

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“DISEÑO Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOCATOMA SAN JUAN, VIRÚ
MEDIANTE UN MODELAMIENTO HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL, LA LIBERTAD 2020”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES:

BR. CHAVEZ CORREA, KHEYNER ANTONY

ASESOR:

ING. NARVAEZ ARANDA RICARDO ANDRÉS

TRUJILLO - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“DISEÑO Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOCATOMA SAN JUAN, VIRÚ
MEDIANTE UN MODELAMIENTO HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL, LA LIBERTAD 2020”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES:

BR. CHAVEZ CORREA, KHEYNER ANTONY

ASESOR:

ING. NARVAEZ ARANDA RICARDO ANDRÉS

TRUJILLO - PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico con profundo Amor, Gratitude y Fe:

A Dios por guiar mi camino y mantenerme firme en mi propósito.

A mis amados padres Kyle y Guilma por haberme apoyado con optimismo anímico y moral en mi larga trayectoria estudiantil.

A mis abuelos Juan y Carmela que siempre me acompañan y cuidan desde el cielo.

A mis familiares por abnegado apoyo moral en todo momento

Br. CHAVEZ CORREA KHEYNER ANTONY

Agradecimiento

A:

DIOS

Por guiar mis pasos con mucha Fe y Esperanza para ver cristalizado mi tan anhelado sueño de ser un profesional.

PADRES

Por ser íntegros en su apoyo y ser parte fundamental en cada momento de mi vida, garantizando en todo momento el apoyo socio emocional y económico las mismas que marcaron y trazaron el camino al logro de mis sueños y metas.

MS. ING. RICARDO ANDRES NARVAEZ ARANDA

Por su valioso tiempo y haberme acompañado como asesor de la presente investigación.

Resumen

La presente investigación se desarrolla con la finalidad implementar una estructura de captación de agua para el aprovechamiento y administración del recurso hídrico en el centro poblado de Tomaval. Para lo cual se tomó en cuenta, el dimensionamiento hidráulico que consiste en el cálculo de las diferentes dimensiones de cada sub estructura que conforman en conjunto la bocatoma y el modelamiento hidráulico computacional CDF que corroborará dicho dimensionamiento, poniéndolo a prueba. En el cumplimiento de las metas, se realizaron estudios básicos de ingeniería, la topografía obteniendo una $A=2.23\text{km}^2$ y una pendiente de 1.5%; estudio de Mecánica de Suelos EMS para conocer la naturaleza del material obteniendo un suelo SP arena pobremente gradada con baja cantidad de limos según SUCS y un estudio hidrológico para realizar la proyección del caudal en un periodo de retorno de 100 años dando como resultado de $185.51\text{m}^3/\text{s}$. Los resultados obtenidos para el diseño, se determinó que el Caudal de diseño de la bocatoma es de $0.70\text{m}^3/\text{s}$, las dimensiones de la ventana de captación es de 1.50m de ancho por 0.50m de alto, barraje móvil con una longitud de 5.80m y 80 metros de longitud de barraje fijo, los muros de encauzamiento con una altura de 4.00m y un espesor 0.50m. Dentro del modelamiento hidráulico se implementó además un modelo en 3 dimensiones para el reforzar el análisis de desempeño y garantizar así el desempeño de la estructura bajo las cargas de agua proyectadas, ya que el modelo 3D equivale a una prueba de laboratorio.

Palabras claves: Diseño y Análisis Hidráulico, bocatoma, modelamiento hidráulico bidimensional.

Abstract

This research is developed with the purpose of implementing a water catchment structure for the use and administration of water resources in the town of Tomaval. For which it was taken into account, the hydraulic dimensioning that consists of the calculation of the different dimensions of each sub-structure that together make up the intake and the computational hydraulic modeling CDF that will corroborate said dimensioning, putting it to the test. In compliance with the goals, basic engineering studies were carried out, the topography obtaining an $A = 2.23\text{km}^2$ and a slope of 1.5%; EMS Soil Mechanics study to know the nature of the material obtaining a soil SP sand poorly graded with a low amount of silt according to SUCS and a hydrological study to carry out the projection of the flow in a return period of 100 years, resulting in $185.51\text{m}^3/\text{s}$. The results obtained for the design, it was determined that the design flow of the intake is $0.70\text{m}^3/\text{s}$, the dimensions of the intake window is 1.50m wide by 0.50m high, mobile bar with a length of 5.80 m and 80 meters in length of fixed bar, channeling walls with a height of 4.00m and a thickness of 0.50m. Within the hydraulic modeling, a 3-dimensional model was also implemented to reinforce the performance analysis and thus guarantee the performance of the structure under the projected water loads, since the 3D model is equivalent to a laboratory test.

Keywords: Hydraulic Design and Analysis, intake, two-dimensional hydraulic modeling.

Presentación

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conformidad a los requisitos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, pongo a vuestra disposición el presente Trabajo de Suficiencia Profesional titulado:

“DISEÑO Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOCATOMA SAN JUAN, VIRÚ MEDIANTE UN MODELAMIENTO HIDRÁULICO BIDIMENSIONAL, LA LIBERTAD 2020”

El mismo que dejo a su criterio para su dictamen, esperando reunir los requisitos para vuestra aprobación.

Atentamente,

Br. Chávez Correa, Kheyner Antony

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Presentación.....	ix
Índice de contenidos.....	x
Índice de tablas	xii
Índice de figuras e imágenes	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación	1
1.2. Objetivos de la investigación	5
1.3. Justificación del estudio	6
II. MARCO DE REFERENCIA.....	7
2.1. Antecedentes del estudio	7
2.2. Marco teórico.....	9
2.3. Marco Conceptual.....	20
2.4. Sistema de Hipótesis	22
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	24
3.2. Población y muestra	24
3.3. Técnicas e instrumentos de investigación.....	24
3.4. Diseño de Investigación	26
3.5. Procesamiento y análisis de datos	26
IV. PRESENTACION DE RESULTADOS	28
4.1. Análisis e interpretación de resultados	28
4.1.1. Levantamiento topográfico	28

4.1.2.	Estudio de mecánica de suelos	34
4.1.3.	Estudio hidrológico	38
4.1.4.	Determinación del periodo de retorno	55
4.1.5.	Determinación del caudal de diseño	56
4.1.6.	Encauzamiento del rio en el sector de ubicación de la toma	56
4.1.7.	Coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning).....	58
4.1.8.	Creación del modelo hidráulico en 2D.....	61
4.1.9.	Resultados de la simulación.....	64
4.1.10.	Alineamiento del recorrido del cauce	65
4.1.11.	Cálculo de la sección de ancho estable	66
4.1.12.	Emplazamiento de la estructura de captación	74
4.1.13.	Planteamiento de la estructura de bocatoma	76
4.1.14.	Creación del modelo hidráulico de la bocatoma	90
4.2.	Docimasia de hipótesis	96
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	97
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES	101
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	102
	ANEXOS.....	104

Índice de tablas

Tabla 1	Operacionalización de variables.....	22
Tabla 2	Cámaras	29
Tabla 3	Coefficientes de calibración y matriz de correlación.....	30
Tabla 4	Errores medios de las posiciones de cámaras. X – Este, Y – Norte, Z- Altitud.	31
Tabla 5	Puntos de apoyo. X – Este, Y – Norte, Z – Altitud.....	33
Tabla 6	Peso parcial que pasa a través de los tamices.....	34
Tabla 7	Análisis granulométrico	35
Tabla 8	Resumen del registro de aforos de la estación Huacapongo	39
Tabla 9	Distribución Normal - Momentos lineales	41
Tabla 10	Distribución GUMBEL - Momentos lineales	43
Tabla 11	Distribución Log Normal III- Momentos Lineales	45
Tabla 12	Distribución Gamma III- Momentos Lineales	46
Tabla 13	Distribución Log Normal 2 Parámetros - Momentos lineales.....	48
Tabla 14	Distribución Log Gumbel - Momentos lineales	50
Tabla 15	E.2.1.3 Distribución Gamma 2 Parámetros - Momentos lineales	52
Tabla 16	Método de Simons y Henderson	66
Tabla 17	<i>Método de pettis</i>	67
Tabla 18	<i>Método de Altunin - Manning</i>	67
Tabla 19	<i>Método De Blench</i>	68
Tabla 20	<i>Recomendación Practica</i>	68
Tabla 21	<i>Resumen</i>	69

Índice de figuras e imágenes

Figura 1	Estado actual de la bocatoma San Juan.....	1
Figura 2	Ubicación del proyecto –Departamento La Libertad- Provincia de Virú.....	2
Figura 3	Ubicación – Provincia de Virú-Distrito de Virú.....	3
Figura 4	Esquema de Ubicación del pueblo de Tomaval y las coordenadas del punto de trabajo	3
Figura 5	Bifurcación – Río Virú – Bocatoma san Juan.	4
Figura 6	Teodolito	10
Figura 7	Mira topográfica.....	11
Figura 8	Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.	12
Figura 9	Ejemplo de Bocatoma.....	13
Figura 10	Disposición típica de los elementos de una bocatoma de captación lateral.	14
Figura 11	Vertedero	17
Figura 12	Ejemplo de malla no estructurada formada por elementos triangulares.....	20
Imagen 1	Ortofotografía de Tomaval con A= 2.23 Km ²	28
Imagen 2	Mapa de posicionamiento y solapamiento de imagen	29
Imagen 3	Gráfico de residuales para FC2204 (4.68 mm)	30
Imagen 4	Posiciones de las cámaras y estimación de error	31
Imagen 5	Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.	32
Imagen 6	Modelo digital de elevaciones	33
Imagen 7	Esquema de ubicación y descripción de la Estación Huacapongo.....	38
Imagen 8	Distribución normal.....	42
Imagen 9	Distribución Gumbel.....	43
Imagen 10	Distribución Gamma 3 parámetros	47
Imagen 11	Distribución Log Normal 2 parámetros.....	49
Imagen 12	Distribución Gumbel.....	51
Imagen 13	Distribución Gamma 2 Parámetros.....	53
Imagen 14	Determinación del periodo de retorno	55
Imagen 15	Determinación del caudal de diseño de distribución normal.....	56
Imagen 16	Delimitación de uso de suelos	57
Imagen 17	Asignación de uso de suelo por sectores	57
Imagen 18	Tipo de uso de suelo según rugosidad de Manning	58
Imagen 19	Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n.	59
Imagen 20	Tabla de valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad.	60
Imagen 21	Superficie topográfica en Iber 2D	61
Imagen 22	Asignación de parámetros de tiempo de simulación.....	62
Imagen 23	Cálculo del Número de Courant.....	63
Imagen 24	Asignación del número de Courant al modelo 2D.	63
Imagen 25	Asignación de las condiciones de contorno.....	64
Imagen 26	Tirante en el cauce del río	64

Imagen 27	Alineamiento del recorrido del cauce	65
Imagen 28	Perfil Longitudinal	66
Imagen 29	Inserción del ancho estable en la topografía	69
Imagen 30	Modelamiento de la nueva superficie con el ancho estable.....	70
Imagen 31	Nueva superficie con ancho estable.....	70
Imagen 32	Ribera y fondo del cauce.....	71
Imagen 33	Desbordamiento del cauce descolmatado.....	71
Imagen 34	Desbordamiento del cauce descolmatado	72
Imagen 35	Sección que contempla diques para encauzamiento	73
Imagen 36	Colocación de los diques en el modelo 2D.....	73
Imagen 37	Tránsito de máxima avenida en el río encauzado.....	74
Imagen 38	Recorrido del canal y ubicación del puquio	75
Imagen 39	Esquema de ubicación de la toma.....	75
Imagen 40	Rutas de Acceso a las Comisiones de Regantes	76
Imagen 41	Bloques de asignación de agua - Valle Viru	77
Imagen 42	Comisión de Regantes Choloque	77
Imagen 43	Canal de derivación Choloque.....	78
Imagen 33	Dimensionamiento de la Ventana de captación	79
Imagen 45	Dimensionamiento del canal de derivación	80
Imagen 46	Dimensionamiento del barrage tipo indio	80
Imagen 47	Diseño del Barraje tipo indio	81
Imagen 48	Emplazamiento de la bocatoma	90
Imagen 49	Diseño del desarenador.....	90
Imagen 50	Modelamiento del desarenador	91
Imagen 51	Ingreso de las propiedades físicas del sedimento	92
Imagen 52	Ingreso del caudal de la bocatoma.....	92
Imagen 53	Cálculo del modelamiento completo.....	93
Imagen 54	Resultados – modelo del desarenador - resalto.....	93
Imagen 55	Resultados – Modelo con agua en el estanque	94
Imagen 56	Resultados – Modelo con agua en el estanque $t= 9.8s$	95
Imagen 57	Resultados – Modelo con agua en el estanque $t= 30.2s$	95
Imagen 58	Resultados – Desarenador eficiente $t= 50 s$	96

I. INTRODUCCIÓN

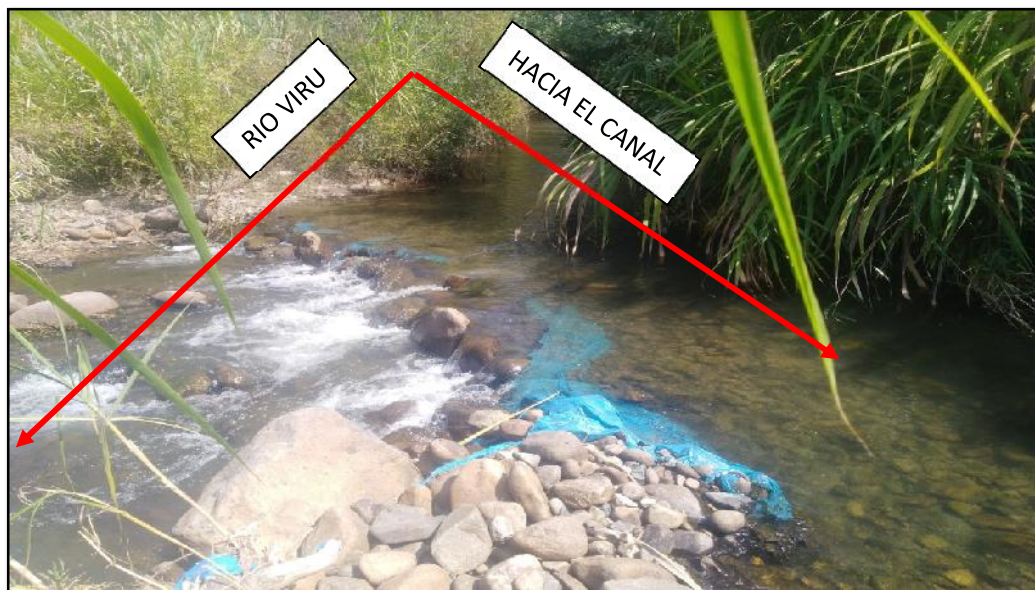
1.1. Problema de investigación

1.1.1. Realidad Problemática

La red de canales que componen al sistema existente para el riego agrícola en el Valle del río Virú son básicamente elementos no revestidos, lo que provoca en sí pérdidas importantes en el caudal de derivación, finalmente a esto se suma el hecho de que los caudales no son regulados desde el inicio de la captación lo cual nos lleva a un deficiente nivel de servicio por no contar la infraestructura adecuada para el aprovechamiento y administración del recurso hídrico.

Figura 1

Estado actual de la bocatoma San Juan



Nota: En la figura representa la bifurcación de la toma San Juan.

La toma San Juan existente en la actualidad, carece de una estructura y es más una bifurcación básica y bastante rústica que además no posee elementos de control y regulación para los caudales y además se encuentra colmatada, llena de vegetación frondosa. Esta situación genera una muy deficiente captación y posterior distribución del agua que además se encuentra expuesta a un peligro

potencial ante las crecientes del río Virú, lo cual incrementa su peligrosidad con la presencia del Fenómeno del Niño. Además, el ingreso incontrolado de sedimentos y ripio lo cual ocasiona colmatación en época de avenidas (enero a abril), todo esto según los agricultores locales, disminuyendo la capacidad de conducción del canal y como finalmente disminuye enormemente la capacidad de riego en el sector.

Nuestro proyecto se encuentra localizado en el departamento de La Libertad está ubicado al Norte de la ciudad de Lima y al este del Océano Pacífico

Figura 2

Ubicación del proyecto –Departamento La Libertad- Provincia de Virú



Nota: En el mapa representa la ubicación del departamento de la Libertad en el Perú. Tomado de Google Maps.

Figura 3

Ubicación – Provincia de Virú-Distrito de Virú.



Nota: En el mapa representa la ubicación Provincia de Virú-Distrito de Virú. Tomado de Google Maps.

Figura 4

Esquema de Ubicación del pueblo de Tomaval y las coordenadas del punto de trabajo



Nota: En el mapa representa la ubicación del pueblo de Tomaval y las coordenadas del punto de trabajo. Tomado de Google Maps.

Centro poblado de Tomaval se encuentra ubicado en el distrito de Virú, bajo las coordenadas:

- 78°42'34" W
- 8° 21'56" S

Figura 5

Bifurcación – Río Virú – Bocatoma san Juan.



Nota: En la figura representa el estado actual de la toma San Juan.

1.1.2. Formulación del problema

El sistema de captación del Tomaval carece de infraestructura, lo cual le caracteriza como una bifurcación con muy poca eficiencia de captación. Por otro lado, en la época de crecidas de todos los años el agua transporta en fondo y suspensión grandes cantidades de sedimentos y piedras que se depositan en el fondo en la zona de correspondiente a la ventana de ingreso, bloqueándola en algunos casos totalmente, ya que es evidente que no existe un mecanismo de control y purga de sedimentos, teniendo como consecuencia la sedimentación del canal de derivación y por ende un elevado coste debido al mantenimiento.

Es claro que el ingreso del agua hacia el sistema de captación es directo y no cuenta con un barraje de ningún tipo, esto obliga a los usuarios a realizar

trabajos de para encauzar el río utilizando mano de obra en forma recurrente, ocasionando también costos elevados durante el año, teniéndose la necesidad de repercutir en el coste de sus productos elevándolos.

Bajo las condiciones actuales, en el transcurso de la época de crecida del río hay una constante inseguridad de obtener el caudal necesario, no habiendo las condiciones pertinentes que se requieren para el control de ingreso de caudales ni mucho menos control del ingreso de sedimentos de todo tipo al canal, tampoco estructuras de protección que brinden seguridad a que la bifurcación no se tapará debido a las condiciones que se darán durante un evento de avenidas extraordinarias.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Realizar el diseño y análisis de funcionamiento de la bocatoma San Juan, Virú mediante un modelamiento hidráulico bidimensional.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio de topografía, 1 kilómetro aguas arriba y 1 Km aguas abajo tomando como punto central la ubicación actual de la bifurcación (Toma San Juan)
- Realizar un estudio de mecánica de suelos en el lugar de ubicación de la bocatoma.
- Realizar un estudio hidrológico para la estimación del caudal de máxima avenida en el río Virú para un periodo de retorno adecuado.
- Estimar el caudal de captación de la bocatoma de acuerdo a la demanda agrícola de la junta de usuarios.
- Realizar el dimensionamiento de la estructura de bocatoma

- Realizar el dimensionamiento del barraje y muros de encauzamiento de la bocatoma.
- Realizar el modelamiento y simulación hidráulica de la bocatoma mediante modelo matemático.

1.3. Justificación del estudio

La necesidad del proyecto surge tras la habilitación de cientos de hectáreas para cultivo, que ha venido siendo el motor de la economía en la zona perteneciente al centro poblado de Tomaval. Nuestro proyecto tiene como finalidad satisfacer la demanda de agua y permitir el control de los caudales para el riego de cultivos en todo el sector conformado por la junta de usuarios del choloque y que neto. Actualmente la bocatoma consta de una bifurcación, la cual carece de una infraestructura que la califique para su adecuado desempeño, además según el representante de la junta de usuarios, el señor Walter Carranza Mendoza, antes hubo una estructura rústica la cual ha sido arrasada en su totalidad por el fenómeno del niño sucedido en los meses de enero – marzo del año 2017. Para obtener buenos resultados en el diseño y proyección de la nueva estructura de bocatoma que tengo en mente, he considerado además de su dimensionamiento mediante fórmulas empíricas de la USBR, complementar la evaluación de su desempeño mediante la aplicación de modelos hidráulicos computacionales en 2 dimensiones, lo cuales me podrán ayudar a corregir errores encontrados en el diseño planteado de primera mano, adicionalmente evaluaré las estructuras de protección en la zona del emplazamiento de la bocatoma que también formarán parte del desarrollo de mi proyecto.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacionales:

- Título de la investigación (Flores, 2015) : (Diseño de una bocatoma de fondo para la captación de consumo humano para la parroquia "El paraíso de celen", Loja, 2015). Esta investigación permitió diseñar una Bocatoma de fondo (Presa de Hormigón), de captación para consumo humano para la parroquia El Paraíso de Celen del cantón Saraguro, provincia de Loja, lo cual que permitirá mejorar las condiciones de vida de los habitantes. Se utilizó el Método de los números de escurrimiento, o precipitación efectiva para máximos caudales, para el cual se determina el número de curva según los parámetros del suelo.
- Título de la investigación (Ponce B. , 2018): (Comportamiento Hidráulico y sedimentológico de la bocatoma independiente de aguas andinas en el rio Maipo, 2018). Del estudio realizado por intermedio del Software Hec Ras, se pudo determinar que la forma de modelar del río depende del caudal, ya que para flujos bajos (hasta 500 m³ /s), el cauce se debe modelar como en un río que se bifurca en dos brazos separados por un pretil longitudinal. En lo referente a niveles de aguas en crecidas, el análisis hecho por medio de Hec – Ras, concuerda plenamente con los resultados obtenidos por el INH (Cortez, Estelle y Tarodo, 1989), en el sentido que crecida máxima, que colapsaría totalmente las instalaciones de la Bocatoma Independiente, debiera ser del orden de los 1500 m³ /s.
- Título de la investigación (Diaz, 2015) : (Análisis de estabilidad y diseño estructural de la bocatoma del P.H. Paso Ancho en la Facultad de Ingeniería, México. Universidad Nacional Autónoma de México, 2015). Como parte fundamental de garantizar la estabilidad de la estructura, es necesario apoyarse en manuales o textos que nos indiquen los factores

de seguridad para determinar si una estructura es estable o no, así como también es de suma importancia la experiencia que tenga el diseñador, ya que ésta le permitirá visualizar fuerzas o factores que intervengan para estabilizar o desestabilizar la estructura. La experiencia de diseñador es también factor para determinar el tipo de soporte que se necesite si la estructura no es estable, él debe de proponer un sistema estabilizador que sea eficiente y económicamente factible.

2.1.2. Nacionales:

- Título de la investigación (Ponce R. , 2015): (Diseño Hidráulico de la Bocatoma en el rio Chicama, en la zona de Facalá, 2015). El diseño hidráulico del proyecto va a beneficiar el riego de 8025.25 Has, ubicadas en el sector de riego Facalá, para lo cual se ha obtenido que en el periodo de análisis de 50 años, se infiere una máxima descarga de 69.80 m³/s y teniendo una mínima de 6.98 m³/s, con estos valores y de acuerdo a la demanda de los cultivos más representativos, se obtiene que el caudal de captación de 13.70m³/s y el caudal de diseño para un periodo de retorno de 75 años es de 469 m³/s.
- Título de la investigación (Nassi, 2018): (Diseño y modelamiento hidráulico de la bocatoma el pueblo del distrito de Chóchope, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque, utilizando el modelo numérico telemac – 2d., 2018). Esta investigación permitió demostrar la bondad de los modelos numéricos, los cuales son una herramienta potente ya que a través de ellos podemos obtener una excelente cantidad de información debido a la gran cantidad de iteraciones que realiza lo cual para nosotros implicaría mucho esfuerzo y tiempo para realizarlo, del mismo modo el modelo numérico presenta varios campos de aplicación y puedes ser muy utilizados dentro de la ingeniería hidráulica, siempre y cuando se tenga datos para la calibración del mismo modelo y

así poder reproducir la modelación con gran aproximación a la realidad. mostró y representó el flujo sobre la superficie de manera aceptable, brindando los distintos valores y magnitudes de velocidad, caudal, líneas de corriente, tirantes, etc. Se logró comprobar la gran similitud en los valores obtenidos en el modelo numérico y los valores calculados con fórmulas empíricas.

- Título de la investigación (Jauregui, 2019): (Diseño hidráulico de una bocatoma en el río Moyobamba para el mejoramiento del sistema de irrigación CCECCA, ISHUSA Y HUAYCAHUACHO). Los criterios considerados para el desarrollo del diseño hidráulico de la bocatoma en el río Moyobamba fueron: la demanda hídrica de $0.5\text{m}^3/\text{s}$ para un área de riego de 750 has, para lo cual se ha obtenido un periodo de análisis de 50 años en tiempo de retorno, por el cual se infiere que el caudal máximo en dicho periodo es de $875\text{m}^3/\text{s}$ y un caudal mínimo de $2.5\text{m}^3/\text{s}$. Así mismo los criterios considerados para la elección del tipo de bocatoma fueron: la pendiente promedio del río en 5 km el cual es 10 %, la presencia mínima de sedimentos en época de estiaje y la gran cantidad de piedras que transporta en épocas de avenidas, además debido al bajo caudal de captación el cual es menor a $1\text{m}^3/\text{s}$, se determinó que la bocatoma sea de tipo Tirolesa.

2.2. Marco teórico.

2.2.1 Topografía

“Cualquier tipo de proyecto que se ejecute necesita de la aplicación de la misma, la topografía trata de establecer un control en la configuración de un terreno y de elementos artificiales, naturales se pueden encontrar a través de medidas que se representan en mapas o planos con técnicas apropiadas, el ingeniero civil debe ser el que domina y maneja la situación y el aspecto topográfico de todo proyecto.

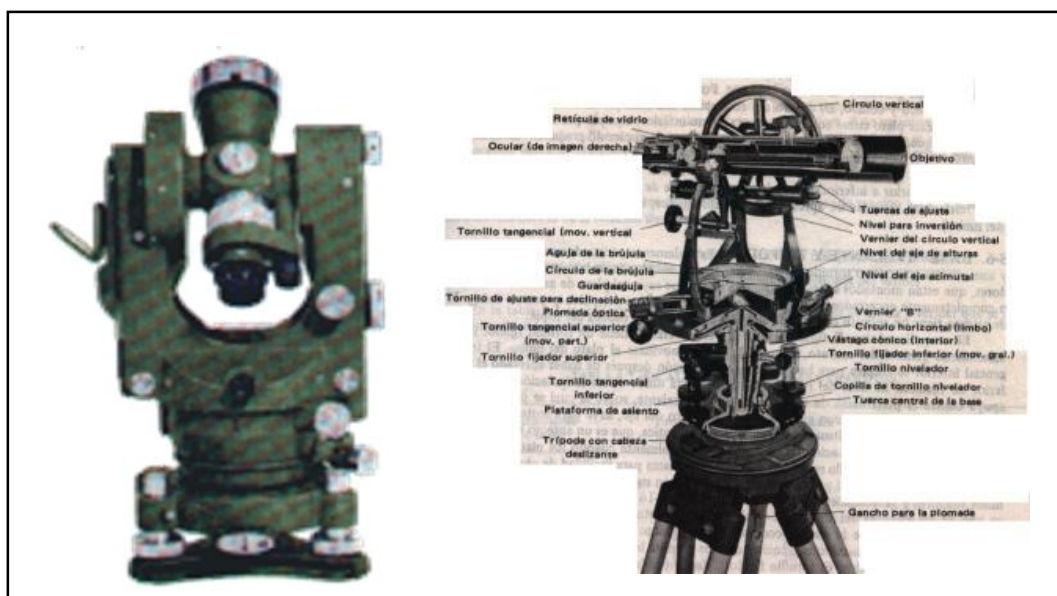
” (Navarro, 2008)

2.2.1.1. El Teodolito

“Es el aparato universal para la Topografía, debido a la gran variedad de usos que se le dan, puede usarse para medir y trazar ángulos horizontales y direcciones, ángulos verticales, y diferencias en elevación; para la prolongación de líneas; y para determinación de distancias. Aunque debido a la variedad de fabricantes de tránsito éstos difieren algo en cuanto a sus detalles de construcción, en lo que respecta a sus características esenciales son sumamente parecidos.” (Navarro, 2008)

Figura 6

Teodolito



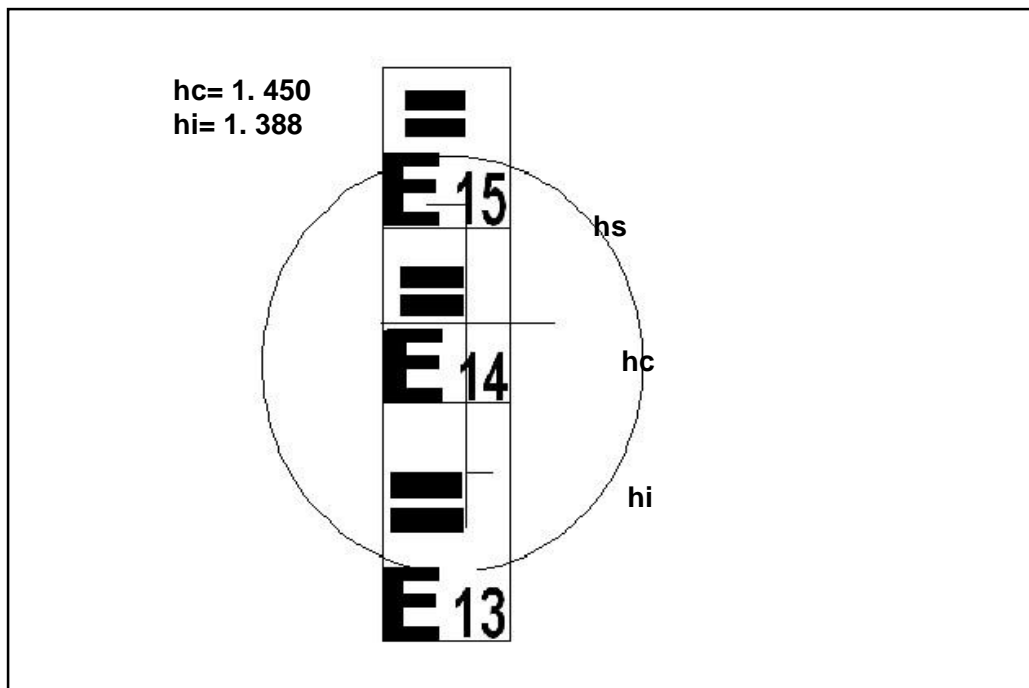
Nota: Equipo universal para la topografía, Tomado de (Navarro, 2008).

