

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño y modelamiento hidráulico de una bocatoma para mejorar el sistema de riego en el Centro Poblado - Buena Vista, Distrito de Chao, Virú 2021

Línea de Investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural

Sub Línea de Investigación: Hidráulica

Autores:

Alcas Andrade, Alexa Aymé

Lizarzaburu Silva, Carlos Gabriel

Jurado Evaluador:

Presidente : Narváez Aranda, Ricardo Andrés
Secretario : Rodríguez Ramos, Mamerto
Vocal : Salazar Perales, Álvaro Fernando

Asesor:

Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5006-2312>

**TRUJILLO – PERÚ
2023**

Fecha de sustentación: 2023/05/03

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño y modelamiento hidráulico de una bocatoma para mejorar el sistema de riego en el Centro Poblado - Buena Vista, Distrito de Chao, Virú 2021

Línea de Investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural

Sub Línea de Investigación: Hidráulica

Autores:

Alcas Andrade, Alexa Aymé

Lizarzaburu Silva, Carlos Gabriel

Jurado Evaluador:

Presidente : Narváez Aranda, Ricardo Andrés
Secretario : Rodríguez Ramos, Mamerto
Vocal : Salazar Perales, Álvaro Fernando

Asesor:

Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan
Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5006-2312>

**TRUJILLO – PERÚ
2023**

Fecha de sustentación: 2023/05/03

Vista, Distrito de Chao, Virú “Diseño y modelamiento hidráulico de una bocatoma para mejorar el sistema de riego en el Centro Poblado - Buena 2021”

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

Dr. Ing. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	purl.org Fuente de Internet	1%
4	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
8	scielo.sld.cu Fuente de Internet	1%

9

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

Declaración de originalidad

Yo, Carla María Quiroz, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada "Diseño y modelamiento hidráulico de un sistema de riego por goteo para mejorar el sistema de riego por el Canal Abierto Buenos Aires - Distrito de Chao Yira 2021", autores Alexandre Rojas Andrade y Carlos Gabriel Lizarzaburu Silva, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 15%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 13 de marzo 2023
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Lugar y fecha: Trujillo, 07 de Julio 2023

Alexandre Rojas Andrade
Apellidos y Nombres del autor
DNI: 71475007

C-G-L-S-
Carlos Gabriel Lizarzaburu Silva
Apellidos y Nombres del autor
DNI: 70496387

Carla María Quiroz
Apellidos y Nombres del asesor
DNI: 7865283
ORCID: <https://orcid.org/0000000150062312>

DEDICATORIA

A Carla, mi madre, mi incondicional, por su labor, empeño, perseverancia y valores con los que me guio e instruyo día a día; porque, cada día de mi vida, hasta la actualidad me motiva a ser mejor persona, profesional e ir de la mano de Dios.

A Dios, por permitirme llegar hasta esta instancia de mi vida, mantenerme firme y confiado gracias a su constante guía, sabiduría y humildad en cada paso que doy.

A mis abuelos, Gladys y Belisario con los que compartí momentos inolvidables y agradezco de corazón por todo su tiempo y enseñanzas.

A mi hermano, Angelo, por ser un pilar importante en mi vida, por demostrarme su cariño y apoyo en todo momento.

A mi hermana, Claudia, por ayudarme y apoyarme en cada día, durante todo este largo camino, la cual estuvo en cada momento importante de mi formación personal y profesional.

A mi compañera de vida, Sayuri, por mostrarme constantemente su cariño y apoyo incondicional, por alentarme a seguir adelante y cumplir cada uno de mis objetivos.

Br. Carlos Gabriel Lizarzaburu Silva

A Victorino, mi abuelo, quién desde el cielo siempre está cuidándome y guiándome en cada paso que doy; estoy completamente segura de que este momento hubiera sido tan especial para él como lo es ahora para mí. Por eso le dedico todo mi amor y agradecimiento.

A mis padres, quiénes han sido la base de mi formación, sin ellos esto no hubiera sido posible.

A mi hermano, por su apoyo y consejos en este arduo camino.

A toda mi familia y amigos, quiénes estuvieron alentándome para seguir adelante y cumplir cada una de mis metas.

Br. Alexa Aymé Alcas Andrade

AGRADECIMIENTOS

El presente informe de tesis fue realizado con éxito gracias al arduo trabajo de los autores y el apoyo incondicional de personas a quienes he mencionado, y aportaron de manera significativa.

A mi madre y mi familia, por ser el pilar principal de mi vida, por el amor, motivación y soporte.

A mi asesor Ing. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz, por la orientación profesional en el desarrollo de nuestra tesis. Por la calidad de enseñanzas en la universidad y el apoyo metodológico para la realización de este informe.

Por último, a nuestra casa de estudios “Universidad Privada Antenor Orrego”, docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil y personal administrativo en general que nos acogieron durante aquel periodo de tiempo de formación profesional donde pudimos aprender mucho sobre esta bella y sublime carrera.

Br. Carlos Gabriel Lizarzaburu Silva.

A Dios, por su infinita bondad, por darme siempre las fuerzas para continuar en lo adverso, por guiarme y darme sabiduría en las situaciones más difíciles.

A mis padres y familia, por ser mi principal soporte y motivo para continuar en este largo trayecto llamado vida. Sin ustedes, sus consejos, amor y cariño incondicional este nuevo logro no hubiese sido posible.

A mi asesor, el ingeniero Guillermo Juan Cabanillas Quiroz, gracias por su tiempo, dedicación y enseñanzas para poder desarrollar esta tesis. Su apoyo ha sido fundamental.

A mi centro de estudios y docentes por contribuir en mi formación profesional, brindándome sólidos conocimientos y herramientas para seguir forjando mi futuro.

Br. Alexa Aymé Alcas Andrade

RESUMEN

La presente Tesis “Diseño y Modelamiento hidráulico de una bocatoma para mejorar el sistema de riego en el Centro Poblado – Buena Vista, Distrito de Chao, Virú 2021”, fue elaborada con el objetivo de brindar una solución técnica a la problemática presentada por la falta de caudal para riego de cultivos, debido a que no cuentan con una infraestructura adecuada para derivar el caudal necesario a las diferentes hectáreas en el centro poblado en mención.

Actualmente, la Junta de usuarios del Sector Hidráulico Menor Chao cuenta con 17 usuarios en el Sector San Roberto, 13 usuarios en el Sector Luna Alto y de la provincia de Virú y departamento de La Libertad. Usuarios que cultivan productos como palta y maíz amarillo principalmente.

Atendiendo a dicha realidad, la presente investigación se ha realizado en beneficio de la referida población tomando en cuenta la necesidad de una estructura hidráulica para obtener una parte del agua disponible en una corriente de agua (cauce del río), y darle un adecuado y eficiente uso.

Aunado a lo anterior, se describe el procedimiento con el cual se realizó el diseño hidráulico, partiendo de las precipitaciones máximas anuales, información que se encuentra en las estaciones pluviométricas, claro está en el área de estudio; delimitando cuenca según la orografía hasta el punto de salida donde se ubica la infraestructura, para determinar nuestro tiempo de concentración para saber el tiempo necesario en que el agua por escorrentía llega hasta el punto definido y por último obtener nuestro caudal para diseñar la bocatoma, aplicando método de Creager según el T (período de retorno) y así dimensionar la Infraestructura acorde a las condiciones técnicas obteniendo una alternativa de solución que cubra las necesidades de la población actual y futura.

Finalmente, luego de realizar el diseño hidráulico de la bocatoma, se procede a realizar la simulación hidráulica para determinar si cumple en el ancho del cauce con el caudal de máxima avenida según período de retorno, para posteriormente discutir los resultados obtenidos, y las acciones a tomar para beneficio de la población de la Junta de usuarios del Sector Hidráulico Menor Chao.

Palabras clave: Bocatoma, Diseño hidráulico, infraestructura.

ABSTRACT

The present thesis "Design and hydraulic modeling of an intake to improve the irrigation system in the Populated Center - Buena Vista, District of Chao, Virú 2021", was elaborated with the objective to provide a technical solution to the problems for the lack of flow for irrigation of crops, because they do not have correct infrastructure to derive the necessary flow to the different hectares in the zone.

Currently, the Board of Users of the Minor Chao Hydraulic Sector has 17 users in the San Roberto Sector, 13 users in the Luna Alto Sector and province of Viru, in the departament of La Libertad. Users cultivate mostly avocado, vegetables and yellow corn.

According to this reality, the present investigation, has been made for the benefit of the population, taking into account the need for a hydraulic structure to obtain part of the water available in a stream (river channel), and give it proper and efficient use.

In addition, we describe the procedure of the hydraulic design, based on the maximum annual rainfall, information found in the pluviometric stations, of course, in the study area; delimiting the basin according to the orography to the exit point where the infrastructure is located, to determine our concentration time to know the necessary time in which the runoff water reaches the defined point and finally obtain our flow to design the intake, applying Creager method such as T (return period) and so dimension the Infrastructure according to the technical conditions obtaining an alternative solution that covers the needs of the current population and future.

Finally, after of analyze the hydraulic design of the intake, proceeds with the hydraulic simulation to determine if it complies with the width of the channel with the maximum flood flow according to the return period, to lately discuss the results obtained, and the actions to be taken for the benefit of the population of the Board of Users of the Minor Chao Hydraulic Sector.

Keywords: intake, hydraulic design, infrastructure.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, con el objeto de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, cumplimos con poner a vuestra consideración la presente Tesis titulado:

“Diseño y modelamiento hidráulico de una bocatoma para mejorar el sistema de riego en el Centro Poblado - Buena Vista, Distrito de Chao, Virú 2021”

La presente Tesis, se ajusta a los requisitos establecidos por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, en la cual se hace un diseño y modelamiento hidráulico de una bocatoma.

Esperando que la presente Tesis cumpla con los objetivos propuestos lo someto a evaluación y posterior sustentación oral y pública.

Atentamente,

Br. Carlos Gabriel Lizarzaburu Silva.
Br. Alexa Aymé Alcas Andrade

MIEMBROS DEL JURADO

Ing. Narváez Aranda, Ricardo Andrés
PRESIDENTE
CIP: 58776

Ing. Rodríguez Ramos, Mamerto
SECRETARIO
CIP: 3689

Ing. Salazar Perales, Álvaro
VOCAL
CIP: 97281

Ing. Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan
ASESOR
CIP: 17902

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
PRESENTACIÓN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	1
1.1.1. Realidad problemática.....	1
1.1.2. Enunciado del problema	2
1.1.3. Formulación del problema	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Justificación	3
II. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes del estudio	5
2.1.1. Antecedentes internacionales	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	5
2.2. Marco teórico.....	6
2.3. Marco conceptual	19
2.4. Sistema de hipótesis.....	20
2.5. Variables. Operacionalización de variables.....	20
2.5.1. Variables independientes.....	20
2.5.2. Variables dependientes	20
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	22
3.1. Tipo y nivel de investigación	22
3.1.1. Tipo de Investigación	22
3.1.2. Nivel de investigación	22
3.2. Población y muestra de estudio	22
3.3. Diseño de investigación.....	22

3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación	22
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	23
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	24
4.1.	Análisis e interpretación de resultados	24
4.1.1.	Levantamiento topográfico.....	24
4.1.2.	Estudio de mecánica de suelos.....	25
4.1.3.	Hidrología.....	37
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	96
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES.....	98
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
	ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables.....	21
Tabla 2.	Perfil estratigráfico calicata C-1.....	28
Tabla 3.	Perfil estratigráfico calicata C-2.....	29
Tabla 4.	Contenido de humedad calicata Nro. 01	30
Tabla 5.	Contenido de humedad calicata Nro. 02	30
Tabla 6.	Ensayo granulométrico calicata Nro. 01 (Prof: 1.30m).....	31
Tabla 7.	Ensayo granulométrico calicata Nro. 01 (Prof: 3.00m).....	32
Tabla 8.	Ensayo granulométrico calicata Nro. 02 (Prof: 1.40m).....	33
Tabla 9.	Ensayo granulométrico calicata Nro. 02 (Prof: 3.00m).....	34
Tabla 10.	Gravedad específica calicata Nro. 01 (Prof. 1.30 m).....	35
Tabla 11.	Gravedad específica calicata Nro. 01 (Prof. 3.00 m).....	35
Tabla 12.	Gravedad específica calicata Nro. 02 (Prof. 1.40 m).....	36
Tabla 13.	Gravedad específica calicata Nro. 02 (Prof. 3.00 m).....	36
Tabla 14.	Parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica.....	38
Tabla 15.	Parámetros físicos - morfometría	39
Tabla 16.	Precipitación máxima en 24 hrs (mm).....	39
Tabla 17.	Prueba de datos dudosos	40
Tabla 18.	Valores de kn para prueba de datos dudosos	43
Tabla 19.	Datos para hydrognomon	44
Tabla 20.	Pruebas de bondad de ajuste con programa hydrognomon	45
Tabla 21. definido.6	Prueba de bondad Smirnov Kolmogorov.....	¡Error! Marcador no definido.6
Tabla 22.	Periodo de retorno para 100 años	46
Tabla 23.	Valores críticos para la prueba Kolmogorov - Smirnov.....	46
Tabla 24.	Caracterización del río principal.....	47
Tabla 25. definido.	Métodos hidrológicos utilizados en el HEC-HMS¡Error! Marcador no definido.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 26.	Cálculo del número de curva según grupo hidrológico y uso de	

