes periodos de retorno, como para la clasificación de cuencas sin información hidrológica, presentando un fundamento hidrológico potente.</p>	<p>Hipótesis general: Existe una relación directa entre caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021.</p>	<p>Variable 1: Caudal medio diario</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tirante de agua • Rugosidad • Área de sección • Radio hidráulico 	<p>Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo-Correlacional Diseño: No experimental</p>
<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la relación entre el tirante de agua en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021? • ¿Cuál es la relación entre la rugosidad en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021? • ¿Cuál es la relación entre el área de sección en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021? • ¿Cuál es la relación entre el radio hidráulico en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la relación entre el tirante de agua en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021. • Determinar la relación entre la rugosidad en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021. • Determinar la relación entre el área de sección en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021. • Determinar la relación entre el radio hidráulico en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021. 	<p>Antecedente nacional: Según Callañaupa (2019) para optar el título profesional de Ingeniero civil sustentó la tesis "Medición de caudales máximos en los ríos Chancay y Piura y su influencia en el dimensionamiento de estructuras hidráulicas". El objetivo general fue, mostrar la diferencia entre el caudal máximo diario anual y el caudal anual máximo instantáneo. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población y muestra estuvieron delimitadas por la estación Sánchez Cerro perteneciente al río Piura y la estación Racarumi del río Chancay. Llegó a la conclusión de que, las relaciones de caudal máximo instantáneo y caudal máximo diario en el río Piura y el río Chancay se encuentran dentro del rango estimado, sin embargo, existe una gran fluctuación de valores y eso complica la estadística a la hora de decidir los caudales de diseño pues, mientras más cercano sea el caudal de diseño al valor óptimo no solo se evitará el colapso de la estructura en eventos extremos sino también un gasto innecesario en el sobrecosto de la obra.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existe una relación proporcional entre el tirante de agua en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021. • Existe una relación entre la rugosidad en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021. • Existe una relación entre el área de sección en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021 • Existe una relación entre el radio hidráulico en el caudal medio diario y caudal máximo instantáneo anual del río Cunas en el puente La Perla, Chupaca - 2021. 	<p>Variable 2: Caudal máximo instantáneo anual</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Caudal máximo en un año 	<p>Población: Compuesta por todas las estaciones de monitoreo del río Cunas, pertenecientes a la provincia de Chupaca, Junín.</p> <p>Muestra: No probabilística y delimitada por la estación de monitoreo del río Cunas ubicada en el puente La Perla, barrio La Perla en la provincia de Chupaca, Junín.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Observación directa, recopilación de datos históricos, análisis de documentos y trabajo en gabinete</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos: Microsoft Excel y SPSS</p>
		<p>Marco teórico referencial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caudal medio diario • Caudal máximo instantáneo anual • Métodos de medición del caudal • Variables que afectan el caudal • Estaciones de monitoreo • Características de la subcuenca del río Cunas 			

Anexo 2: Provincia de Chupaca



Anexo 3: Estaciones de monitoreo en Chupaca



Anexo 4: Precipitación máxima diaria, estación Huayao

Precipitación máxima diaria

N°	Año	Precipitación máxima diaria												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	PP máx.24h
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	1994	17.9	21.6	12.4	16.5	5.1	1.5	0.6	4.2	13.9	15.1	11.9	18.3	21.6
2	1995	13.8	28	16.5	6.8	19.9	2	4.8	9.7	12.7	20.8	15	22.8	28.0
3	1996	26.2	16	11.7	21.1	3.3	0.8	0	5.6	5.9	16	9.4	12.5	26.2
4	1997	13	22.6	12.7	12.7	1.3	0.3	1	7.1	14	7.7	12.2	29.5	29.5
5	1998	18.8	21.3	8.9	25.7	1.8	2.1	0	14.5	23.1	19.3	11.2	8.7	25.7
6	1999	18.8	27.7	14.5	12.9	3.3	15.8	5.8	3	12.7	16.5	21.6	11.2	27.7
7	2000	14.5	17.7	24.2	7.1	4.1	1.3	5.1	8.4	7.8	17.1	8.9	19.6	24.2
8	2001	24.9	16.5	17.5	12.2	5.8	1.5	7.2	1.5	17.2	20.3	13.8	29.2	29.2
9	2002	25.1	30.3	23.9	5.8	2.5	2.5	8.9	9.1	21.9	18.3	22.8	25.4	30.3
10	2003	14.7	26.4	25.7	21.8	7.6	2.3	1	11.9	6.7	7.4	19.3	16.8	26.4
11	2004	9.9	37.6	15.5	8.6	5.5	4.9	5.5	2.8	9.7	6.9	21.1	12.2	37.6
12	2005	22.4	13.3	16.6	12.1	6.9	0.4	3.1	2.3	7.6	26.2	20.2	13.9	26.2
13	2006	26.2	14.9	15.5	4.8	1.2	3.5	31.9	3.3	12.9	13.3	9.7	19	31.9
14	2007	32.4	6.5	16	17.3	9	0	0.8	1.3	5.8	17.7	18.4	19.6	32.4
15	2008	17.9	12.4	12.6	13.3	2.8	9.1	4.8	11.7	11.5	18.3	10.1	17.6	18.3
16	2009	23.3	16.7	32.3	40.7	6.2	6.1	3.2	25.6	13.5	6.4	14.5	34.9	40.7
17	2010	25.8	24	25.4	27.1	0.8	3.4	4.8	0.8	3.3	13.5	4	19.8	27.1
18	2011	21.2	36.5	27	20.5	13.8	0	1.9	1.3	16.3	18.1	17	20.6	36.5
19	2012	16.3	23.4	0	17.4	10.3	7.3	0.4	0	6.6	9.6	22.4	22.8	23.4
20	2013	14.2	11.3	11.74	10.1	8.5	3.1	0.6	3.7	9.8	11.9	14.5	24.5	24.5