2.2.1.2. La mira

“No es más que una regla de campo, su característica principal es que está marcada de manera ascendente, tienen una forma de E que equivale a 5 cm.” (Navarro, 2008) Aunque existen muchas las más comunes están divididas cada 10 cm es decir llevan dos E.

Figura 7

Mira topográfica



Nota: Regla de campo, Tomado de (Navarro, 2008)

Para leerlas siempre se lee el valor del número entero y luego en el intervalo de 0-100 mm se aproxima. Cada E que se aprecia equivale a 50mm.

2.2.2. Hidrología

“Se debe tener en cuenta que, las avenidas son fenómenos originados por el carácter aleatorio de las descargas de los ríos. La ocurrencia de crecidas de los ríos se describe en términos probabilísticas.” (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012), Es decir, que cada avenida va asociada una probabilidad de ocurrencia.

Evaluación de la Información Hidrológica

“Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, generalmente se utilizan métodos indirectos

para la estimación del caudal de diseño.” (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012)

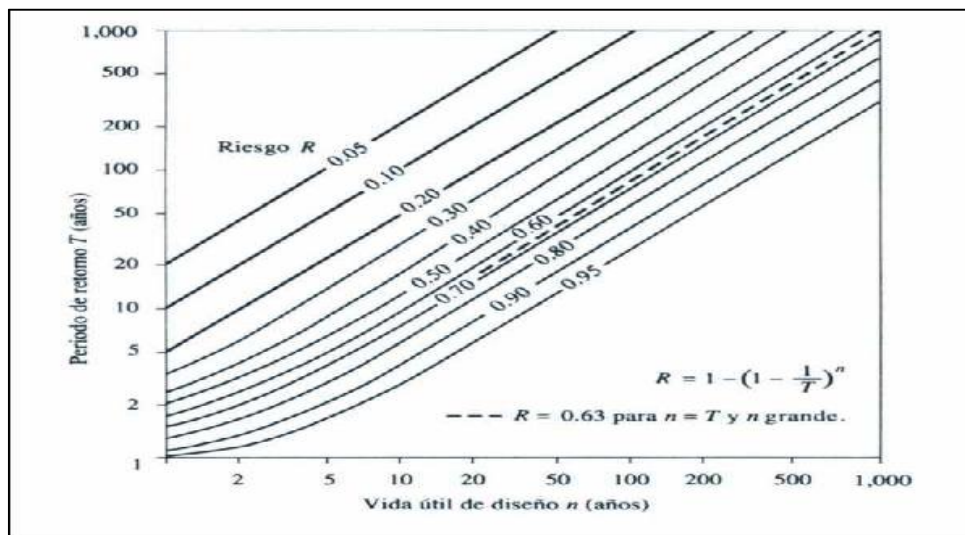
Modelos de distribución

- a) Distribución Normal
- b) Distribución Log Normal 2 parámetros
- c) Distribución Log Normal 3 parámetros
- d) Distribución Gamma 2 parámetros
- e) Distribución Gamma 3 parámetros
- f) Distribución Log Pearson tipo III
- g) Distribución Gumbel
- h) Distribución Log Gumbel

Periodos de retorno:

Figura 8

Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil



Nota: Grafica que sirve para hallar el riesgo Ven te Chow, 1998.

2.2.3. Bocatomas

“Es un conjunto de obras hidráulica destinadas a derivar desde unos cursos de agua, río, arroyo, canal, con la finalidad de captar y derivar un determinado volumen de agua, para ser utilizadas en un fin específico, como pueden ser generación de energía, irrigación, abastecimiento de agua potable, agricultura, etc. Aprovechando la fuerza de gravedad, la bocatoma constituye generalmente la obra básica para un aprovechamiento hídrico”. (Alfaro, 1981).

Figura 9

Ejemplo de Bocatoma



Nota: bocatoma del proyecto chavimochic Tomado de PE CHAVIMOCHIC.

2.2.3.1. Tipos de bocatomas

Toma directa.

Se define así cuando capta directamente mediante un canal lateral, por lo general es un brazo fijo del río, que permite discurrir un caudal. La mayor ventaja de este tipo de tomas es que no es necesario la construcción de

un barrage, y en su mayoría este proceso constructivo genera mayores costos.

Toma mixta o convencional.

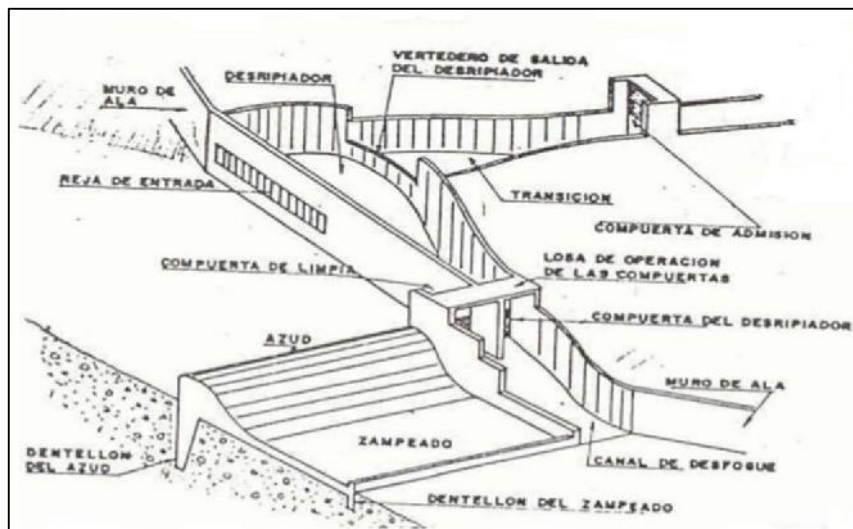
Este tipo de toma realiza la captación mediante el cierre del río con una estructura llamada barrage o presa de derivación, el cual puede ser fija o móvil. Será fija cuando se utiliza un elemento rígido, por lo general de concreto, y será móvil cuando se utilizan compuertas de acero.

Partes de una bocatoma convencional:

Las obras o estructuras básicas que forman un sistema de captación o toma, dependen fundamentalmente de las condiciones hidrológicas, hidráulicas y topográficas de la zona de captación, además de la importancia que se dará a las aguas derivadas, sin embargo, en el gráfico adjunto, podemos apreciar el esquema típico de la bocatoma, allí podemos apreciar los elementos siguientes

Figura 10

Disposición típica de los elementos de una bocatoma de captación lateral.



Nota: Bocatoma con todos sus elementos, Tomado de (Rocha, 2005)

2.2.4. Barraje

Es una estructura de derivación que se construye transversalmente al río, dicha estructura tiene como función elevar el nivel del agua del río para así obtener el caudal necesario requerido en la demanda de agua.

La forma de esta estructura varía según tipo, geometría, disposición dentro del cauce, materiales de construcción y economía del proyecto.

2.2.4.1. Tipos de barraje

Barraje Fijo

Las bocatomas de barraje fijo son aquellas que tienen una presa sólida, para levantar el tirante frente a las compuertas de captación. Esta solución es posible cuando el régimen del río es uniforme y la capacidad de captación de la toma es menor que la descarga promedio del río, por lo que no es necesario ninguna regulación, ya que el exceso de agua pasara encima de la presa.

Barraje Móvil

En este tipo de barraje se consigue la retención del caudal y elevación del tirante mediante el cierre del curso del río por un sistema de compuertas sostenidas en un conjunto de pilares y adosadas en sus extremos a los muros de contención. Como consecuencia el transporte de sólidos es pequeño y no afecta mayormente al sistema de compuertas. Las cuales pueden ser radiales o deslizantes.

Barraje Mixto

Tienen una parte de la presa integrada por una estructura sólida (Barraje fijo) y una parte integrada por compuertas sustentadas en pilares (Barraje móvil). La parte móvil tiene en ciertos casos muros guías o separadores del barraje

fijo que forma un canal denominado de limpia y un segundo canal separado por un vertedero de rebose lateral que sirve para eliminar las gravas llamado también desempedrados.

Perfil del Barraje.

Tipo Creager.

Tipo Indio.

2.2.5. Colchón disipador

“Es el sistema más común de disipación de energía que convierte el flujo supercrítico a un flujo subcrítico compatible con el régimen del río aguas abajo. El método más común para lograr esta transición del flujo consiste en un simple resalto hidráulico sumergido, estos resaltos han sido estudiados por muchos investigadores”. (Novak, 2001)

2.2.6. Transición de entrada al canal

Al ingresar el agua al disipador que es una estructura ancha al inicio y se va angostando hasta entregar el flujo al canal principal que generalmente tiene es de una sección más estrecha. Por ende, es necesario intercalar una transición entre las dos estructuras para evitar que existan grandes pérdidas de energía entre la ventana de captación y el canal.

2.2.7. Desarenador

“El desarenador es una estructura diseñada con la finalidad de decantar arenas de diámetro superior a 0.2 mm, que ingresan en la captación de caudales en una Toma y que provienen del arrastre en suspensión de las partículas en el río. Esta estructura está compuesta por Naves de decantación las que a su vez cuentan con una fuga de limpia al final de su longitud.” (UNATSABAR, 2005, pág. 28)

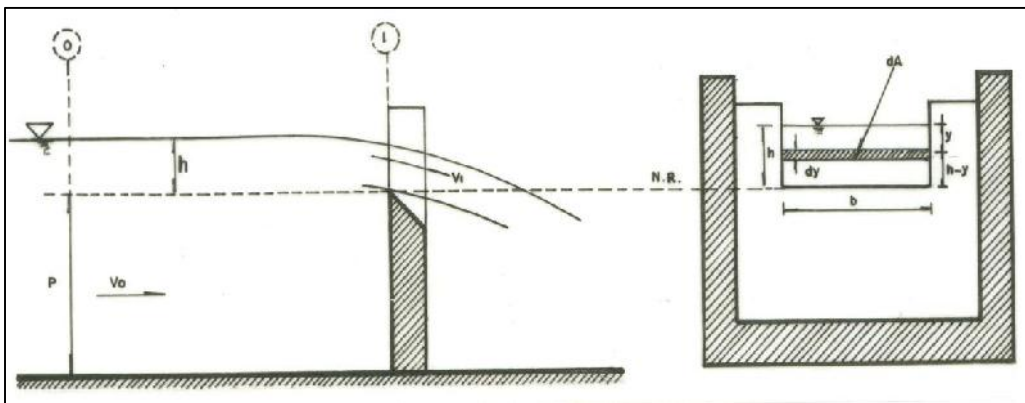
2.2.8. Vertederos

Considérese una corriente líquida que fluye a través de un vertedero rectangular, como se muestra en la Figura 2.10.

Sean los puntos 0 y 1 en la superficie libre del fluido, en una sección suficientemente lejos aguas arriba del vertedero, y justo encima de la cresta, respectivamente.

Figura 11

Vertedero



Nota: Detalles de un vertedero, Tomado de ATA.PE

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre las secciones (0) y (1), despreciando las pérdidas de carga, se tiene:

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \alpha_0 \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g}$$

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, 2010)

Reemplazando, se tiene:

$$h + \frac{p_{atm}}{\gamma} + \alpha_0 \frac{v_0^2}{2g} = (h-y) + \frac{p_{atm}}{\gamma} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g}$$

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, 2010)

Resultando:

$$\alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = y + \alpha_0 \frac{v_0^2}{2g}$$

donde:

α_0 , α_1 : coeficientes de corrección por energía cinética, de Coriolis.

v_0 : velocidad de aproximación del flujo, medida en una sección lo suficientemente lejos, aguas arriba del vertedero.

Despejando la velocidad del flujo en la sección (1), justo encima de la cresta, de la ecuación (2.2), se tiene:

$$v_1 = \sqrt{2gy + v_0^2}$$

De otro lado, aplicando la ecuación de conservación de masa, el caudal elemental, teórico, que fluye a través del área diferencial, $dA = b \, dy$, sobre la cresta, es:

$$dQ_t = v_1 dA = \sqrt{2gy + v_0^2} \, b \, dy$$

Luego, el caudal real a través del vertedero será:

$$Q = C_d Q_t$$

$$Q = C_d b \int_0^h \left(\sqrt{2gy + v_0^2} \right) dy$$

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, 2010)

2.2.9. Modelos numéricos bidimensionales

“El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de St. Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad.” (Flumen, 2014) La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios.

2.2.9.1. Ecuaciones hidrodinámicas

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + 2 \Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h \tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial y} - 2 \Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}^e}{\partial y} + M_y$$

Ecuaciones de conservación de la masa y momento.

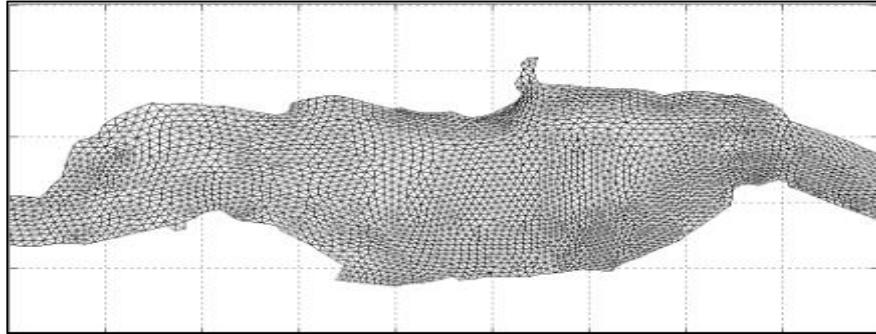
Fuente: (Flumen, 2014)

En el módulo hidrodinámico se resuelven las ecuaciones de conservación de la masa y de momento en las dos direcciones horizontales.

2.2.9.2. Modelo en la interfaz del software:

Figura 12

Ejemplo de malla no estructurada formada por elementos triangulares



Nota: Elementos triangulares de una malla no estructural, Tomado de (Flumen, 2014)

2.3. Marco Conceptual

Topografía

“Estudia el conjunto de procedimientos para determinar la posición de un punto sobre la superficie terrestre, por medio de medidas según los tres elementos del espacio: dos distancias y una elevación o una distancia, una elevación y una dirección. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (en sistema métrico decimal), y para direcciones se emplean unidades de arco (grados sexagesimales).” (Navarro, 2008)

Precipitación

“Caída de un conjunto de partículas, con formas de lluvia, llovizna, nieve, Nieve granulada, granizo y gránulos de hielo.” (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012, p. 221)

Fenómeno el niño

“Es el calentamiento anómalo de la temperatura del agua del Pacífico Oriental, que repercute en el clima mundial.” (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012, p. 219)

Caudal

“Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado.” (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012, pág. 218)

Aliviadero

“Estas estructuras consisten en escotaduras que se hacen en la pared o talud del canal para controlar el caudal, evitándose posibles desbordes que podrían causar serios daños, por lo tanto, su ubicación se recomienda en todos aquellos lugares donde exista este peligro. Se usa para eliminar el caudal en exceso en la bocatoma y el tanque de carga regresándolo al curso natural”. (Mansen, 2010, p. 14-16)

Bocatomas

Estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir, extraer una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal. El éxito de una obra hidráulica depende básicamente de una buena y eficaz obra de toma o captación del agua. (Rocha, 2005, p. 2)

Canal

“Cauce artificial de agua, son conductos abiertos por donde circula el agua de un lugar a otro.” (Mansen, 2010, p. 10)

Desarenador

“Es un tanque de mayor dimensión a la obra de conducción en el que las partículas en suspensión pierden velocidad y son decantadas, cayendo al fondo.” (Rocha, 2005, p. 5)

Sedimentación

“Es el proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita.

Un tipo común de sedimentación ocurre cuando el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin.” (Rocha, 2005, p. 8)

2.4. Sistema de Hipótesis

El diseño y modelamiento hidráulico de la bocatoma San Juan, Tomaval será esencial para una óptima distribución y captación de agua.

2.5. Variables: Operacionalización de la variable

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Concepto	Dimensiones	Indicadores		Und
Diseño hidráulico	Es el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas mediante el empleo o aplicación de las fórmulas empíricas establecidas por la USBR.	Diseño hidráulico de la bocatoma Tomaval	Caudal de captación	Caudal de demanda	m ³ /s
			Dimensiones de las ventanas de cap.	Altura de la ventana	m
				Ancho de la ventana	m
				Ancho del desarenador	m
			Dimensiones del desarenador	Longitud del desarenador	m
				Profundidad del desarenador	m
				Tirante	m
			Características hidráulicas del canal de derivación	Velocidad de flujo	m/s
				Régimen de flujo	froude
			Características geométricas	Ancho del canal	m

Variables	Concepto	Dimensiones	Indicadores	Und
			del canal de derivación	Profundidad del canal m
				Pendiente del canal m/m
				Altura del barraje m
			Características del barraje	Longitud del barraje m
				Longitud del colchón disipador m
Análisis del funcionamiento mediante un modelamiento hidráulico 2D	Consiste en la evaluación del desempeño hidráulico de una estructura con la finalidad de garantizar sus condiciones de servicio, mediante el empleo de software especializados.	Modelamiento de la bocatoma Tomaval	Características del modelo	Mallado del modelo und
			Condiciones de contorno	Ingreso y salida de caudal m ³ /s
			superficies y geometría	Modelo digital de elevaciones (DEM) m, m ²

Nota: En la tabla 1 se presentan la operacionalización de las variables en estudio.

III.METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

Por su aporte de conocimientos:

Investigación Aplicada, ya que contempla el uso de otras ciencias de la ingeniería para generar nuevos conocimientos que presten soluciones a los problemas planteados.

Por la naturaleza de sus variables:

Investigación correlacional, ya que relaciona ambas variables dejando entrever su dependencia y estrecha relación.

Por su manera de recolectar datos:

Investigación de campo, debido a que los datos a emplear para la resolución de los problemas planteados se extraerán directamente del lugar donde se desarrollan.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Todas las bocatomas contempladas por la comisión de riego del valle del Rio Virú.

3.2.2. Muestra

Bocatoma San Juan, perteneciente a la junta de usuarios del Choloque y Queneto.

3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Topografía

Es una técnica de recolección de datos referentes al relieve del terreno en el cual está involucrado nuestro problema planteado, es decir, nos mostrará de manera

digital o física una representación de sector en estudio a través de simbologías como las curvas de nivel o redes de triangulación, las cuales finalmente nos darán a conocer que tan accidentado es el terreno y a la vez nos darán información de las alturas o cotas que lo conforman, a todo esto se le conoce como planimetría y altimetría.

Instrumentos:

- Drone de exploración topográfica
- Gps de mano
- Wincha de 50 metros (Topográfica)
- Nivel de ingeniero
- Mira
- Nivel esférico
- Registro de apuntes

Estudio de mecánica de suelos: Mediante esta técnica recolectaremos información acerca de las características físicas y mecánicas del terreno en el cual serán ubicadas las estructuras hidráulicas a proyectar, dichas características podrían ser por ejemplo la granulometría del material, el peso específico, el contenido de humedad, el ángulo de fricción interna, entre otros. Esta información nos permitirá conocer más algunos detalles sobre la interacción del suelo del cauce con el caudal de entrega de la cuenca.

Instrumentos:

- Estudio de granulometría: Mallas o tamices enumerados desde el $\frac{3}{4}$ hasta el N°200, balanzas y gráficas.
- Estudio de contenido de humedad: Horno, balanzas y recipientes contenedores.

Estudio de hidrología: Mediante esta técnica podremos estimar la concentración de caudales de entrega de la cuenca del río en estudio, bajo las

condiciones más desastrosas posibles, la cuales son logradas al proyectar una máxima avenida con periodos de retorno por encima de los 100 años, estas recomendaciones son hechas por el Manual de hidrología del MTC, sin embargo existen limitaciones como por ejemplo la vida útil proyectada para cada una de las estructuras planteadas que podrían cambiar el periodo de retorno para el cual se está proyectando una avenida extraordinaria.

Instrumentos:

- Registros históricos de caudales del rio Virú
- Registro de precipitaciones de las estaciones climáticas cercanas.
- Cartas nacionales para la identificación de cuencas.

3.4. Diseño de Investigación

Esta investigación está cumpliendo con las condiciones metodológicas necesarias para ser clasificada como una investigación cuasi experimental, la cual consiste en la representación de la realidad que contiene al problema a través de modelos matemáticos o informáticos, de tal manera que se pueda estudiar, modificar y manipular sin alterar su naturaleza o tener contacto directo en la realidad.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Procesamiento de la topografía: En esta etapa del desarrollo del proyecto creo conveniente el uso de AutoCAD civil 3D, por ser una poderosa herramienta para proceso de información topográfica tanto en la creación como edición de superficies de grandes magnitudes con resultados muy satisfactorios, la intención es obtener dibujos que puedan representar de manera adecuada el relieve del terreno de la zona en estudio.

- En la etapa de análisis, se buscará equilibrar los movimientos de tierra, para aprovechar los cortes en las zonas donde se requiera o haga falta material de relleno.

Procesamiento de la data hidrológica: En el desarrollo de esta etapa, emplearé un software muy eficiente denominado HEC -HMS en el caso necesite procesar hietogramas sintéticos para la transformación de lluvia en caudales, sin embargo si requiero del procesamiento de los registros de caudales, emplearé el software HIDROESTA que es muy adecuado para la obtención de caudales de máxima avenida en base a registros de caudales históricos, además como parte de la hidrología también tengo el estudio de cuencas, que requerirá de ArcGIS el cual es una poderosa herramienta para el procesamiento de información geográfica a grandes escalas.

- En la etapa de análisis seré cauteloso en cuanto a la selección de los caudales máximos obtenidos del estudio hidrológico, ya que esto último me permitirá conocer las dimensiones de las estructuras que finalmente se propondrán dentro de los lineamientos del presente proyecto.

Procesamiento de los modelos hidráulicos: Durante el desarrollo de esta etapa del proyecto, se pondrá a prueba el dimensionamiento previo de la estructura que compone a la bocatoma, esencialmente las partes más importantes de esta, como podrían ser el desarenador, el barraje y las ventanas de captación, además se puede evaluar también las dimensiones de las estructuras de protección, todo esto empleando Iber 2.4.3, que es un poderoso software al cual se accede de manera gratuita que la capacidad de procesar la información que nos permita evaluar las estructuras propuestas.

- Durante la etapa de análisis haremos una observación directa de los resultados a través del software con la intención de verificar que se estén cumpliendo con las dimensiones mínimas para el adecuado desempeño del conjunto de estructuras sin presentar complicaciones que lo perjudiquen.

IV. PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Levantamiento topográfico

Imagen 1

Ortofotografía de Tomaval con A= 2.23 Km²



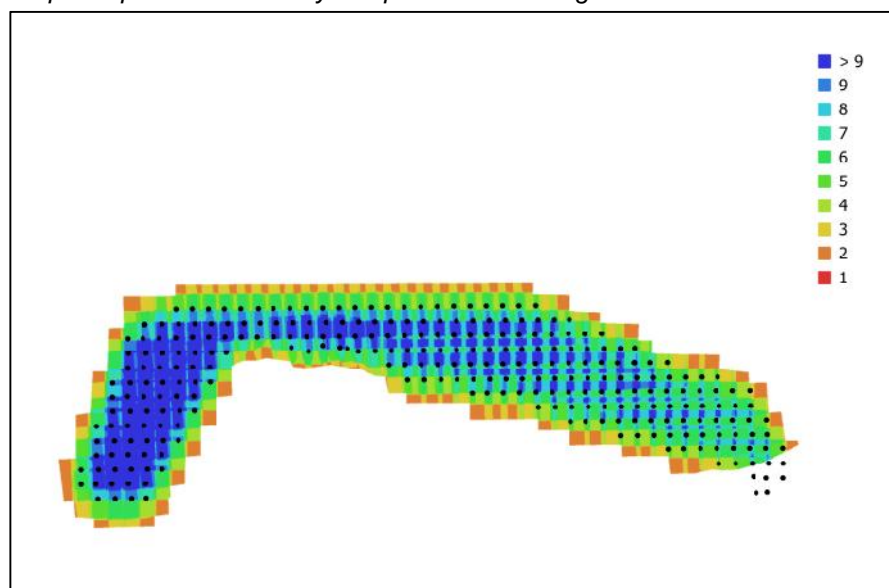
Debido a la complejidad del terreno y extensión del área a intervenir, se decidió procesar la información topográfica con la ayuda de un Drone de mapeo que levantó un mapa 2.23 Km², con una resolución de 6.97cm/pixel.

Datos del levantamiento:

Para el proceso adecuado de la información topográfica se procedió a crear en principio un mapa de posicionamiento (GPS) para verificar y contrastar el solapamiento de imágenes referenciales hechas por el Drone.

Imagen 2

Mapa de posicionamiento y solapamiento de imagen



Esta información permitirá evaluar la densidad o concentración de puntos y por ende determinar la calidad del levantamiento realizado.

Número de imágenes:	281	Imágenes alineadas:	281
Altitud media de vuelo:	204 m	Puntos de paso:	267,399
Resolución en terreno:	6.97 cm/pix	Proyecciones:	1,057,902
Área cubierta:	2.23 km ²	Error de reproyección:	1.19 pix

Tabla 2

Cámaras

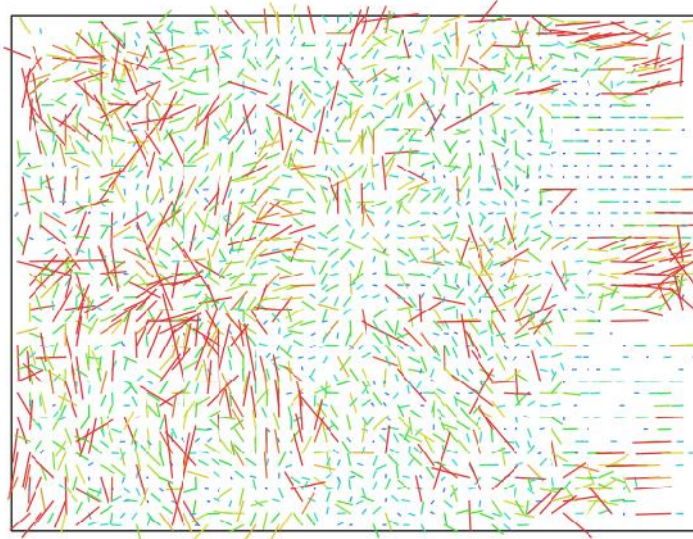
Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de pixel	Precalibrada
FC2204 (4.68 mm)	4000 x 3000	4.68 mm	1.56 x 1.56 micras	Si
FC2204 (4.58 mm)	4001 x 3000	4.58 mm	1.52 x 1.52 micras	Si
FC2204 (4.48 mm)	4002 x 3000	4.48 mm	1.55 x 1.55 micras	Si
FC2204 (4.38 mm)	4003 x 3000	4.38 mm	1.58 x 1.58 micras	Si

Nota: Características de la cámara del Drone

Calibración de cámara:

Imagen 3

Gráfico de residuales para FC2204 (4.68 mm)



La calibración de la cámara consiste en verificar o en su defecto reducir los entes residuales provocados por la distorsión angular, enfoque, cierre de obturación, etc., cabe resaltar que el obturador de la cámara es mecánico, lo que garantiza la estabilidad tal como se aprecia en la imagen 3.