	<i>suelos</i>	47
Tabla 27.	<i>Parámetros de separación de la lluvia total la lluvia neta o efectiva (Loss Method)</i>	47
Tabla 28.	<i>Parámetros para la transformación de la precipitación neta en esorrentía directa (Transform Method)</i>	48
Tabla 29.	<i>Precipitaciones máximas en 24 horas (mm), para tr 100 años</i>	48
Tabla 30.	<i>Time - Series Gage</i>	49
Tabla 31.	<i>Time - Window</i>	49
Tabla 32.	<i>Control Specifications</i>	50
Tabla 33.	<i>Descarga para Tr 100 años</i>	50
Tabla 34.	<i>Hidrograma de salida</i>	52
Tabla 35.	<i>Métodos hidrológicos utilizados en el HEC-HMS</i>	53
Tabla 36.	<i>Sistema de modelamiento hidrológico para HEC-HMS</i>	54
Tabla 37.	<i>Distribución de tormenta horaria del servicio de conservación de suelos</i>	55
Tabla 38.	<i>Conversión de número con punto a coma para pasar al HEC-HMS</i>	56
Tabla 39.	<i>Uso de la tierra según grupo hidrológico del suelo</i>	58
Tabla 40.	<i>Clasificación del suelo para el método S.C.S</i>	59
Tabla 41.	<i>Factor de orilla (Fs)</i>	60
Tabla 42.	<i>Fctor de fondo (Fb)</i>	60
Tabla 43.	<i>Coeficiente de contracción debido a los pilares (Kp)</i>	63
Tabla 44.	<i>Coeficiente de contracción debido a los estribos</i>	63
Tabla 45.	<i>Valores para perfil Creager</i>	75
Tabla 46.	<i>Coeficiente en función al tipo de material de arrastre</i>	81
Tabla 47.	<i>Coeficiente de filtración</i>	85
Tabla 48.	<i>Valores del coeficiente de contracción del cauce μ</i>	101
Tabla 49.	<i>Valores de X y Z para suelos cohesivos y no cohesivos</i>	102
Tabla 50.	<i>Tipo de resalto hidráulico</i>	103
Tabla 51.	<i>Valores del coeficiente β</i>	103

Tabla 52.	Tipo de cuenco amortiguador.....	103
Tabla 53.	Valores del coeficiente de descarga - P/H_o vs C_o.....	104
Tabla 54.	Valores para la longitud del resalto hidráulico $F1$ vs $L/Y2$	105
Tabla 55.	Valores para la definición del perfil de cresta (K)	106
Tabla 56.	Valores para la definición del perfil de cresta (n).....	106
Tabla 57.	Valores para la definición del perfil de cresta (X_c).....	107
Tabla 58.	Valores para la definición del perfil de cresta (Y_c).....	107
Tabla 59.	Valores para la definición del perfil de cresta ($R1$).....	108
Tabla 60.	Valores para la definición del perfil de cresta ($R2$).....	108
Tabla 61.	Valores para la definición del perfil de cresta ($K1$).....	109
Tabla 62.	Valores para la definición del perfil de cresta ($hd+d$)/H_o vs C_s/C_o.....	109
Tabla 63.	Valores para la definición del perfil de cresta H_e/H_o vs C/C_o....	110
Tabla 64.	Valores para la definición del perfil de cresta hd/H_e vs C_s/C_o...	110

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.	Ubicación de la bifurcación rustica.....	2
Figura 2.	Bifurcación en el río Chorobal.....	24
Figura 3.	Ubicación de la bocatoma proyectada.....	25
Figura 4.	Curva granulométrica - calicata Nro. 01 (Prof. 1.30 m).....	31
Figura 5.	Curva granulométrica - calicata Nro. 01 (Prof. 3.00 m).....	32
Figura 6.	Curva granulométrica - calicata Nro. 02 (Prof. 1.40 m).....	33
Figura 7.	Curva granulométrica - calicata Nro. 02 (Prof. 3.00 m).....	34
Figura 8.	Sectorización del área de estudio.....	37
Figura 9.	Delimitación de la cuenca.....	38
Figura 10.	Precipitación máxima 24 hrs..... ¡Error! Marcador no definido.0	0
Figura 11.	Test de datos dudosos de precipitación máx. 24 hrs.....	42
Figura 12.	Gráfico LogNormal - hydrognomon.....	45
Figura 13.	Modelo de la cuenca.....	48
Figura 14.	Tormenta máx en 24 hrs.....	49
Figura 15.	Gráfico del caudal máximo para un T=100 años.....	50
Figura 16.	Resultado de caudal máximo para T=100 años.....	51
Figura 17.	Hidrograma de salida.....	53
Figura 18.	Tipo de tormentas.....	1167
Figura 19.	Altura de Barraje vertedero.....	62
Figura 20.	Coeficiente de descarga sobre el vertedero.....	64
Figura 21.	Coeficiente de descarga de un vertedero estricto con pared vertical aguas arriba.....	66
Figura 22.	Coeficientes que define el perfil del vertedor estricto con el paramento inclinado.....	67
Figura 23.	Coeficientes de descarga para alturas distintas de la del proyecto.....	67
Figura 24.	Relación de los coeficientes de descarga debido al efecto del zampeado de aguas de abajo.....	68
Figura 25.	Relación de los coeficientes de descarga debido al efecto del	

	<i>nivel de aguas de abajo.....</i>	68
Figura 26.	<i>Coeficientes que define el perfil del vertedor estricto X_c/H_o vs h_a/H_0.....</i>	71
Figura 27.	<i>Coeficientes que define el perfil del vertedor estricto Y_c/H_o vs h_a/H_0.....</i>	71
Figura 28.	<i>Coeficientes que define el perfil del vertedor estricto R_1/H_o vs h_a/H_0.....</i>	72
Figura 29.	<i>Coeficientes que define el perfil del vertedor estricto R_2/H_o vs h_a/H_0.....</i>	72
Figura 30.	<i>División del cimacio en cuadrantes, criterio general del USBR... </i>	73
Figura 31.	<i>Origen y cima de la cresta.....</i>	73
Figura 32.	<i>Coeficientes que define el perfil del vertedor estricto K vs h_a/H_0.....</i>	74
Figura 33.	<i>Coeficientes que define el perfil del vertedor estricto n vs h_a/H_0.....</i>	74
Figura 34.	<i>Perfil Creager</i>	116
Figura 35.	<i>Diseño del Perfil vertedero creager.....</i>	76
Figura 36.	<i>Diseño del colchón disipador</i>	77
Figura 37.	<i>Monograma de L/y_2 Vs F_1.....</i>	79
Figura 38.	<i>Colchón Disipador.....</i>	80
Figura 39.	<i>Enrocado delantero</i>	83
Figura 40.	<i>Escollera al final del colchón disipador</i>	84
Figura 41.	<i>Profundidad de socavación</i>	87
Figura 42.	<i>Muro de contención.....</i>	88
Figura 43.	<i>Perfil resumen del barraje vertedero.....</i>	89
Figura 44.	<i>Elementos de una compuerta</i>	91
Figura 45.	<i>Canal de captación por H canales</i>	91
Figura 46.	<i>Tirante</i>	92
Figura 47.	<i>Velocidad.....</i>	93
Figura 48.	<i>WSE</i>	94
Figura 49.	<i>El tirante máx. por encima del barraje.....</i>	116

Figura 50.	Simulación en programa IBER 2D	116
Figura 51.	Coeficientes de descarga.....	104
Figura 52.	Relación adimensional para la longitud del resalto hidráulico ..	105
Figura 53.	Factores para la definición del perfil de cresta - valor de k y n..	107
Figura 54.	Factores para la definición del perfil de cresta- valor de Xc y Yc.....	108
Figura 55.	Factores para la definición del perfil de cresta- valores de R1 y R2.....	109
Figura 56.	Plano de delimitación de cuenca.....	111
Figura 57.	Plano de topografía en planta de bocatoma	112
Figura 58.	Plano de perfiles longitudinales	113
Figura 59.	Plano de planta - Cortes de bocatoma	114
Figura 60.	Modelado hec-ras	116
Figura 61.	Cauce del río	116
Figura 62.	Visita Técnica - Levantamiento Topográfico	116
Figura 63.	Visita Técnica Post Pandemia	116

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Realidad problemática

Desde que la agricultura se estableció como una de las acciones más importantes del hombre para establecerse como sedentario y de esta manera formar grupos poblacionales en los valles de casi todos los ríos del planeta, las técnicas para derivar parte del caudal de un río y emplearla en el riego de cultivos han ido mejorando con el paso de los siglos, cada nueva cultura ha ido reinventando formas y estrategias para llevar a cabo un riego eficiente, sin embargo desde la idea más rústica de derivación (bifurcación) hasta el día de hoy que se tienen semejantes estructuras de concreto armado, el objetivo principal ha sido establecer puntos de extracción de agua estratégicos y duraderos, aun habiendo crecidas del río en los meses húmedos y máximas avenidas extraordinarias, que usualmente suelen arrastrar tomas convencionales y rústicas.

Actualmente a dichas estructuras se les denomina bocatomas, y han sido objeto de investigación de la ingeniería durante cientos de años, ya que hasta la actualidad su diseño y construcción son el resultado de siglos de investigación en el tema partiendo de ecuaciones tan sencillas como la ecuación de continuidad $Q=VxA$, hasta las más complejas como la de conservación de energía.

Departamento peruano que se encuentra ubicado al norte del Perú, ocupa una larga porción de costa del Océano Pacífico, así como gran parte de este territorio abarca una sección de la Cordillera de los Andes.

Figura 1

Ubicación de la bifurcación rústica



Nota: Fuente. Google Earth

La toma pertenece a la junta de usuarios de Chao, la cual forma parte de la comisión de regantes del Valle de Chao, a cargo del Sr Tito Alza Solorzano (INFORME N°318-2021/HCL/OPEMADE-JUASHMCHAO), se encuentra ubicada al Sur este del centro poblado “Buena Vista” en las coordenadas: 759351.51 m E y 9059964.68 m S, donde se describe en la imagen una derivación, totalmente rústica a manera de bifurcación en la margen derecha del río Chorobal.

1.1.2. Enunciado del problema

La toma es una bifurcación rústica que consta simplemente de un tajo abierto con la ayuda de maquinaria y herramientas manuales por los mismos agricultores de la zona, la finalidad de esta es regar aproximadamente 121.50 hectáreas de cultivo (Fuente: JUASHMCHAO), sin embargo, la bifurcación carece de una infraestructura que le sustente y garantice un riego eficiente y controlado, de acuerdo a los agricultores de la zona, la capacidad de captación de la bifurcación es de 3.00 m³/s, y ha sido trazada desde el año 2015, incluso fue arrasada por el fenómeno del niño del 2017, por lo que a mediados de ese mismo año nuevamente fue reabierto con el apoyo de la maquinaria facilitada por algunas autoridades locales y complementado con fondos de la junta de usuarios, actualmente su condición no ha mejorado ya que sigue siendo una derivación tomada

directamente desde el cauce, los principales problemas identificados además de la evidente falta de infraestructura son la colmatación del canal principal de conducción, tanto de arena como de todo tipo de material en suspensión que arrastra el río desde los confines más alejados de la cuenca, en ocasiones, fragmentos de plástico envueltos con vegetación se han incrustado en la entrada dificultando el ingreso de caudal y de paso haciendo que se acumule material que comúnmente se arrastra a través del fondo del cauce.

1.1.3. Formulación del problema

¿En qué medida mejorará el sistema de riego en el centro poblado - buena vista con el diseño y modelamiento hidráulico de una bocatoma?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar y modelar una bocatoma para el mejoramiento del sistema de riego en el centro poblado - buena vista, distrito de Chao, Virú 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar los estudios de topografía en la cuenca del río Chorobal.
- Realiza el estudio de mecánica de suelos para determinar la granulometría y peso específico del suelo.
- Realizar un estudio hidrológico para determinar el caudal de máxima avenida de diseño y el periodo de retorno.
- Elaborar el diseño hidráulico de la bocatoma y sus componentes que complementan el funcionamiento.
- Procesar un modelo hidráulico con el programa IBER 2D para demostrar la eficiencia y adecuado funcionamiento de la bocatoma.