Anexo 5: Estimación del caudal, método Gumbel y Nash

1. Método Gumbel

N°	Año	PP máx.24h	Q	Q2
		mm	Caudal	
1	1994	21.6	27.55	759.03
2	1995	28.0	10.17	103.43
3	1996	26.2	16.11	259.56
4	1997	29.5	4.61	21.25
5	1998	25.7	17.62	310.38
6	1999	27.7	11.22	125.80
7	2000	24.2	21.76	473.34
8	2001	29.2	5.77	33.25
9	2002	30.3	1.42	2.02
10	2003	26.4	15.49	239.96
11	2004	37.6	34.54	1192.84
12	2005	26.2	16.11	259.56
13	2006	31.9	5.41	29.26
14	2007	32.4	7.67	58.80
15	2008	18.3	32.30	1043.56
16	2009	40.7	53.39	2850.22
17	2010	27.1	13.24	175.33
18	2011	36.5	28.35	803.65
19	2012	23.4	23.73	562.99
20	2013	24.5	20.97	439.94
		Sumatorias	367.42	9744.19

- Cálculo de Qm:

$$Q_m = 18.37$$

- Cálculo de la desviación estándar de los Caudales

$$\sigma_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N q_i^2 - Nq_m^2}{N-1}}$$

$$\sum q^2 = 9,744.19$$

$$N = 20$$

$$\sigma_q = 12.55$$

- Cálculo de los coeficientes, para 20 años

N	Y_N	σ_N
20	0.5236	1.0628

- Cálculo del caudal máximo

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_m - \frac{\sigma_q}{\sigma_N} (\bar{Y}_N - \ln T)$$

■ Cálculo de caudales máximos para diferentes T:

$Q_{\text{máx}}(9a) =$	38.14	m ³ /s
$Q_{\text{máx}}(10a) =$	39.38	m ³ /s
$Q_{\text{máx}}(25a) =$	50.21	m ³ /s
$Q_{\text{máx}}(50a) =$	58.39	m ³ /s
$Q_{\text{máx}}(100a) =$	66.58	m ³ /s

■ Cálculo de ϕ

$$\phi = 1 - \frac{1}{T}$$

ϕ (9 años) =	0.9
ϕ (10 años) =	0.9
ϕ (25 años) =	0.96
ϕ (50 años) =	0.98
ϕ (100 años) =	0.99

ϕ	$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$
0.90	(3.1639)
0.95	(4.4721)
0.98	(7.0710)
0.99	(10.000)

$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$	T=9	3.1639
$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$	T=10	3.1639
$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$	T=25	5.3384
$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$	T=50	7.0710
$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$	T=100	10.000

■ Cálculo de intervalo de confianza

$$\phi > 0.90$$

$$\Delta Q = \pm \frac{1.14 \sigma_Q}{\sigma_N}$$

$$\Delta Q = 13.47 \text{ m}^3/\text{s}$$

■ Cálculo del caudal de diseño

$$Q_d = Q_{\text{máx}} \pm \Delta Q$$

Qd(9a) =	51.61 m³/s	Caudal actual
Qd(10a) =	52.85 m³/s	
Qd(25a) =	63.67 m³/s	
Qd(50a) =	71.86 m³/s	
Qd(100a) =	80.05 m³/s	

2. Método Nash

N°	Año	PP máx.24h	Q	Q ordenado de mayor a menor	Q ²	T	T/(T-1)	X	Q*X	X ²
		mm	Caudal							
1	1994	21.6	27.55	49.01	2401.94	21.00	1.05	-1.67	-82.04	2.80
2	1995	28.0	10.17	33.82	1144.10	10.50	1.11	-1.36	-46.06	1.85
3	1996	26.2	16.11	32.10	1030.36	7.00	1.17	-1.17	-37.69	1.38
4	1997	29.5	4.61	31.94	1020.24	5.25	1.24	-1.04	-33.13	1.08
5	1998	25.7	17.62	29.54	872.84	4.20	1.31	-0.93	-27.41	0.86
6	1999	27.7	11.22	23.73	563.32	3.50	1.40	-0.84	-19.82	0.70
7	2000	24.2	21.76	22.55	508.59	3.00	1.50	-0.75	-17.01	0.57
8	2001	29.2	5.77	21.72	471.58	2.63	1.62	-0.68	-14.80	0.46
9	2002	30.3	1.42	20.56	422.62	2.33	1.75	-0.61	-12.63	0.38
10	2003	26.4	15.49	20.23	409.24	2.10	1.91	-0.55	-11.16	0.30
11	2004	37.6	34.54	19.25	370.69	1.91	2.10	-0.49	-9.47	0.24
12	2005	26.2	16.11	19.11	365.27	1.75	2.33	-0.43	-8.30	0.19
13	2006	31.9	5.41	18.63	347.04	1.62	2.63	-0.38	-7.04	0.14
14	2007	32.4	7.67	18.59	345.55	1.50	3.00	-0.32	-5.97	0.10
15	2008	18.3	32.30	16.55	274.04	1.40	3.50	-0.26	-4.38	0.07
16	2009	40.7	53.39	16.36	267.65	1.31	4.20	-0.21	-3.36	0.04
17	2010	27.1	13.24	16.36	267.65	1.24	5.25	-0.14	-2.33	0.02
18	2011	36.5	28.35	15.95	254.53	1.17	7.00	-0.07	-1.17	0.01
19	2012	23.4	23.73	15.12	228.50	1.11	10.50	0.01	0.14	0.00
20	2013	24.5	20.97	14.56	212.12	1.05	21.00	0.12	1.77	0.01
			367.42	455.70	11777.89	75.55	75.55	-11.79	-341.86	11.21

- Cálculo de Qm y Xm

$$Q_m = 18.37$$

$$X_m = -0.59$$

$$N = 20$$

- Cálculo de los parámetros a y b

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N X_i Q_i - N X_m Q_m}{\sum_{i=1}^N X_i^2 - N X_m^2} \quad a = Q_m - b X_m$$

$$X_m = -0.590$$

$$Q_m = 18.371$$

$$X_m^2 = 0.35$$

$$b = -29.3898$$

$$a = 1.0431$$

- Cálculo del caudal máximo

$$Q_{\max} = a + b \log \log \frac{T}{T-1}$$

$$Q_{\max}(9a) = 38.99 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max}(10a) = 40.41 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max}(25a) = 52.51 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max}(50a) = 61.49 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max}(100a) = 70.40 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