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	4000 x 3000	4.68 mm	1.56 x 1.56 micras

Tabla 3

Coefficientes de calibración y matriz de correlación

	Valor	Error	f	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
f	2693.61	12	1	-0.09	0.17	0.63	-0.8	0.86	0.2	0.04
Cx	19.5298	1.7		1	0.06	-0.12	0.14	-0.14	-0.17	0.22
Cy	-20.6337	1.8			1	0.11	-0.13	0.14	-0.11	0.04
K1	0.0454685	0.00062				1	-0.96	0.91	0.11	0.04
K2	-0.10721	0.0024					1	-0.99	-0.16	-0.04
K3	-0.0794048	0.0025						1	0.17	0.04
P1	0.00153081	3.50E-04							1	-0.16
P2	4.49E-05	3.40E-05								1

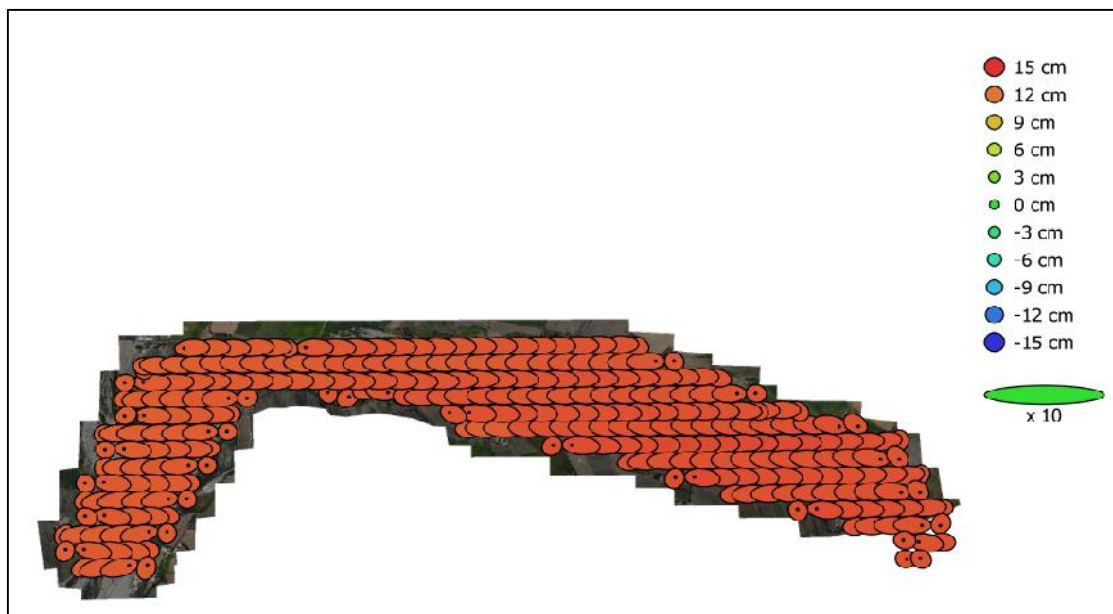
Nota: Calibración con la que se desarrolló la topografía

Finalmente, se obtiene como resultado una matriz de correlación en función a coeficiente de calibración precargados en la información interna del Drone.

Posiciones de cámaras

Imagen 4

Posiciones de las cámaras y estimación de error



El color indica el error en z, mientras el tamaño y forma de la elipse representa el error en las posiciones estimadas de las cámaras, se indican con los puntos negros.

Tabla 4

Errores medios de las posiciones de cámaras. X – Este, Y – Norte, Z- Altitud.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
0.065748	0.0742285	0.134339	0.0661657	0.134502

Nota: estimaciones de error de la cámara.

Puntos de control terrestre

Imagen 5

Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.



Para mejorar la precisión del levantamiento topográfico mediante mapeo por Drone, se colocaron 5 puntos de apoyo para el control de alturas que se han distribuido de manera homogénea y estratégica a lo largo y ancho del cauce del río.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces

Tabla 5

Puntos de apoyo. X – Este, Y – Norte, Z – Altitud.

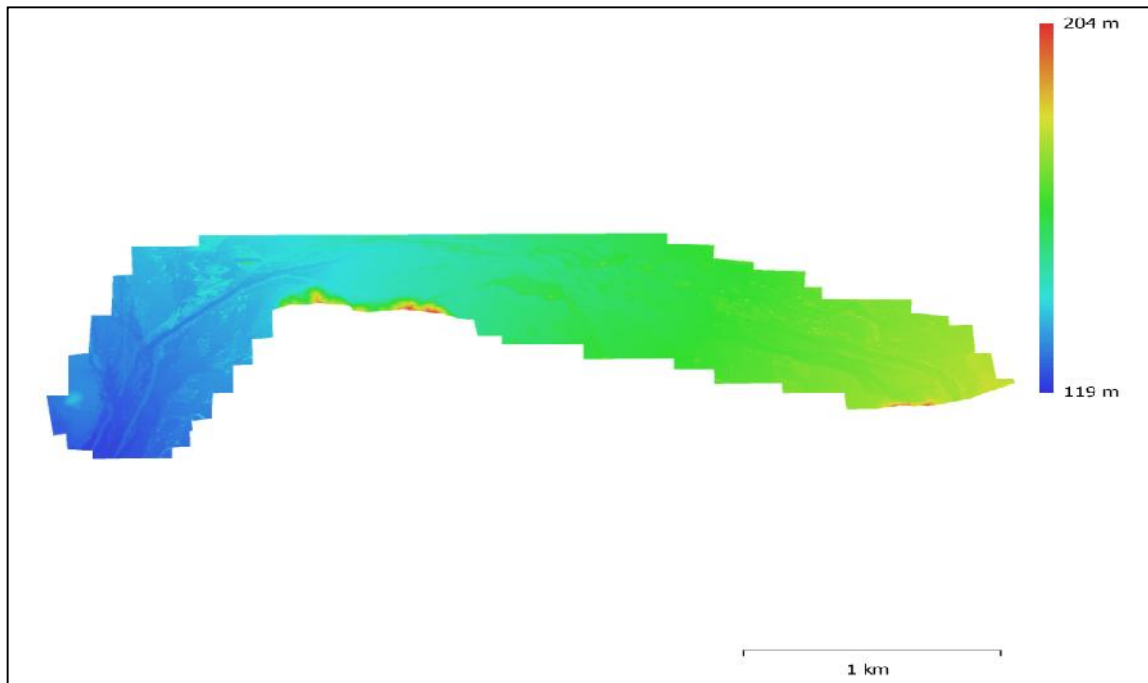
Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
point 1	7.72265	-5.92228	16.715	19.3417	1.219 (8)
point 2	2.45174	3.449181	-18.1089	18.6048	2.034 (6)
point 3	5.74247	13.0445	-13.3541	19.5312	1.230 (9)
point 4	9.22874	16.6446	35.7984	40.543	2.019(13)
point 5	4.79482	-27.2602	-21.994	35.3531	4.662 (6)
Total	6.43096	15.7327	22.5872	28.2676	2.359

Nota: estimaciones de errores.

Modelo digital de elevaciones

Imagen 6

Modelo digital de elevaciones



El resultado de los cálculos y procesamiento se traduce en modelo digital de elevaciones con una resolución: 13.9 cm/pix, cuya densidad de puntos es de: 51.5 puntos/m²

4.1.2. Estudio de mecánica de suelos

Ensayo de granulometría (Resultados).

Tabla 6

Peso parcial que pasa a través de los tamices

"N° Tamiz"	Peso Parcial (Gr.)
#5/8	0
#3/8	297.34
4	187.34
8	74.83
10	23.13
20	96.43
30	97.21
40	51.23
50	83.53
60	19.42
80	46.34
100	13.43
200	6.75
FONDO	4.45
TOTAL	1001.43

Nota: Como resultado del zarandeo en los tamices, tenemos los pesos en gramos (gr.) del material que en función al diámetro de sus partículas ha quedado retenido en las diferentes mallas colocadas de forma gradual, este resultado nos será de gran utilidad para construir nuestra gráfica o curva granulométrica.

Análisis granulométrico (Resultados)

Fecha: 16/10/2020

Muestra: M-01

Tabla 7

Análisis granulométrico

N° Tamiz"	Fac Malla Mm	Peso Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
# 5/8	12.700	0	0	0	100.0000
# 3/8	9.520	297.34	29.6915	29.6915	70.3085
4	4.750	187.34	18.7072	48.3987	51.6013
8	2.360	74.83	7.4723	55.871	44.1290
10	2.000	23.13	2.3097	58.1807	41.8193
20	0.850	96.43	9.6292	67.8099	32.1901
30	0.500	97.21	9.7071	77.517	22.4830
40	0.425	51.23	5.1157	82.6327	17.3673
50	0.300	83.53	8.3411	90.9738	9.0262
60	0.250	19.42	1.9392	92.913	7.0870
80	0.180	46.34	4.6274	97.5404	2.4596
100	0.150	13.43	1.3411	98.8815	1.1185
200	0.075	6.75	0.674	99.5555	0.4445
Fondo	0.000	4.45	0.4444	100.0000	0.0000
Total		1001.43	100.0000		

Nota: La muestra extraída para el análisis granulométrico corresponde al lecho del río a no más de 1.5 m de profundidad, con la finalidad de identificar las características del sedimento de arrastre en el fondo, como se puede verificar en el cuadro adjunto, la composición granulométrica es muy variada teniendo hasta 13 diámetros diferentes y bajos contenidos de material fino dentro

Diámetros Característicos:

Mediante las fórmulas:

$$D = \left(\frac{D2 - D1}{L \%2 - L \%1} \right) x (\%x - l \%1) + D1$$

Fórmula N° 1 – Diámetros característicos
 Fuente: (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002)

Procedemos a encontrar los diámetros característicos, teniendo en cuenta la fórmula citada en el párrafo anterior:

$$D_{10} = \left(\frac{0.3 - 0.425}{L \cdot 9.02 - L \cdot 17.36} \right) x \quad (10 - l \cdot 17.36) + 0.425$$

$$D_{10} = 0.315$$

$$D_{30} = \left(\frac{0.5 - 0.85}{L \cdot 22.48 - L \cdot 32.19} \right) x \quad (30 - l \cdot 32.19) + 0.85$$

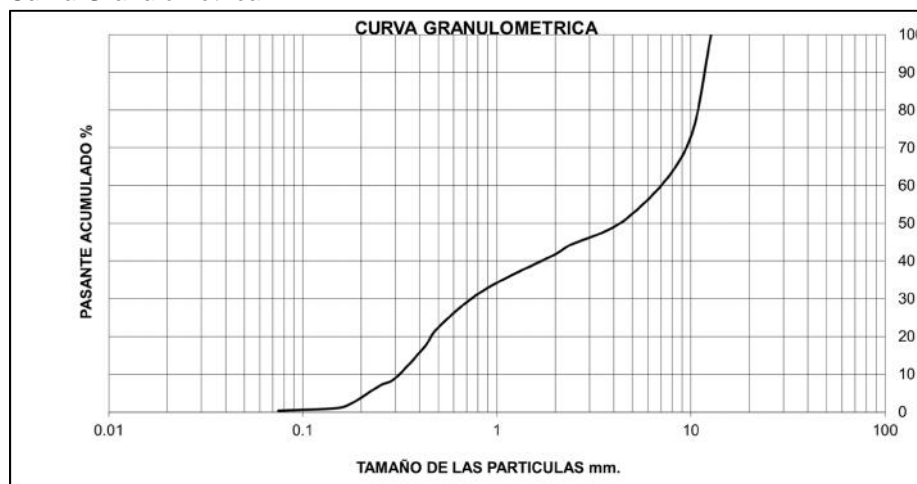
$$D_{30} = 0.771$$

$$D_{60} = \left(\frac{4.75 - 9.52}{L \cdot 51.60 - L \cdot 70.30} \right) x \quad (60 - l \cdot 70.30) + 9.52$$

$$D_{60} = 6.892$$

Gráfico 1

Curva Granulométrica



Con los diámetros característicos procederemos a evaluar los parámetros de Coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad mediante las fórmulas:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Fórmula N° 2 y 3 – Coeficiente de curvatura y compacidad
Fuente: (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002)

Coeficiente de curvatura:

$$C = \frac{6.892}{0.315}$$
$$C = 21.909$$

Coeficiente de compacidad:

$$C = \frac{0.771^2}{0.315 * 6.892}$$
$$C = 0.274$$

En función a lo determinado con anterioridad, definiremos en la nomenclatura SUCS el tipo de suelo que tenemos: SP Arenas mal gradadas con baja cantidad de arcillas y limos

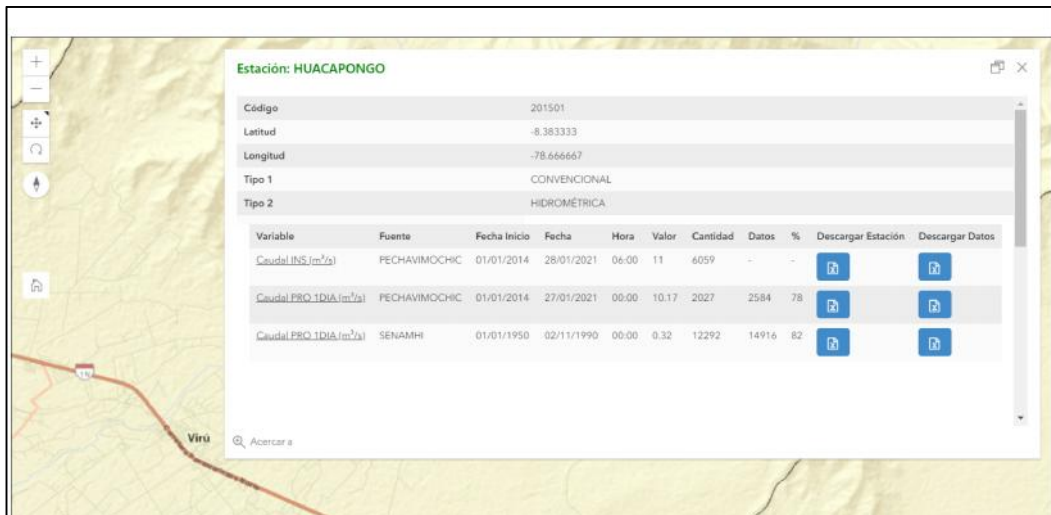
4.1.3. Estudio hidrológico

4.1.3.1. Aforo de caudales

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log normal, log Pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc., (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012)

Imagen 7

Esquema de ubicación y descripción de la Estación Huacapongo



Variable	Fuente	Fecha Inicio	Fecha	Hora	Valor	Cantidad	Datos	%	Descargar Estación	Descargar Datos
Caudal (INS) (m³/s)	FECHAVIMOCHIC	01/01/2014	28/01/2021	06:00	11	6059	-	-		
Caudal (PRO 1DIA) (m³/s)	FECHAVIMOCHIC	01/01/2014	27/01/2021	00:00	10.17	2027	2584	78		
Caudal (PRO 1DIA) (m³/s)	SENAMHI	01/01/1950	02/11/1990	00:00	0.32	12292	14916	82		

Nota: Tomado de Senamhi

La estación hidrométrica más cercana al punto de análisis es la estación Huacapongo, de la cual extraeremos el archivo de aforos con la información más densa posible, en este caso es la que tiene una cantidad 12'292 entradas de datos, y la fuente de información es el SENAMHI. La representatividad, calidad, extensión y consistencia de los datos es primordial para el inicio del estudio hidrológico, por ello, se recomienda contar con un mínimo de 25 años de registro que permita a partir de esta información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo que los resultados sean confiables, asimismo dicha información deberá incluir los años en que se han registrado los eventos

del fenómeno “El Niño”, sin embargo dado que durante el evento del fenómeno del niño la información no es medida ya que normalmente se estiman valores extraordinarios. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012)

Tabla 8

Resumen del registro de aforos de la estación Huacapongo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Qmax M3/S
1950	0.25	18	6	20.8	5.28	0.56	0.15	0.02	0.02	0.08	1.76	10	20.8
1951	8.5	15	22	4.8	2.9	0.09							22
1952	16.1	45	50	48.5	2.8	0.57	0.5	0.29				0.7	50
1953	16	40	24	28	3.75	0.4	0.29	0.24	0.4	0.06	0.45	2.4	40
1954	11.2	10	32	2.6	1.92	0.76	0.27	0.14	0.14	0.64	4.08	1.4	32
1955	6.4	28.8	36.6	4.8	9.6	3.2	0.51	0.29	0.16	4.8	0.11	4.8	36.6
1956	32	41.28	88	24	8	0.72	0.38	0.25	0.06	2.86	0.16	0.1	88
1957	3.2	64	47.18	80	11.2	1.28	0.48	0.13	0.08	0.4	1.36	4.43	80
1958	10.23	10.5	74	32.5	3.2	0.74	0.25	0.06	0.05	1.12	0.06	0.13	74
1959	0.09	8	40	32	19.2	0.51	0.32	0.08	0.05	1.6	1.28	8.4	40
1960	20.8	27.2	48	22.05	4.1	0.54	0.17	0.06	0.1	0.19	0.8	3.2	48
1961	12	13.12	20.16	12.8	6.62	0.8	0.32	0.08	0.06	0.06	0.16	2.8	20.16
1962	26.87	24	122.5	36	6.34	0.53	0.23	0.1	0.08	0.05	0.4	0.2	122.5
1963	3.2	1.76	20.8	138	5.6	0.18	0.07	0.05	0.04	0.02	0.16	10.4	138
1964	8	19.2	13.6	16	8	0.4	0.24	0.61	0.28	0.98	4.8	0.8	19.2
1965	1.56	4.8	48.58	26.1	1.74	0.32	0.19	0.05	0.41	0.64	1.66	6.4	48.58
1966	5.7	6.08	7.78	5	1.8	0.4	0.17	0.06	0.05	4	3.12	0.21	7.78
1967	16	200	50	6.4	3.2	0.8	0.96	0.21	0.05	9.6	3.52	0.74	200
1968	1.04	1.66	9.6	12	0.08	0.08	0.03	0.03	0.03	1.55	8	1.6	12
1969	1.92	4	19.2	28.8	1.43	0.22	0.06	0.03	0.02	1.63	4	14	28.8
1970	172.8	5.6	8	12.8	19.2	6.35	0.69	0.22	0.48	1.34	1.44	11.2	172.8
1971	6.4	32	48	26.2	4.8	0.7	0.53	0.54	0.35	1.92	0.96	12	48
1972	24	48	200	35	5.6	2.46	0.56	0.59	0.27	0.27	1.76	7.36	200
1973	29.04	12.56	15.76	51.7	8	1.6	1.92	0.88	0.96	1.6	2.4	2.4	51.7
1974	7.2	12.8	12.8	3.2	1.6	0.8	0.56	0.32	0.64	1.6	0.4	0.24	12.8
1975	7.2	50.8	110	50	4.8	3.2	0.96	0.48	0.96	2.4	0.8	0.35	110
1976	11.2	11.2	15	5.4	0.96	1.6	0.4	0.24	0.16	0.05	0.03	0.08	15
1977	5.04	45.6	41.5	24	0.8	0.56	0.29						45.6
1980					0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	5	8	15	15
1981	3.2	80	110	10	2								110
1983			70	120	10	2.5	0.35	0.14	0.06	2.4	0.18	4	120
1984	2	80	100	6	16	2.4	0.96	0.32	0.08	0.96	1.9	7.2	100
1985	4	1.28	3.5	6	6	0.48	0.19	0.08	0.4	0.32	0.14	0.8	6
1986	10.5	7	7.2	15	11	0.64	0.13	0.05	0.03	0.02	0.8	10	15
1987	28	35	10	10	1.6	0.14	0.02	0.02	0.02	0.02	1.28	0.16	35
1988	19.2	25.6	20	20	4.8	0.8	0.1	0.01					25.6
1990							0.09	0.08	0.05	1.82	0.48		1.82

Nota: En la tabla anterior mostramos un resumen del caudal máximo durante los años que la estación Huacapongo estuvo en actividad, teniendo un total de 37 años de registro, suficientes para realizar una proyección en función a un determinado periodo de retorno con la finalidad de obtener un caudal de máxima avenida extraordinaria

4.1.3.2. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

Modelos de distribución:

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012). En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; para la resolución de este informe se han empleado las siguientes distribuciones recomendadas:

- a) Distribución Normal
- b) Distribución Log Normal 2 parámetros
- c) Distribución Log Normal 3 parámetros
- d) Distribución Gamma 2 parámetros
- e) Distribución Gamma 3 parámetros
- f) Distribución Log Pearson tipo III
- g) Distribución Gumbel
- h) Distribución Log Gumbel

Tabla 9*Distribución Normal - Momentos lineales*

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	0.1416	0.1274	0.1153
2	6	0.0526	0.1596	0.1453	0.107
3	7.78	0.0789	0.1678	0.1535	0.0888
4	12	0.1053	0.1881	0.1739	0.0829
5	12.8	0.1316	0.1921	0.178	0.0606
6	15	0.1579	0.2035	0.1895	0.0456
7	15	0.1842	0.2035	0.1895	0.0192
8	15	0.2105	0.2035	0.1895	0.0071
9	19.2	0.2368	0.2261	0.2126	0.0107
10	20.16	0.2632	0.2315	0.2181	0.0316
11	20.8	0.2895	0.2352	0.2219	0.0543
12	22	0.3158	0.242	0.2289	0.0738
13	25.6	0.3421	0.2633	0.2509	0.0788
14	28.8	0.3684	0.283	0.2713	0.0854
15	32	0.3947	0.3034	0.2925	0.0913
16	35	0.4211	0.3231	0.3131	0.098
17	36.6	0.4474	0.3338	0.3243	0.1136
18	40	0.4737	0.357	0.3487	0.1167
19	40	0.5	0.357	0.3487	0.143
20	45.6	0.5263	0.3963	0.3901	0.13
21	48.0	0.5526	0.4135	0.4083	0.1391
22	48.0	0.5789	0.4135	0.4083	0.1654
23	48.6	0.6053	0.4177	0.4128	0.1876
24	50.0	0.6316	0.4280	0.4237	0.2036
25	51.7	0.6579	0.4404	0.4368	0.2175
26	74.0	0.6842	0.6036	0.6098	0.0806
27	80.0	0.7105	0.6457	0.6542	0.0648
28	88.0	0.7368	0.6991	0.7101	0.0377
29	100.0	0.7632	0.7716	0.7851	0.0084
30	110.0	0.7895	0.8236	0.8379	0.0341
31	110.0	0.8158	0.8236	0.8379	0.0078
32	120.0	0.8421	0.8674	0.8814	0.0253
33	122.5	0.8684	0.8771	0.8909	0.0087
34	138.0	0.8947	0.9261	0.9377	0.0314
35	172.8	0.9211	0.9818	0.9868	0.0607
36	200.0	0.9474	0.9953	0.9970	0.0479
37	200.0	0.9737	0.9953	0.9970	0.0216
Delta Teórico =					0.2175

Nota: probabilidad de retorno por distribución normal.

Imagen 8

Distribución normal

Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	20.8
2	22.0
3	50.0
4	40.0
5	32.0
6	35.6
7	88.0
8	80.0
9	74.0
10	40.0
11	49.0
12	20.16
13	122.5
14	138.0

Parámetros de diseño:
 Caudal (Q): 185.51 m³/s
 Período de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): %
 Q=f(T) T=f(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución normal:
Con momentos ordinarios:
 De localización (μ): 59.8038
 De escala (S): 54.0236
Con momentos lineales:
 Media lineal (X̄): 59.8038
 Des. Estandar (S l): 50.9217

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mcm Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	0.1416	0.1274	0.1153
2	6.0	0.0526	0.1596	0.1453	0.1070
3	7.78	0.0789	0.1678	0.1535	0.0988
4	12.0	0.1053	0.1881	0.1739	0.0829
5	12.8	0.1316	0.1921	0.1780	0.0606
6	15.0	0.1579	0.2035	0.1895	0.0456
7	15.0	0.1842	0.2035	0.1895	0.0192
8	15.0	0.2105	0.2035	0.1895	0.0071

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.2175, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%.

Archivos y resultados:
 Crear Accesar Excel Reporte

Calcular Graficar Limpiar Imprimir Menú Principal

Tabla 10*Distribución GUMBEL - Momentos lineales*

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.820	0.026	0.108	0.103	0.082
2	6.000	0.053	0.134	0.128	0.081
3	7.780	0.079	0.145	0.140	0.066
4	12.000	0.105	0.174	0.169	0.069
5	12.800	0.132	0.180	0.175	0.049
6	15.000	0.158	0.197	0.191	0.039
7	15.000	0.184	0.197	0.191	0.012
8	15.000	0.211	0.197	0.191	0.014
9	19.200	0.237	0.229	0.224	0.007
10	20.160	0.263	0.237	0.232	0.026
11	20.800	0.290	0.242	0.237	0.047
12	22.000	0.316	0.252	0.247	0.064
13	25.600	0.342	0.282	0.278	0.060
14	28.800	0.368	0.310	0.305	0.059
15	32.000	0.395	0.337	0.334	0.057
16	35.000	0.421	0.364	0.360	0.058
17	36.600	0.447	0.378	0.374	0.070
18	40.000	0.474	0.407	0.404	0.067
19	40.000	0.500	0.407	0.404	0.093
20	45.600	0.526	0.455	0.453	0.071
21	48.000	0.553	0.476	0.474	0.077
22	48.000	0.579	0.476	0.474	0.103
23	48.580	0.605	0.481	0.479	0.125
24	50.000	0.632	0.492	0.491	0.139
25	51.700	0.658	0.506	0.505	0.152
26	74.000	0.684	0.670	0.671	0.014
27	80.000	0.711	0.706	0.708	0.004
28	88.000	0.737	0.750	0.753	0.013
29	100.000	0.763	0.806	0.808	0.042
30	110.000	0.790	0.843	0.846	0.054
31	110.000	0.816	0.843	0.846	0.027
32	120.000	0.842	0.874	0.877	0.032
33	122.500	0.868	0.881	0.884	0.013
34	138.000	0.895	0.916	0.918	0.021
35	172.800	0.921	0.962	0.964	0.041
36	200.000	0.947	0.980	0.981	0.033
37	200.000	0.974	0.980	0.981	0.006
Delta Teórico =					0.1516

Nota: probabilidad de retorno por distribución GUMBEL

Imagen 9

Distribución Gumbel

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	20.8
2	22.0
3	50.0
4	40.0
5	32.0
6	36.6
7	88.0
8	80.0
9	74.0
10	40.0
11	48.0
12	20.15
13	122.5
14	138.0

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): m³/s
 Período de retorno (T): años
 Probabilidad (P): %
 Q=f(T) T=f(Q) F(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución Gumbel
Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 35.4903
 De escala (alfa): 42.122
Con momentos lineales:
 De posición (μ_l): 35.3794
 De escala (alfal): 41.4479

m	X	F(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	0.1082	0.1029	0.0818
2	6.0	0.0526	0.1335	0.1279	0.0808
3	7.78	0.0789	0.1451	0.1395	0.0661
4	12.0	0.1053	0.1744	0.1588	0.0691
5	12.8	0.1316	0.1802	0.1746	0.0486
6	15.0	0.1579	0.1966	0.1911	0.0387
7	15.0	0.1842	0.1966	0.1911	0.0124
8	15.0	0.2105	0.1966	0.1911	0.0139

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1516, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:
 Crear | Accesar | Excel | Reporte

Calcula | Graficar | Limpiar | Imprimir | Menú Principal

Tabla 11*Distribución Log Normal III- Momentos Lineales*

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	-2.015	0.022	0.0044
2	6	0.0526	-1.6109	0.0536	0.001
3	7.78	0.0789	-1.4698	0.0708	0.0081
4	12	0.1053	-1.1847	0.1181	0.0128
5	12.8	0.1316	-1.1368	0.1278	0.0038
6	15	0.1579	-1.0133	0.1554	0.0024
7	15	0.1842	-1.0133	0.1554	0.0288
8	15	0.2105	-1.0133	0.1554	0.0551
9	19.2	0.2368	-0.805	0.2104	0.0264
10	20.16	0.2632	-0.7616	0.2231	0.04
11	20.8	0.2895	-0.7334	0.2317	0.0578
12	22	0.3158	-0.6821	0.2476	0.0682
13	25.6	0.3421	-0.5389	0.295	0.0471
14	28.8	0.3684	-0.4233	0.336	0.0324
15	32	0.3947	-0.3168	0.3757	0.019
16	35	0.4211	-0.224	0.4114	0.0097
17	36.6	0.4474	-0.1771	0.4297	0.0176
18	40	0.4737	-0.0824	0.4672	0.0065
19	40	0.5	-0.0824	0.4672	0.0328
20	45.6	0.5263	0.0604	0.5241	0.0022
21	48.0	0.5526	0.1173	0.5467	0.0060
22	48.0	0.5789	0.1173	0.5467	0.0323
23	48.6	0.6053	0.1307	0.5520	0.0533
24	50.0	0.6316	0.1629	0.5647	0.0669
25	51.7	0.6579	0.2005	0.5794	0.0784
26	74.0	0.6842	0.6158	0.7310	0.0468
27	80.0	0.7105	0.7087	0.7607	0.0502
28	88.0	0.7368	0.8234	0.7948	0.0580
29	100.0	0.7632	0.9789	0.8362	0.0730
30	110.0	0.7895	1.0962	0.8635	0.0740
31	110.0	0.8158	1.0962	0.8635	0.0477
32	120.0	0.8421	1.2040	0.8857	0.0436
33	122.5	0.8684	1.2297	0.8906	0.0222
34	138.0	0.8947	1.3787	0.9160	0.0213
35	172.8	0.9211	1.6633	0.9519	0.0308
36	200.0	0.9474	1.8503	0.9679	0.0205
37	200.0	0.9737	1.8503	0.9679	0.0058
Delta Teórico =					0.0784

Nota: probabilidad de retorno por distribución Log normal III.