1.3. Justificación

Es imprescindible contar con infraestructura en un punto de captación de agua para riego, por varias razones de las cuales destacamos el control de ingreso de caudales, el filtro de sedimentos y obstrucciones que pueda ocasionar el transporte de sólidos en el cauce

del río, además de ello se promueve el buen estado de conservación y limpieza de los canales que forman parte del sistema de riego. En general la realización de este proyecto y su posterior ejecución permitirá mejorar enormemente el desempeño del actual sistema de riego en el centro poblado “Buena Vista”, que debido a su precaria condición no está cumpliendo con el adecuado abastecimiento de caudal necesario para los terrenos agrícolas. Como resultado esperamos obtener una estructura fuerte y resistente a máximas avenidas extraordinarias, además eficiente en cuanto al control de caudales de ingreso al sistema de canales, aportando cantidades mínimas de sedimentos en consecuencia a su estanque desarenador; de esta manera reduciremos los inconvenientes con los pobladores de la zona, ocasionados por la obstrucción y deficiencia de la actual bifurcación. Sin embargo, para llevar a cabo esto último no solamente requiere de cálculos sofisticados y recomendaciones empíricas, sino también de una adecuada prueba, previa a su diseño final la cual pondrá a prueba la ingeniería aplicada al diseño, para esta finalidad proponemos se evalúe la estructura mediante un software de dinámica de fluidos computacional.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

A. (Ponce B. , 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.”

B. (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.

2.1.2. Antecedentes nacionales

A. Paul Joe (2021).“En la presente investigación se ha desarrollado el modelamiento hidráulico bidimensional en flujo no permanente de una Bocatoma tipo tirolesa y un tramo de 01 km del Río Santa Rosa, ubicado en la Localidad de Sta. Rosa, Distrito de Aquia, Provincia de Bolognesi, Región Ancash – Perú. Utilizando información pluviométrica de la Estación de Chiquian, el cual está ubicada a 20 km del punto de interés, generando un hidrograma sintético por medio de un modelo hidrológico de máximas avenidas aplicando el método numérico de curva o Soil Conservation Service

(SCS, 1964) con el modelo HEC – HMS, con un periodo de retorno de 50 años y un caudal pico de 10.8 m³ /s. También se trabajó con una topografía detallada de la zona y la Bocatoma tipo tirolesa el cual se logró generar el modelo digital de terreno y el mapa de uso de suelos con sus coeficientes respectivos. se realizó el análisis de la modelación hidráulica bidimensional con el software IBER 2D V 2.4.3, considerando las condiciones de borde entrada (hidrograma) y salida, para un tiempo de retorno de 50 años, el cual fue resultado de la formula del cuadro de “Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil” para este tipo de estructuras; así como el mallado estructurado y no estructurado, asignación de elevación, y asignación de sumideros para simular la captación por la rejilla de la Bocatoma tipo tirolesa”

B. (Jauregui, 2019): (Diseño hidráulico de una bocatoma en el rio 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 rio Moyobamba fueron: la demanda hídrica de 0.5m³/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 875m³/s y un caudal mínimo de 2.5m³/s. Así mismo los criterios considerados para la elección del tipo de bocatoma fueron: la pendiente promedio del rio 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 1m³/s, se determinó que la bocatoma sea de tipo Tirolesa.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Bocatoma

Según Rocha (2003), una bocatoma es una estructura hidráulica que se construye sobre un río con la finalidad de captar un porcentaje del caudal de la corriente principal, o en algunos casos su totalidad.

Mansen (2010) también define la bocatoma como una estructura que tiene el objetivo de derivar una parte o el total del caudal de un río y así poder irrigar un área o también para poder generar energía mediante su uso en una central hidroeléctrica.

Teniendo en cuenta cuán importante es el aprovechamiento del agua para abastecer las necesidades básicas de una población es que se desarrollan distintos tipos de bocatoma según su finalidad. Es por eso que para aprovechar el agua según una finalidad específica es que existen obras de toma para abastecimiento público, para irrigación, para centrales hidroeléctricas, para industria y minería y para uso múltiple (Rocha, 2003). Esto convierte a las bocatomas en obras necesarias para el desarrollo y sustento de una población.

2.2.1.1. Tipos de bocatoma

Antes que nada, para tener en cuenta que tipo de bocatoma será la más recomendable, Mansen (2010) sugiere tener en cuenta la altura del vertedero, las condiciones de cimentación, el flujo del río, el remanso aguas arriba, la disponibilidad de los materiales de construcción y también el presupuesto designado para la ejecución de la obra.

a. Toma Directa

Mansen (2010) describe esta bocatoma como aquella que capta el agua de forma directa a través de un canal lateral, que usualmente es un brazo fijo del río. La mayor ventaja de este tipo de bocatoma es que no es necesario construir un barraje, que es la parte más costosa de una bocatoma. Pero por otro lado, tiene altas probabilidades de ser obstruida en épocas de crecidas y permite el ingreso de sedimentos hacia el canal de derivación.

b. Toma Mixta o Convencional

Para esta toma Mansen (2010) explica que se realiza la captación del agua cerrando un río con una presa de derivación, ésta podría ser fija o móvil según el tipo de material que se use, por ejemplo si se utiliza un elemento rígido como el concreto, la toma será fija, y en

caso se usen compuertas de acero o madera la toma será móvil. En estas bocatoma la captación del agua sucede a través de una ventana que podría funcionar como vertedero según el tirante en el río.

c. Toma Móvil

Esta toma es aquella que utiliza un barrage móvil para poder crear una carga hidráulica. Debido a la variación muy marcada de niveles en forma durante la época de estiaje es necesario que tengan un barrage bajo a su disposición y además unas compuertas para poder captar el caudal deseado y que le den cota al nivel de agua adecuado. La ventaja principal de este tipo de toma es que permite que los materiales de arraste pasen por encima de la cresta del barrage vertedero (Mansen, 2010).

d. Toma Tirolesa o Caucasiona

Mansen (s/f) define esta toma como aquellas que tienen su estructura de captación dentro de la sección del barrage vertedero, en un espacio dejado en él, utilizando una rejilla como protección que impide el ingreso de materiales gruesos. Mansen (s/f) menciona que esta toma no es recomendable para ser usada en ríos donde el arrastre de sedimentos es intenso ya que pueden ocasionar una rápida obstrucción de las rejillas.

2.2.1.2. Partes de una bocatoma

a. Barraje

Esta parte de la bocatoma es la estructura que interrumpe el cauce del río, el barrage hace que el cauce que está por debajo de la cota de su cresta ingrese a la ventana de captación. Durante las épocas en las que aumenta el caudal, el dique hace la función de vertedero (Rocha, 2006).

Tipos de Barraje

Según Rocha(2005), existen los siguientes tipos de barrajes:

- Barraje Fijo

Estructura sólida que tiene la función de levantar el tirante de agua,

con el objetivo de adquirir una parte del caudal del río en la captación.

- Barraje Móvil

Estructura compuesta por una compuerta o más, que sirve para retener el caudal y elevar el tirante, a su vez también separa los sólidos que se hallan aguas arriba y en la ventana de captación.

- Barraje Mixto

Constituido por una parte fija y otra móvil cuya función es mantener el nivel de agua que permita la derivación del caudal necesario y el control de sedimentos para evitar obstrucciones.

- b. Ventana de captación

La ventana de captación es la parte de la bocatoma que permite el ingreso del agua hacia el canal de conducción debido a la carga hidráulica que se origina por el barraje. La ventana de captación tiene una rejilla que impide el ingreso de piedras y otros materiales flotantes durante las crecidas del río (Rocha, 2006).

- c. Transición de entrada al canal

Esta parte Novak(2021) la describe como una estructura ancha al inicio y que se va haciendo mas estrecha, desde donde ingreso el agua al dissipador hasta que el flujo llegue al canal principal.

- d. Compuerta de purga

Está ubicada al costado de la rejilla de entrada. La compuerta de purga cumple con la función de eliminar el material sedimentado utilizando las compuertas y así mantener limpia el área cercana a la rejilla (Rocha 2006).

- e. Poza disipadora

Como su nombre lo dice, la poza disipadora tiene el objetivo de disipar la energía dinámica del agua para que cuando llegue al cauce natural tenga una velocidad baja y no produzca erosiones (Rocha, 2006).

- f. Vertedero

Según Arburú (2015) el vertedero también es llamado

aliviadero, y es una estructura que deja que el agua fluya de manera libre o controlada, formada por una cresta y un confinamiento lateral (usualmente con una forma trapezoidal, o en V o rectangular), que se usa para la medición del caudal.

Utilizando la ecuación de Bernoulli entre las secciones (1) y (2), despreciando las pérdidas de carga, se tiene:

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

Reemplazando, se tiene:

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

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:

$$Q = C_d Q_t$$

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

2.2.1.3. Consideraciones para el diseño de una bocatoma

Según la información brindada por Mansen (2006), se pueden tomar en cuenta ciertas condiciones para el diseño de una bocatoma que se mencionan a continuación:

- Sobre la ubicación:

Para poder ubicar una bocatoma, se debe tener en cuenta la dirección del flujo, ésta debe estar correctamente definida. Además, durante la época de estiaje se debe poder siempre captar el agua y tener cuidado con la entrada de sedimentos al canal de derivación, ésta debe mantenerse al mínimo. El costo monetario siempre será un factor importante para la construcción de una bocatoma, es por eso que se deben ubicar las partes más angostas del río, así se podrá construir una bocatoma que sea corta y económica.

- Sobre el ángulo de derivación:

Para poder determinar la curvatura de las líneas de corriente y la trayectoria de aquellas partículas que van hacia el canal de conducción.

- Sobre los estudios hidrológicos:

En este aspecto es necesario saber los datos de descargas de agua del río donde se realizará la bocatoma, es decir, la descarga máxima, el valor medio y mínimo, y también el periodo de retorno de éstos. También es necesario saber los caudales de máximas avenidas ya que estos permiten que se fijen los niveles máximos de agua para poder diseñar los muros de encauzamiento.

- Sobre las condiciones geológicas y geotécnicas:

Para poder diseñar con mayor seguridad la bocatoma es necesario que se conozcan las características geomorfológicas, geológicas y geotécnicas del área, para esto se debe tener conocimiento de los siguientes datos: curva de gradación del material

conformante del lecho del río, sección transversal de la geología de la zona, coeficiente de permeabilidad y la capacidad portante.

o Sobre las condiciones ecológicas:

Debido a la construcción de la bocatoma en un río, ya se afectan parcialmente los biotopos de la zona causando un impacto en el equilibrio ecológico, es por eso que las estructuras deben ser construidas de tal forma que alteren en lo mínimo dicho equilibrio ecológico.

Rocha (2003) resume las condiciones que se deben tener en cuenta para la construcción de una bocatoma, de la siguiente manera:

- a. Debe asegurarse la derivación del caudal de diseño y de los caudales menores.
- b. Se debe proveer un sistema para poder dejar pasar la avenida de diseño, ya que contiene gran cantidad de sólidos y material flotante. Esto sucede sobre todo en zonas que se ven afectadas por el Fenómeno del Niño.
- c. Se debe captar el mínimo de sólidos y así poder disponer de los medios apropiados para su evacuación.
- d. La ubicación debe favorecer desde lo estructural y constructivo.
- e. Aguas abajo debe conservarse suficiente capacidad de transporte y así evitar la sedimentación.
- f. La construcción de la bocatoma debe tener un costo razonable.

2.2.1.4. Diseño hidráulico de una bocatoma

a. Ancho de encauzamiento del río

Esta medida es la que une los dos márgenes del río preservando las mismas condiciones topográficas del cauce, con el fin de no ocasionar ninguna anomalía en el régimen. Para esto, se necesitan los siguientes datos: la pendiente promedio del cauce, el coeficiente de rugosidad del río y el talud de los diques de encauzamiento (Arburú, 2010).

b. Dimensión de ventanas de captación

El agua que pueda captar una bocatoma dependera de la ventana lateral de captación, es por eso que Arburú (2010) sugiere que para un funcionamiento hidráulico óptimo de la bocatoma el orificio debe trabajar sumergido y es recomendable que como mínimo tenga un ahogamiento de diez centímetros. Cumpliendo con estas condiciones, la fórmula:

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

Donde:

Q: Gasto de derivación en la toma (m³/seg)

C: Coeficiente de descarga (C=0.80) considerado para orificio ahogado en anteproyectos

A: Área del orificio (m²)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

h: Carga del orificio en m.

c. Diseño del barraje

Según Arburú(2010) se deben tener en cuenta los siguientes calculos para el óptimo diseño del barraje:

o Altura del barraje:

Esta medida asegura la derivación del caudal desde el cauce del río permitiendo así el paso de excedentes por encima de la cresta.

$$C_c = CFR + h_{sed} + a + 0.20$$

Donde:

Cc: cota de la cresta (m)

CFR: Rasante del cauce (m)

Hsed: Altura de sedimentos (m)

a: altura del orificio de captacion (m)

o Longitud del barraje fijo y movil:

Como se sabe, el barraje móvil esta constituido por las compuertas de limpia que cumplen la función de discurrir de las partículas que transporta el río, y también realiza maniobras cuando los máximos y mínimos caudales se presentan en el río. Se debe tener en cuenta que el área de la compuerta de limpia está en relación de 1/10 del área atajada por el aliviadero.