■ Cálculo de desviaciones estándar y covarianza

$$S_{xx} = N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2$$

$$S_{qq} = N \sum Q_i^2 - (\sum Q_i)^2$$

$$S_{xq} = N \sum Q_i x_i - (\sum Q_i)(\sum x_i)$$

$$S_{xx} = 85.22$$

$$S_{qq} = 100559.89$$

$$S_{xq} = -1463.66$$

■ Cálculo del intervalo de confianza

$$\Delta Q = \pm t \sqrt{\frac{S_{qq}}{N^2(N-1)} + (X - X_m)^2 \frac{1}{N-2} \frac{1}{S_{xx}} \left(S_{qq} - \frac{S_{xq}^2}{S_{xx}} \right)}$$

$$X(9a) = -1.2911$$

$$X(10a) = -1.3395$$

$$X(25a) = -1.7513$$

$$X(50a) = -2.0568$$

$$X(100a) = -2.3600$$

$$\Delta Q(9a) = 12.2360$$

$$\Delta Q(10a) = 12.7881$$

$$\Delta Q(25a) = 17.8424$$

$$\Delta Q(50a) = 21.8242$$

$$\Delta Q(100a) = 25.8723$$

■ Cálculo de caudal de diseño

$$Q_d = Q_{\max} + \Delta Q$$

$$Q_d(9a) = 51.23 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_d(10a) = 53.20 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_d(25a) = 70.36 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

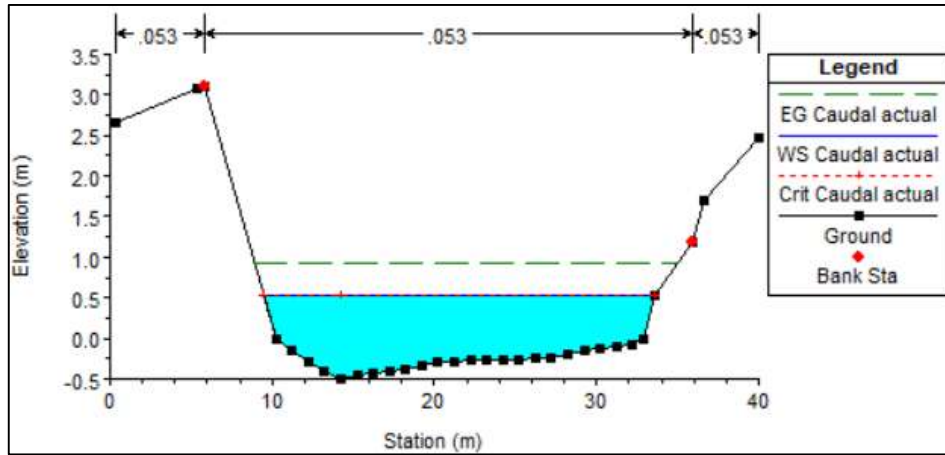
$$Q_d(50a) = 83.32 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_d(100a) = 96.28 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

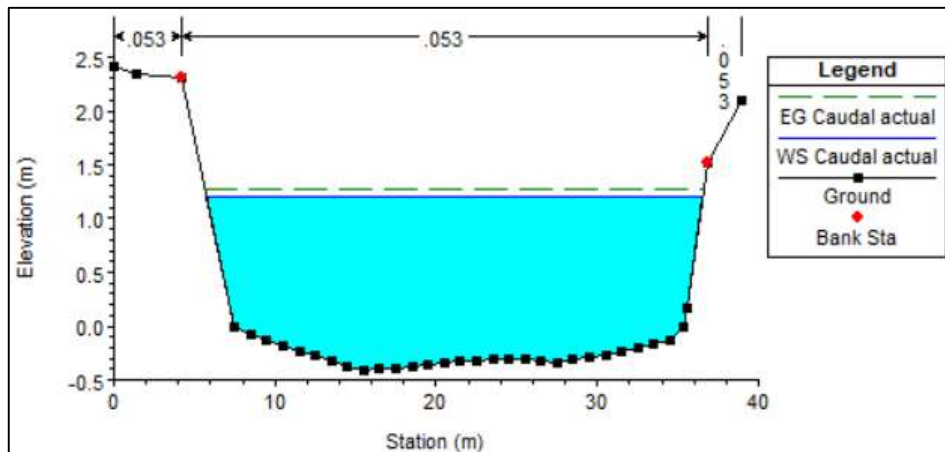
Anexo 6: Simulación en el programa HECRAS