Tabla 12*Distribución Gamma III- Momentos Lineales*

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.820	0.026	0.098	0.000	0.072
2	6.000	0.053	0.129	0.000	0.077
3	7.780	0.079	0.144	0.000	0.065
4	12.000	0.105	0.179	0.000	0.074
5	12.800	0.132	0.186	0.000	0.054
6	15.000	0.158	0.205	0.000	0.047
7	15.000	0.184	0.205	0.000	0.021
8	15.000	0.211	0.205	0.000	0.006
9	19.200	0.237	0.242	0.000	0.005
10	20.160	0.263	0.251	0.000	0.012
11	20.800	0.290	0.257	0.000	0.033
12	22.000	0.316	0.267	0.000	0.048
13	25.600	0.342	0.300	0.000	0.042
14	28.800	0.368	0.329	0.000	0.039
15	32.000	0.395	0.358	0.000	0.037
16	35.000	0.421	0.385	0.000	0.036
17	36.600	0.447	0.399	0.000	0.049
18	40.000	0.474	0.429	0.000	0.045
19	40.000	0.500	0.429	0.000	0.072
20	45.600	0.526	0.476	0.000	0.051
21	48.000	0.553	0.495	0.000	0.057
22	48.000	0.579	0.495	0.000	0.084
23	48.580	0.605	0.500	0.000	0.105
24	50.000	0.632	0.511	0.000	0.120
25	51.700	0.658	0.525	0.000	0.133
26	74.000	0.684	0.678	0.000	0.006
27	80.000	0.711	0.712	0.000	0.002
28	88.000	0.737	0.753	0.000	0.016
29	100.000	0.763	0.805	0.000	0.042
30	110.000	0.790	0.841	0.000	0.051
31	110.000	0.816	0.841	0.000	0.025
32	120.000	0.842	0.871	0.000	0.028
33	122.500	0.868	0.877	0.000	0.009
34	138.000	0.895	0.912	0.000	0.017
35	172.800	0.921	0.959	0.000	0.038
36	200.000	0.947	0.978	0.000	0.031
37	200.000	0.974	0.978	0.000	0.005
Delta Teórico =					0.1332

Nota: probabilidad de retorno por distribución Gamma III.

Imagen 10

Distribución Gamma 3 parámetros

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	20.8
2	22.0
3	50.0
4	40.0
5	32.0
6	36.6
7	88.0
8	80.0
9	74.0
10	40.0
11	48.0
12	20.16
13	122.5
14	138.0

Parámetros de diseño:
 Caudal (Q): m³/s
 Período de retorno (T): años
 Probabilidad (P): %
 Q=f(T) T=f(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución Gamma 3 par:
Momentos ordinarios:
 De posición (x0): -24.4293
 De forma (gamma): 2.4311
 De escala (beta): 34.6485
Momentos lineales:
 De posición (x0): 2.1942
 De forma (gamma): 1.0068
 De escala (beta): 57.2209

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	0.0979	0.0000	0.0716
2	6.0	0.0526	0.1294	0.0000	0.0768
3	7.78	0.0789	0.1436	0.0000	0.0646
4	12.0	0.1053	0.1788	0.0000	0.0735
5	12.8	0.1316	0.1856	0.0000	0.0540
6	15.0	0.1579	0.2048	0.0000	0.0469
7	15.0	0.1842	0.2048	0.0000	0.0205
8	15.0	0.2105	0.2048	0.0000	0.0058

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.13316, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:

Calcular Graficar Limpiar Imprimir Menú Principal

Crear Accesar Excel Reporte

Tabla 13*Distribución Log Normal 2 Parámetros - Momentos lineales*

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	1.820	0.026	0.002	0.002	0.025
2	6.000	0.053	0.038	0.038	0.015
3	7.780	0.079	0.064	0.064	0.015
4	12.000	0.105	0.133	0.134	0.028
5	12.800	0.132	0.147	0.147	0.015
6	15.000	0.158	0.184	0.185	0.027
7	15.000	0.184	0.184	0.185	0.000
8	15.000	0.211	0.184	0.185	0.026
9	19.200	0.237	0.254	0.254	0.017
10	20.160	0.263	0.269	0.269	0.006
11	20.800	0.290	0.279	0.279	0.011
12	22.000	0.316	0.297	0.297	0.019
13	25.600	0.342	0.349	0.349	0.007
14	28.800	0.368	0.391	0.391	0.023
15	32.000	0.395	0.430	0.431	0.036
16	35.000	0.421	0.464	0.464	0.043
17	36.600	0.447	0.481	0.481	0.034
18	40.000	0.474	0.515	0.515	0.041
19	40.000	0.500	0.515	0.515	0.015
20	45.600	0.526	0.565	0.565	0.038
21	48.000	0.553	0.584	0.584	0.031
22	48.000	0.579	0.584	0.584	0.005
23	48.580	0.605	0.588	0.588	0.017
24	50.000	0.632	0.599	0.599	0.033
25	51.700	0.658	0.611	0.611	0.047
26	74.000	0.684	0.734	0.734	0.050
27	80.000	0.711	0.758	0.758	0.047
28	88.000	0.737	0.785	0.785	0.049
29	100.000	0.763	0.819	0.819	0.056
30	110.000	0.790	0.842	0.842	0.053
31	110.000	0.816	0.842	0.842	0.026
32	120.000	0.842	0.861	0.861	0.019
33	122.500	0.868	0.866	0.865	0.003
34	138.000	0.895	0.889	0.888	0.006
35	172.800	0.921	0.924	0.924	0.003
36	200.000	0.947	0.942	0.942	0.005
37	200.000	0.974	0.942	0.942	0.031
Delta Teórico =					0.0561

Nota: probabilidad de retorno por distribución Log Normal 2 Parametros.

Imagen 11

Distribución Log Normal 2 parámetros

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	20.8
2	22.0
3	50.0
4	40.0
5	32.0
6	36.6
7	88.0
8	80.0
9	74.0
10	40.0
11	48.0
12	20.16
13	122.5
14	138.0

Distribución log-Normal 2 parámetros

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 439.99 m³/s
 Periodo de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): %
 G=(T) T=(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución log-normal
Con momentos ordinarios:
 De escala (μ_y): 3.6495
 De forma (S_y): 1.0475
Con momentos lineales:
 De escala (μ_y): 3.6495
 De forma (S_y): 1.0492

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	0.0018	0.0018	0.0245
2	6.0	0.0526	0.0381	0.0383	0.0146
3	7.78	0.0789	0.0636	0.0639	0.0154
4	12.0	0.1053	0.1331	0.1335	0.0278
5	12.8	0.1316	0.1468	0.1472	0.0152
6	15.0	0.1579	0.1844	0.1848	0.0255
7	15.0	0.1842	0.1844	0.1848	0.0002
8	15.0	0.2105	0.1844	0.1848	0.0251

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.0561, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:
 Crear Accesar Excel Reporte

Calcular Graficar Limpiar Imprimir Menú Principal

Tabla 14*Distribución Log Gumbel - Momentos lineales*

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.820	0.026	0.108	0.103	0.082
2	6.000	0.053	0.134	0.128	0.081
3	7.780	0.079	0.145	0.140	0.066
4	12.000	0.105	0.174	0.169	0.069
5	12.800	0.132	0.180	0.175	0.049
6	15.000	0.158	0.197	0.191	0.039
7	15.000	0.184	0.197	0.191	0.012
8	15.000	0.211	0.197	0.191	0.014
9	19.200	0.237	0.229	0.224	0.007
10	20.160	0.263	0.237	0.232	0.026
11	20.800	0.290	0.242	0.237	0.047
12	22.000	0.316	0.252	0.247	0.064
13	25.600	0.342	0.282	0.278	0.060
14	28.800	0.368	0.310	0.305	0.059
15	32.000	0.395	0.337	0.334	0.057
16	35.000	0.421	0.364	0.360	0.058
17	36.600	0.447	0.378	0.374	0.070
18	40.000	0.474	0.407	0.404	0.067
19	40.000	0.500	0.407	0.404	0.093
20	45.600	0.526	0.455	0.453	0.071
21	48.000	0.553	0.476	0.474	0.077
22	48.000	0.579	0.476	0.474	0.103
23	48.580	0.605	0.481	0.479	0.125
24	50.000	0.632	0.492	0.491	0.139
25	51.700	0.658	0.506	0.505	0.152
26	74.000	0.684	0.670	0.671	0.014
27	80.000	0.711	0.706	0.708	0.004
28	88.000	0.737	0.750	0.753	0.013
29	100.000	0.763	0.806	0.808	0.042
30	110.000	0.790	0.843	0.846	0.054
31	110.000	0.816	0.843	0.846	0.027
32	120.000	0.842	0.874	0.877	0.032
33	122.500	0.868	0.881	0.884	0.013
34	138.000	0.895	0.916	0.918	0.021
35	172.800	0.921	0.962	0.964	0.041
36	200.000	0.947	0.980	0.981	0.033
37	200.000	0.974	0.980	0.981	0.006
Delta Teórico =					0.1516

Nota: probabilidad de retorno por distribución Log Gumbel.

Imagen 12

Distribución Gumbel

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	20.8
2	22.0
3	50.0
4	40.0
5	32.0
6	36.6
7	88.0
8	80.0
9	74.0
10	40.0
11	48.0
12	20.16
13	122.5
14	138.0

Parámetros de ajuste:

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): 229.26 m³/s
 Período de retorno (T): 100 años
 Probabilidad (P): %

Q=(T) T=(Q) P(Q<q) P(Q>q)

Parámetros distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:
 De posición (μ): 35.4903
 De escala (alfa): 42.122

Con momentos lineales:
 De posición (μl): 35.8794
 De escala (alfal): 41.4479

m	X	P(X)	G(Y) Ordnaic	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	0.1062	0.1029	0.0618
2	6.0	0.0526	0.1335	0.1279	0.0808
3	7.78	0.0789	0.1451	0.1395	0.0661
4	12.0	0.1053	0.1744	0.1688	0.0691
5	12.8	0.1316	0.1802	0.1745	0.0485
6	15.0	0.1579	0.1966	0.1911	0.0387
7	15.0	0.1842	0.1966	0.1911	0.0124
8	15.0	0.2105	0.1966	0.1911	0.0139

Tipo de ajuste:

Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:

0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1516, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:

Calcular Graficar Limpiar Imprimir Menú Principal

Crear Accesar Excel Reporte

Tabla 15

E.2.1.3 Distribución Gamma 2 Parámetros - Momentos lineales

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	0.0136	0.1717	0.0127
2	6.0000	0.0526	0.0590	0.2856	0.0064
3	7.7800	0.0789	0.0805	0.3185	0.0016
4	12.0000	0.1053	0.1331	0.3810	0.0279
5	12.8000	0.1316	0.1432	0.3912	0.0116
6	15.0000	0.1579	0.1709	0.4171	0.0130
7	15.0000	0.1842	0.1709	0.4171	0.0133
8	15.0000	0.2105	0.1709	0.4171	0.0396
9	19.2000	0.2368	0.2231	0.4602	0.0137
10	20.1600	0.2632	0.2349	0.4691	0.0283
11	20.8000	0.2895	0.2427	0.4749	0.0468
12	22.0000	0.3158	0.2571	0.4854	0.0586
13	25.6000	0.3421	0.2997	0.5145	0.0425
14	28.8000	0.3684	0.3361	0.5379	0.0323
15	32.0000	0.3947	0.3712	0.5594	0.0235
16	35.0000	0.4211	0.4029	0.5781	0.0182
17	36.6000	0.4474	0.4192	0.5875	0.0281
18	40.0000	0.4737	0.4528	0.6064	0.0209
19	40.0000	0.5000	0.4528	0.6064	0.0472
20	45.6000	0.5263	0.5046	0.6347	0.0217
21	48.0000	0.5526	0.5255	0.6459	0.0271
22	48.0000	0.5789	0.5255	0.6459	0.0534
23	48.5800	0.6053	0.5305	0.6486	0.0748
24	50.0000	0.6316	0.5424	0.6549	0.0892
25	51.7000	0.6579	0.5563	0.6622	0.1016
26	74.0000	0.6842	0.7065	0.7413	0.0223
27	80.0000	0.7105	0.7380	0.7583	0.0274
28	88.0000	0.7368	0.7750	0.7788	0.0382
29	100.0000	0.7632	0.8214	0.8056	0.0582
30	110.0000	0.7895	0.8529	0.8250	0.0634
31	110.0000	0.8158	0.8529	0.8250	0.0371
32	120.0000	0.8421	0.8790	0.8421	0.0369
33	122.5000	0.8684	0.8847	0.8461	0.0163
34	138.0000	0.8947	0.9151	0.8682	0.0203
35	172.8000	0.9211	0.9575	0.9059	0.0364
36	200.0000	0.9474	0.9754	0.9271	0.0280
37	200.0000	0.9737	0.9754	0.9271	0.0017
Delta Teórico =					0.1016

Nota: probabilidad de retorno por distribución Gamma 2 Parametros.

Imagen 13

Distribución Gamma 2 Parámetros

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	20.8
2	22.0
3	50.0
4	40.0
5	32.0
6	36.6
7	88.0
8	80.0
9	74.0
10	40.0
11	48.0
12	20.16
13	122.5
14	138.0

Distribución Gamma 2 parámetros

Exp
 Ord
 ML

Caudal de diseño:
 Caudal (Q): m³/s
 Período de retorno (T): años
 Probabilidad (P): %

Parámetros distribución Gamma 2 par:
 Con momentos ordinarios:
 De forma (gamma):
 De escala (beta):
 Con momentos lineales:
 De forma (gamma):
 De escala (beta):

m	X	F(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mcm Lineal	Delta
1	1.82	0.0263	0.0136	0.1717	0.0127
2	6.0	0.0526	0.0590	0.2856	0.0064
3	7.78	0.0789	0.0805	0.3185	0.0016
4	12.0	0.1053	0.1331	0.3810	0.0279
5	12.8	0.1316	0.1432	0.3912	0.0116
6	15.0	0.1579	0.1709	0.4171	0.0130
7	15.0	0.1842	0.1709	0.4171	0.0133
8	15.0	0.2105	0.1709	0.4171	0.0396

Tipo de ajuste:
 Parámetros ordinarios
 Momentos lineales

Nivel significación:
 0.20
 0.10
 0.05
 0.01

Ajuste con momentos ordinarios:
 Como el delta teórico 0.1016, es menor que el delta tabular 0.2236. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Archivos y resultados:

Prueba KOLMOGOROV – SMIRNOV

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste. Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$ (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012)

$$D = \text{máx} / F_o(x_m) - F(x_m)/$$

Siendo:

DELTA TABULAR 0.2236

DELTA TEORICO - DELTA TABULAR:

Normal:	0.0061
Gumbel:	0.0720
Log normal de 2 p:	0.1675
Log gumbel:	0.0720
Gamma 2 p:	0.1220
Log normal de 3 p:	0.1452
Log gamma 3p	0.0904

Valor mínimo 0.0061

La distribución a emplear será normal

4.1.4. Determinación del periodo de retorno

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

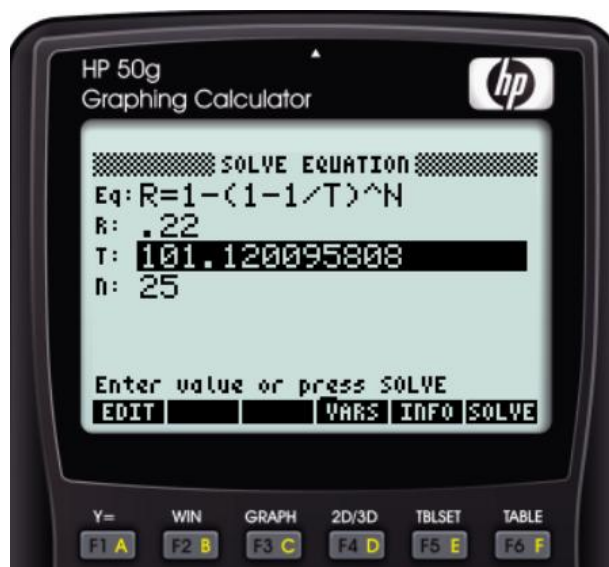
$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Fórmula 04. *Determinación del periodo de retorno en función a riesgo admisible y vida útil*

Fuente: Senamhi

Imagen 14

Determinación del periodo de retorno



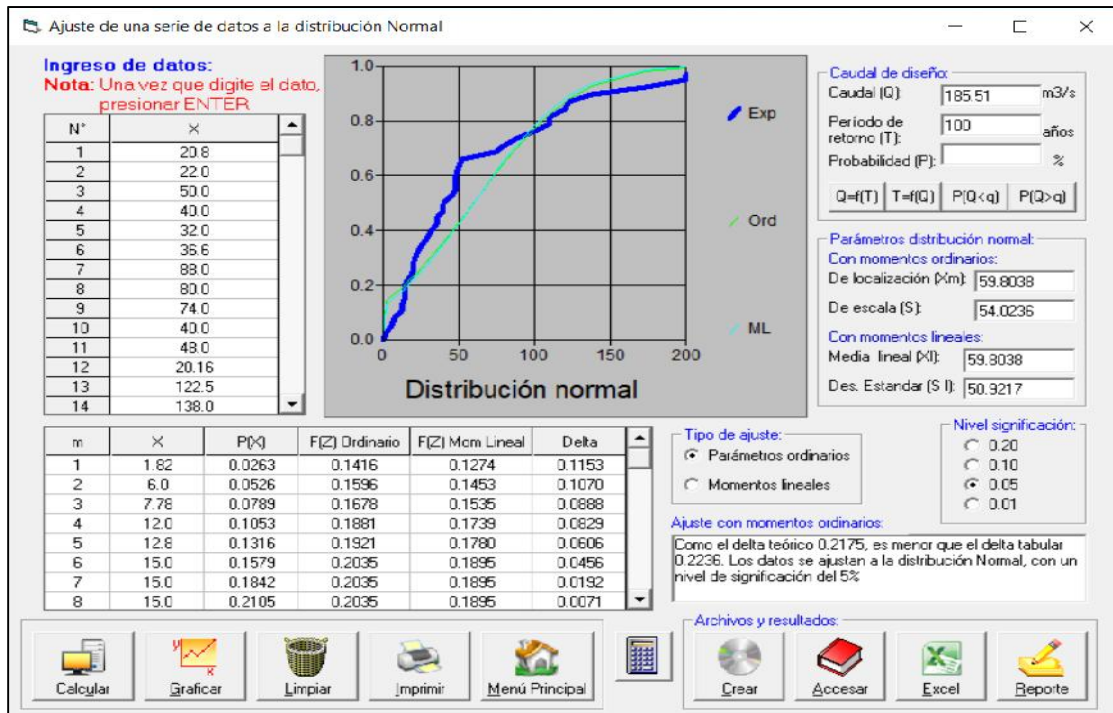
Resolución de la ecuación de riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil, para ello se está proyectando una vida útil de 25

años y un riesgo admisible de 22%, finalmente se obtiene un periodo de retorno de 100 años.

4.1.5. Determinación del caudal de diseño

Imagen 15

Determinación del caudal de diseño de distribución normal



Se ha acomodado la serie de datos para la distribución Normal, la cual cumple con la condición estadística que establece un delta teórico de 0.2175, y un delta tabular de 0.2236, valores bastante cercanos que podrían hacer converger la línea de tendencia en la gráfica, finalmente se obtuvo el caudal de máxima avenida de **185.51 m³/s** para un periodo de retorno de 100 años.

4.1.6. Encauzamiento del río en el sector de ubicación de la toma

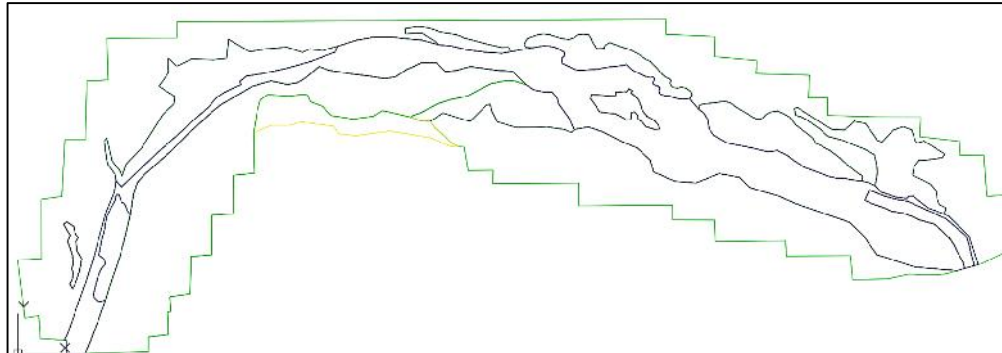
Para establecer un ancho hidráulico estable procedemos a realizar un modelamiento que pueda simular el comportamiento hidráulico de la superficie del cauce frente a un caudal de máxima avenida, en este caso se hará con la finalidad de determinar la altura de los muros de encauzamiento, ancho estable del río, y profundidad para

descolmatación siguiendo el alineamiento propuesto y el perfil longitudinal.

Determinación de uso de suelos

Imagen 16

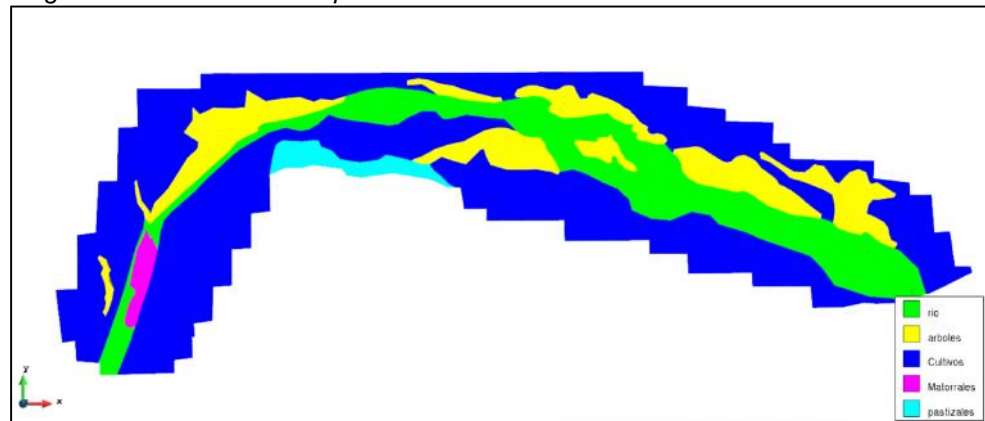
Delimitación de uso de suelos



Lo primero que se realizó es la sectorización del uso de suelos, clasificando como: Áreas de cultivo, rio, árboles, matorrales y pastizales.

Imagen 17

Asignación de uso de suelo por sectores



Como se puede apreciar en la imagen adjunta, después de delimitar los sectores, se han asignado por colores de acuerdo a los usos de cada uno de ellos, esto será para posteriormente calcular o determinar según sea conveniente la rugosidad.

Imagen 18

Tipo de uso de suelo según rugosidad de Manning

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
D.2. PLANICIES DE INUNDACION	a. con pasto sin arbusto	0.025	0.030	0.035
	pastizales bajos	0.030	0.035	0.050
	pastizales altos			
	b. áreas cultivadas			
	sin cultivo	0.020	0.030	0.040
	con cultivos	0.030	0.040	0.050
	c. Arbustos y Malezas			
	escasos	0.040	0.060	0.080
	densos	0.070	0.100	0.160
	d. Árboles			
sauces	0.110	0.150	0.200	
tierra despejada con troncos	0.030	0.040	0.050	
D3 Ríos Principales (ancho superior a 30 m)	Secciones Regulares	0.025	-	0.060
	Secciones Irregulares	0.035	-	0.100

Nota: Tomado de (Chow, 1983)

Para árboles se le asignará el coeficiente 0.20m, para cultivos, 0.050, matorrales: 0.16 y para pastizales 0.035.

4.1.7. Coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning)

Para obtener el coeficiente de Manning, se requiere de la experiencia del especialista para realizar las estimaciones, que puede apoyarse en antecedentes de casos similares, tablas y publicaciones técnicas disponibles, sobre la base de los datos recopilados en la etapa de campo. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012)

$$n = m^5 (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Imagen 19

Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n .

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente Alternante		0.050
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los Efectos por Meandro	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Nota: Tomado de (Rocha, 2005)

n_0 : Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n_1 : Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.

n_2 : Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.

n_3 : Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.

n 4: Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.

m 5: Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

Luego:

$$n = m \cdot 5 (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

$$n = 1.15 (0.028 + 0.010 + 0.015 + 0.050 + 0.050)$$

$$n = 0.1759$$

Imagen 20

Tabla de valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad.

Tabla de Valores Para el Cálculo del Coeficiente de Rugosidad

N0	0,028
N1	0,010
N2	0,015
N3	0,050
N4	0,050
N5	1,15

N2	Variaciones de sección transversal	
	Gradual	0,000
	Ocasionalmente alternante	0,005
	Frecuentemente alternante	0,010 - 0,015
N3	Nivel de obstrucciones	
	Despreciable	0,000
	Menor	0,010 - 0,015
	Apreciable	0,020 - 0,030
	Severo	0,040 - 0,060
N4	Presencia de vegetación	
	Baja	0,005 - 0,010
	Media	0,010 - 0,020
	Alta	0,025 - 0,050
	Muy alta	0,050 - 0,100
N5	Cantidad de meandros	
	Menor	1,000
	Apreciable	1,150
	Severa	1,300

Rugosidad del cauce :

N 0,1759

Conforme Calcular

Nuevo Imprimir

Determinación del coeficiente de rugosidad

Para la determinación de los coeficientes de rugosidad en el cauce del río se ha empleado la ecuación de Cowan, por tratarse de una superficie

con obstrucciones y marcada variación de sección transversal, además de presencia de vegetación frondosa, en resumen, colmatada casi en su totalidad y a ello se suma la naturaleza del cauce trenzado y de poca pendiente.

4.1.8. Creación del modelo hidráulico en 2D

El modelo digital de elevaciones generado tras procesar la data topográfica se inserta en IBER.2.4.3, pre configurando un tiempo de simulación de por lo menos 5000 instantes de tiempo con un intervalo de resultados de 100 segundos, con esto se le da al caudal el tiempo suficiente de escurrir a través de toda la superficie, cabe resaltar que en muchos casos la asignación de tiempo de simulación es un proceso iterativo.