- Carga hidráulica sobre el barraje:

Este dato no es más que la altura del nivel del agua sobre la cresta del barraje.

$$H_o = \frac{q^2}{2g(P + H_o)^2}$$

Donde:

Ho: Carga de diseño (m)

q: Caudal unitario (m³/s/m)

he: Altura de agua antes del remanso de depresión (m)

hv: Carga de velocidad (m)

P: longitud de paramento (m)

g: gravedad (m/s²)

d. Diseño de la zona de limpia

Esta parte de la bocatoma es la estructura que cumple con la función de eliminar los sedimentos que pueden acumularse cuando ingresa el agua y permite mejorar la captación en épocas de estiaje, particularmente en aquellos ríos que tienen una gran variación de caudales. Es por eso que se deben tener en cuenta las siguientes medidas:

- Ancho de la compuerta de limpia

Se debe evitar las obstrucciones por el paso de los materiales de arrastre, para eso Gutiérrez (2014) recomienda que el ancho sea 1/10 de la longitud del barraje y que la velocidad del agua en el canal de limpia debe oscilar entre 1,5 y 3 m/s o igual a la velocidad de arrastre.

- Altura de la compuerta de limpia

Para el análisis de esta altura, Gutierrez (2014) sugiere que se tenga en cuenta el máximo caudal instantáneo que pasa por el barraje, la zona de las compuertas y las ventanas de captación deben mantenerse cerradas.

$$H_0 = \left(\frac{Q_{max} - Q_{CL}}{C * L_p} \right)^{2/3}$$

Donde:

Ho: Carga de diseño (m)

Qmax: Caudal máximo (m³/s)

Qcl: Caudal del canal limpio (m³/s)

C: Coeficiente de descarga (según tabla N° 3)

Lp= Longitud efectiva de la cresta (m)

- Pendiente del canal de limpia

Esta pendiente permite el arrastre de los materiales concentrados en el barraje de la bocatoma, se utiliza la siguiente fórmula para calcularlo:

$$S_c = \frac{n^2 \cdot g^{10/9}}{q^{2/9}}$$

Donde:

Sc: pendiente del canal de limpia

n: coeficiente de rugosidad de Manning

g: aceleración de la gravedad (m/s²)

q: descarga por unidad de ancho (m³/s/ml)

- Caudal del canal de limpia

Para determinar el nivel del agua en la cresta del aliviadero se deben revisar las condiciones intermedias necesarias para el funcionamiento de la compuerta para diferentes gastos de salida cuando funciona como orificio, el cual no debe ser menor de

0.10m a causa de las piedras que arrastra el río pudiendo dañar el labio inferior de la compuerta. Para el orificio se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

$$Q = C a b \sqrt{2 g h}$$

Donde:

h: carga del orificio (m)

C: coeficiente de descarga (0.75 aprox.)

a.b: dimensiones de la compuerta (m)

g: aceleración de la gravedad (m/s²)

Q: caudal (m²/s)

e. Forma de la cresta del barrage

o Condiciones de diseño

Para poder diseñar la cresta del barrage debe considerarse que los ejes se ubiquen en la parte superior de la cresta, la parte aguas arriba del origen se determina como una curva simple y una tangente o también puede ser una curva circular compuesta. La porción que está ubicada aguas abajo es determinada por la siguiente fórmula:

$$\frac{Y}{H_0} = -Kx \left(\frac{X}{H_0} \right)^n$$

Donde:

X, Y: (m)

K, n: constantes

H₀: Carga de diseño (m)

$$V = \frac{q}{(H_0 + P)}$$

Donde:

V: velocidad de llegada (m/s)

q: caudal unitario (m³/s/m)

P: longitud de paramento (m)

- Cálculo del punto de tangencia (Pt)

Este cálculo se realiza con la ecuación de Wess para el perfil Creaguer.

$$Y = -KH_o \left(\frac{x}{H_o} \right)^n$$

Donde:

X, Y: (m)

K, n: constantes

H0: Carga de diseño (m)

f. Longitud del colchón disipador

En caso el cauce del río presente un obstáculo, como una presa derivadora, sucede que sube el nivel del caudal y adquiere energía de altura. Cuando el agua alcanza mayores elevaciones, ésta rebasa la cresta vertedora, creando un desnivel importante entre la superficie del agua antes de la represa y el lecho del río, produciendo un incremento en la velocidad del caudal, esto podría ocasionar erosiones aguas debajo de la represa o en el cauce del río que continua.

Para realizar el cálculo se debe tener en cuenta el número de Froude:

$$L_p = L / d_2$$

Donde:

Lp: Longitud de poza (m)

d2: tirante conjugado (m)

L: Longitud del canal (m)

Según Lindquist

$$L_p = 5(d_2 - d_1)$$

Donde:

Lp: Longitud de poza (m)

d1 y d2: tirante conjugado (m)

Según Safranez

$$Lp = \frac{6d_1 * V_1}{\sqrt{g \cdot d_1}}$$

Donde:

Lp: Longitud de poza (m)

d1: tirante conjugado (m)

g: aceleración de la gravedad (m/s²)

V1: Velocidad (m/s)

g. Enrocado de protección o escollera

Está ubicada en la parte final de la poza disipadora y sirve para disminuir la erosión y paliar el arrastre de material fino por acción del agua.

$$Le = 0.642 * Cs * \sqrt{H * q} - Lp$$

Donde:

Le: Longitud de colchón disipador (m)

H: carga de agua para máximas avenidas (m)

q: Caudal unitario (m³ / s/m)

Cs: Coeficiente de acuerdo al tipo de suelo

Lp: Longitud de poza (m)

h. Pilares

En esta parte es donde se sitúan las compuertas del canal de limpia y se utiliza como apoyo de la losa de operación. Es recomendable que la punta sea de forma redondeada o triangular y así ofrecer menos resistencia a la corriente. La altura de los pilares debe permitir que los mecanismos de izaje no estén sumergidos.

i. Muros de encausamiento

Según Mansen (2006) estos muros se deben ubicar aguas arriba y aguas abajo del barraje, construyéndose en ambos márgenes a fin de encauzar el río y proteger los componentes de la bocatoma. Estas estructuras pueden estar hechas de concreto simple, concreto armado o enrocamiento, dependiendo de la disponibilidad de materiales que exista en la zona y según el diseño.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Bocatoma

Estructura de captación, diseñada para conducir una parte o el total del agua de un río, lago o canal, que sirve como medio de riego, abastecimiento de agua potable, generación de energía eléctrica entre otros.

2.3.2. Topografía

Es la ciencia que muestra de manera gráfica la superficie terrestre, la cual se realiza en una parte limitada del terreno, se usa las coordenadas X, Y, Z y un plano imaginario; se hacen 2 trabajos, uno en campo como la toma de medida y otro en laboratorio analizando los datos recolectados. Estos estudios se emplean mayormente para edificaciones u obras de ingeniería.

2.3.3. Fenómeno el niño

Suceso climático que presenta cambios en la temperatura de las aguas y del clima, ocasionando inundaciones y deslizamientos de tierra.

2.3.4. Caudal

Es la porción de agua que transita por una superficie en determinado tiempo, habitualmente lo identificamos como volumen o flujo volumétrico que pasa por un área en la unidad de tiempo.

2.3.5. Aliviadero

Son elementos importantes que se utilizan en sistemas de evacuación de agua, que permiten controlar el nivel en canales y así

permitir el pase libre o control del agua en los escurrimientos superficiales.

2.3.6. Desarenador

Obra hidráulica diseñada con el fin de detener la arena que viene de las aguas superficiales y servidas para impedir el ingreso al canal de aducción, central hidroeléctrica, asegurando que el agua transite libre de la presencia de partículas sólidas.

2.4. Sistema de hipótesis

Se mejorará el sistema de riego del centro poblado - buena vista con el diseño y modelamiento hidráulico de una bocatoma, de acuerdo a las fórmulas del USBR.

2.5. Variables. Operacionalización de variables

2.5.1. Variables independientes

X1= Diseño hidráulico de la bocatoma

X2= Modelamiento CDF 2D

2.5.2. Variables dependientes

Y= Sistema de riego

Tabla 1.

Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES		UND
X1= Diseño hidráulico de la bocatoma	Cálculo de las dimensiones de la estructura de captación empleando las fórmulas establecidas por la USBR.	Topografía del rio Chorobal	Pendiente		m
			cota		m
			longitud		m
			ancho		m
		Máxima avenida extraordinaria en el rio Chorobal	Caudal	Caudal de demanda	m ³ /s
		Dimensionamiento de la bocatoma	Dimensiones de la estructura	Ancho de ventana de captación	m
				Altura de la ventana	m
				Longitud del colchón	m
				Altura del Azud	m
			Características hidráulicas	Velocidad	m/s
				Tirante hidráulico	m
				Caudal específico	m ³ /s
Reg. flujo	froude				
X2= Modelamiento CDF 2D	Construcción de un modelo digital de la estructura hidráulica para corroborar su adecuado desempeño empleando un software.	Modelamiento de la bocatoma	Asignación de uso de suelos para la rugosidad de manning	manning	n
			Tamaño y tipo de la malla	numero de malla	m
			Ingreso y salida de caudal	caudal	m ³ /s
Y=Sistema de riego	Cálculo del caudal óptimo para el riego de cultivos	Abastecimiento de agua para los cultivos	Caudal	Caudal de demanda	m ³ /s

Nota: Esta tabla evidencia la operacionalización de las variables.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación: por su finalidad es aplicativa

- Aplicada: Debido a que emplea como base conocimiento de las ciencias de la ingeniería existentes para generar nuevos avances.

3.1.2. Nivel de investigación

- Correlacional: Esto se debe a que sus variables se encuentran intrínsecamente contenidas una de otras o dependen entre sí, esto los lleva a generar una relación de causa efecto, o de antecedente consecuente.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Beneficiarios del Río Chorobal.

3.2.2. Muestra

Tramo del río Chorobal.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. Diseño de contrastación

La contrastación corresponde a un análisis cuasi experimental, ya que representa la realidad mediante modelos digitales, en la cual el investigador puede modificar todos los parámetros sin alterarla físicamente.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Topografía: Mediante la cual se registrará el relieve del terreno correspondiente al cauce del río Chorobal y el valle donde se proyectará la estructura de captación.

Instrumentos:

- Drone de mapeo topográfico.
- Wincha larga 50m
- Libreta de apuntes
- GPS

Estudio de mecánica de suelos: A través de esta técnica de recolección de datos se tomará muestras del lecho del río con la finalidad de conocer sus características tanto físicas como mecánicas.

Instrumentos:

- Mallas para el tamizaje granulométrico
- Indumentaria del laboratorio de EMS.
- Palanas.
- Yeso.

Estudio de hidrología: Con esta técnica se pretende determinar los caudales que aporta la cuenca en diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta las pérdidas por abstracción.

Instrumentos:

- Mapas satelitales y/o cartas nacionales del IGN.
- Datos pluviométricos, hidrométricos.
- Data meteorológica SENAMHI.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

- Tratamiento de la orografía: Para esta etapa de la investigación emplearemos herramientas Global Mapper, y software de dibujo asistido por computadora tales como el Autocad CIVIL3D, la información que se procesará es el relieve del terreno en formato *.LAS

- Procesamiento de la data hidrológica: En el caso sea necesario se realizará un estudio de cuencas, si se cuenta con información hidrométrica se realizará un estudio estadístico de la data hidrológica teniendo en cuenta lo indicado por el manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, los softwares contemplados son HEC HMS e HYDROGNOMON

- Procesamiento de los modelos hidráulicos: En esta etapa de la investigación se crearán modelos interactivos en 2D para representar el paso del caudal a través de ellos y de esta manera evaluar el correcto funcionamiento de las estructuras proyectadas, para este fin se empleará IBER 2D V 2.4.3.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Levantamiento topográfico

Mediante el empleo de un dron con la capacidad de realizar mapeos topográficos, hemos planteado una exploración en la zona de estudio, considerando levantar 1 km en total, contando 500 m. aguas arriba del lugar donde se colocará la bocatoma y 500 m. aguas abajo.

Podemos observar una fotografía en planta del lugar donde proyectaremos nuestra bocatoma, el cual es una bifurcación realizada de manera rústica por los pobladores o la junta de usuarios de riego con la coordinación de sus autoridades, todo esto es según fuentes locales, si bien es cierto la sección de río bifurcada es momentáneamente funcional, esto no es suficiente por varias razones, entre ellas resalta el hecho de que al no haber una estructura no se puede controlar el volumen de ingreso de caudal, sedimentos, basura, y al no existir una compuerta es difícil bloquear la entrada para trabajos de mantenimiento.

Figura 2

Bifurcación en el río Chorobal.



Nota: bifurcación rústica en el río chorobal.

Se puede apreciar en el Ortofoto, la cual se genera a partir de fotografías aéreas que han sido rectificadas para adaptarse a la forma del terreno, el lugar donde se proyectará la bocatoma, la misma que se encuentra en el Río Chorobal.

Figura 3

Ubicación de la bocatoma proyectada.