1. Secciones del río Cunas tramo 450 m aguas arriba del puente La Perla

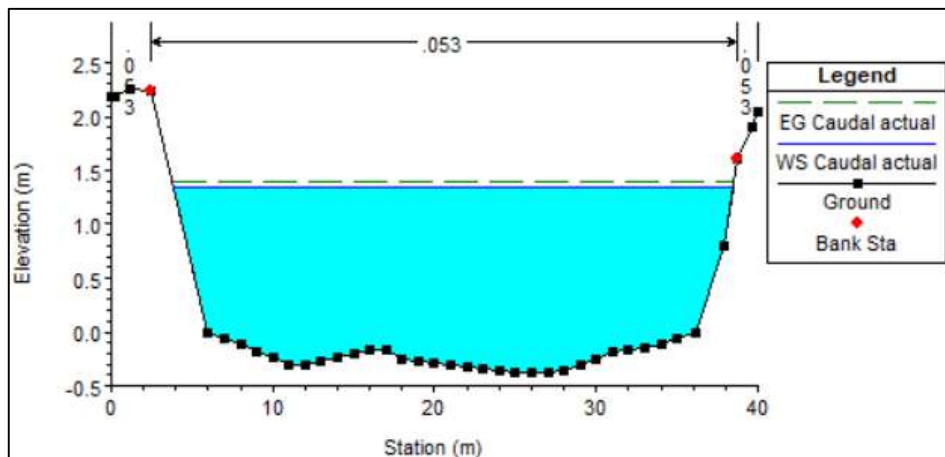
Progresiva 0+000



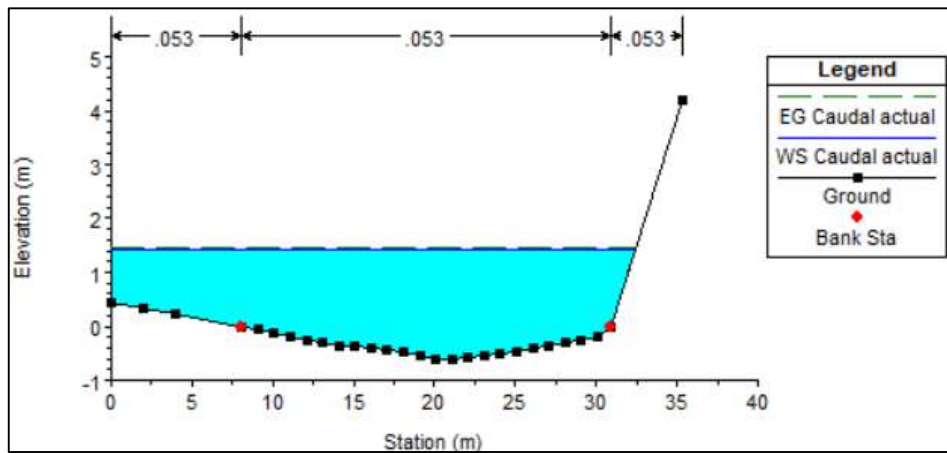
Progresiva 0+050



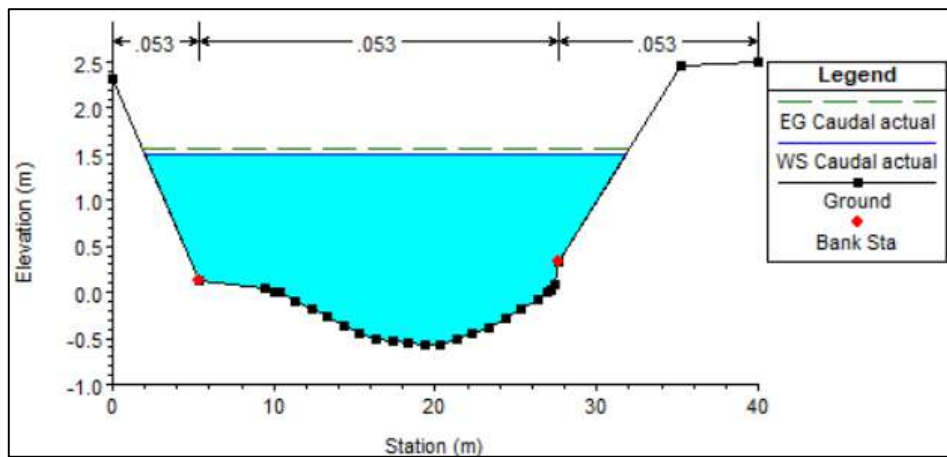
Progresiva 0+100



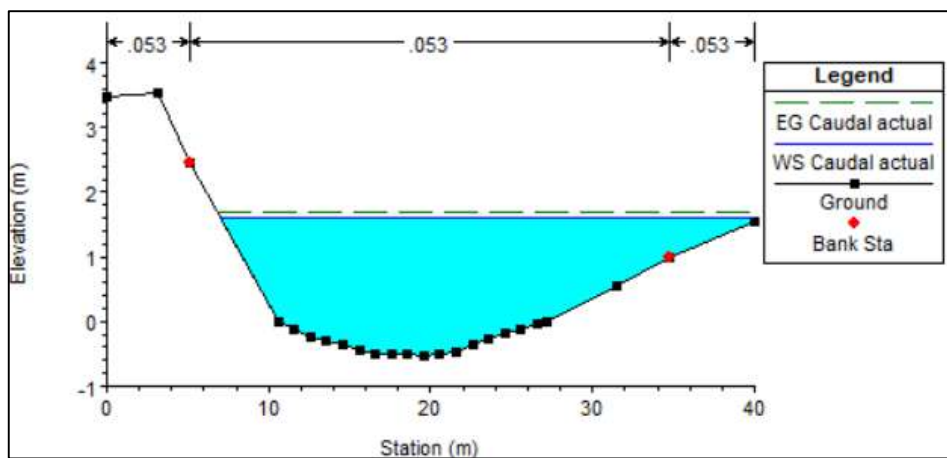
Progresiva 0+150



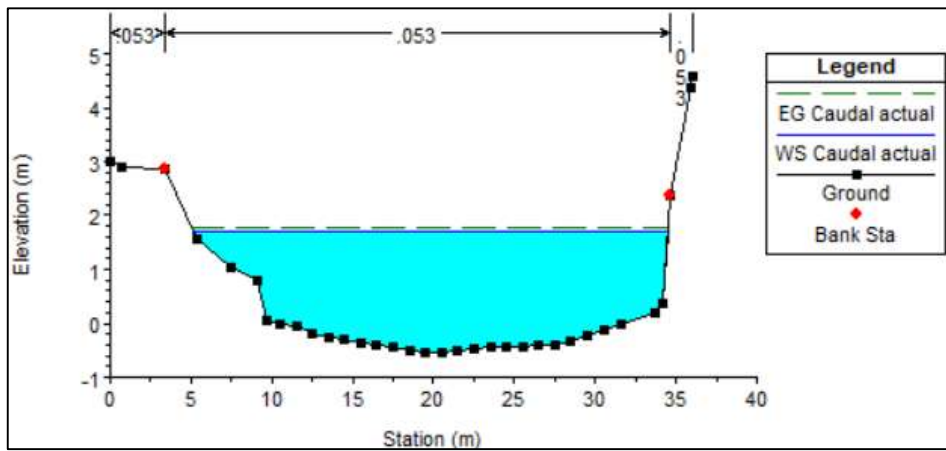
Progresiva 0+200



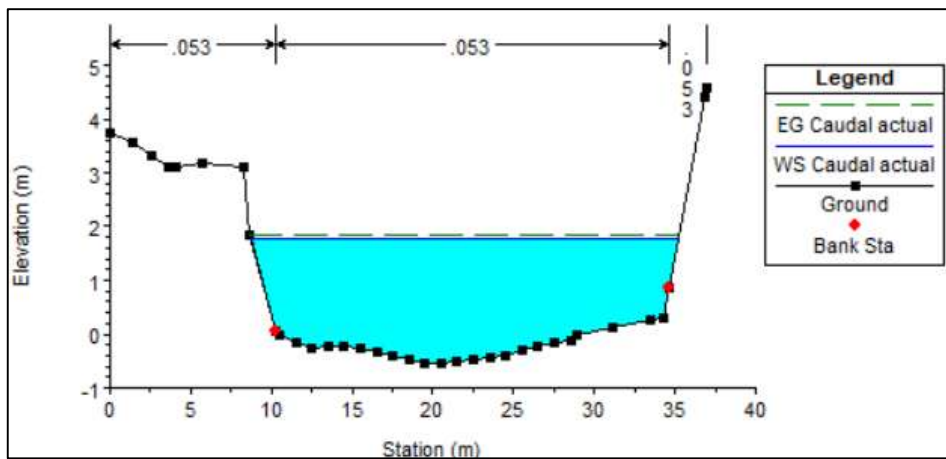
Progresiva 0+250



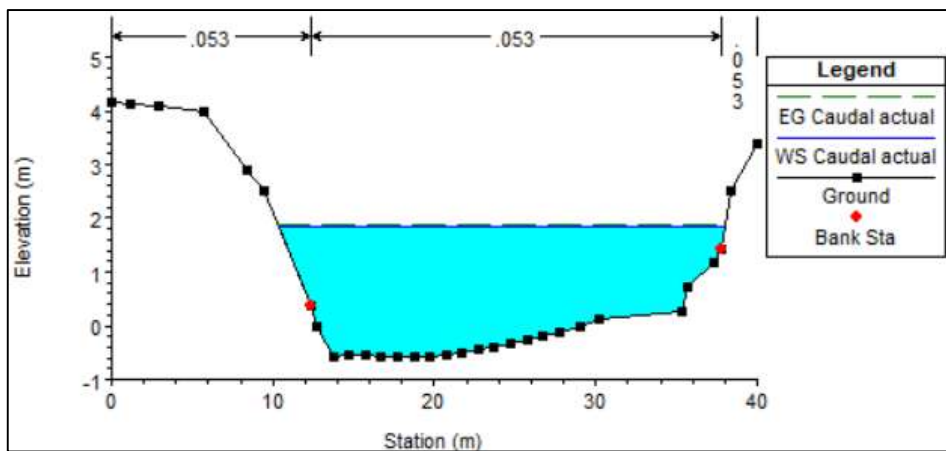
Progresiva 0+300



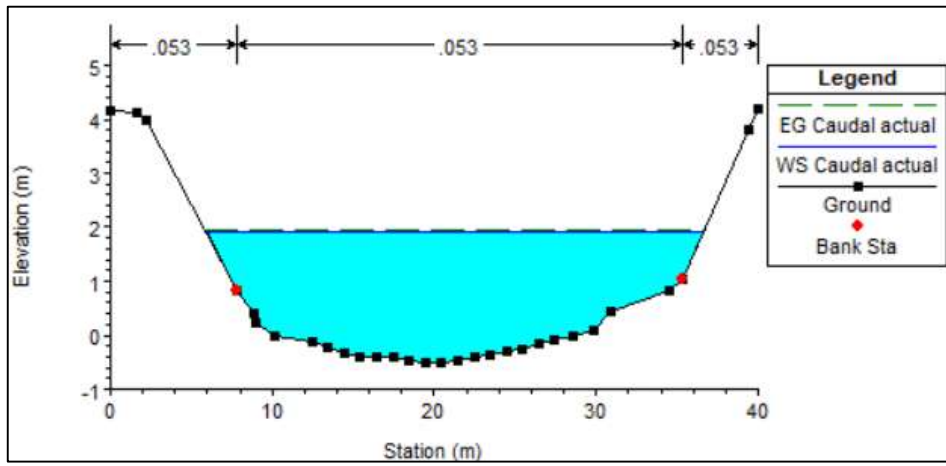
Progresiva 0+350



Progresiva 0+400



Progresiva 0+450



2. Resultados de salida de la simulación

Sección	Q m3/s	Cota de fondo	Altura de lámina de agua (m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad m/s	Área mojada (m2)	Espejo de agua (m)	Nro. Froude
0+450	51.61	-0.52	1.53		1.55	0.000979	1.18	44.08	29.46	0.17
0+400	51.61	-0.59	1.48		1.5	0.001093	1.25	41.76	26.98	0.17
0+350	51.61	-0.55	1.42		1.44	0.001129	1.29	40.61	26	0.18
0+300	51.61	-0.54	1.36		1.39	0.001188	1.22	42.16	28.3	0.18
0+250	51.61	-0.52	1.27		1.31	0.002131	1.5	34.62	29.64	0.24
0+200	51.61	-0.57	1.16		1.2	0.00203	1.58	34.01	27.82	0.23
0+150	51.61	-0.6	1.09		1.12	0.001417	1.35	40.77	32.02	0.2
0+100	51.61	-0.37	1.01		1.04	0.001805	1.31	39.45	33.68	0.21
0+050	51.61	-0.42	0.89		0.93	0.002702	1.54	33.43	29.99	0.26
0+000	51.61	-0.49	0.27	0.27	0.54	0.052482	4.17	12.38	23.44	1.01

Anexo 7: Mediciones agua arriba del puente La Perla

PROGRESIVA 0+000