Imagen 21

Superficie topográfica en Iber 2D

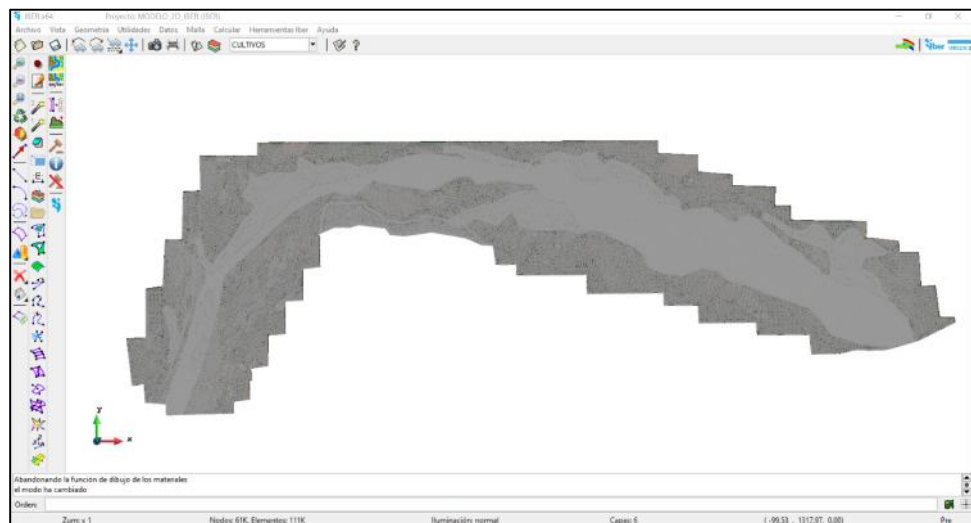
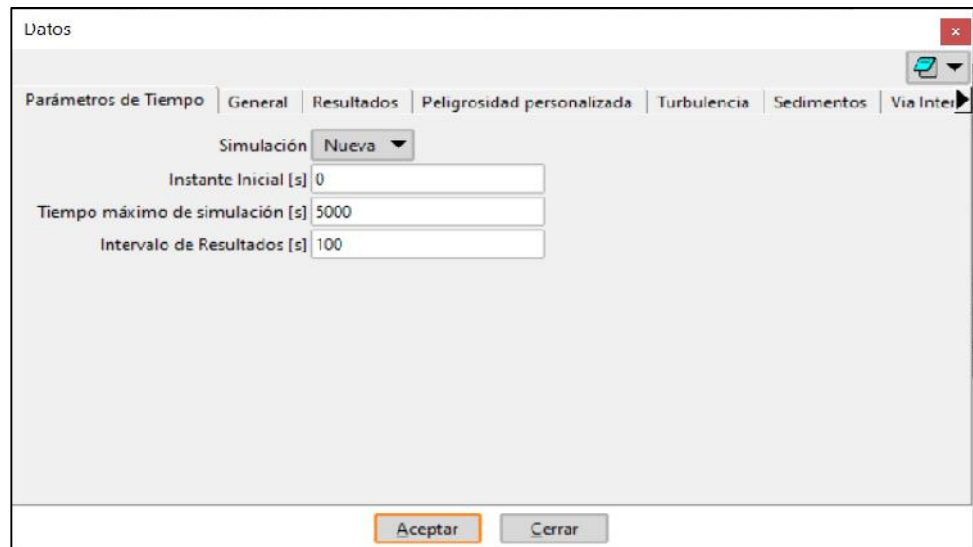


Imagen 22

Asignación de parámetros de tiempo de simulación



The image shows a software dialog box titled 'Datos' with a close button in the top right corner. It features a tabbed interface with the following tabs: 'Parámetros de Tiempo', 'General', 'Resultados', 'Peligrosidad personalizada', 'Turbulencia', 'Sedimentos', and 'Via Inter'. The 'Parámetros de Tiempo' tab is active. Inside this tab, there is a 'Simulación' dropdown menu set to 'Nueva'. Below it are three input fields: 'Instante Inicial [s]' with the value '0', 'Tiempo máximo de simulación [s]' with the value '5000', and 'Intervalo de Resultados [s]' with the value '100'. At the bottom of the dialog, there are two buttons: 'Aceptar' (highlighted with an orange border) and 'Cerrar'.

Número de Courant:

$$\Delta t < CFL \frac{\Delta x}{v + \sqrt{gh}} \quad \text{con} \quad CFL < 1$$

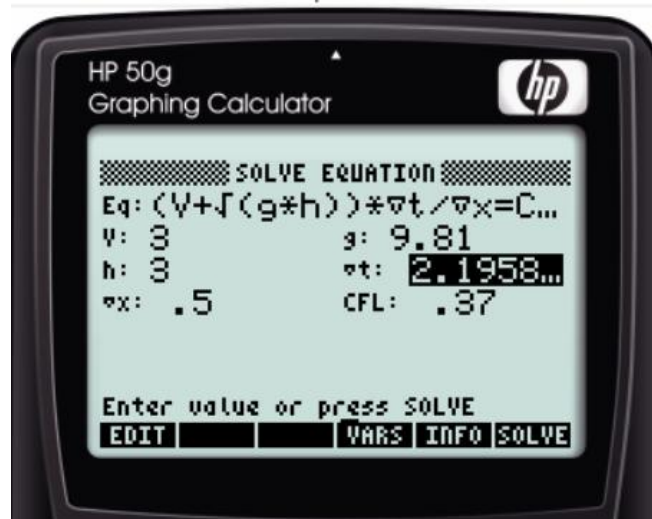
Fórmula 05. *Número de Courant Friedrich*

Fuente: (Flumen, Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas: Manual básico de usuario, 2016)

La estabilidad en el procesamiento de modelos hidráulicos en Iber se basa en la convergencia de ecuaciones bidimensionales, esta se encuentra definida por el valor del parámetro CFL o número de Courant Friedrich, que establece una relación entre el espaciamiento del mallado, la velocidad de flujo y el tirante máximo alcanzado en el modelo.

Imagen 23

Cálculo del Número de Courant



Para nuestro modelo hidráulico 2D, se ha resuelto la ecuación de COURANT, teniendo en cuenta los valores estimatorios del tirante máximo $h=3\text{m}$, el valor de gravedad, $g=9.81\text{m}^2/\text{s}$, el espaciamiento de la malla $Dx=0.25\text{m}$ y finalmente obtenemos el valor de $CFL=0.37$ y $Dt=2.1958\text{E}-2$.

Imagen 24

Asignación del número de Courant al modelo 2D.

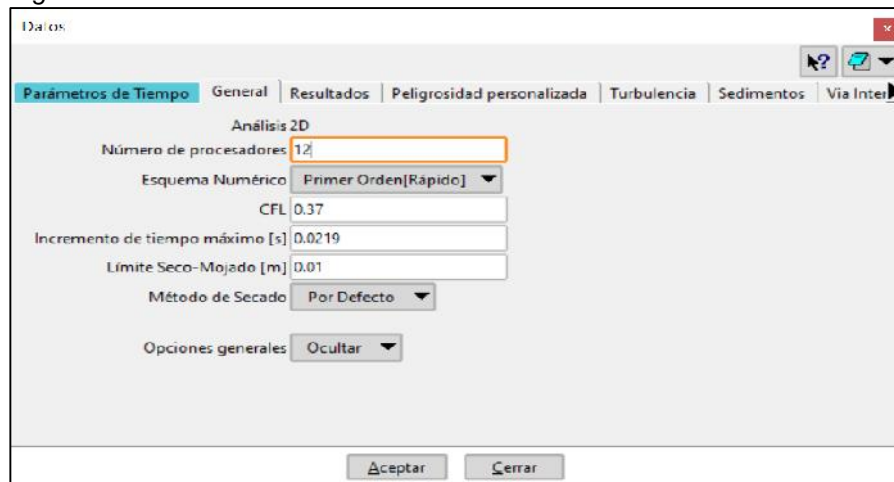
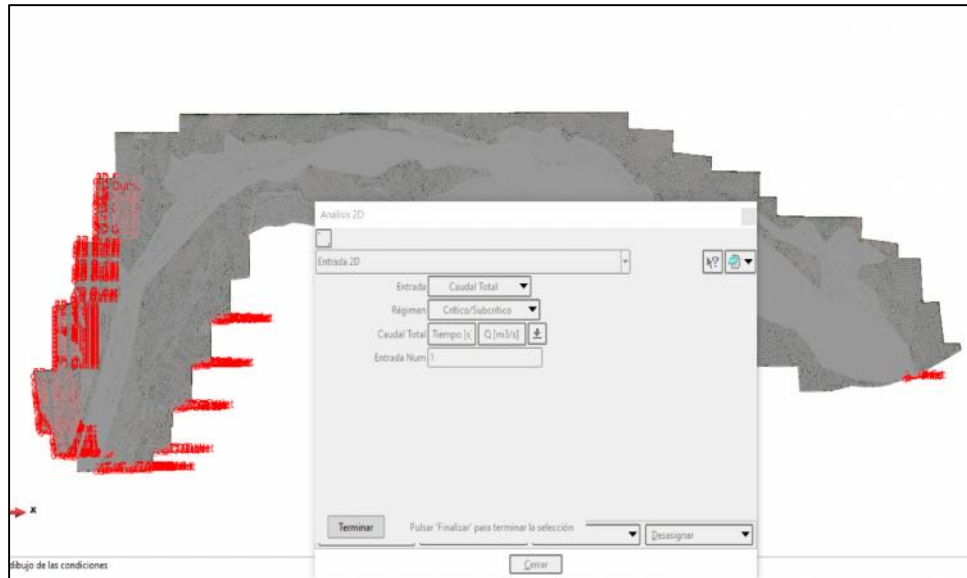


Imagen 25

Asignación de las condiciones de contorno

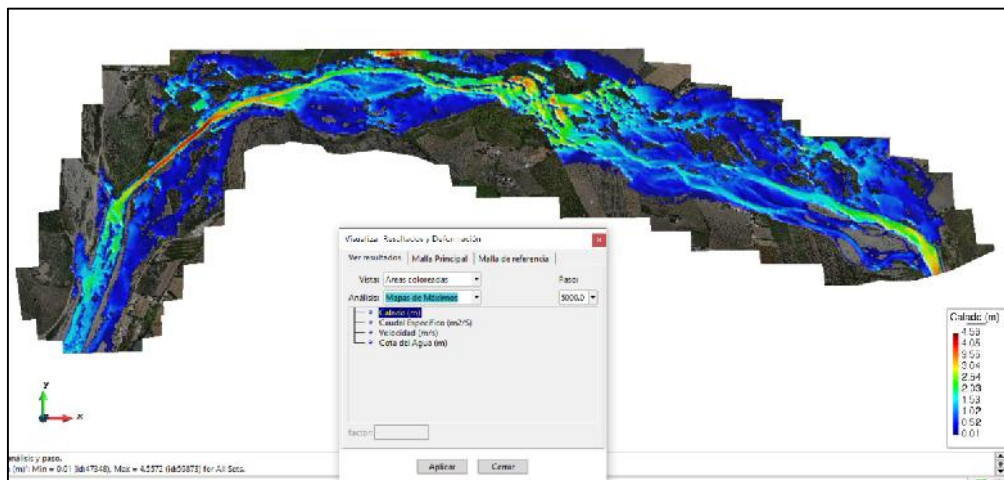


Se asigna un ingreso/salida de caudal, el ingreso es de 185.51 m³/s y se coloca aguas arriba, en el gráfico lo podemos ubicar en la esquina inferior derecha.

4.1.9. Resultados de la simulación

Imagen 26

Tirante en el cauce del río



Como se puede apreciar, al tratarse de un río trezado, el recorrido que hace el caudal es irregular e incluso invasivo, ya que perjudica los terrenos agrícolas colindantes y demás propiedades de terceros, puesto que si un suceso de esta naturaleza tiene lugar, de todas maneras llegará a ocasionar un impacto económico importante de manera negativa en el caso no se tomen medidas preventivas, una de ellas es descolmatar el cauce, establecer un recorrido idóneo para el cauce y delimitar su sección calculando un ancho hidráulicamente estable.

4.1.10. Alineamiento del recorrido del cauce

Tal como se ha mencionado en párrafos anteriores, uno de los requisitos para limitar el desplazamiento del cauce de manera irregular tras el paso de una máxima avenida, es definir su alineamiento natural lo más cercano posible, es por esto que con el apoyo de autocad Civil 3D hemos trazado un alineamiento aproximado con la finalidad de crear una simulación que permita prever el comportamiento o respuesta del cauce frente a un nuevo caso de máxima avenida.

Imagen 27

Alineamiento del recorrido del cauce

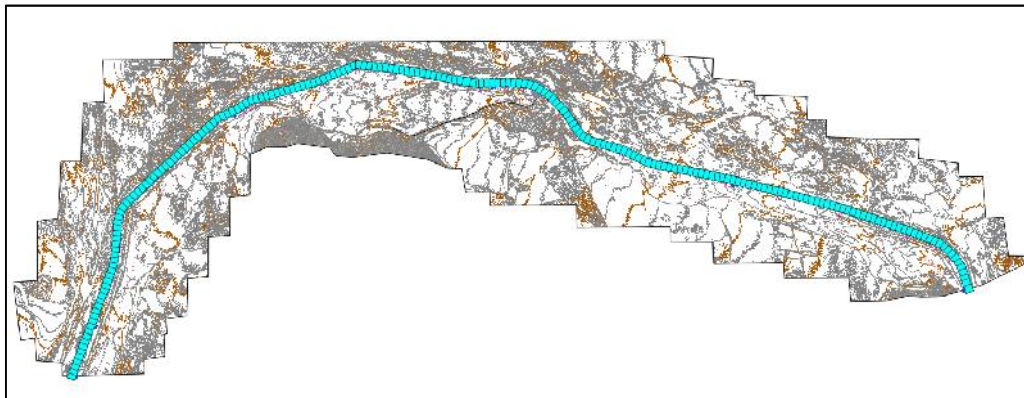
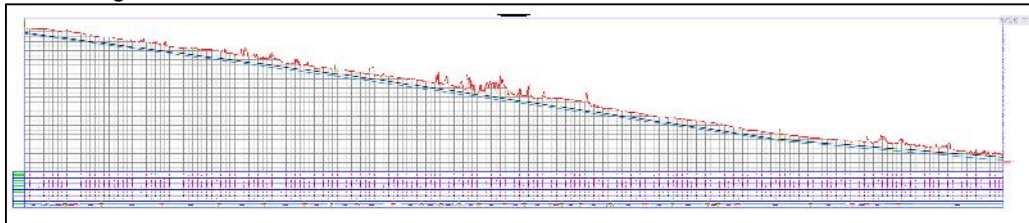


Imagen 28

Perfil Longitudinal



4.1.11. Cálculo de la sección de ancho estable

Q DISEÑO (m³/seg)

185.51

Pendiente Zona del Proyecto (m/m)

0.01500

Primero establecemos el caudal de diseño para ancho estable siendo de 185.51 m³/s y la pendiente media del cauce, que es de 1.5%, estos valores van a ser necesarios básicamente para todas las metodologías contempladas.

Tabla 16

Método de Simons y Henderson

Método De Simons Y Henderson		
B = K₁ Q^{1/2}		
Condiciones de Fondo de río	K₁	B (m)
Fondo y orillas de grava	2.9	39.5

Nota: En esta metodología, establecemos que las condiciones del fondo y orillas del río son básicamente grava, a lo que corresponde un valor de K₁=2.9, luego la resolución de la ecuación nos arroja un valor de 39.5m

Tabla 17*Método de Pettis*

Método De Pettis	
$B = 2.44 Q^{0.5}$	
B (m)	
33.23	

Nota: Para el método de Pettis, nos dice que el ancho estable está en función de la raíz cuadrada del caudal, multiplicado por la constante 2.44, siendo como resultado un ancho estable de 33.24m

Tabla 18*Método de Altunin - Manning*

Método De Altunin - Manning		
$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$		
Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)
Descripción	n	
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050	0.05	
Coefficiente Material del Cauce		
Descripción	K	48.48
Material aluvial = 8 a 12	12	
Coefficiente de Tipo de Río		
Descripción	m	
Para cauces aluviales	1	

Nota: En el método de Altunin Manning, se está contemplando un valor de rugosidad de 0.05, e cual corresponde a torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil, además el cauce presenta gran cantidad de material aluvial, lo que asigna un valor de K=12, finalmente al tratarse de un cauce aluvial el valor de "m" asignado es de 1.

Tabla 19*Método De Blench*

Método De Blench		
$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$		
Factores		B (m)
Factor de Fondo	F_b	
Material Grueso	1.2	
Factor de Orilla	F_s	85.40
Materiales sueltos	0.1	

Nota: Para el método de Blench, se fija como factor de fondo el arrastre de material grueso, siendo un valor de $F_b=1.2$ y para el factor de orilla se establece como materiales sueltos, siendo un valor de $F_s=0.1$.

Tabla 20*Recomendación Practica*

Recomendación Practica	
Q (M3/S)	ANCHO ESTABLE (B2)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

Nota: Finalmente, tenemos la recomendación del método práctico, el cual nos establece de manera empírica anchos estables para los diferentes caudales conocidos, siendo como resultado para el valor que buscamos de la interpolación del caudal 185.51 m³/s, un valor de 70 m.

Tabla 21

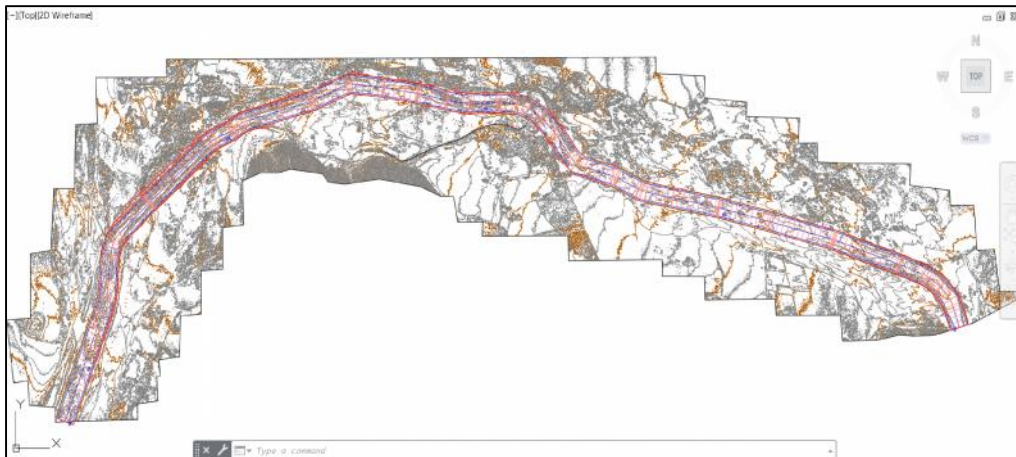
Resumen

Método	B (M)
Método De Simons Y Henderson	39.50
Método De Pettis	33.23
Método De Altunin - Manning	48.48
Método De Blench	85.40
Método Práctico	70.00
=====> PROMEDIO B:	55.32
=====> SE ADOPTA B:	56.00

Nota: Resumen de los anchos del cauce mediante los métodos utilizados

Imagen 29

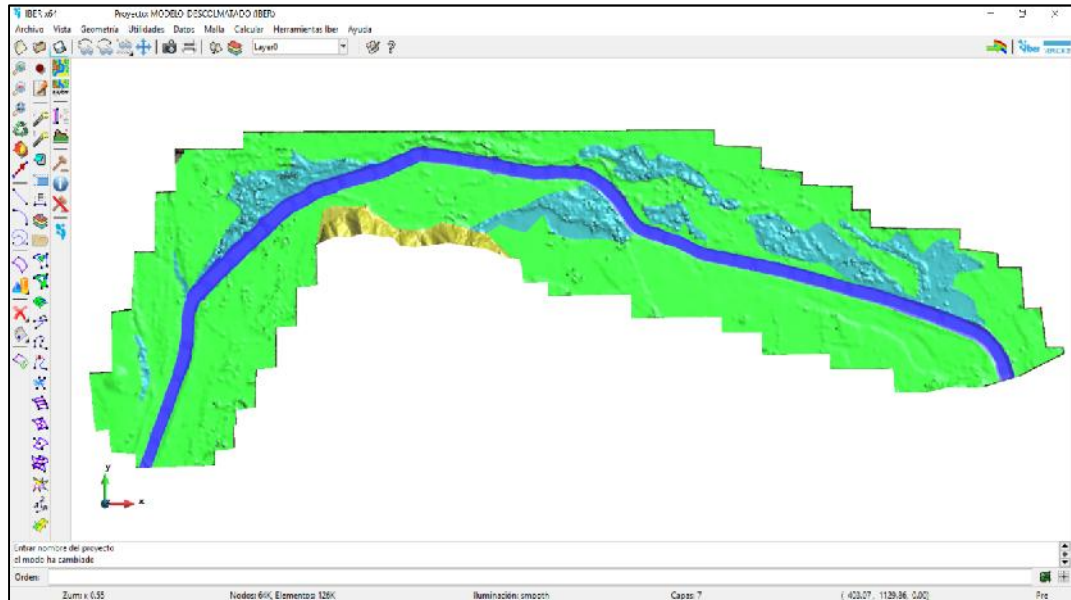
Inserción del ancho estable en la topografía



En esta etapa de la investigación se inserta el ancho estable en la topografía del estado actual del cauce del río, con la finalidad de modificar la superficie y tener un resultado de la sección del río “descolmatado”.

Imagen 30

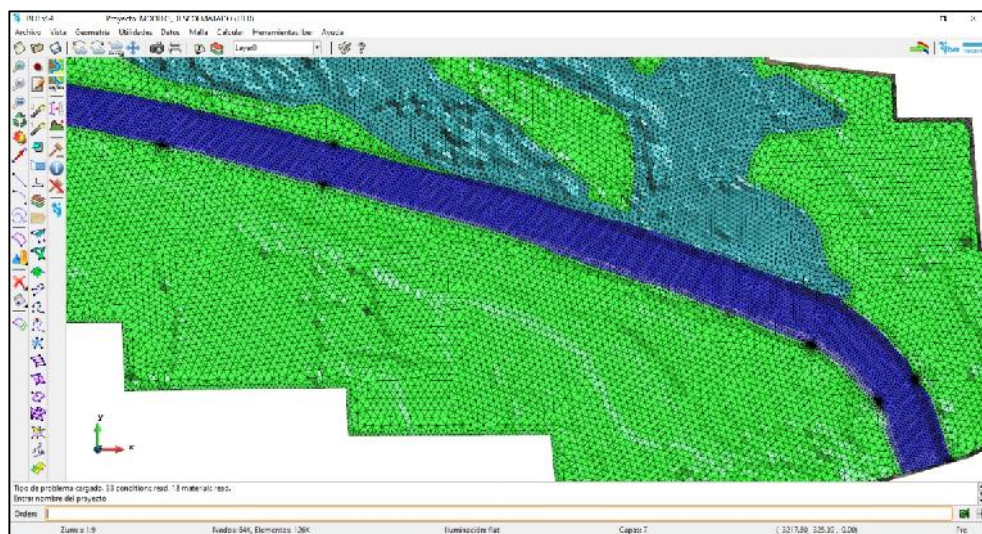
Modelamiento de la nueva superficie con el ancho estable



Se traslada la nueva superficie a la interfaz de Iber, y se aprecia de manera más armoniosa que el ancho del cauce es regular y aparentemente podría no presentar desbordamientos, sin embargo, la idea es poner a prueba el nuevo trazo del río.

Imagen 31

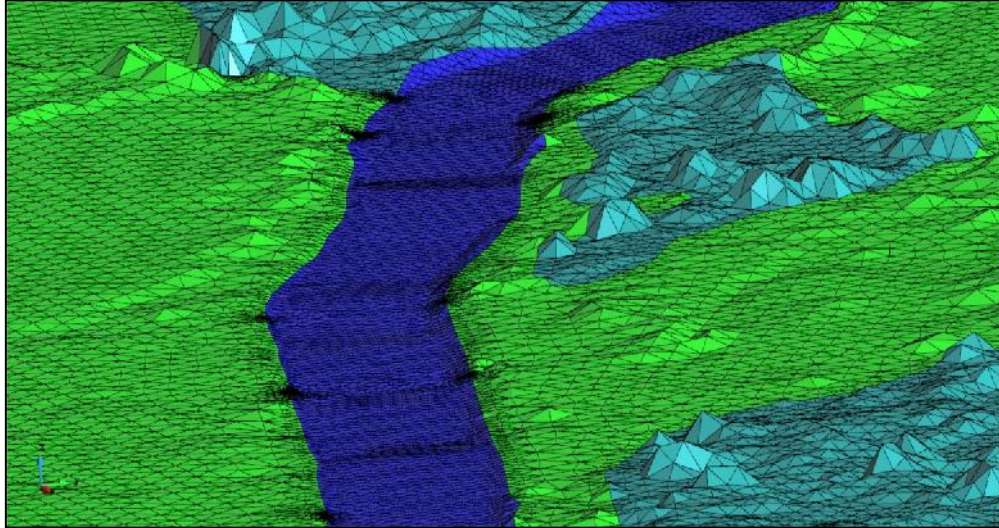
Nueva superficie con ancho estable



Aquí podemos apreciar de forma más detallada el cómo se vería el cauce descolmatado y con un trazo regular y claramente definido.

Imagen 32

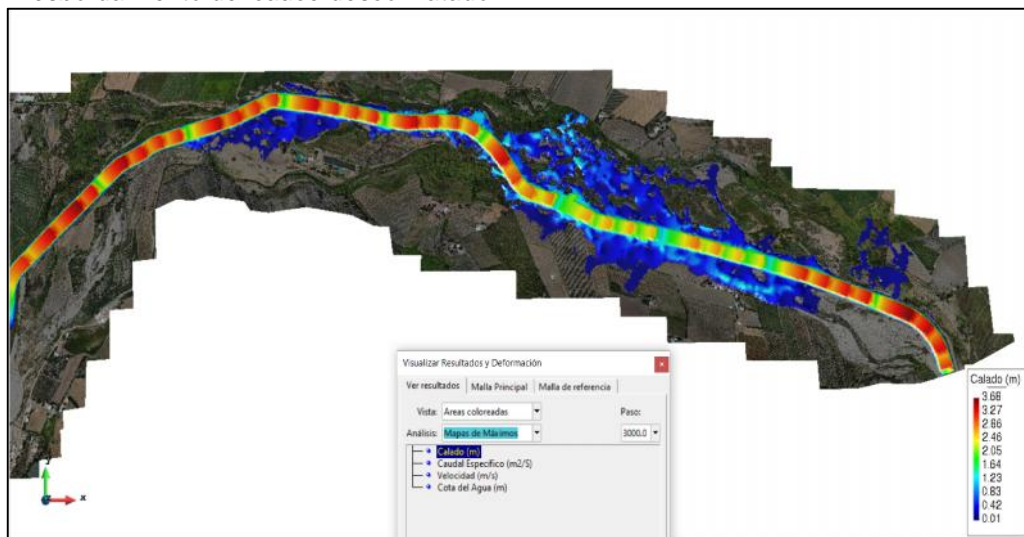
Ribera y fondo del cauce.



Podemos apreciar también que después de la modificación del cauce, hay sectores donde la cota de la ribera no difiere mucho de la cota de fondo del cauce, lo que indica que es muy posible un desbordamiento en esta zona.

Imagen 33

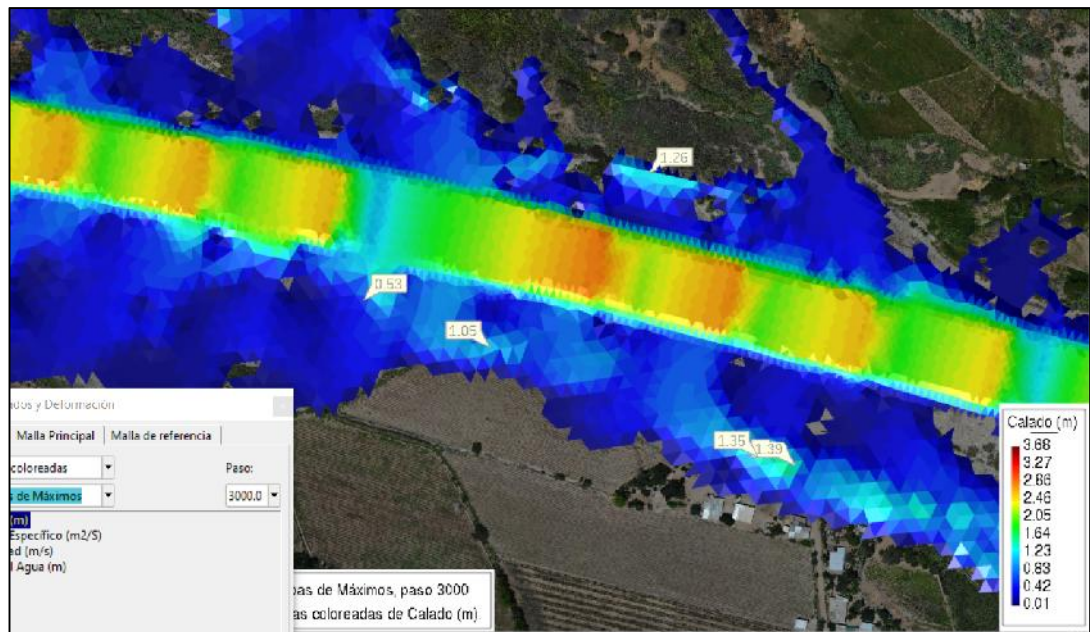
Desbordamiento del cauce descolmatado



Tal como se supuso, el cauce del río se ha desbordado, ocasionando inundaciones en ambas márgenes que afectan directamente los terrenos de cultivo existentes.

Imagen 34

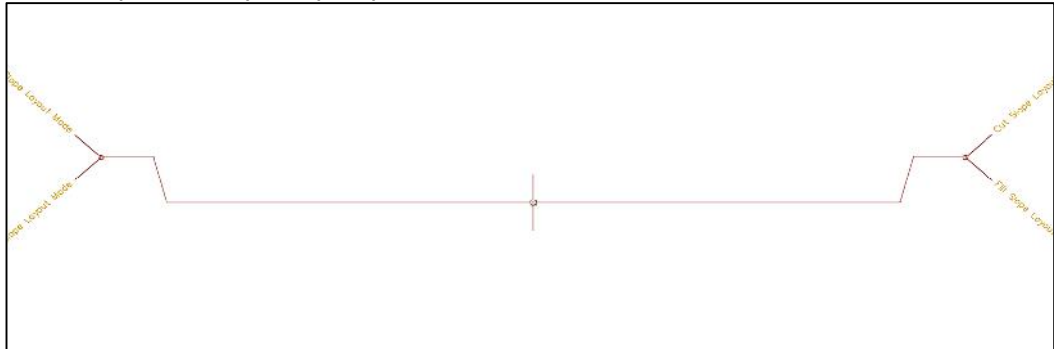
Desbordamiento del cauce descolmatado



En este caso, los tirantes de la planicie de inundación, tanto para el margen derecho como izquierdo oscilan entre 0.53 m y 1.39m, además el tirante máximo alcanzado dentro del cauce es de 3.68m, por lo tanto, se considera necesario el encauzamiento del río con diques de por lo menos 3.80 a 4.00 m de altura.