Nota: Ortofoto tomada a través de Dron, tramo donde se proyectó la bocatoma.

4.1.2. Estudio de mecánica de suelos

Se realizó un E.M.S para así determinar las características físicas y mecánicas del suelo de fundación donde se establecerá nuestra bocatoma, además la granulometría de este perfil de suelo nos permitirá más adelante dimensionar y evaluar el desempeño del desarenador que se proyectará a futuro.

Calicatas

Para la presente tesis se realizó 02 calicatas a tajo abierto de una profundidad de 3.00 m, denominándolos en la muestra como C-1 y C-2 (Aguas arriba y aguas abajo respectivamente), las cuales se ubicaron

estratégicamente con la finalidad de conocer el perfil estratigráfico.

Muestreo

De cada uno de los horizontes representativos de suelos se extrajeron muestras alteradas que debidamente identificadas se remitieron al laboratorio para los ensayos correspondientes para la Identificación y Clasificación de suelos. Asimismo, se realizó el ensayo de Densidad Natural en la calicata C-1, a una profundidad de 3.00 m. debajo del nivel del terreno natural.

4.1.2.1. Ensayos de laboratorio

Ensayos estándar

Con las muestras de suelos tomadas en el campo se han efectuado los siguientes ensayos, con fines de identificación y clasificación de suelos:

- Análisis Granulométricos por Tamizado (Norma ASTM D422)
- Límite Líquido (Norma ASTM D423)
- Límite Plástico (Norma ASTM D424)
- Contenido de Humedad (ASTM-D2216)
- Peso Específico Relativo de Sólidos (ASTM D854)

Perfil Estratigráfico

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, se ha establecido un Perfil Estratigráfico: Según las calicatas previamente ubicadas C-1 y C-2.

Conformación del subsuelo

Calicatas C-1

0.00 - 0.30 m. Superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico en estado suelto.

0.30 - 1.30 m. Luego da paso a una secuencia de Arenas Pobrementemente Graduadas con ciertos limos (SP), de color amarillo oscuro, ligeramente plástico, de poca humedad, de estado de compacidad suelta a media ($D_r = 55.59\%$, y $N=7$ a $N=18$), con la presencia de gravas conforme nos vamos profundizando. No se

presenta el Nivel de Aguas Freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.

1.30 - 3.00 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por Arena Pobrementemente Graduada con Limos (SP-SM), de color amarillo oscuro, de compacidad relativa media ($Dr= 51.78$ %, y $N=19$ a $N=37$), de poca plasticidad en estado ligeramente húmedo, con presencia de gravillas. No se presenta el Nivel Freático (NAF) a la profundidad de exploración indicada.

Calicatas C-2

0.00 - 0.30 m. Superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico en estado suelto.

0.30 - 1.40 m. Luego da paso a una secuencia de Arenas Pobrementemente Gradudas con ciertos limos (SP), de color amarillo oscuro, ligeramente plástico, de poca humedad, de estado de compacidad suelta a media ($Dr= 55.59$ %, y $N=7$ a $N=18$), con la presencia de gravas conforme nos vamos profundizando. No se presenta el Nivel de Aguas Freáticas (NAF) hasta la profundidad explorada.

1.40 - 3.00 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por Arena Pobrementemente Graduada con Limos (SP-SM), de color amarillo oscuro, de compacidad relativa media ($Dr= 51.78$ %, y $N=19$ a $N=37$), de poca plasticidad en estado ligeramente húmedo, con presencia de gravillas. No se presenta el Nivel Freático (NAF) a la profundidad de exploración indicada.

Perfil Estratigráfico del Estudio de Suelos

Tabla 2.

Perfil Estratigráfico Calicata C-1

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)	SIMBOLO
0.30	A CIELO ABIERTO	M-1	Capa de Suelo Orgánico en estado suelto.	Relleno	
1.30		M-2	Material de Arenas Pobrementemente Graduadas, de color amarillo oscuro, de poca humedad, de compactación suelta a media.	SP	△ △
3.00		M-3	Material de Arenas Pobrementemente Graduadas con limos, de color amarillo oscuro, de compactación relativa media, de poca plasticidad. No se nota presencia del NAF.	SP-SM	△ △

Nota: La presente tabla muestra las características del suelo en la calicata C-1 a diferentes profundidades.

Tabla 3.

Perfil Estratigráfico Calicata C-2

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)	SIMBOLO
0.30	A CIELO ABIERTO	M-1	Capa de Suelo Orgánico en estado suelto.	Relleno	
1.40		M-2	Material de Arenas Pobrementemente Graduadas, de color amarillo oscuro, de poca humedad, de compactidad suelta a media.	SP	△ △
3.00		M-3	Material de Arenas Pobrementemente Graduadas con Limos, de color amarillo oscuro, de compactidad relativa media, de poca plasticidad. No se nota presencia del NAF.	SP-SM	△ △

Nota: Esta tabla muestra las características del suelo en la calicata C-2 a diferentes profundidades.

Contenido de Humedad

Tabla 4.

Contenido de humedad Calicata Nro. 01

Calicata N° :	1	
Profundidad :	1.30 m.	
Lata N° :	1	2
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	45.33	36.00
Peso de la muestra seca + lata (gr)	41.52	33.43
Peso del agua (gr)	3.81	2.57
Peso de la lata (gr)	13.00	13.00
Peso de la muestra seca (gr)	28.52	20.43
Contenido de humedad (%)	13.36	12.58
Contenido de humedad Promedio (%)	12.97	

Calicata N° :	1	
Profundidad :	3.00 m.	
Lata N° :	3	4
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	30.75	46.00
Peso de la muestra seca + lata (gr)	28.43	41.22
Peso del agua (gr)	2.32	4.78
Peso de la lata (gr)	13.00	13.00
Peso de la muestra seca (gr)	15.43	28.22
Contenido de humedad (%)	15.04	16.94
Contenido de humedad Promedio (%)	15.99	

Nota: La presente indica el contenido de humedad a diferente profundidad de la muestra obtenida de la calicata Nro. 1.

Tabla 5.

Contenido de humedad Calicata Nro. 02

Calicata N° :	2	
Profundidad :	1.40 m.	
Lata N° :	5	6
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	29.46	40.05
Peso de la muestra seca + lata (gr)	27.44	37.00
Peso del agua (gr)	2.02	3.05
Peso de la lata (gr)	13.00	13.00
Peso de la muestra seca (gr)	14.44	24.00
Contenido de humedad (%)	13.99	12.71
Contenido de humedad Promedio (%)	13.35	

Calicata N° :	2	
Profundidad :	3.00 m.	
Lata N° :	7	8
Peso de la muestra húmeda + lata (gr)	55.00	50.14
Peso de la muestra seca + lata (gr)	49.00	45.00
Peso del agua (gr)	6.00	5.14
Peso de la lata (gr)	13.00	13.00
Peso de la muestra seca (gr)	36.00	32.00
Contenido de humedad (%)	16.67	16.06
Contenido de humedad Promedio (%)	16.36	

Nota: La presente indica el contenido de humedad a diferente profundidad de la muestra obtenida de la calicata Nro. 2.

Ensayo Granulométrico

Tabla 6.

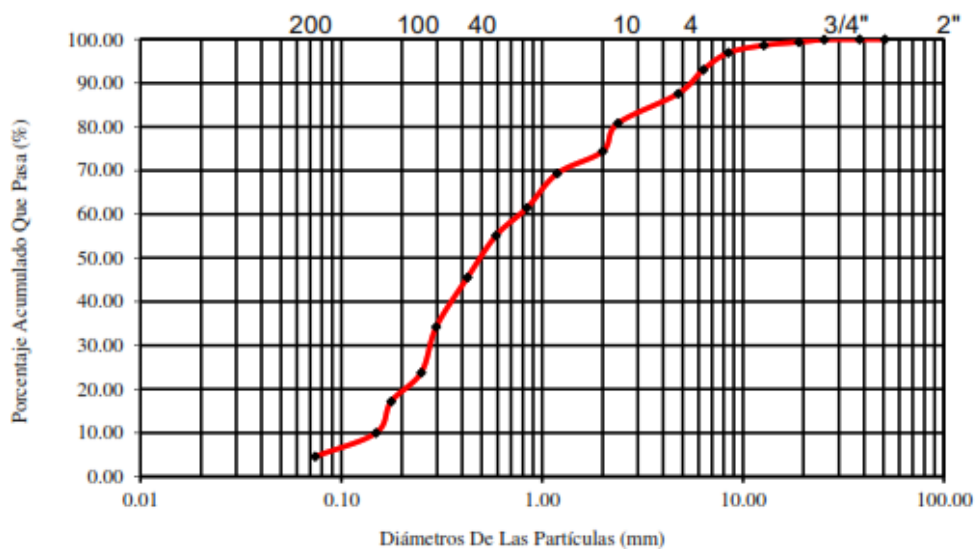
Ensayo granulométrico calicata Nro. 01 (prof. 1.30 m)

TAMIZ Nº	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	%PESO RETENID ACUMULADO	%QUE PASA	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	2.12	0.08	0.08	99.92	
3/4"	19.00	14.55	0.55	0.63	99.37	
1/2"	12.70	20.00	0.75	1.38	98.62	
3/8"	8.46	45.33	1.71	3.09	96.91	
1/4"	6.35	102.00	3.84	6.93	93.07	
Nº 4	4.76	145.77	5.49	12.41	87.59	
Nº 8	2.38	181.00	6.81	19.22	80.78	
Nº 10	2.00	170.00	6.40	25.62	74.38	
Nº 16	1.19	134.00	5.04	30.67	69.33	
Nº 20	0.84	210.00	7.90	38.57	61.43	
Nº 30	0.59	167.00	6.29	44.85	55.15	
Nº 40	0.425	255.00	9.60	54.45	45.55	
Nº 50	0.297	300.00	11.29	65.74	34.26	
Nº 60	0.250	278.00	10.46	76.21	23.79	
Nº 80	0.177	176.00	6.62	82.83	17.17	
Nº 100	0.149	190.22	7.16	89.99	10.01	
Nº 200	0.074	145.00	5.46	95.45	4.55	
Recipiente	-	121.00	4.55	100.00	0.00	
Sumatoria		2656.99	100.00			
D10 = 0.14		D30 = 0.28	D60 = 0.80	Cu > 6	1 < Cc < 3	LL: NP LP: NP IP: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena Pobremente Graduada)						

Nota: Se muestra el % retenido y e % que pasa en cada tamiz, según la muestra obtenida de la calicata Nro. 01 a una prof. 1.30m.

Figura 4

Curva granulométrica – calicata nro 01 (Prof. 1.30 m)



Nota: Muestra en la figura diámetros de las partículas (mm) VS porcentaje acumulado que pasa (%) de la calicata Nro.1 a una profundidad 1.30 m.

Tabla 7.

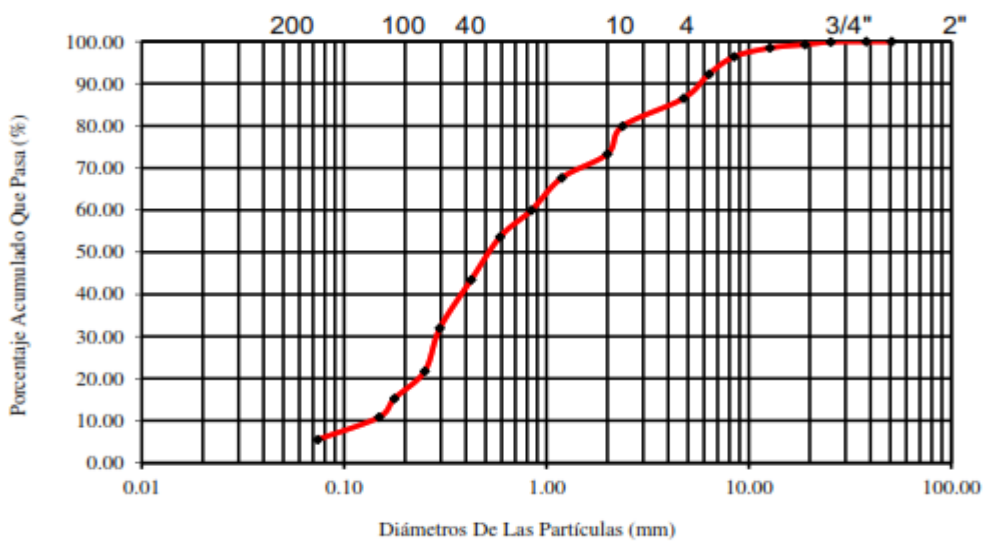
Ensayo granulométrico calicata Nro. 01 (prof. 3.00 m)

TAMIZ N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	PESO RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	2.12	0.08	0.08	99.92	
3/4"	19.00	17.00	0.63	0.70	99.30	
1/2"	12.70	22.13	0.81	1.52	98.48	
3/8"	8.46	56.78	2.09	3.60	96.40	
1/4"	6.35	112.00	4.12	7.72	92.28	
N° 4	4.76	156.80	5.76	13.49	86.51	
N° 8	2.38	178.90	6.58	20.06	79.94	
N° 10	2.00	180.00	6.62	26.68	73.32	
N° 16	1.19	154.00	5.66	32.34	67.66	
N° 20	0.84	210.00	7.72	40.06	59.94	
N° 30	0.59	171.23	6.30	46.36	53.64	
N° 40	0.425	276.00	10.15	56.51	43.49	
N° 50	0.297	314.00	11.54	68.05	31.95	
N° 60	0.250	278.00	10.22	78.27	21.73	
N° 80	0.177	176.00	6.47	84.74	15.26	
N° 100	0.149	120.00	4.41	89.15	10.85	
N° 200	0.074	145.00	5.33	94.49	5.51	
Recipiente	-	150.00	5.51	100.00	0.00	
Sumatoria		2719.96	100.00			
D10 = 0.31		D30 = 2.00	D60 = 6.12	Cu > 6	1 < Cc < 3	LL: 18.00
Clasificación SUSC : SP-SM (Arena Mal Graduada con Limos)						LP: 15.00
						IP: 3.00

Nota: Se muestra el % retenido y e % que pasa en cada tamiz, según la muestra obtenida de la calicata Nro.01 a una prof. 3.00m.