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 22.70 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3238.56 msnm

N°	TIEMPO (S)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	22.05 s	20.00 m	0.91 m/s	6.13 m ²	5.56 m ³ /s
2	21.33 s	20.00 m	0.94 m/s	6.13 m ²	5.75 m ³ /s
3	21.23 s	20.00 m	0.94 m/s	6.13 m ²	5.77 m ³ /s
4	21.46 s	20.00 m	0.93 m/s	6.13 m ²	5.71 m ³ /s
5	21.51 s	20.00 m	0.93 m/s	6.13 m ²	5.70 m ³ /s
PROMEDIO	21.52 s	20.00 m	0.93 m/s	6.13 m²	5.70 m³/s

PROGRESIVA 0+050

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 27.79 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3238.53 msnm

N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	27.69 s	20.00 m	0.72 m/s	7.83 m ²	5.66 m ³ /s
2	27.31 s	20.00 m	0.73 m/s	7.83 m ²	5.74 m ³ /s
3	27.41 s	20.00 m	0.73 m/s	7.83 m ²	5.72 m ³ /s
4	27.85 s	20.00 m	0.72 m/s	7.83 m ²	5.63 m ³ /s
5	27.53 s	20.00 m	0.73 m/s	7.83 m ²	5.69 m ³ /s
PROMEDIO	27.56 s	20.00 m	0.73 m/s	7.83 m²	5.69 m³/s

PROGRESIVA 0+100

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 30.19 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3238.37 msnm

N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	25.80 s	20.00 m	0.78 m/s	7.33 m ²	5.68 m ³ /s
2	25.01 s	20.00 m	0.80 m/s	7.33 m ²	5.86 m ³ /s
3	25.12 s	20.00 m	0.80 m/s	7.33 m ²	5.84 m ³ /s
4	26.08 s	20.00 m	0.77 m/s	7.33 m ²	5.62 m ³ /s
5	26.54 s	20.00 m	0.75 m/s	7.33 m ²	5.52 m ³ /s
PROMEDIO	25.71 s	20.00 m	0.78 m/s	7.33 m²	5.70 m³/s