Imagen 35

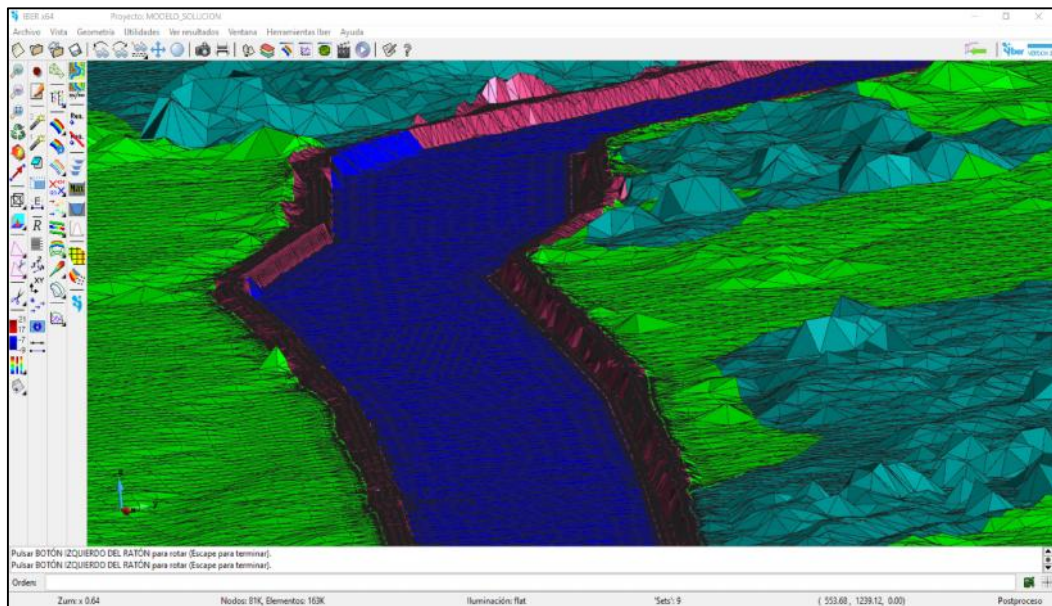
Sección que contempla diques para encauzamiento



Por lo tanto, se colocaron diques de protección en ambos márgenes que alcanzan hasta los 4 metros de altura, esto dependiendo de la zona de ubicación en ambas márgenes.

Imagen 36

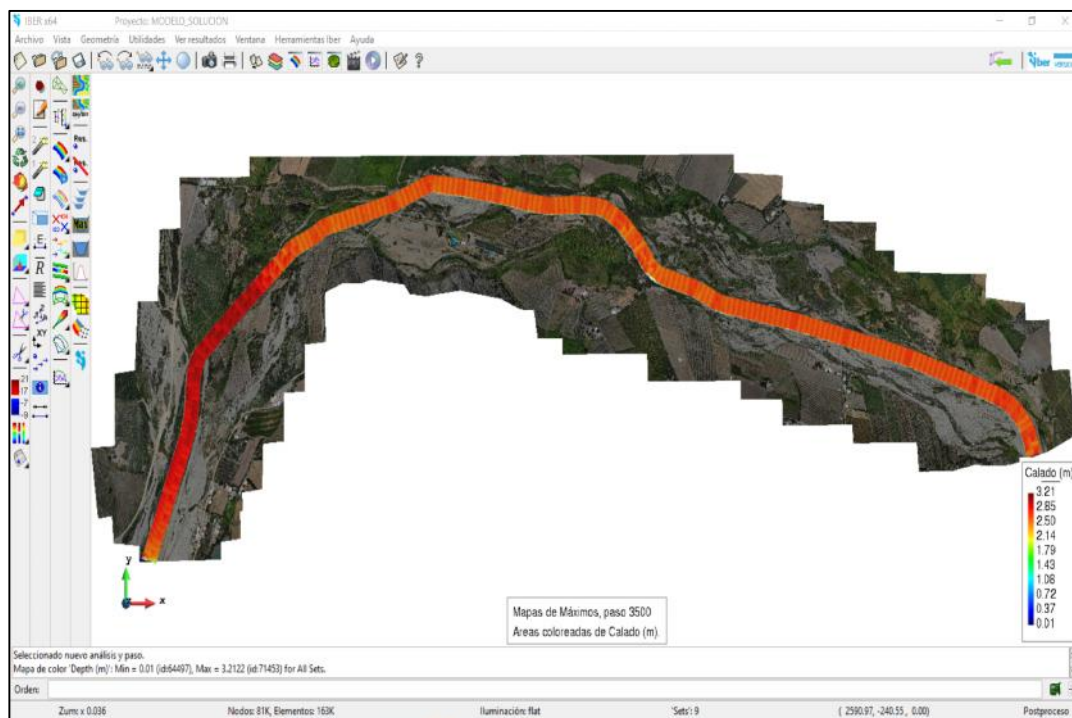
Colocación de los diques en el modelo 2D.



De la manera que se idealizaron, finalmente se colocaron los diques en función a su necesidad o requerimiento a lo largo de ambas márgenes del río con la finalidad de mitigar el desbordamiento tras el paso de una máxima avenida.

Imagen 37

Tránsito de máxima avenida en el río encauzado



Probablemente la idealización mediante el modelo hidráulico sea bastante optimista, sin embargo, no se evidencia desbordamiento del cauce, lo que indica que se está cumpliendo el objetivo trazado respecto al encauzamiento con diques de protección en ambas márgenes del río, además se evidencia un tirante en gran medida uniforme a lo largo y ancho del cauce.

4.1.12. Emplazamiento de la estructura de captación

Siguiendo la actual configuración del “puquio o tajadillo”, y el trazo del canal existente, emplearemos esta información como base para establecer el lugar donde se emplazará la estructura de bocatoma.

Imagen 38

Recorrido del canal y ubicación del puquio

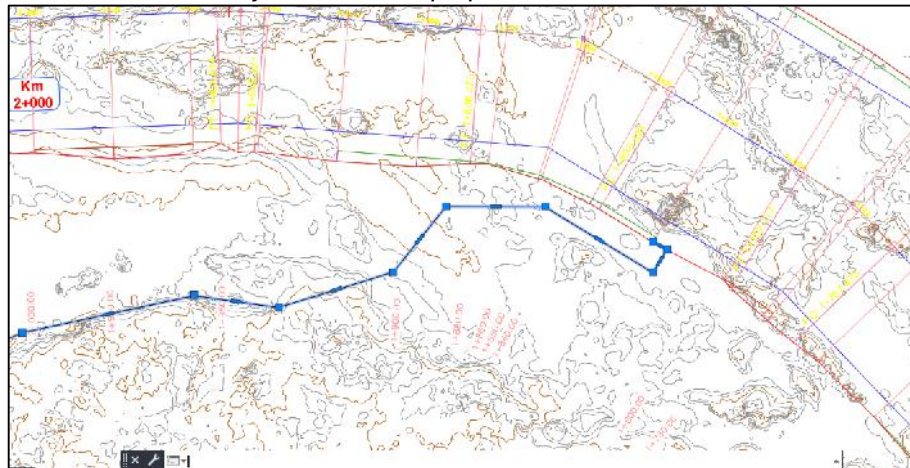
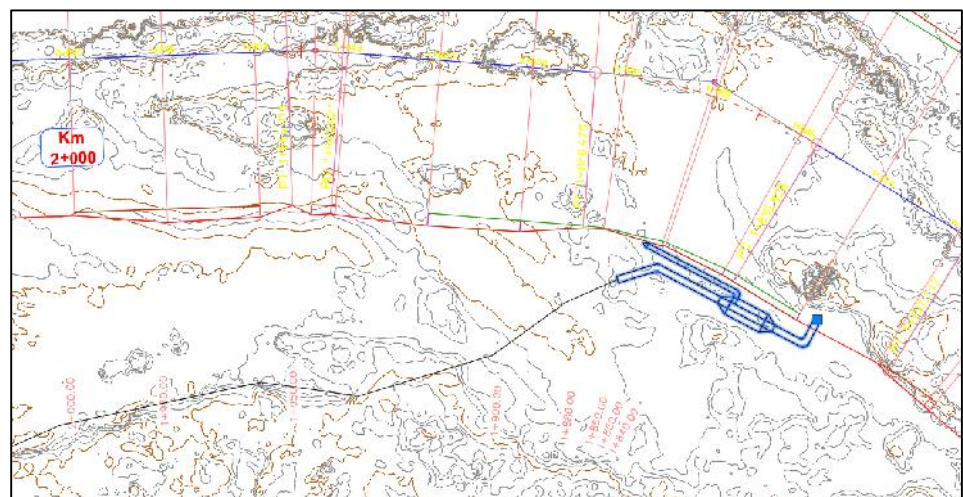


Imagen 39

Esquema de ubicación de la toma



La bocatoma se ubicará entre las progresivas 1+840 y 1+820, para fines prácticos ya que el “puquio” se encuentra ubicado actualmente entre dichas progresivas.

4.1.13. Planteamiento de la estructura de bocatoma

Como paso inicial se debe estructurar la bocatoma, cuidadosamente empleando las fórmulas empíricas cada una de las partes que le conforman, antes de todo ello se debe conocer el caudal que actualmente se deriva a través del canal existente.

4.1.13.1. Caudal de captación:

Para determinar el caudal de captación, se ha referenciado el estudio: (Obras de Control y Medición de Agua por Bloques de Riego en el Valle Virú, 2008), en el cuál el Ministerio de agricultura nos brinda a través del acceso a la información pública, los datos relevantes que se necesitan para conocer el caudal que deriva la toma rústica existente hacia el canal madre.

Imagen 40

Rutas de Acceso a las Comisiones de Regantes

De	Centro Poblado	Distancia	Tipo de vía	Comisiones de Regantes
Parte media y Baja del Valle				
Trujillo	Desvío Panamericana	49 km	Asfaltado	San Idelfonso
Desvío Panamericana	Virú	3.5 km	Asfaltado	Santa Clara
	Santa Elena	8.3 km	Afirmado	Santa Elena
	El Carmelo	5.1 km	Afirmado	El Carmelo
	Huancaquito	5.0 km	Afirmado	Huancayo Canal Ramos
Huancaquito	Huancaquito Bajo	4.2 km	Trocha Carrozable	El Cerrito
				Huancaquito Bajo
				Toma Los Papayos
Parte Alta del Valle Virú				
Virú	Tomabal	8.1 km	Afirmado	Queneto
				Choloque
				Zaraque
	Huacapongo	9.0km	Trocha carrozable	Huacapongo

Nota: Tomado de (Intendencia de Recursos Hídricos, 2008)

Imagen 41

Bloques de asignación de agua - Valle Viru

SECTOR	COMISION DE REGANTES	Nº Bloques	BLOQUE	AREA BAJO RIEGO (ha)	Nº DE USUARIOS	Nº DE PREDIOS	
HUACAPONGO	HUACAPONGO	1	PEÑA AZUL	54.14	12	17	
		2	HIERBA LUISA	45.27	8	11	
		3	SUSANGA	149.84	33	47	
		4	HUACAPONGO	328.66	101	134	
		5	CIRUELO	73.59	15	18	
		6	ALAYO	30.30	6	6	
		Sub Total	6		681.80	176	233
	EL CHOLOQUE	7	CHOLOQUE	422.72	142	177	
		8	VINZOS	49.38	10	13	
		9	SAN NICOLAS ALTO	64.29	30	35	
10		SAN JUAN	121.85	44	54		
	Sub Total	4		658.24	226	279	
CARABAMBA	QUENETO	11	QUENETO	127.95	36	61	
	Sub Total	1		127.95	36	61	
VIRU	ZARAQUE	12	ZARAQUE	309.62	74	150	
	Sub Total	1		309.62	74	150	
	SANTA CLARA	13	HIGJERON LA GLORIA LA HUERFANA CHEQUEPE	197.11	67	91	
		14	LA GLORIA	24.23	10	11	
		15	CHEQUEPE	399.09	143	189	
		16	LA CAPILLA-CHORRILLOS	71.73	44	62	
		17	TENCO	303.76	208	257	
		18	RITINPIAZA CAMAI	277.06	119	144	
		19	SAMAMPUR-CHANQUIN ALTO Y BAJO - FLORES	210.12	69	79	
		Sub Total	7		1,483.10	660	833

Nota: (Intendencia de Recursos Hídricos, 2008)

Comisión de Regantes El Choloque. El ámbito de la comisión se abastece a través de 04 tomas, de las cuales 02 se ubican en la margen derecha y 02 en la margen izquierda del río Virú; así mismo existen 03 tomas que cuentan con estructura de control y compuerta de regulación (Vinzos, San Nicolás Alto y San Juan) y 01 toma rústica denominada El Choloque.

Imagen 42

Comisión de Regantes Choloque

Nº	BLOQUE DE RIEGO	CANAL PRINCIPAL	AREA BAJO RIEGO (ha)	Nº DE PREDIOS	FUENTE DE AGUA	Nº USUARIOS
07	CHOLOQUE	C.D.CHOLOQUE	422,72	171	RIO VIRU	142
08	VINZOS	C.D.VINZOS	49,38	13	RIO VIRU	10
09	SAN NICOLAS ALTO	C.D.SAN NICOLAS ALTO	64,29	35	RIO VIRU	30

Imagen 43

Canal de derivación Choloque



Nota: Tomado de (Intendencia de Recursos Hídricos, 2008)

Bocatoma San Juan pertenece a un bloque abastecido por el canal de derivación Choloque, de sección irregular de tierra 1.5x1.00 m de altura. **$Q_{\text{máx}} = 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$** .

4.1.13.2. Dimensionamiento de la estructura

Ventana de captación:

“La captación de agua se realiza mediante una abertura llamada ventana de captación debido a que se encuentra a una altura de 0.60 m. del piso del canal de limpia como mínimo. Las dimensiones son calculadas en función del caudal a derivar y de las condiciones económicas más aconsejables.” (Mansen Valderrama, 2010)

Imagen 44

Dimensionamiento de la Ventana de captación

Dimensionamiento de Ventana de Captación

Angulo de ingreso a en grados	30
Angulo de derivación b en grados	60
Angulo de desviación c en grados	30
Angulo de inclinación w en grados	90
Caudal de derivación Qd (m ³ /s)	0,7
Ancho de ventana b (m)	1,3
Número de ventanas	1
Diámetro de rejillas d (cm)	0,0127
Espaciamento de rejillas e (cm)	10

Conforme Calcular

Nuevo Imprimir

Altura inicial de la ventana (m) 0,5050

Corrección pérdida de carga (m) 1,9503E-04

Altura final de la ventana h (m) 0,5052

Ancho final de la ventana b (m) 1,5026

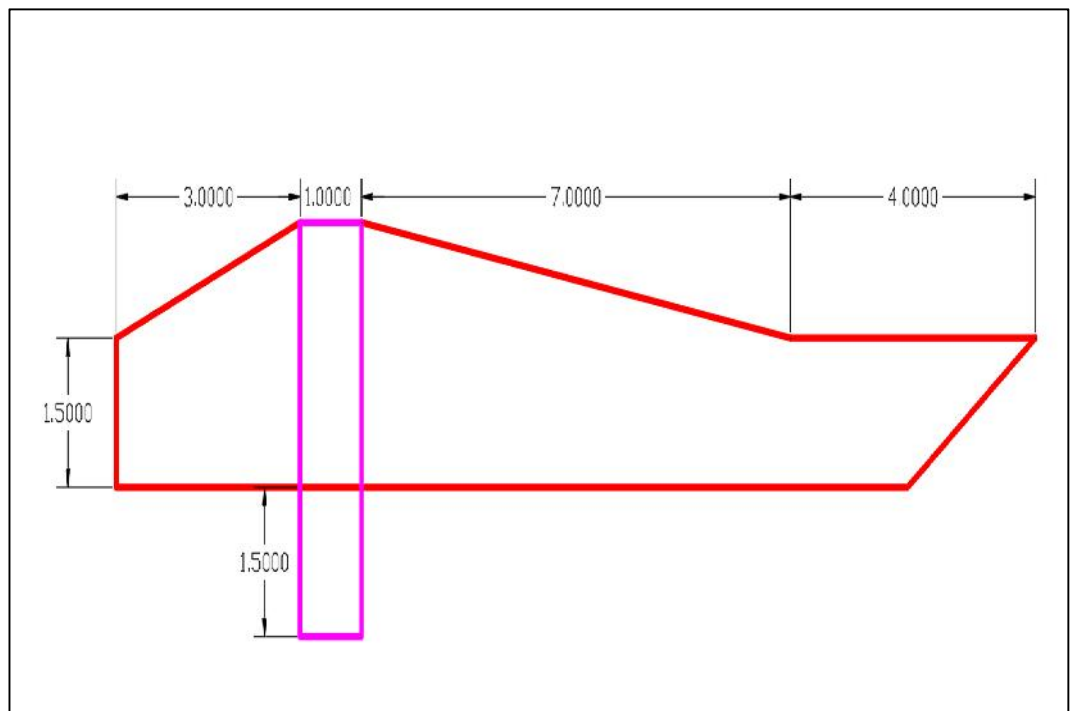
Diagram labels: eje de canal, margen aguas arriba canal, margen de río, rejilla, frontal ventana, a, b, c, w.

Considerando los ángulos formados por eje del canal, margen del cauce e inclinación de la rejilla, y el caudal de derivación se calculó la altura de la ventana de captación teniendo en cuenta además el ancho del canal existente (1.50m), dando como resultado 0.50m, para ello se ha utilizado.

Se está considerando un barrage tipo indio, ya que al tener un cuerpo rígido en el centro y empotramiento de concreto armado ha dado excelentes resultados en cauces con tendencia a la socavación, principalmente la altura para este caso es de 1.16m.

Imagen 47

Diseño del Barraje tipo indio



Longitud del barraje fijo y del barraje móvil

a. Dimensionamiento:

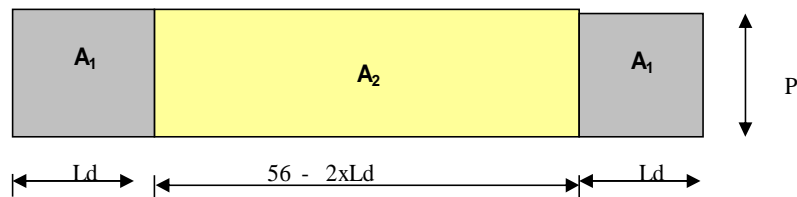
a.1 Por relacion de areas

El area hidraulica del canal desarenador tiene una relacione de 1/10 del area obstruida por el aliviadero, teniendose

$$A_1 = A_2 / 10$$

A_1 = Area del barraje movil

A_2 = Area del barraje fijo



$$A_1 = P * Ld$$

$$A_2 = P * (56 - 2xLd)$$

Reemplazando estos valores, tenemos que:

$$P * Ld = P * (56 - 2Ld) / 10$$

$$Ld = 4.67$$

$$56 - 2Ld = 46.67$$

Entonces:

$$Ld = 4.67$$

$$56 - 2Ld = 46.67$$

a.2 Longitud de compuerta del canal desarenador (Lcd)

$$Lcd = Ld / 2 = 2.33 \text{ m.}$$

Usaremos:

2.0 comp de

120plg x 48plg

ARMCO MODELO 400

(Ver Anexo de Libro Bocatomas Ing° Arbulú)

$$Lcd = 3.05$$

a.3 Predimensionamiento del espesor del Pilar (e)

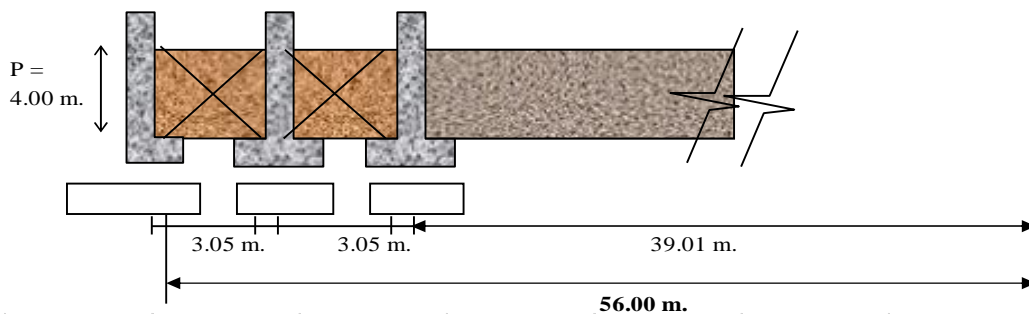
$$e = Lcd / 4 = 0.76 \text{ m. m.}$$

Consideremos

$$e = 0.80 \text{ m.}$$

b. Resumen:

Dimensiones reales del canal de limpia y barraje fijo.



Se tiene que tener en cuenta que los muros de contención para el encauzamiento de la bocatoma no pueden ser de menos de 4.00 metros, ya que los diques de protección que rodean ambas márgenes del cauce tienen esa altura debido al tirante de máxima avenida.

Diseño del desarenador

“Los desarenadores son obras hidráulicas que sirven para separar (decanter) y remover (evacuar), después, el material sólido que lleva el agua de un canal. El material sólido que se transporta ocasiona perjuicios a las obras, Una gran parte del material sólido va depositándose en el fondo de los canales disminuyendo su sección, esto aumenta el costo anual de mantenimiento y produce molestas interrupciones en el servicio de canal.” (Sparrow Alamo, 2018)

Cálculo de la velocidad de flujo en el estanque

$$V = a\sqrt{d}$$

d= diámetro(mm)

a= cte en función al diámetro

Se determina mediante la fórmula de Camp; y se comprende de 0,20 a 0,60 m/s

a	d(mm)
51	<0.1
44	0.1-1
36	>1

$$a= 44$$

$$d= 0.42$$

$$V= 0.285 \text{ m/s}$$

Cálculo de la velocidad de caída en aguas tranquilas

formula de Sudry:

$$w = k\sqrt{d(p - 1)}$$

Forma y naturaleza	k
Arena esférica	9.35
Granos redondeados	8.25
Granos Cuarzo >3mm	6.12
Granos Cuarzo >0.7mm	1.28
<0.7mm	1

w= velocidad de sedimentación (m/s)

- d= diámetro de las partículas(mm)

ps= Peso específico del material (gr/cm3)

K= Constante que varía de acuerdo con la forma y naturaleza de los granos

Luego:

$$d = 0.42 \text{ mm}$$

$$ps = 1.8$$

$$k = 1$$

$$w = 0.580 \text{ m/s}$$

Formula de scoti - foglieni

$$w = 3.8\sqrt{d} + 8.3d$$

$$W = 0.281 \text{ m/s}$$

Metodología	Velocidad(m/s)
Camp	0.285
Sudry	0.580
Scoti foglieni	0.281

Se promedian los resultados de cada método

$$W = 0.382 \text{ m/s}$$

Longitud de Poza de sedimentación

$$L = \frac{hv}{W}$$

hv: Altura vertical o fondo de la poza

Teniendo en cuenta la turbulencia del flujo de agua la velocidad de sedimentación es menor es decir será $w-w''$; donde w'' representa la reducción de velocidad por efectos de la turbulencia

Luego:

$$L = \frac{hv}{W - W''}$$

W'' Según Eguiazaroff:

$$W'' = \frac{V}{5.7 + 2.3h}$$

$$W'' = 0.0371 \quad \text{m/s}$$

Se considera de 1.5 a 4 m recomendable

$$H = 2 \quad \text{m}$$

Según Levin y Bestelit

$$W'' = a \cdot v$$

$$a = \frac{0.312}{\sqrt{h}}$$

$$W'' = 0.0843 \text{ m/s}$$

Finalmente, W'' podría considerarse como 0.061 m/s

En la proyección de desarenadores de bajas velocidades se realiza una corrección aplicando el coeficiente K que varía de acuerdo a las velocidades de escurrimiento en el estanque.

$$L = K \frac{hv}{w}$$

Velocidades de escurrimiento (m/s)	K
0.2	1.25
0.3	1.5
0.5	2

$$L = 10.47 \text{ m}$$

$$L = \frac{hv}{W - W''}$$

$$L = 6.22 \text{ m}$$

Se podría tomar un promedio de ambos métodos $L = 8.35\text{m}$

El ancho mínimo del desarenador:

$$b = \frac{Q}{H}$$

$$Q = 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 0.35 \text{ m}$$

pero el ancho del canal es 1.5m

El tiempo de sedimentación:

$$t = \frac{h}{w}$$

$$t = 6.225 \text{ s}$$

Volumen de agua conducido en ese tiempo:

$$V = Q \cdot t$$

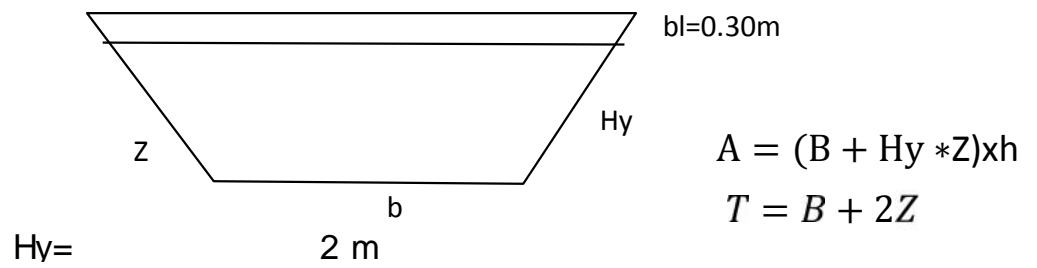
$$V = 4.357 \text{ m}^3$$

Verificamos la capacidad del tanque:

$$V = b \cdot h \cdot L$$

$$V = 5.844 \text{ m}^3$$

Sin embargo, se recomienda usar una sección trapezoidal



T=	3.5	m	V=	41.74	m ³
Z=	0.5		Area=	5.00	m ²
B=	1.5	m	L=	8.35	m

Cálculo de la Longitud de transición

Se emplea la fórmula de Hind.

$$L_t = \frac{T_1 - T_2}{2 * t_i (22.5^\circ)}$$

T canal= 1.5 m

Lt= 2.41 m

Canal de Limpia

Vol. Desard. 41.74 m³.

Vcl asum. (3/5) m/s.

Acl 0.349281215m².

z 0.5

Q cap 0.7m³/s

Tiempo Evac. 2 min. (5-15)

$$y = 0.303 \text{ m.}$$

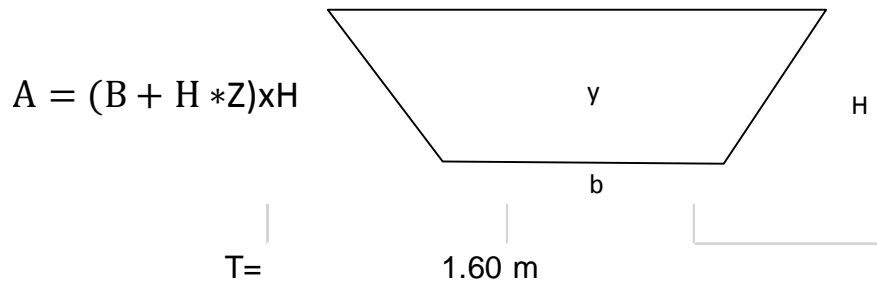
$$b = 1.00 \text{ m.}$$

El vertedero de demasías vierte el caudal sobre el canal de purga, por lo tanto:

$$Q_{\text{canal}} = 1.048 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$bl \text{ bord libre} = 0.30 \text{ m}$$

$$h = 0.60 \text{ m}$$



Cálculo de las dimensiones de la compuerta de lavado

$$Q = C_d \times A_o \times \sqrt{2gh}$$

$$C_d = 0.6$$

$$Q_{\text{comp}} = 0.348 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_o = 0.10 \text{ m}^2$$

$$h = 0.16 \text{ m}$$

$$b = 0.32 \text{ m}$$

De manera que el caudal final es la suma de ambos caudales:

$$Q_{\text{cap}} = 0.700 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{limpia}} = 0.348 \text{ m}^3/\text{s}$$

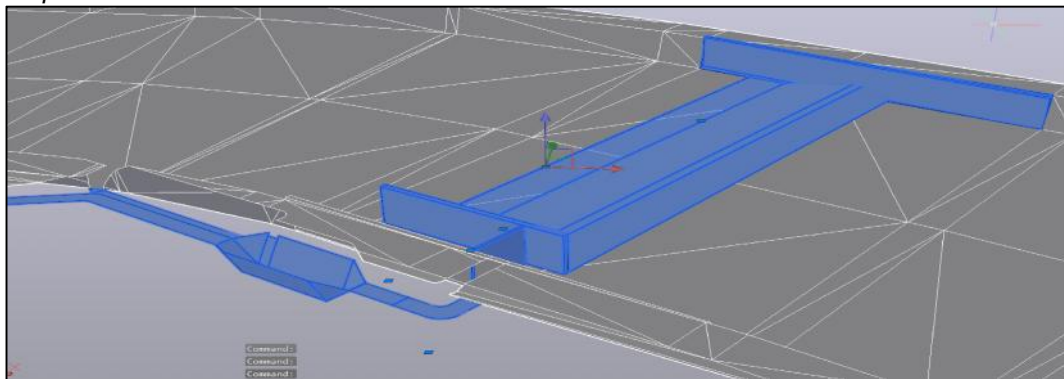
$$Q_{\text{fcap}} = 1.048 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1.14. Creación del modelo hidráulico de la bocatoma

Se procede a crear un modelo completo de la bocatoma con la intención de simular la respuesta de esta estructura frente a los caudales de diseño establecidos, tanto en máxima avenida, como en caudal de captación.