Figura 5

Curva granulométrica – calicata Nro.01 (Prof. 3.00 m)



Nota: La figura muestra los diámetros de las partículas (mm) VS porcentaje acumulado que pasa (%) de la calicata Nro.01 a una profundidad 3.00 m.

Tabla 8.

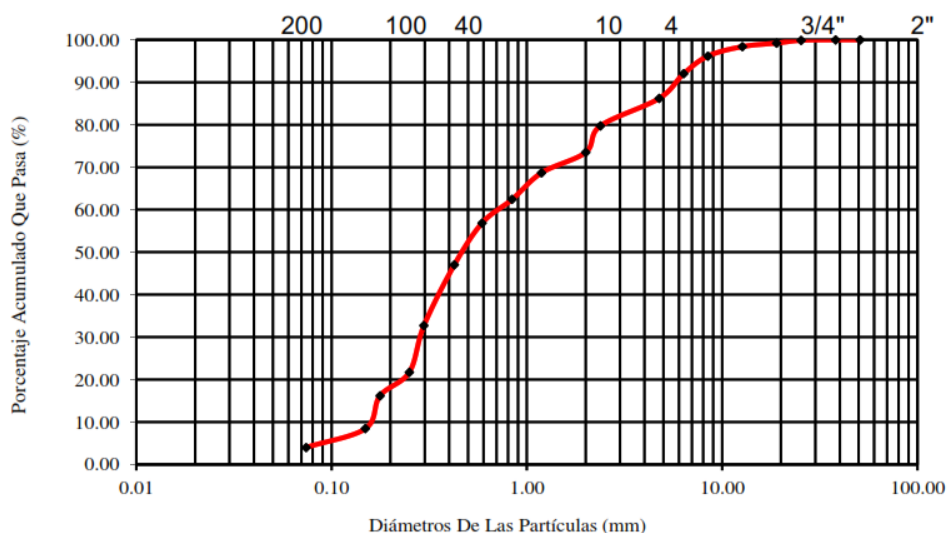
Ensayo granulométrico calicata Nro. 02 (prof. 1.40 m)

TAMIZ N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA	
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	3.23	0.11	0.11	99.89	
3/4"	19.00	20.00	0.66	0.77	99.23	
1/2"	12.70	25.00	0.83	1.59	98.41	
3/8"	8.46	67.22	2.22	3.82	96.18	
1/4"	6.35	126.00	4.16	7.98	92.02	
N° 4	4.76	175.88	5.81	13.79	86.21	
N° 8	2.38	195.47	6.46	20.25	79.75	
N° 10	2.00	189.00	6.25	26.50	73.50	
N° 16	1.19	145.11	4.80	31.30	68.70	
N° 20	0.84	190.00	6.28	37.58	62.42	
N° 30	0.59	167.80	5.55	43.12	56.88	
N° 40	0.425	298.55	9.87	52.99	47.01	
N° 50	0.297	433.00	14.31	67.30	32.70	
N° 60	0.250	332.10	10.98	78.28	21.72	
N° 80	0.177	167.00	5.52	83.80	16.20	
N° 100	0.149	234.55	7.75	91.55	8.45	
N° 200	0.074	134.00	4.43	95.98	4.02	
Recipiente	-	121.55	4.02	100.00	0.00	
Sumatoria		3025.46	100.00			
D10 = 0.17		D30 = 0.30	D60 = 0.60	Cu > 6	1 < Cc < 3	LL: NP
Clasificación SUSC : SP (Arena Pobremente Graduada)						LP: NP
						IP: NP

Nota: La tabla muestra el % retenido y el % que pasa en cada tamiz, según la muestra obtenida de la calicata Nro. 02 a una prof. 1.40m.

Figura 6

Curva granulométrica – calicata Nro.02 (Prof. 1.40 m)



Nota: Se muestra los diámetros de las partículas (mm) VS porcentaje acumulado que pasa (%) de la calicata Nro.02 a una profundidad 1.40 m.

Tabla 9.

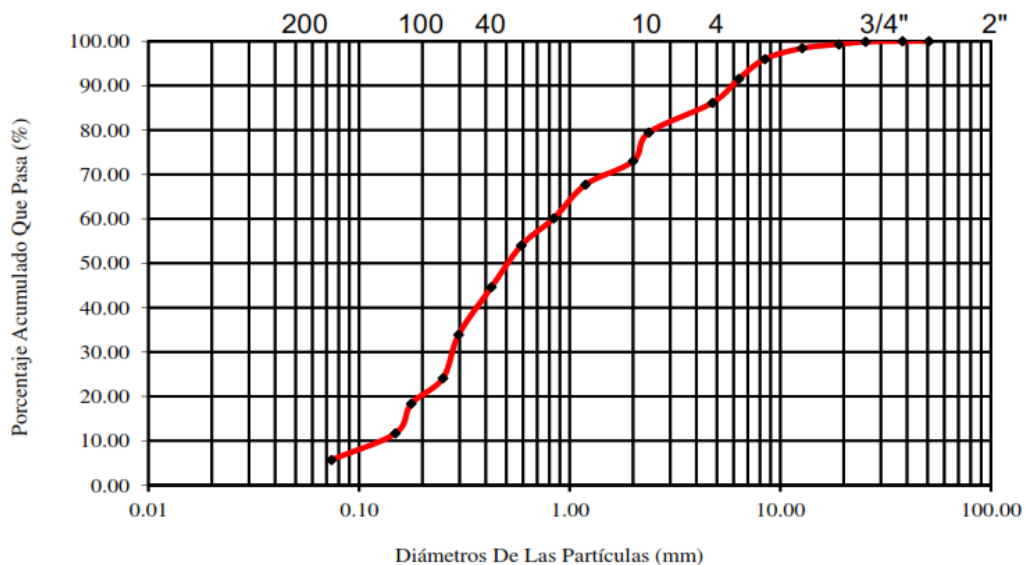
Ensayo granulométrico calicata Nro.02 (Prof. 3.00 m)

TAMIZ N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO	%PESO RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	3.22	0.12	0.12	99.88
3/4"	19.00	15.45	0.57	0.69	99.31
1/2"	12.70	24.00	0.89	1.58	98.42
3/8"	8.46	65.33	2.41	3.99	96.01
1/4"	6.35	121.00	4.47	8.46	91.54
N° 4	4.76	145.78	5.39	13.85	86.15
N° 8	2.38	181.00	6.69	20.54	79.46
N° 10	2.00	175.16	6.47	27.02	72.98
N° 16	1.19	143.00	5.29	32.30	67.70
N° 20	0.84	205.00	7.58	39.88	60.12
N° 30	0.59	165.13	6.10	45.98	54.02
N° 40	0.425	255.00	9.43	55.41	44.59
N° 50	0.297	290.11	10.72	66.13	33.87
N° 60	0.250	265.00	9.79	75.92	24.08
N° 80	0.177	154.78	5.72	81.65	18.35
N° 100	0.149	180.00	6.65	88.30	11.70
N° 200	0.074	162.32	6.00	94.30	5.70
Recipiente	-	154.28	5.70	100.00	0.00
Sumatoria		2705.56	100.00		
D10 = 0.31 D30= 2.00 D60= 6.12 Cu > 6 1 < Cc < 3					LL: 20.50
Clasificación SUSC : SP-SM (Arena Mal Graduada con Limos)					LP: 16.00
					IP: 4.50

Nota: La tabla muestra el % retenido y el % que pasa en cada tamiz, según la muestra obtenida de la calicata Nro.02 a una prof. 3.00 m.

Figura 7

Curva granulométrica – calicata Nro.02 (Prof. 3.00 m)



Nota: Se muestra en la figura los diámetros de las partículas (mm) VS porcentaje acumulado que pasa (%) de la calicata Nro.02 a una profundidad 3.00 m.

Gravedad Específica

Tabla 10.

Gravedad específica calicata Nro. 01 (Prof. 1.30 m)

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153.70
2.-Peso de la fiola + 500 cm ³ de agua.	grs.	648.00
3.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua.	grs.	291.00
4.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua + Muestra Seca.	grs.	494.66
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	203.66
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm ³ de agua.	grs.	776.00
7.-Peso Sumergido	grs.	128.00
8.-Volumen.	cm ³	75.66
9.-Peso especif. Partícul. Finas	gr/cm ³ .	2.69
10.-Peso especif. del agua	gr/cm ³ .	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.69

Nota: la tabla muestra el peso del material de la calicata Nro. 1 a una prof. de 1.30 m, en relación con el agua según la descripción de cada ítem.

Tabla 11.

Gravedad específica calicata Nro. 01 (Prof. 3.00 m)

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153.70
2.-Peso de la fiola + 500 cm ³ de agua.	grs.	648.11
3.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua.	grs.	291.00
4.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua + Muestra Seca.	grs.	494.85
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	203.85
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm ³ de agua.	grs.	776.10
7.-Peso Sumergido	grs.	127.99
8.-Volumen.	cm ³	75.86
9.-Gravedad Específica.	gr/cm ³ .	2.69
10.-Peso especif. del agua	gr/cm ³ .	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.69

Nota: La tabla muestra el peso del material de la calicata Nro.01 a una prof. de 3.00 m en relación con el agua, según la descripción de cada ítem.

Tabla 12.*Gravedad específica calicata Nro.02 (Prof. 1.40 m)*

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153.70
2.-Peso de la fiola + 500 cm ³ de agua.	grs.	648.00
3.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua.	grs.	290.68
4.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua + Muestra Seca.	grs.	494.72
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204.04
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm ³ de agua.	grs.	776.00
7.-Peso Sumergido	grs.	128.00
8.-Volumen.	cm ³	76.04
9.-Peso especif. Particul. Finas	gr/cm ³ .	2.68
10.-Peso especif. del agua	gr/cm ³ .	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.68

Nota: Se muestra el peso del material de la calicata Nro. 02 a una prof. de 1.40 m en relación con el agua, según la descripción de cada item.

Tabla 13.*Gravedad específica calicata Nro. 02 (Prof. 3.00 m)*

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.-Peso de la fiola	grs.	153.70
2.-Peso de la fiola + 500 cm ³ de agua.	grs.	648.11
3.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua.	grs.	290.72
4.-Peso de la fiola + 50cm ³ de agua + Muestra Seca.	grs.	494.77
5.-Peso de la Muestra Seca .	grs.	204.05
6.-Peso de la fiola + Muestra + 500 cm ³ de agua.	grs.	776.10
7.-Peso Sumergido	grs.	127.99
8.-Volumen.	cm ³	76.06
9.-Gravedad Específica.	gr/cm ³ .	2.68
10.-Peso especif. del agua	gr/cm ³ .	1.00
11.-Gravedad específica sólidos		2.68

Nota: La tabla muestra el peso del material de la calicata Nro.02 a una prof. de 3.00 m en relación con el agua, según la descripción de cada item.

4.1.3. Hidrología

4.1.3.1. Delimitación de la cuenca

Para poder iniciar con el diseño de la bocatoma, se necesita saber la capacidad del caudal máximo que se va diseñar, para ello, se debe tomar en cuenta las precipitaciones en esa zona que provienen de aguas arriba, lugares que su orografía es muy elevada, y que producto de la lluvia escurre dirigiéndose aguas abajo y depositándose en el río.

Es por ello, que debe conocerse las dimensiones de la cuenca puesto que, con ella, se calcula el Caudal que se acumula en el río, producto de un período lluvioso.

Figura 8

Sectorización del área de estudio



Nota: Fuente. Google Earth.

Para obtener información de las precipitaciones se tiene que tomar las estaciones meteorológicas más cercanas, que se pueden encontrar en la plataforma de SENAMHI.