PROGRESIVA 0+150

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 22.77 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3238.37 msnm

N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	29.82 s	20.00 m	0.67 m/s	8.40 m ²	5.63 m ³ /s
2	29.43 s	20.00 m	0.68 m/s	8.40 m ²	5.71 m ³ /s
3	29.31 s	20.00 m	0.68 m/s	8.40 m ²	5.73 m ³ /s
4	29.47 s	20.00 m	0.68 m/s	8.40 m ²	5.70 m ³ /s
5	29.67 s	20.00 m	0.67 m/s	8.40 m ²	5.66 m ³ /s
PROMEDIO	29.54 s	20.00 m	0.68 m/s	8.40 m²	5.69 m³/s

PROGRESIVA 0+200

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 16.58 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3237.79 msnm

N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	20.91 s	20.00 m	0.96 m/s	5.93 m ²	5.67 m ³ /s
2	20.63 s	20.00 m	0.97 m/s	5.93 m ²	5.75 m ³ /s
3	20.39 s	20.00 m	0.98 m/s	5.93 m ²	5.81 m ³ /s
4	20.64 s	20.00 m	0.97 m/s	5.93 m ²	5.74 m ³ /s
5	20.87 s	20.00 m	0.96 m/s	5.93 m ²	5.68 m ³ /s
PROMEDIO	20.69 s	20.00 m	0.97 m/s	5.93 m²	5.73 m³/s

PROGRESIVA 0+250

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 16.55 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3236.75 msnm

N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	19.96 s	20.00 m	1.00 m/s	5.46 m ²	5.47 m ³ /s
2	18.36 s	20.00 m	1.09 m/s	5.46 m ²	5.94 m ³ /s
3	18.21 s	20.00 m	1.10 m/s	5.46 m ²	5.99 m ³ /s
4	19.46 s	20.00 m	1.03 m/s	5.46 m ²	5.61 m ³ /s
5	19.57 s	20.00 m	1.02 m/s	5.46 m ²	5.58 m ³ /s
PROMEDIO	19.11 s	20.00 m	1.05 m/s	5.46 m²	5.72 m³/s

PROGRESIVA 0+300

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 16.55 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3236.39 msnm

N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	26.94 s	20.00 m	0.74 m/s	7.51 m ²	5.57 m ³ /s
2	26.57 s	20.00 m	0.75 m/s	7.51 m ²	5.65 m ³ /s
3	26.14 s	20.00 m	0.77 m/s	7.51 m ²	5.74 m ³ /s
4	26.07 s	20.00 m	0.77 m/s	7.51 m ²	5.76 m ³ /s
5	26.01 s	20.00 m	0.77 m/s	7.51 m ²	5.77 m ³ /s
PROMEDIO	26.35 s	20.00 m	0.76 m/s	7.51 m²	5.70 m³/s

PROGRESIVA 0+350

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 18.43 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3235.69 msnm

N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	18.50 s	20.00 m	1.08 m/s	5.44 m ²	5.88 m ³ /s
2	19.23 s	20.00 m	1.04 m/s	5.44 m ²	5.65 m ³ /s
3	20.67 s	20.00 m	0.97 m/s	5.44 m ²	5.26 m ³ /s
4	18.51 s	20.00 m	1.08 m/s	5.44 m ²	5.87 m ³ /s
5	18.42 s	20.00 m	1.09 m/s	5.44 m ²	5.90 m ³ /s
PROMEDIO	19.07 s	20.00 m	1.05 m/s	5.44 m²	5.71 m³/s

PROGRESIVA 0+400

LONGITUD ESPEJO DE AGUA 16.31 m

COTA ESPEJO DE AGUA 3235.52 msnm

N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	24.22 s	20.00 m	0.83 m/s	6.92 m ²	5.71 m ³ /s
2	24.66 s	20.00 m	0.81 m/s	6.92 m ²	5.61 m ³ /s
3	24.79 s	20.00 m	0.81 m/s	6.92 m ²	5.58 m ³ /s
4	23.10 s	20.00 m	0.87 m/s	6.92 m ²	5.99 m ³ /s
5	24.51 s	20.00 m	0.82 m/s	6.92 m ²	5.65 m ³ /s
PROMEDIO	24.26 s	20.00 m	0.83 m/s	6.92 m²	5.71 m³/s