Imagen 48

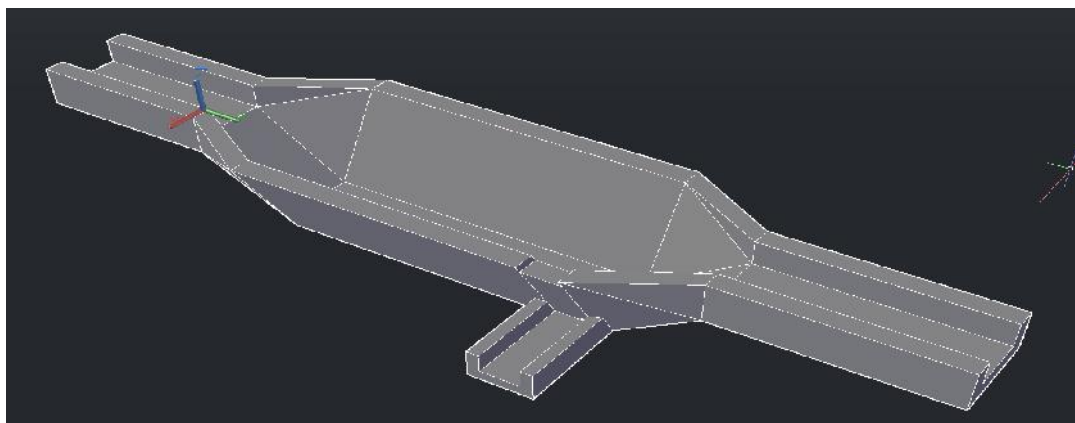
Emplazamiento de la bocatoma



Con la ayuda del software Civil 3D, se ha construido un modelo digital en 3 dimensiones del cauce junto al emplazamiento de la bocatoma, para de esta manera tener una perspectiva más amplia del resultado final del diseño.

Imagen 49

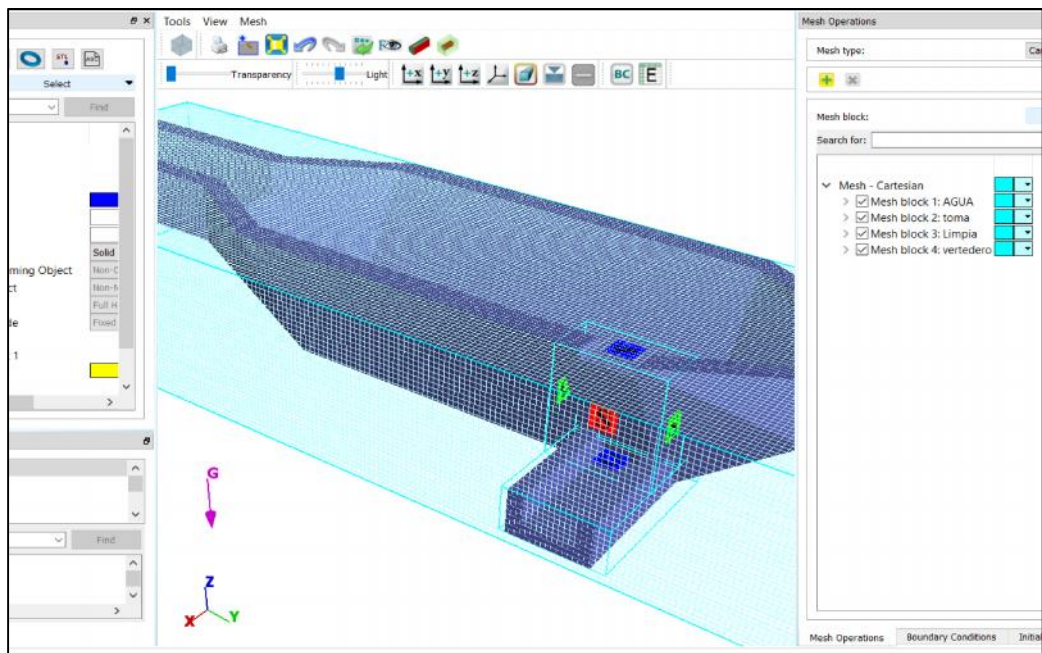
Diseño del desarenador



Extraemos en un formato diferente el desarenador propuesto, con las medidas que han sido calculadas previamente, además hemos incluido el canal de purga constante, ya que se tiene idealizado el hecho de que será un apoyo debido a que evitará el colapso de la estructura por saturación de sedimentos, sin embargo, requerirá de mantenimiento por tiempos de operación al menos cada 15 días.

Imagen 50

Modelamiento del desarenador



Con el apoyo de Flow 3D, se ha establecido en la interfaz la estructura de la desarenador propuesta, con la finalidad de poner a prueba la eficiencia del estanque frente a la retención de sedimentos. Para la discretización del sólido se ha colocado un mallado de 0.10m, de esta manera se obtendrán resultados mucho más cercanos a la realidad.

Imagen 51

Ingreso de las propiedades físicas del sedimento

Activate sediment scour model

Critical Shields Number definition:
 Prescribed val
 Calculate value using Goulsby-Whitehouse

Local adjustments of Critical Shields Number:
 For slope effect

Bed Load Transport Rate equation:
 Meyer-Peter & Muller eq.
 Nielsen equation
 Van Rijn equation

Richardson-Zak coefficient multiplier:
Molecular diffusion coefficient: kg/m/s
Turbulent diffusion multiplier:

Number of sediment species: Maximum packing fraction: Bed roughness / d50 ratio:

	Name	Diameter	Density	Critical Shields Number	Entrainment Coefficient	
Sediment 1	Sedimento	0.042	2100	0.05	0.018	8

OK Cancel Help

También se ha ingresado la información correspondiente al sedimento, de esta manera se cargará la estructura y se evaluará su eficiencia.

Imagen 52

Ingreso del caudal de la bocatoma

Volume flow rate must be positive

Volume flow rate: m³/s

X flow direction vector:

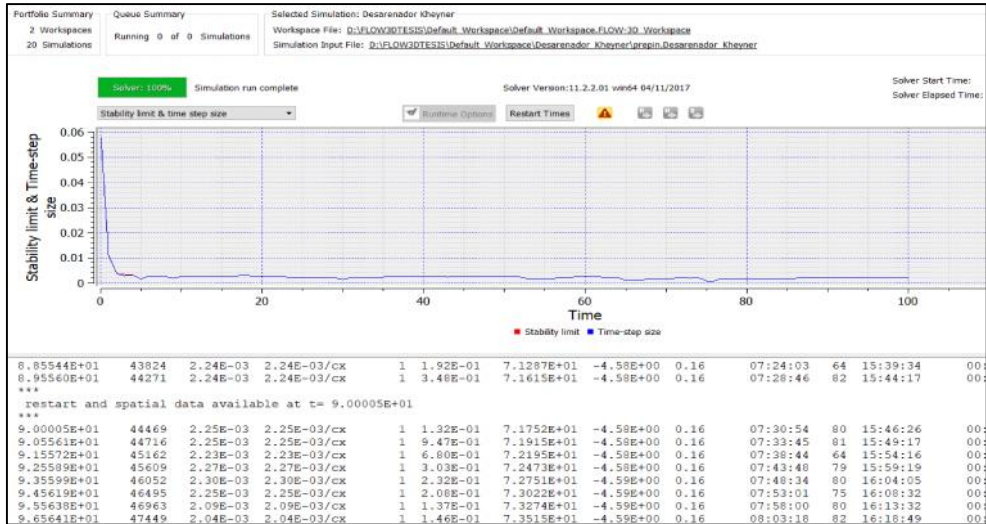
Y flow direction vector:

Z flow direction vector:

Se ingresa el caudal de captación de la bocatoma de 1.044 m³/s, esto forma parte de las condiciones de contorno del modelo.

Imagen 53

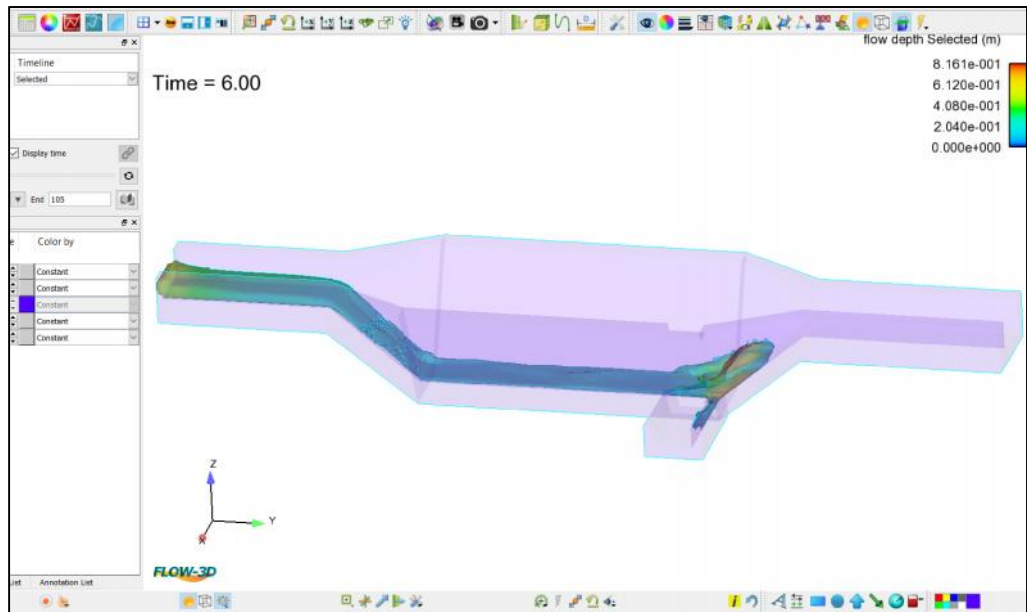
Cálculo del modelamiento completo



Finalmente, se inicia el procesamiento de la información en 50 instantes de tiempos (50s), el tiempo promedio de simulación depende del hardware del computador, para este caso fue de 2 horas.

Imagen 54

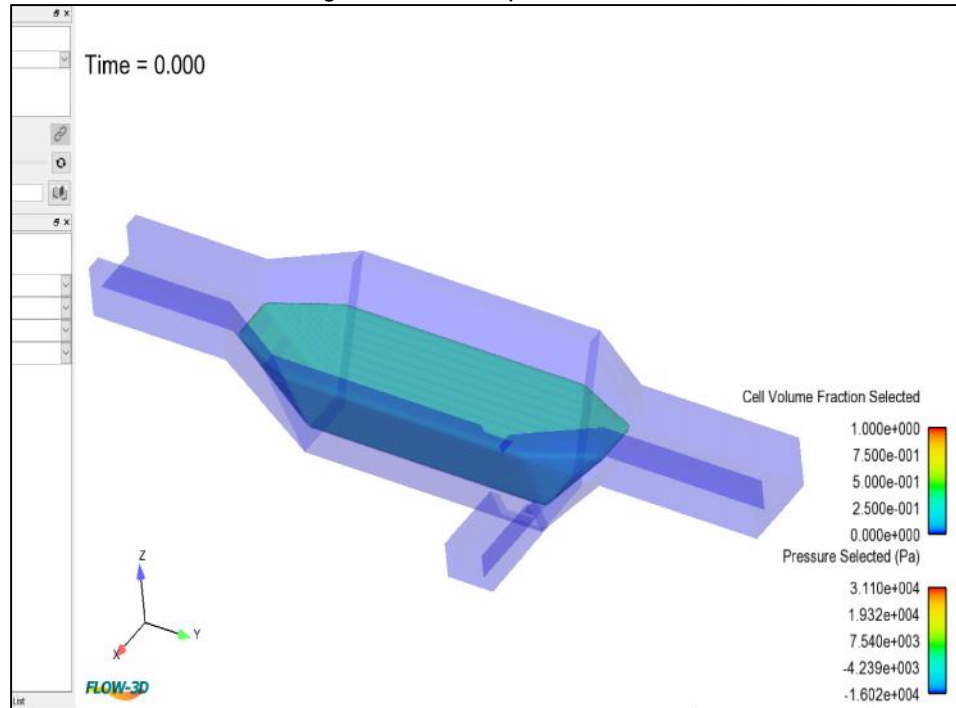
Resultados – modelo del desarenador - resalto



Evaluamos dos casos, en el primero hemos prescindido de agua en el estanque, la desventaja es que al inicio de la operación se forma resalto y el flujo de agua es demasiado turbulento, esto podría colmatarse de entrada el canal de conducción.

Imagen 55

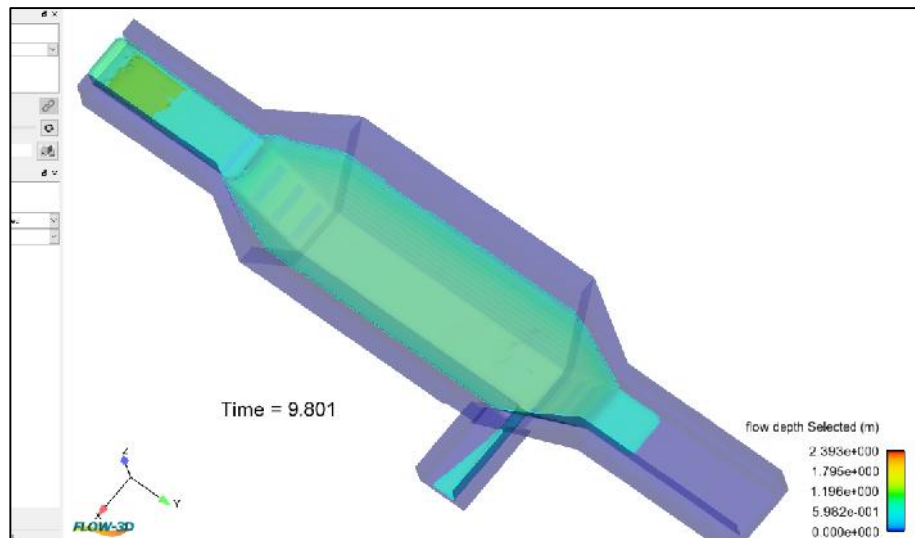
Resultados – Modelo con agua en el estanque



Para este segundo caso, se está contemplando la colocación de un colchón de agua en el estanque, de preferencia libre de sedimentos, para este efecto se puede dejar reposar durante unas horas para que por gravedad las partículas en suspensión descieran hasta el fondo del estanque.

Imagen 56

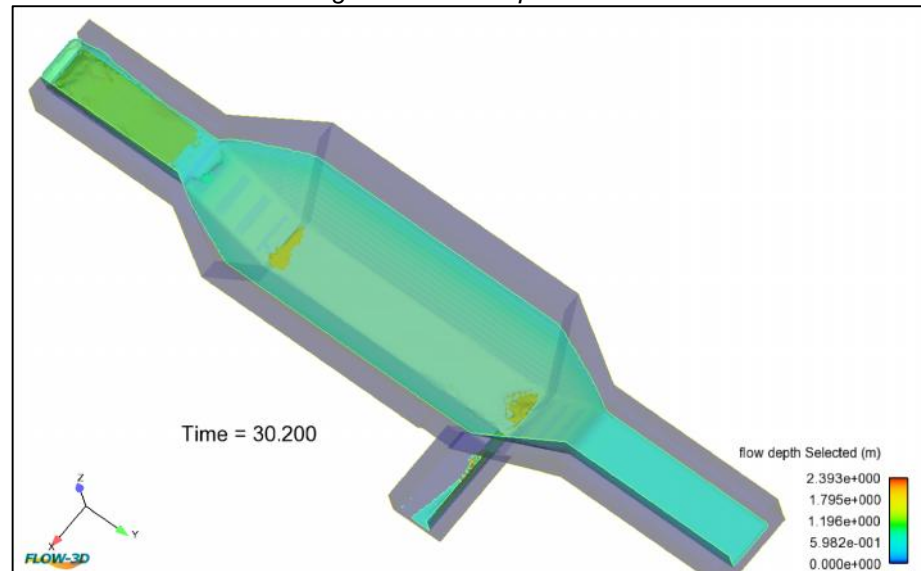
Resultados – Modelo con agua en el estanque $t= 9.8s$



En este modelo podemos observar que el sedimento empieza a acumularse en el fondo del canal de aducción, luego será desplazado hacia el estanque del desarenador por el esfuerzo tractivo del agua.

Imagen 57

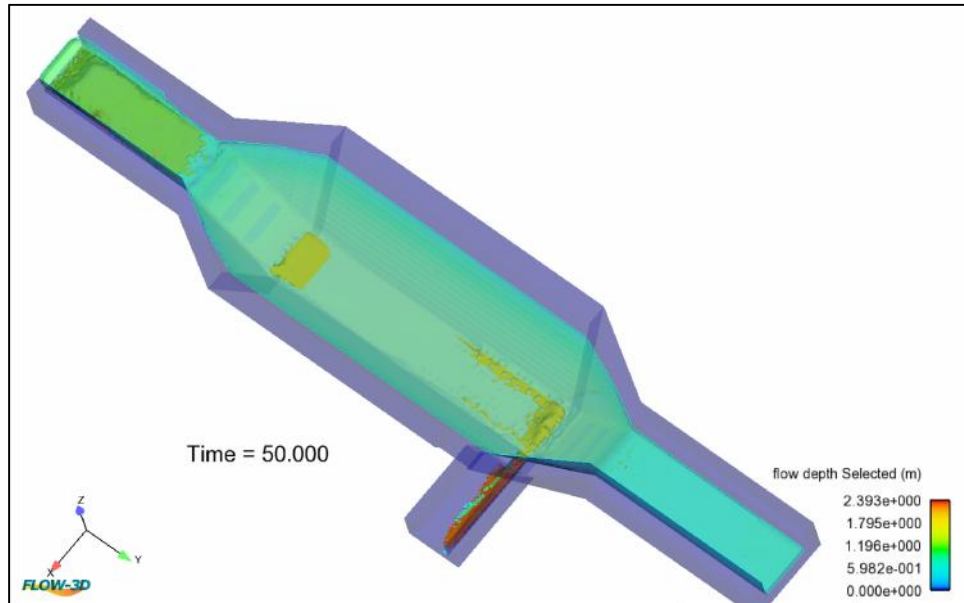
Resultados – Modelo con agua en el estanque $t= 30.2s$



En este instante, ya se aprecia la acumulación de sedimento en el fondo del estanque, y empieza a operar la ventana de purga constante.

Imagen 58

Resultados – Desarenador eficiente t= 50 s



Finalmente, damos por sentada la eficiencia del desarenador al acumular el sedimento en el fondo del estanque y no permitir el paso de importantes cantidades de sedimento al canal de conducción.

4.2. Docimasia de hipótesis

El diseño y modelamiento hidráulico de la bocatoma San Juan, Tomaval es esencial para una óptima distribución y captación de agua, esto se evidencia tras la simulación del emplazamiento de una estructura de bocatoma, por lo tanto, la hipótesis es válida y se cumple en su totalidad.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Se realizó el diseño de todos los componentes de la bocatoma y se sometió a un análisis mediante un software de simulación de estructuras hidráulicas, encontrándose que el diseño es eficiente, incluso la retención de sedimentos del estanque de la bocatoma cumple con las expectativas trazadas al inicio del proyecto, dentro del modelo cabe resaltar que se ha trabajado tanto en software bidimensional, así como también tridimensional.
- Se llevó a cabo un estudio de topografía levantando 4km de cauce en lugar de los 2km planteados en los objetivos del proyecto, todo esto para tener un panorama mucho más amplio sobre la localización, morfología y naturaleza trenzada del cauce, es imperativo tener en cuenta que, para el estudio y mapeo de toda la zona, se contó con el apoyo de un Drone de mapeo topográfico profesional, todo ello para garantizar óptimos resultados en los mapas de alta resolución del relieve topográfico.
- Se realizó un estudio de EMS, contemplando la granulometría del sedimento como capa estratigráfica no estacionaria en el cauce del río, logrando así obtener sus características tanto como lo son los diámetros característicos, coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad, esta información es absolutamente necesaria para el diseño del desarenador.
- Para el estudio de concentración de caudales o aforos, se realizó una recolección de datos provenientes de la estación Huacapongo, teniendo en cuenta una frontera de 37 años para registro de datos que está por encima de los 25 años mínimo exigidos por el manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, dentro de este estudio, se hizo un tratamiento estadístico de las muestras (datos de aforos) con la finalidad de comparar proyecciones bajo un periodo de retorno de 100 años, este último está basado en una vida útil de la estructura de por lo menos 25 años.

- Se investigó sobre el caudal de captación en función a los documentos sustentados por el ministerio de agricultura, los cuales han sido debidamente citados en los lineamientos de este informe, teniendo en cuenta la localización del canal madre o de derivación existente, se obtuvo como referencia un caudal de 0.70 m³/s.

- Se dimensionó la ventana de captación siendo cuidadosos de coincidir con el ancho del canal existente, también se dimensionó el canal de derivación, el vertedero de demasías, el estanque del desarenador, finalmente la ventana de purga de sedimentos con su respectivo canal de purga.

-
- Se realizó el dimensionamiento del barraje, proponiendo una estructura de tipo indio ya que para diferentes autores ha mostrado mucha estabilidad frente a flujos turbulentos, se consideró además necesaria la colocación de un barraje móvil, el cual representa una porción de la longitud de barraje total, además se realizó el encauzamiento del río, en toda la zona de intervención con diques de protección y en el lugar de emplazamiento con muros de concreto armado.

- Se realizó la simulación de la respuesta del estanque del desarenador frente a la carga sedimentaria del río, obteniendo resultados satisfactorios lo cual es indicador de que los criterios aplicados para el diseño de la poza han sido lo más óptimos.

CONCLUSIONES

- Se realizó un levantamiento topográfico mediante mapeo con Drone topográfico profesional abarcando una longitud de cauce total de 4km, y cubriendo un área de 2.23 km², además se construyeron mapas digitales con una resolución de 6.97 cm/pixel, el rango de elevaciones del DEM, se encuentra entre 204 y 161 m, finalmente se puede apreciar que el terreno es relativamente llano, características correspondientes a un valle, se pudo observar que el cauce del río no es sinuoso pero si presenta vetas trezadas, característico de un río con baja pendiente y alto contenido de arenas.
- Dentro del estudio de EMS, se llevó a cabo un ensayo de granulometría para de esta manera conocer la naturaleza del material sedimentario o de arrastre de fondo en el cauce, material que puede representar un potencial factor de saturación y colmatación de la estructura de bocatoma, como es habitual se hizo el cuarteo de la muestra, quedando como muestra de análisis la cantidad de 1001.43g, los diámetros característicos del material son D₁₀=0.315mm, D₃₀=0.771mm, D₅₀=4.238mm, D₆₀=6.892mm, D₉₀=11.629mm, los coeficientes de curvatura y uniformidad son 0.27 y 21.907 respectivamente, la clasificación del material según SUCS es SP arena mal gradada con baja cantidad de limos.
- Se realizó un estudio hidrológico considerando 37 años de registro de datos, a los cuales se les aplicó las distribuciones estadísticas contempladas por el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, teniendo como resultado el ajuste a la distribución normal, Los resultados fueron los siguientes: Delta tabular = 0.2236, Diferencia entre delta teórico y tabular: Normal: 0.0061, Gumbel: 0.0720; Log Normal de 2 Parámetros: 0.1675, Log Gumbel, 0.0720, Gamma 2 P: 0.1220, Log Normal de 3P: 0.1452, Log Gamma de 3 Parámetros: 0.0904, siendo el menor correspondiente a la distribución antes mencionada,

con esta distribución se hizo la proyección de un caudal para un riesgo de excedencia de 22%, una vida útil de 25 años, y periodo de retorno de 100 años, dando como resultado 185.51 m³/s.

- De acuerdo a los documentos citados en el informe se determinó que el caudal de captación es de 0.70m³/s, y el canal existente tiene 1.50 m de ancho por 1.00m de altura.
- Se dimensionó la ventana de captación en 1.50 m de ancho por 0.50m de altura, de ha colocado a 65 cm por encima del nivel de terreno natural del fondo del cauce del rio con la finalidad de contrarrestar el ingreso de sólidos al sistema de captación, se dimensionó el canal de derivación, tenido como resultado 1.50 m de solera y 1.00m de altura, con un coeficiente de rugosidad de 0.013 correspondiente a concreto liso, se calculó el ancho del desarenador siendo de 4.30m en la parte superior y 1.50 m en la base, por 2.00m de profundidad, finalmente la ventana de purga se dimensionó en 0.32 x 0.17 m y el vertedero de demasías con una longitud de 1.00m y una altura de 0.35m.
- El barraje se dimensionó con una altura de 1.16m, una longitud total de 56, el barraje móvil con una longitud de 5.8m y se dimensionaron los muros de encauzamiento con una altura de 4.00m y un espesor de 0.50m, el ancho de la cresta del barraje se estableció en 1.00m.
- Para evaluar el adecuado desempeño del desarenador se propuso un modelo hidráulico en 2 dimensiones sin embargo se complementó con un modelo en 3 dimensiones por ser una de las estructuras principales si bien es cierto para nuestro caso la más importante, teniendo como resultado una óptima derivación de los sedimentos de arrastre en fondo, y adecuado funcionamiento de la ventana de purga constante.

RECOMENDACIONES

- Debido a las dificultades que representa el acceso a la información por las disposiciones de ley por SARS COVID19, se ha limitado de cierto modo la investigación de campo, lo que nos deja abierta la investigación el aspecto de diseño para posterior implementación de canales de riego, incluso podría evaluarse la necesidad de incrementar el caudal en caso sea necesario.
- En la actualidad la estación Huacapongo se encuentra inactiva ya que los registros de datos presentados por el Senamhi son hasta el año 1990, sin embargo, si se contase con un registro de datos mucho más denso y actualizado se podrían mejorar los resultados en cuanto a estimación del caudal de máxima avenida.
- En caso complementario podría realizarse un modelo a escala del desarenador con la finalidad de contrastar resultados, sin embargo, esta tesis es cuasi experimental y no podría contemplarlo entre sus objetivos.
- Para tener resultados mucho más conservadores es necesario evaluar la totalidad del área en estudio mediante un modelamiento tridimensional, sin embargo, actualmente la tecnología en nuestro país nos limita en cuanto a la capacidad de nuestros ordenadores para desarrollar modelos tan complejos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alfaro, M. (1981). *Diseño de una Bocatoma, Caso: Bocatoma de Bocanegra*. Lima: UNI.
- Autoridad Nacional del Agua, A. (2010). *Manual: Criterios de diseño de Obras Hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos*. Lima: ANA.
- Chow, V. T. (1983). *Hidráulica de canales Abiertos*. Ciudad de Mexico, Mexico: Diana.
- Diaz, R. (2015). *Análisis de estabilidad y diseño estructural de la bocatoma del P.H. Paso Ancho en la Facultad de Ingeniería, México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico: UNAM.
- Flores, L. E. (2015). *Diseño de una bocatoma de fondo para la captación de consumo humano para la parroquia "El paraíso de celen", Loja*. Loja: UTPL.
- Flumen, I. (2014). *Manual de referencia hidráulico de Iber*. Catalunya: Grupo de Ingeniería, agua y medioambiente.
- Flumen, I. (2016). *Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas: Manual básico de usuario*. Madrid: CEDEX.
- Intendencia de Recursos Hídricos, M. (2008). *Obras de Control y Medición de Agua por Bloques de Riego en el Valle Virú*. Lima: Ministerio de Agricultura.
- Jauregui, B. G. (2019). *Diseño hidráulico de una bocatoma en el río Moyobamba para el mejoramiento del sistema de irrigación CCECCA, ISHUSA Y HUAYCAHUACHO*. Lima: UNALM.
- Mansen Valderrama, A. (2010). *Diseño de bocatomas, Apuntes de clase*. Lima, Perú. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento Académico de Hidráulica E Hidrología.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones, M. (2012). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima: Ministerio de Transportes y comunicaciones.
- Nassi, G. R. (2018). *Diseño y modelamiento hidráulico de la bocatoma el pueblo del distrito de Chóchope, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque, utilizando el modelo numérico telemac – 2d*. Lambayeque: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Navarro, S. (2008). *Manual de topografía . Planimetría*. Madrid.
- Novak, M. (2001). *Estructuras Hidráulicas*. Bogota: Mc Graw Hill.