4.1.3.2. Parámetros de una cuenca

Tabla 14

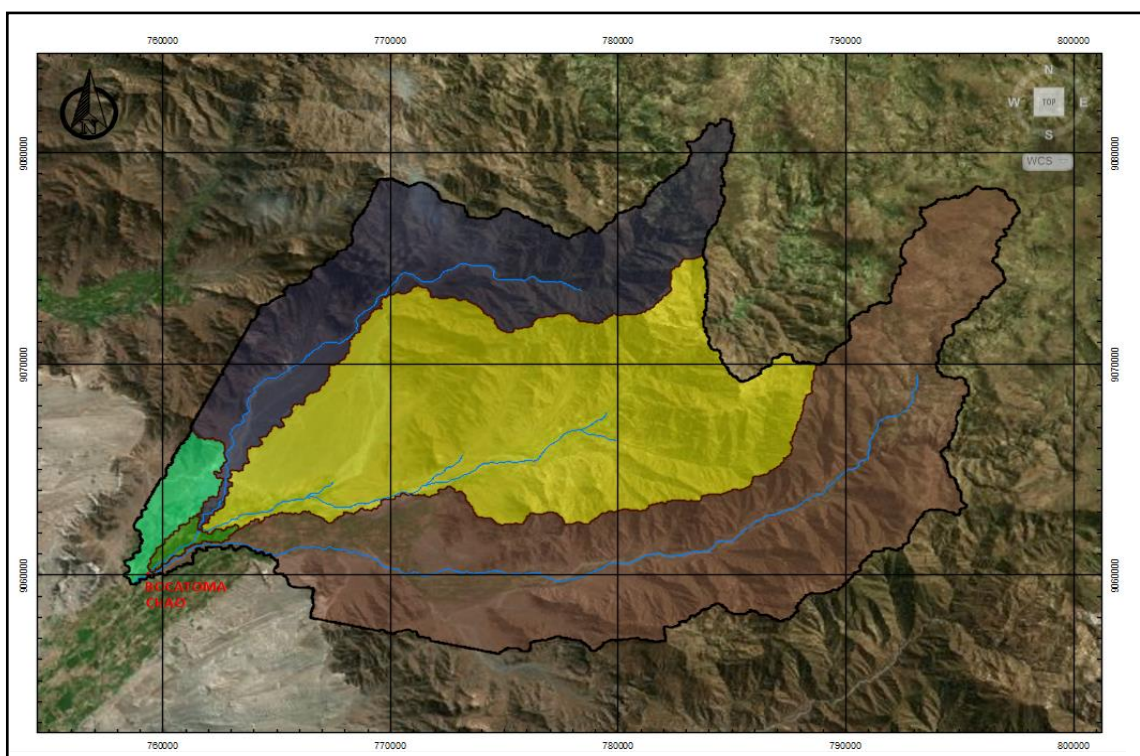
Parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica.

CUENCA HIDROGRAFICA - PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS			
Tipo de Parámetro	Parámetro	Símbolo	Magnitud
Parámetros básicos	Área	A	568.17 km ²
	Tamaño		Intermedia - grande
	Perímetro	P	191.06 km
Parámetros de forma	Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius	K _C	2.26
	Rectángulo equivalente longitud mayor	L	89.16 km
	Rectángulo equivalente longitud menor	l	6.37 km
	Factor de forma	K _s	0.35 km
	Ancho medio	W	6.37
Parámetros de red hidrográfica	Altitud Máxima del cauce principal		3110.00 msnm
	Altitud Mínima del cauce principal		136.00 msnm
	Longitud del cauce principal	L _{CP}	40.49 km
	Pendiente del cauce principal	S _{CP}	13.62%
	Tiempo de concentración (Kirpich)	t _c	3.13 hr

Nota: La presente tabla describe las características geomorfológicas, obtenidas de la delimitación de cuenca en el programa global mapper.

Figura 9

Delimitación de la Cuenca



Nota: Esta figura evidencia el uso del software global mapper, colocando el punto de salida y trazando un área, este automáticamente generó la delimitación de la cuenca.

Tabla 15*Parámetros físicos - morfometría*

Descripción	Tamaño de la Cuenca (km ²)		Orden
Muy pequeña	0	25	1° Orden
Pequeña	25	250	2° Orden
Intermedia pequeña	250	500	3° Orden
Intermedia - grande	500	2500	4° Orden
grande	2500	5000	5° Orden
Muy grande	5000	10000000000	6° Orden

Nota: La presente tabla describe el tamaño y orden de la cuenca.

4.1.3.3. Registro de 24 horas**Tabla 16***Precipitación máxima en 24 hrs (mm)***PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS (mm)**

ESTACION TRUJILLO

DPTO.: LA LIBERTAD

LATITUD : 8° 6' S

CUENCA : VIRU - MOCHE

PROV.: TRUJILLO

LONGITUD : 78° 59' W

FUENTE : SENAMHI

DIST. : LAREDO

ELEVACIÓN : 44 m.s.n.m

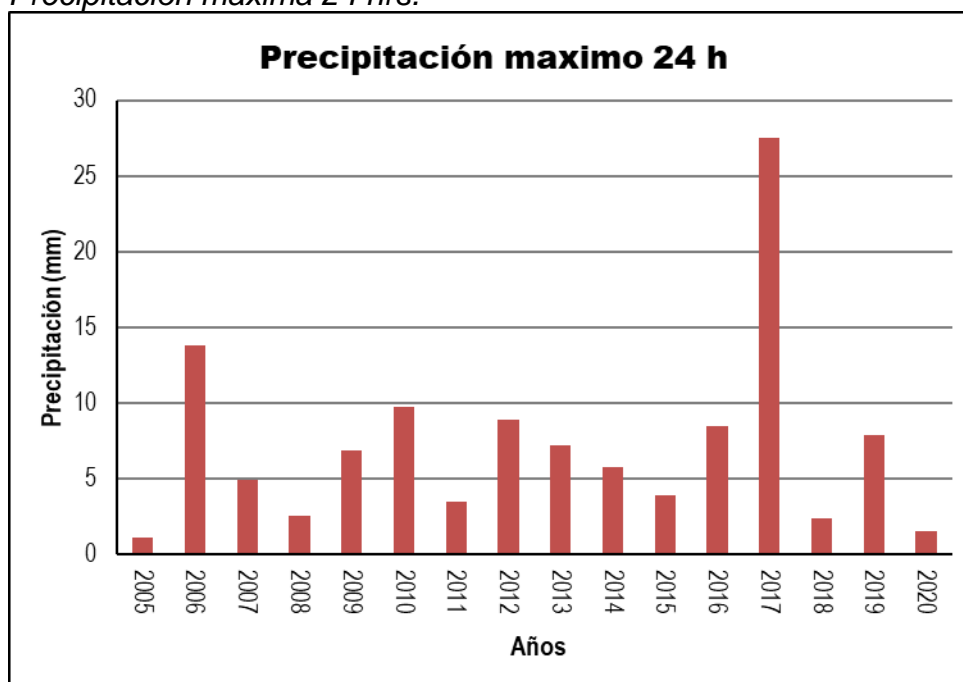
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2005	0.20	0.50	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	1.10
2006	1.00	13.80	2.00	0.50	0.00	S/D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.70	13.80
2007	0.00	0.00	4.90	0.90	0.30	0.00	0.60	0.00	0.10	0.70	0.10	0.00	4.90
2008	2.60	1.60	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00	2.60
2009	6.90	1.00	2.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	6.90
2010	0.10	9.80	1.80	1.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.20	9.80
2011	0.40	0.00	1.60	1.10	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	3.50
2012	1.80	8.90	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	1.70	8.90
2013	1.50	7.20	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	7.20
2014	0.50	0.00	1.20	5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	1.10	5.80
2015	3.90	3.30	3.40	0.20	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.70	1.90	3.90
2016	0.00	8.50	0.70	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50
2017	0.50	4.60	27.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	27.50
2018	1.40	2.20	0.00	2.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	2.40	2.40
2019	1.80	0.60	7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	S/D	2.30	0.00	0.00	3.60	7.90
2020	0.00	0.00	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	1.60	1.60
Máximo	6.90	13.80	27.50	5.80	1.20	0.00	0.60	0.00	2.30	1.10	0.70	3.60	27.50
Promedio	1.41	3.88	4.08	1.13	0.23	0.00	0.05	0.00	0.22	0.21	0.09	1.16	1.04
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S/D : Sin datos

Nota: Se muestra la precipitación máxima en 24 hrs de la estación Trujillo en los últimos 16 años.

Figura 10

Precipitación máxima 24 hrs.



Nota: Se describe en la figura las precipitaciones máximas en los últimos 16 años en la estación Trujillo, podemos observar que en 2017 fue año con la mayor precipitación de 27.50 (mm).

4.1.3.4. Datos hidrológicos extremos

Tabla 17

Prueba de datos dudosos.

Id	Año	Precipitación x (mm)	y = log x
1	2005	1.10	0.04
2	2006	13.80	1.14
3	2007	4.90	0.69
4	2008	2.60	0.41
5	2009	6.90	0.84
6	2010	9.80	0.99
7	2011	3.50	0.54
8	2012	8.90	0.95
9	2013	7.20	0.86
10	2014	5.80	0.76
11	2015	3.90	0.59
12	2016	8.50	0.93
13	2017	27.50	1.44
14	2018	2.40	0.38
15	2019	7.90	0.90
16	2020	1.60	0.20
		Total	11.67
		\bar{y} =	0.73
		Sy =	0.36
		Cs =	-0.14
		Máx. =	27.50
		Min. =	1.10

Nota: El coeficiente de asimetría (Cs) está fuera del rango +- 0.40, se hace la prueba para datos dudosos.

a.- Datos dudosos altos:

$$Y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

Umbral superior para datos dudosos (en unidades logarítmicas)

Para $n = 16.00$

$$K_n = 2.279$$

Reemplazando valores:

$$Y_H = 1.54$$

$$P_H = 10^{Y_H}$$

$$PH = 34.94 \text{ mm} \quad (\text{Límite superior para la precipitación})$$

Teniendo en cuenta que el máximo valor de precipitación presentado de 27.5 mm, el cual es menor al valor de 34.94 mm, entonces se considera que no hay valores altos dudosos.

b.- Datos dudosos bajos:

$$Y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Umbral superior para datos dudosos (en unidades logarítmicas)

Para $n = 16.00$

$$K_n = 2.279$$

Reemplazando valores:

$$Y_L = -0.08$$

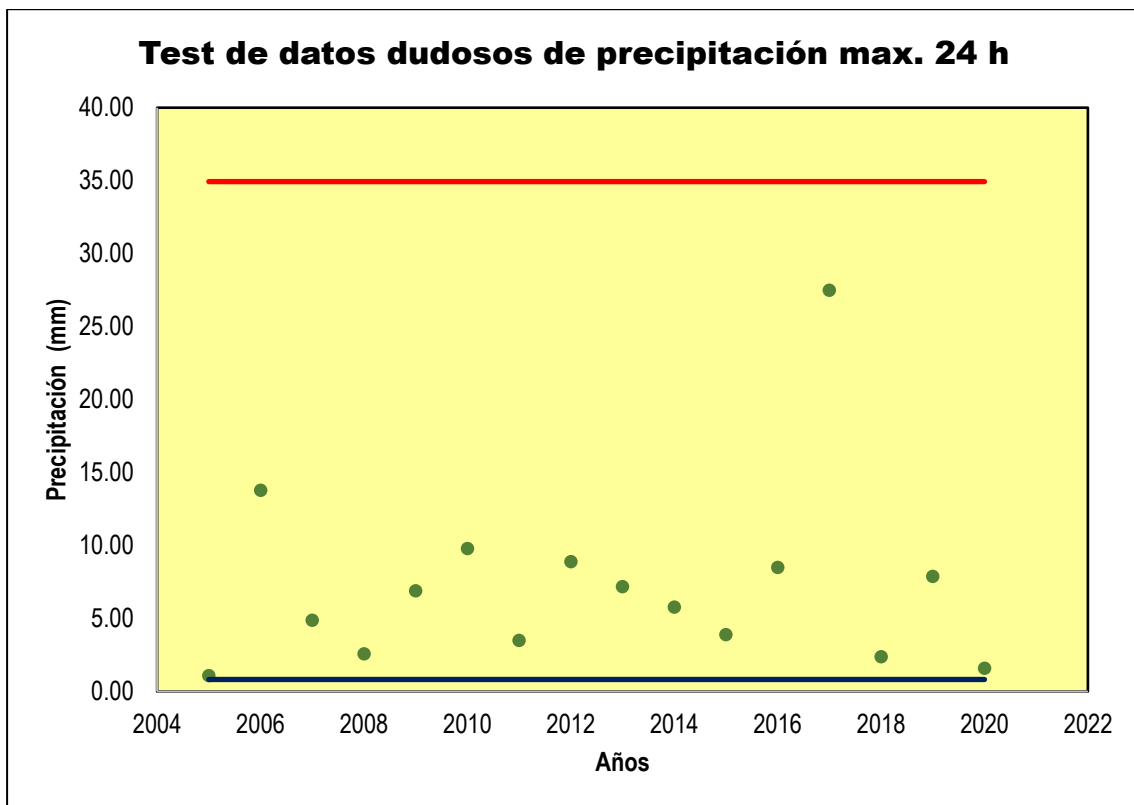
$$P_H = 10^{Y_H}$$

$$PL = 0.82 \text{ mm} \quad (\text{Límite inferior para la precipitación})$$

Teniendo en cuenta que el mínimo valor de precipitación presentado de 1.1 mm, el cual es mayor al valor de 0.82 mm, entonces se considera que no hay valores bajos dudosos.