PROGRESIVA 0+450

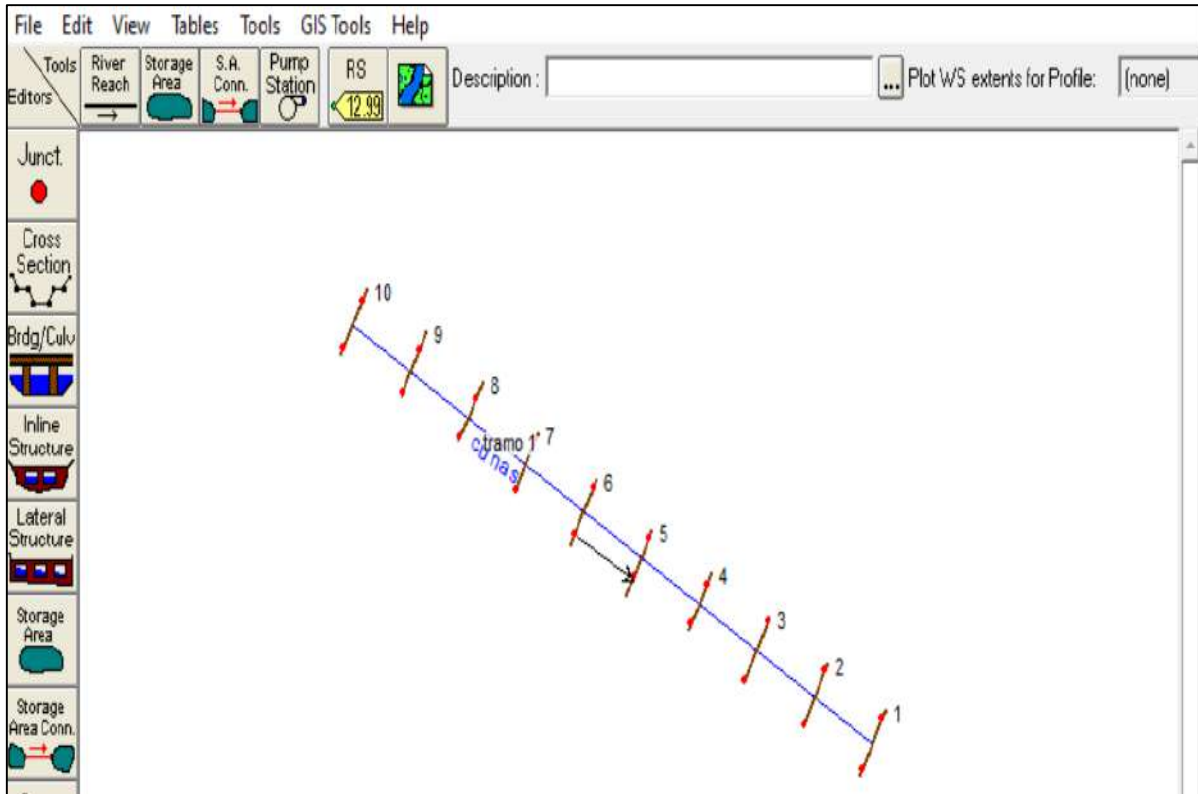
LONGITUD ESPEJO DE AGUA 18.50 m Fecha

COTA ESPEJO DE AGUA 3235.25 msnm

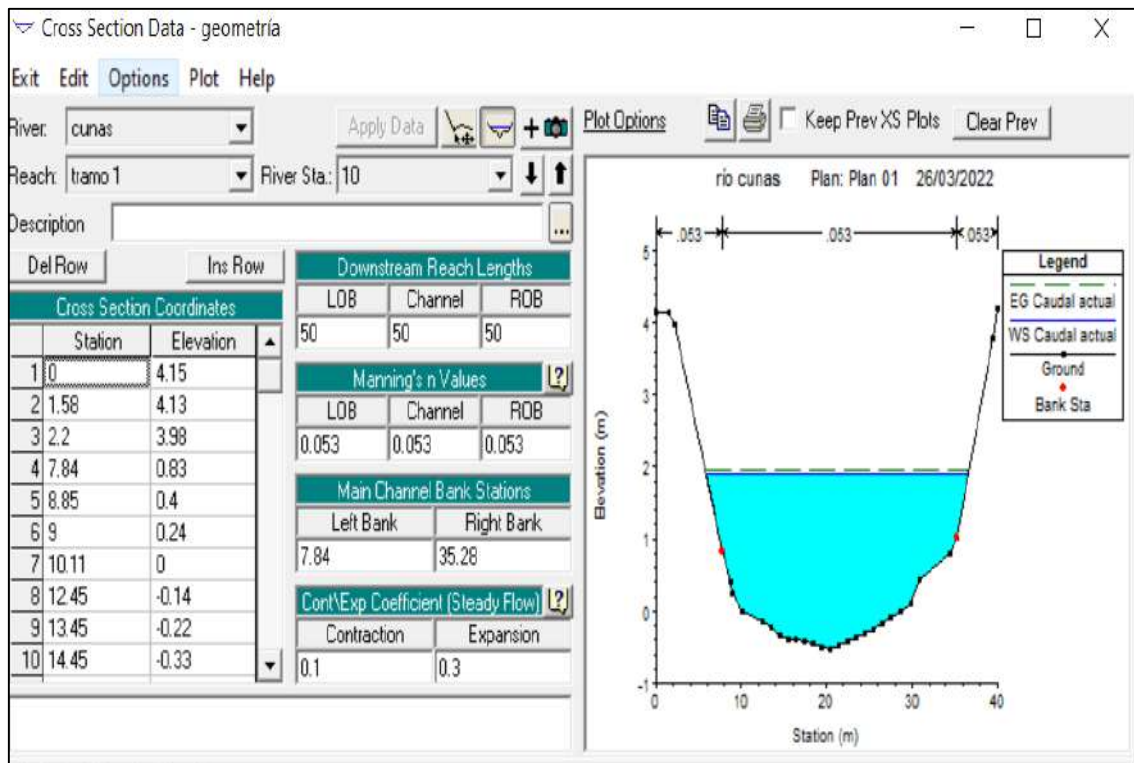
N°	TIEMPO	DISTANCIA	VELOCIDAD	AREA HIDRAULICA	CAUDAL
1	19.67 s	20.00 m	1.02 m/s	5.52 m ²	5.62 m ³ /s
2	19.89 s	20.00 m	1.01 m/s	5.52 m ²	5.55 m ³ /s
3	19.41 s	20.00 m	1.03 m/s	5.52 m ²	5.69 m ³ /s
4	18.39 s	20.00 m	1.09 m/s	5.52 m ²	6.01 m ³ /s
5	18.63 s	20.00 m	1.07 m/s	5.52 m ²	5.93 m ³ /s
PROMEDIO	19.20 s	20.00 m	1.04 m/s	5.52 m²	5.76 m³/s