Ponce, B. (2018). *Comportamiento Hidráulico y sedimentológico de la bocatoma independiente de aguas andinas en el río Maipo*. Santiago: UDCH.

Ponce, R. (2015). *Diseño Hidráulico de la Bocatoma en el río Chicama, en la zona de Facalá*. Lima: USMP.

Rocha, A. (2005). *La Bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico*. Lima: Revista de la Facultad de Ingeniería Civil.

Sparrow Alamo, E. G. (2018). *Estructuras Hidráulicas - El desarenador*. Ancash: UNS.

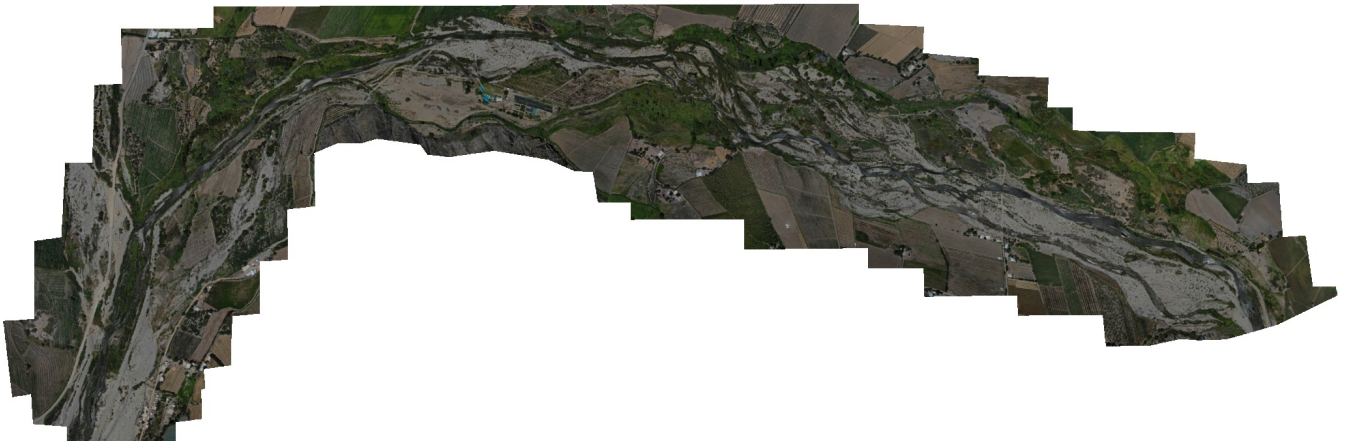
UNATSABAR. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

ANEXOS

INFORME DE TOPOGRAFÍA

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO - BOCATOMA TOMAVAL

02 Octubre 2020



Datos del levantamiento

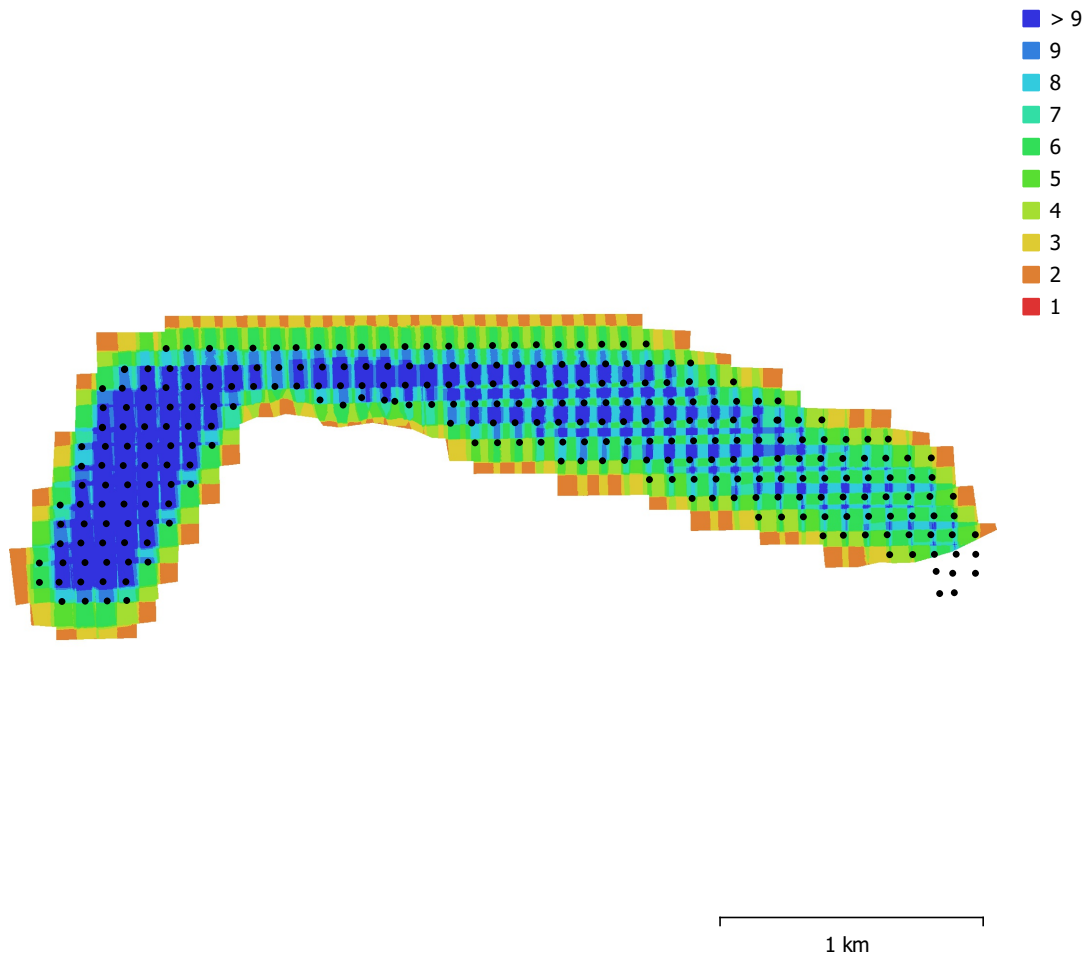


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 281

Altitud media de vuelo: 204 m

Resolución en terreno: 6.97 cm/pix

Área cubierta: 2.23 km²

Imágenes alineadas: 281

Puntos de paso: 267,399

Proyecciones: 1,057,902

Error de reproyección: 1.19 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC2204 (4.68mm)	4000 x 3000	4.68 mm	1.56 x 1.56 micras	Si
FC2204 (4.58mm)	4000 x 3000	4.58 mm	1.52 x 1.52 micras	Si
FC2204 (4.48mm)	4000 x 3000	4.48 mm	1.55 x 1.55 micras	Si
FC2204 (4.386mm)	4000 x 3000	4.386 mm	1.58 x 1.58 micras	Si

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

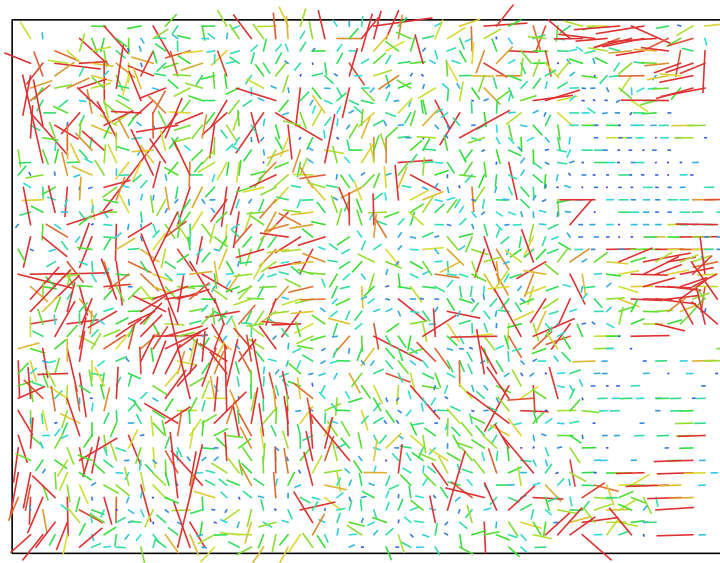


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC2204 (4.68mm).

FC2204 (4.68mm)

3 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
4000 x 3000

Distancia focal
4.68 mm

Tamaño de píxel
1.56 x 1.56 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	2693.61	12	1.00	-0.09	0.17	0.63	-0.80	0.86	0.20	0.04
Cx	19.5298	1.7		1.00	0.06	-0.12	0.14	-0.14	-0.17	0.22
Cy	-20.6337	1.8			1.00	0.11	-0.13	0.14	-0.11	-0.04
K1	0.0454685	0.00062				1.00	-0.96	0.91	0.11	0.04
K2	-0.10721	0.0024					1.00	-0.99	-0.16	-0.04
K3	0.0794048	0.0025						1.00	0.17	0.04
P1	0.00153081	3.5e-05							1.00	-0.16
P2	4.49397e-05	3.4e-05								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Calibración de cámara

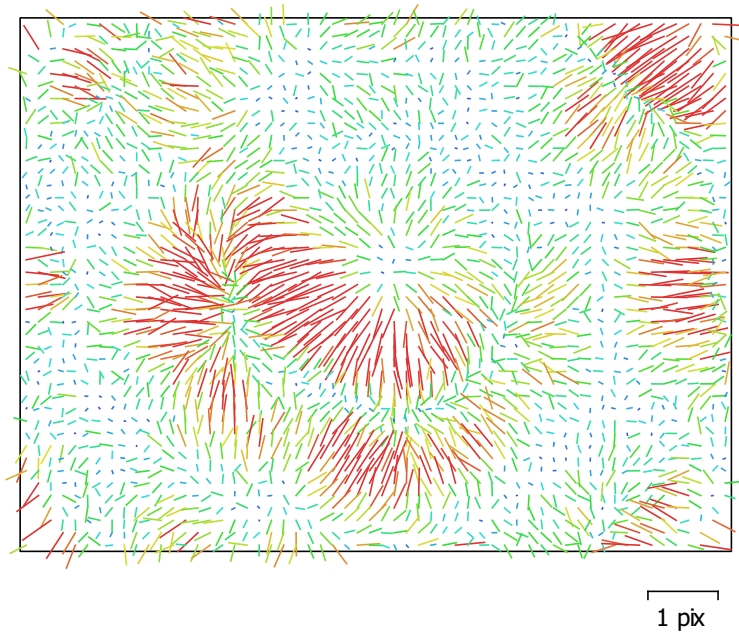


Fig. 3. Gráfico de residuales para FC2204 (4.58mm).

FC2204 (4.58mm)

76 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
4000 x 3000

Distancia focal
4.58 mm

Tamaño de píxel
1.52 x 1.52 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	2706.71	7.8	1.00	-0.51	-0.00	0.92	-0.97	0.98	0.37	-0.30
Cx	16.5017	0.45		1.00	0.01	-0.48	0.50	-0.51	-0.07	0.15
Cy	-4.24936	0.37			1.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.01	0.18
K1	0.0415196	0.00026				1.00	-0.98	0.97	0.32	-0.27
K2	-0.0970229	0.0012					1.00	-1.00	-0.36	0.29
K3	0.0724848	0.0013						1.00	0.36	-0.29
P1	0.000964756	6.7e-06							1.00	-0.17
P2	-0.000537436	5.3e-06								1.00

Tabla 3. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Calibración de cámara

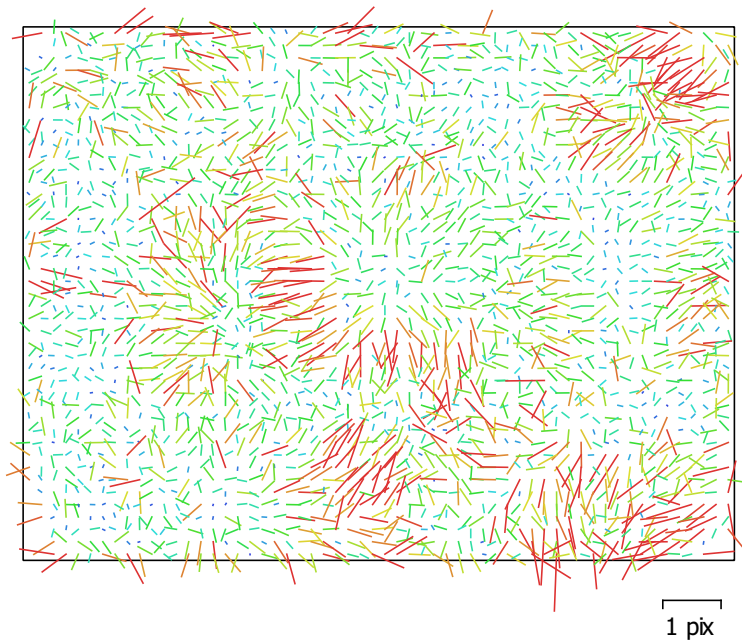


Fig. 4. Gráfico de residuales para FC2204 (4.48mm).

FC2204 (4.48mm)

17 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
4000 x 3000

Distancia focal
4.48 mm

Tamaño de píxel
1.55 x 1.55 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	2653.74	7.6	1.00	-0.39	-0.04	0.68	-0.84	0.90	0.26	-0.15
Cx	26.3336	0.62		1.00	-0.10	-0.33	0.38	-0.39	0.06	0.12
Cy	-10.7009	0.37			1.00	-0.01	0.02	-0.02	-0.05	0.39
K1	0.0383118	0.00032				1.00	-0.95	0.91	0.20	-0.12
K2	-0.0842049	0.0012					1.00	-0.99	-0.23	0.14
K3	0.0592655	0.0011						1.00	0.24	-0.15
P1	0.00171817	1.7e-05							1.00	-0.10
P2	-0.000787044	1.5e-05								1.00

Tabla 4. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Calibración de cámara

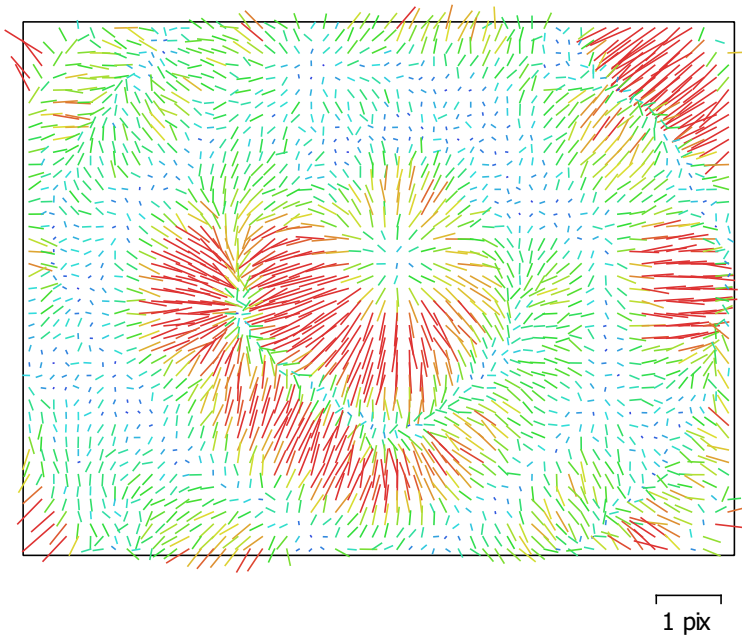


Fig. 5. Gráfico de residuales para FC2204 (4.386mm).

FC2204 (4.386mm)

185 imágenes

Tipo
Cuadro

Resolución
4000 x 3000

Distancia focal
4.386 mm

Tamaño de píxel
1.58 x 1.58 micras

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	2578.48	7.1	1.00	-0.95	-0.39	0.96	-0.99	0.99	0.61	-0.48
Cx	15.6553	0.28		1.00	0.36	-0.92	0.94	-0.95	-0.51	0.45
Cy	-3.43464	0.093			1.00	-0.38	0.39	-0.39	-0.23	0.44
K1	0.0361969	0.00021				1.00	-0.99	0.98	0.56	-0.46
K2	-0.0773383	0.00088					1.00	-1.00	-0.59	0.47
K3	0.0524489	0.00089						1.00	0.60	-0.47
P1	0.00101649	4.4e-06							1.00	-0.27
P2	-0.000542549	3.1e-06								1.00

Tabla 5. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Posiciones de cámaras

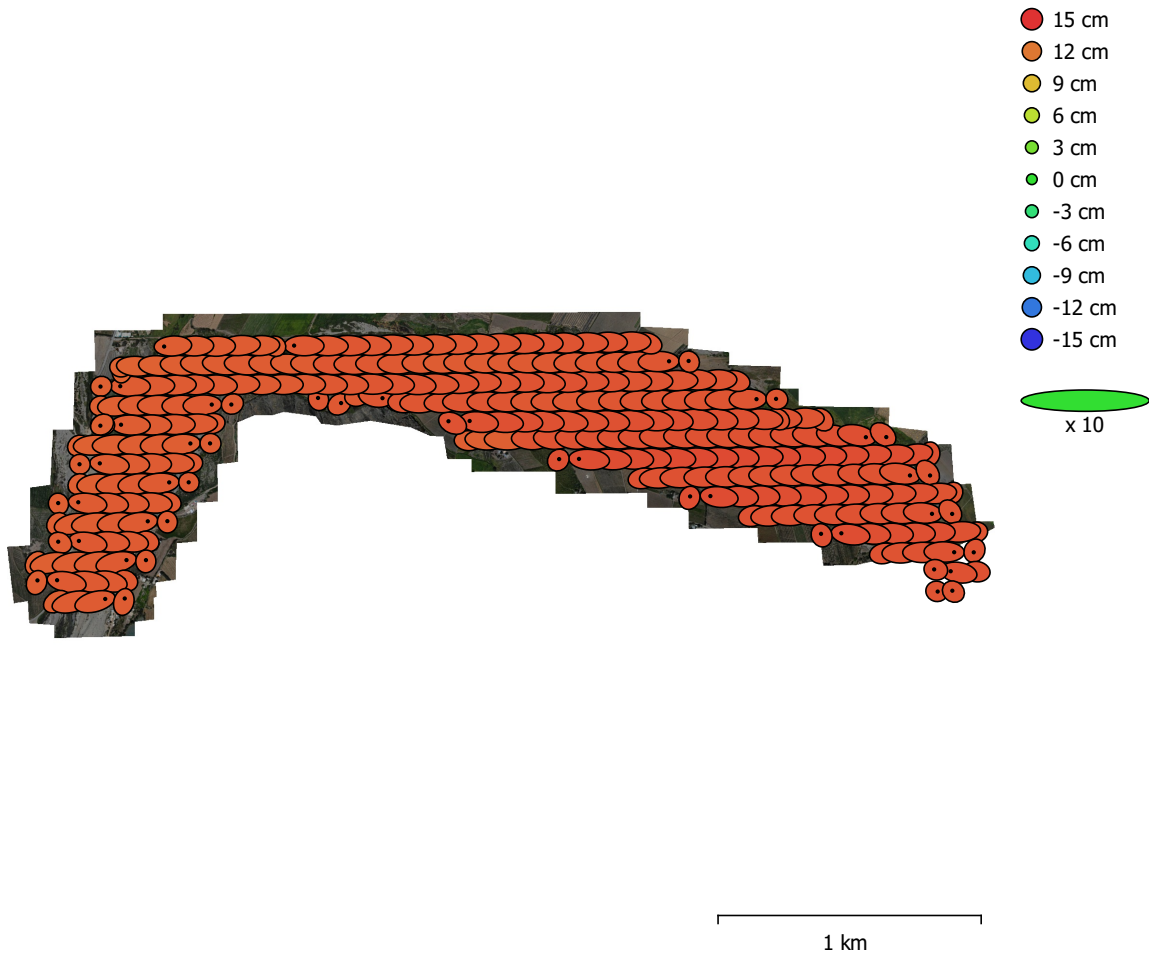


Fig. 6. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
0.065748	0.0742285	0.134339	0.0661657	0.134502

Tabla 6. Errores medios de las posiciones de cámaras.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Puntos de control terrestre

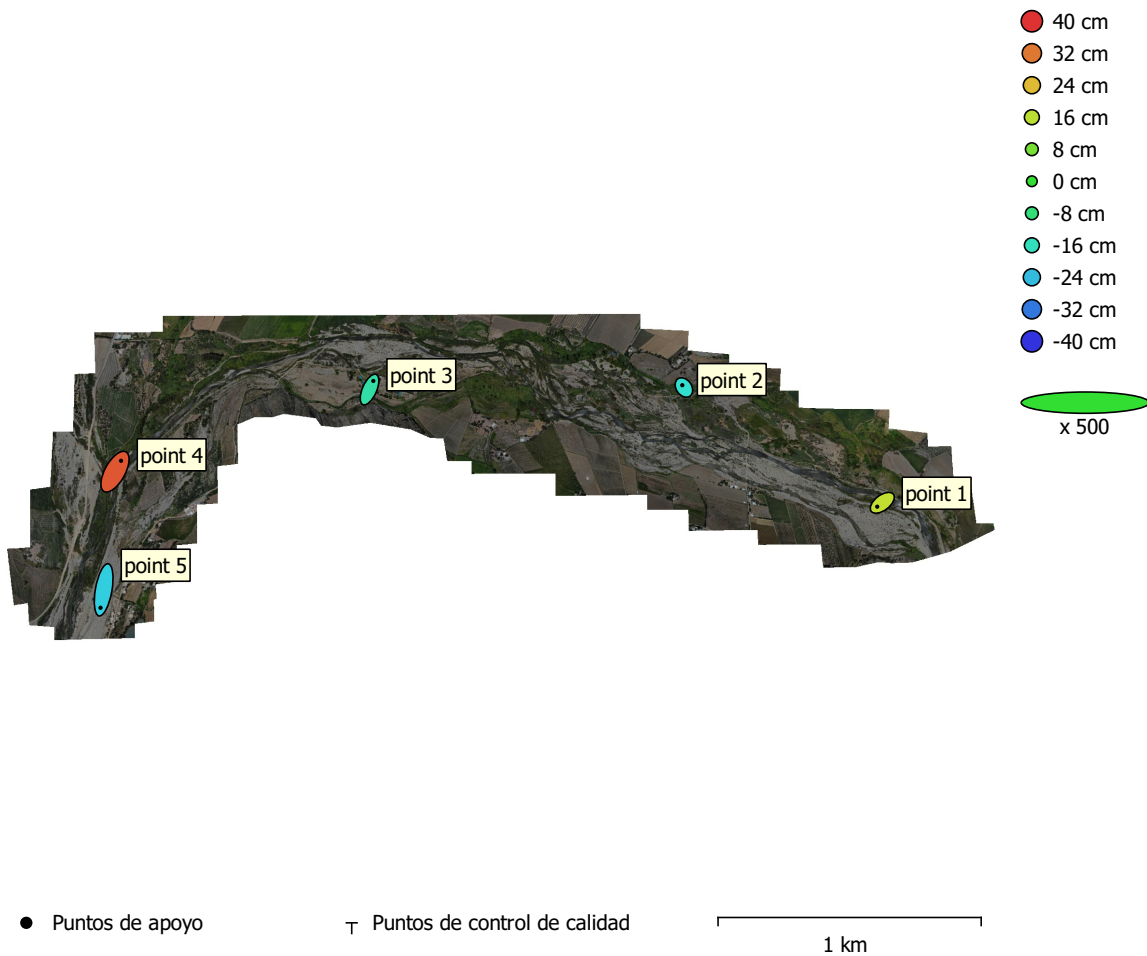


Fig. 7. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.

Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
5	6.43096	1.7327	2.5872	1.9963	9.2676

Tabla 7. ECM de puntos de apoyo.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
point 1	-7.72265	-5.92228	16.715	19.3417	1.219 (8)
point 2	-2.45174	3.49181	-18.1089	18.6048	2.034 (6)
point 3	5.74247	13.0445	-13.3541	19.5312	1.230 (9)
point 4	9.22874	16.6446	35.7984	40.543	2.019 (13)
point 5	-4.79482	-27.2602	-21.994	35.3531	4.662 (6)
Total	6.43096	15.7327	22.5872	28.2676	2.359

Tabla 8. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

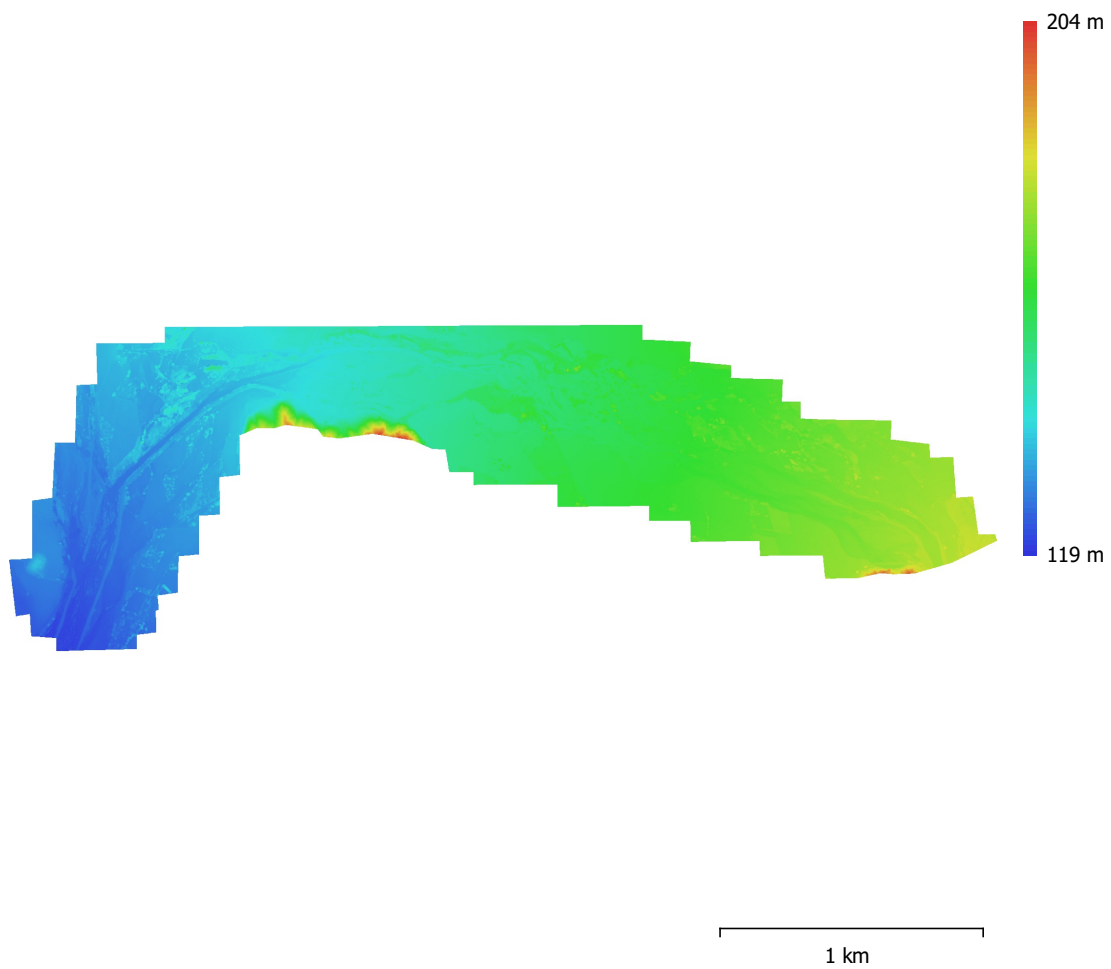


Fig. 8. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 13.9 cm/pix
Densidad de puntos: 51.5 puntos/m²

Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	281
Cámaras orientadas	281
Marcadores	5

Formas

Polilíneas	3089
Polígonos	68991
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

Nube de puntos

Puntos	267,399 de 283,274
RMS error de reproyección	0.160579 (1.18921 pix)
Error de reproyección máximo	0.482526 (31.5268 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	7.17516 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.07647

Parámetros de orientación

Precisión	Media
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos clave por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	2 minutos 30 segundos
Tiempo de orientación	5 minutos 11 segundos

Nube de puntos densa

Puntos	142,823,809
Colores de puntos	3 bandas, uint8

Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Alta
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	17 minutos 36 segundos

Parámetros de generación de la nube densa

Tiempo de procesamiento	18 minutos 23 segundos
-------------------------	------------------------

MDE

Tamaño	26,903 x 8,884
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)

Ortomosaico

Tamaño	53,780 x 17,765
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Colores	3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	5 minutos 59 segundos
Versión del programa	1.6.3.10723

Sistema

Versión del programa
OS
RAM
CPU
GPU(s)

1.6.3 build 10723
Windows 64 bit
31.85 GB
Intel(R) Core(TM) i7-9750H CPU @ 2.60GHz
GeForce GTX 1650
Intel(R) UHD Graphics 630