Anexo 8: Procedimiento HEC – RAS

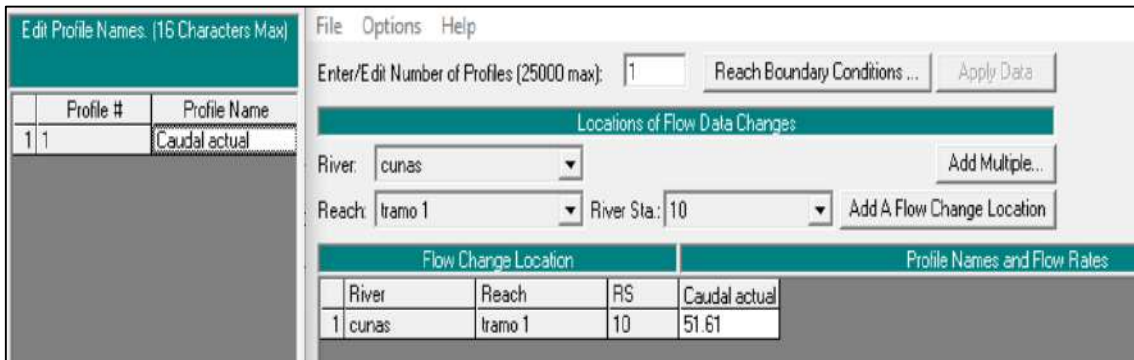
1. Creación del tramo de estudio



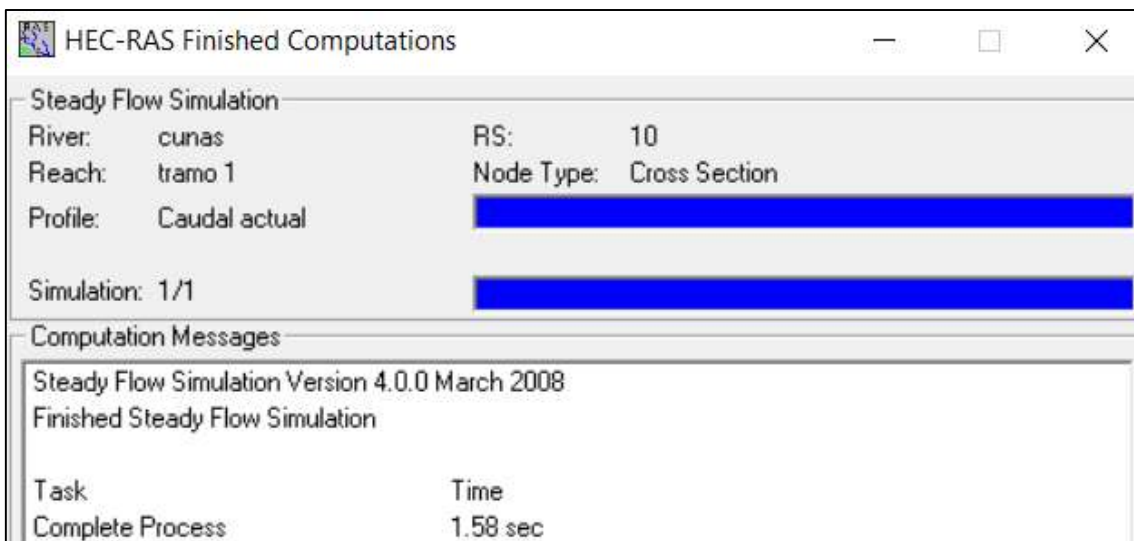
2. Introducción de secciones transversales obtenidas del levantamiento topográfico



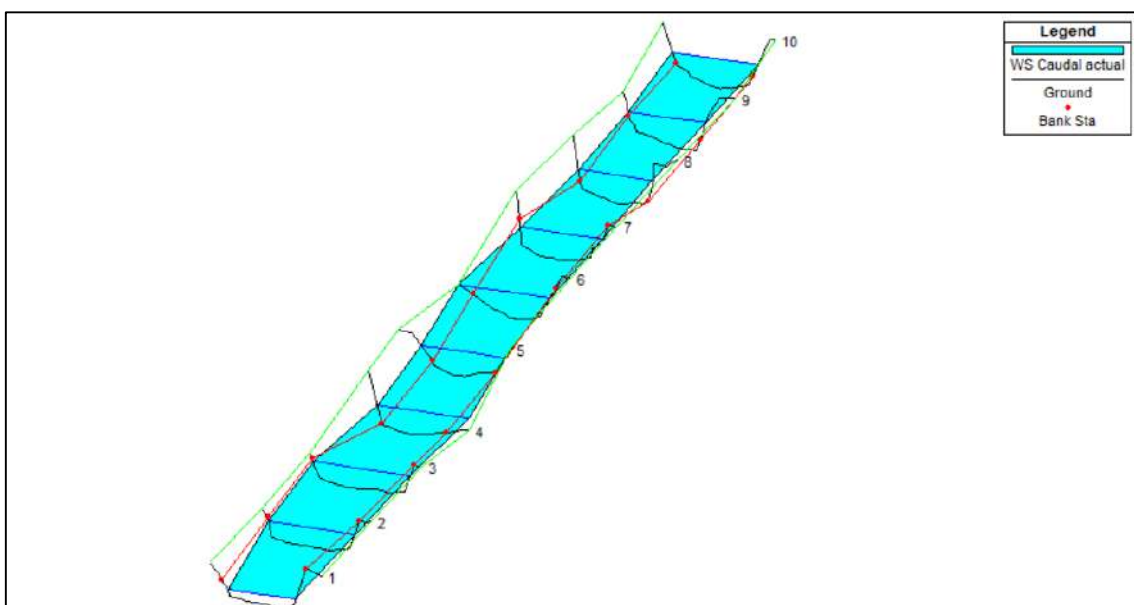
3. Introducción de datos de flujo, para el caudal actual (año 2022)



4. Análisis de datos de flujo



5. Visualización del perfil del río, en el tramo de estudio



6. Visualización de datos de salida

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: cunas Reach: tramo 1 Profile: Caudal actual Reload Data

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
tramo 1	10	Caudal actual	51.61	-0.52	1.91		1.95	0.001051	0.95	55.36	30.70	0.22
tramo 1	9	Caudal actual	51.61	-0.59	1.84		1.89	0.001207	1.01	51.76	27.67	0.23
tramo 1	8	Caudal actual	51.61	-0.55	1.78		1.83	0.001276	1.05	49.99	26.55	0.24
tramo 1	7	Caudal actual	51.61	-0.54	1.71		1.76	0.001360	0.99	52.34	29.40	0.24
tramo 1	6	Caudal actual	51.61	-0.52	1.61		1.68	0.002162	1.17	45.23	33.00	0.30
tramo 1	5	Caudal actual	51.61	-0.57	1.49		1.57	0.002147	1.26	43.42	29.77	0.30
tramo 1	4	Caudal actual	51.61	-0.60	1.42		1.47	0.001504	1.08	51.38	32.37	0.26
tramo 1	3	Caudal actual	51.61	-0.37	1.34		1.39	0.001809	1.02	50.63	34.57	0.27
tramo 1	2	Caudal actual	51.61	-0.42	1.21		1.28	0.002675	1.20	43.07	30.75	0.32
tramo 1	1	Caudal actual	51.61	-0.49	0.53	0.53	0.93	0.031230	2.77	18.62	24.16	1.01

PANEL FOTOGRÁFICO

1. Río Cunas, agua arriba del puente La Perla











2. Seccionamiento del río Cunas









3. Medición de velocidad de agua, por el método del flotador







PLANOS