Figura 11

Test de datos dudosos de precipitación máx. 24 hrs.



Nota: La figura 11 evidencia el dato dudoso bajo de la muestra, el cual es eliminado y por consiguiente se repite el análisis de frecuencias utilizando el mismo procedimiento.

Tabla 18

Valores de K_n para prueba de datos dudosos.

Tamaño de la muestra	K_n
10	2.036
11	2.088
12	2.134
13	2.175
14	2.213
15	2.247
16	2.279
17	2.309
18	2.335
19	2.361
20	2.385
21	2.408
22	2.429
23	2.448
24	2.467
25	2.486
26	2.502
27	2.519
28	2.534
29	2.549
30	2.563
31	2.577
32	2.591
33	2.604
34	2.616
35	2.628
36	2.639
37	2.650
38	2.661
39	2.671
40	2.682
41	2.692
42	2.700
43	2.710
44	2.719
45	2.727
46	2.736
47	2.744
48	2.753
49	2.760
50	2.768
55	2.804
60	2.837
65	2.866
70	2.893
75	2.917
80	2.940
85	2.961
90	2.981
95	3.000
100	3.017
110	3.049
120	3.078
130	3.104
140	3.129

Nota: K_n = Coeficiente que depende del tamaño de la muestra caudales o precipitaciones.

4.1.3.5. Valores máximos para periodo de retorno

Tabla 19

Datos para hydrognomon

Id	Año	Precipitación máxima de 24 horas de duración (mm)	Precipitación ajustada * (mm)
1	2005	1.10	1.24
2	2006	13.80	15.59
3	2007	4.90	5.54
4	2008	2.60	2.94
5	2009	6.90	7.80
6	2010	9.80	11.07
7	2011	3.50	3.96
8	2012	8.90	10.06
9	2013	7.20	8.14
10	2014	5.80	6.55
11	2015	3.90	4.41
12	2016	8.50	9.61
13	2017	27.50	31.08
14	2018	2.40	2.71
15	2019	7.90	8.93
16	2020	1.60	1.81
Promedio		7.27	8.21
Desv. Estándar (Sy)		6.39	7.22
Coef. Asimetría (Cs)		2.29	2.29
Cs/6		0.38	0.38
n		16	16

Nota: La tabla muestra la precipitación máxima de 24 horas de duración afectada por un factor de corrección de 1,13 (OMM, 1994).

Tabla 20

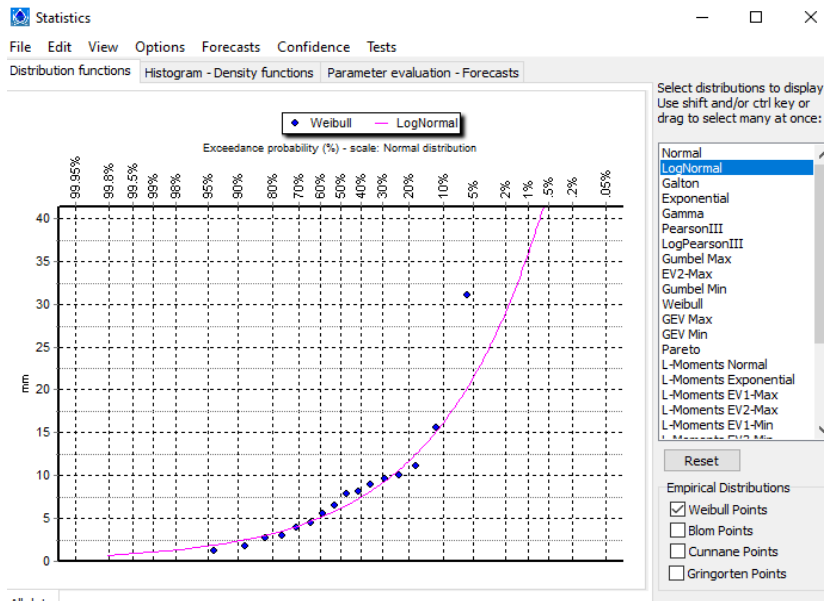
Pruebas de bondad de ajuste con programa hydrognomon

Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax	T = 100 años
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.59%	0.150	25.009
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.11%	0.092	22.887
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.98%	0.069	35.860
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.79%	0.081	34.307
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.80%	0.081	34.241
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.74%	0.083	33.871
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.13%	0.100	33.309
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.22%	0.091	35.283
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.73%	0.110	41.067
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	27.24%	0.232	30.867
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	31.30%	0.224	32.253
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.48%	0.088	20.064
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.94%	0.074	32.882
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.78%	0.095	33.800
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.42%	0.088	35.204
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.64%	0.096	34.953
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.12%	0.092	39.173
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.28%	0.099	35.214
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	55.13%	0.182	28.867
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.04%	0.212	48.585
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.43%	0.088	19.018
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.02%	0.093	30.636
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.98%	0.069	35.929
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	63.21%	0.170	34.094
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	45.90%	0.197	22.492
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.98%	0.068	33.941
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	56.40%	0.180	20.743

Nota: Mediante el programa hydrognomon se realizó el análisis de datos estadísticos hidrológicos.

Figura 12

Gráfico LogNormal - hydrognomon



Nota: En la figura observamos el gráfico de LogNormal, el cual muestra que la curva magenta se ajusta a todos los datos.

Resultados

Tabla 21

Prueba de bondad Smirnov Kolmogorov

Distribución	D _{máx}	D crítico	Ajuste	Observación
Normal	0.150	0.340	Bueno	Presenta el menor D _{máx}
LogNormal	0.069	0.340	Bueno	
Pearson III	0.091	0.340	Bueno	
Log Pearson III	0.110	0.340	Bueno	
Gamma	0.100	0.340	Bueno	
EV1-Max (Gumbel)	0.232	0.340	Bueno	

Nota: Se concluye que las distribuciones que mejor se ajustan son las que se muestran en esta tabla y es elegida: LogNormal ya que su D_{máx} es el menor.

Tabla 22

Periodo de Retorno para 100 años

Periodo de Retorno (años)	100
Precipitación Máxima en 24 horas (mm)	35.86

Nota: Se muestra el periodo de retorno para 100 años en una precipitación máxima en 24 hrs (mm).

Tabla 23

Valores críticos d para la prueba Kolmogorov – Smirnov.

Valores críticos d para la prueba Kolmogorov – Smirnov			
Tamaño de la muestra	a = 0.01	a = 0.05	a = 0.10
5	0.67	0.56	0.51
10	0.49	0.41	0.37
15	0.40	0.34	0.30
20	0.35	0.29	0.26
25	0.32	0.26	0.24
30	0.29	0.24	0.22
35	0.27	0.22	0.20
40	0.25	0.21	0.19

Nota: Fuente: Aparicio, 1999.

4.1.3.6. HEC – HMS

Determinación de caudales máximos por el método del hidrograma unitario - programa hec-hms.

1.1. Datos de ingreso al modelo
 1.1.1. Modelo de la cuenca

Tabla 24

Caracterización del río principal.

Nombre	Longitud (m)	Cota Max (msnm)	Cota Min (msnm)
Río Chao	40,494.12	3,110.00	136.00

Nota: Se muestra en la tabla cota máx. y min del río.

Tabla 25

Métodos hidrológicos utilizados en el HEC-HMS.

Nombre	Loss Method	Transform Method	Baseflow Method	Avenidas
Chao	Número de curva CN SCS	HU SCS	- None -	- None -

Nota: La precipitación transformada a precipitación efectiva mediante el método de número de curva CN SCS y la precipitación efectiva a escorrentía con el método HU SCS.

Tabla 26

Cálculo del número de curva según grupo hidrológico y uso de suelos

Nombre	Área (Km ²)	% de Area	Uso de Suelo	Grupo Hidrológico		CN Promedio
				A	B	
Chao	568.17	100.00%		72		72

Nota: En la tabla se muestra el área de la cuenca, el número de curva = 72 y según grupo hidrológico = A.

Tabla 27

Parámetros de separación de la lluvia total la lluvia neta o efectiva (Loss Method).

S (mm)	la (mm)	% de area impermeable
98.78	19.76	0.00

Nota: Se muestra el S (Infiltración potencial máxima) que se obtiene en pulgadas y se ha convertido en unidades mm y la (Abstracción Inicial) que es el 0.2 S.

Tabla 28

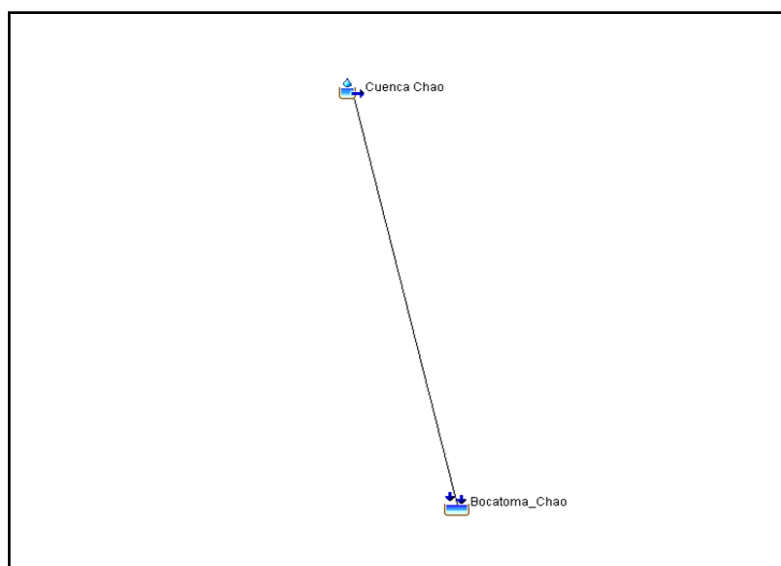
Parámetros para la transformación de la precipitación neta en escorrentía directa (Transform Method).

tc (min)	Tlag (min)
188.08	112.85

Nota: Muestra el tiempo de concentración (tc) y el tiempo de retardo (Tlag) obtenidos de fórmulas empíricas.

Figura 13

Modelo de la cuenca.



Nota: La figura 13 muestra la distancia de la ubicación de la cuenca hacia la bocatoma que se ha propuesto.

1.2. Datos de series de tiempo

Tabla 29.

Precipitaciones máximas en 24 horas (mm), para tr 100 años

Subcuenca	Salidas	Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)
	Código	100
Chao	R-Ch	35.86

Nota: Se observa la precipitación máxima en 24 horas para el periodo de retorno de 100 años es de 35.86.

1.2.1. Medidores de precipitación
 1.2.1.1. Estación Trujillo

Tabla 30.

Time - Series Gage

Data Source	Manual Entry
Units	Cumulative Millimeters
Time Interval	30 minutos

Tabla 31.

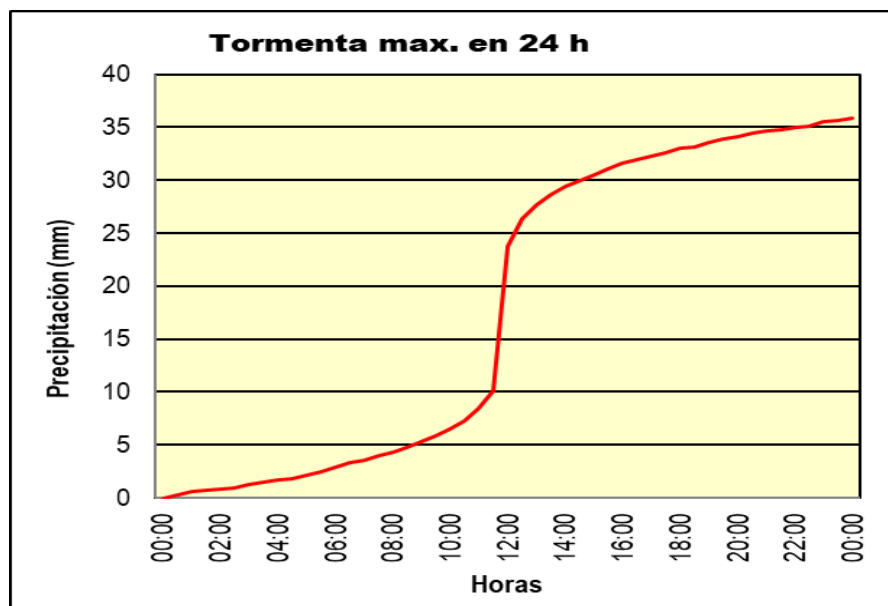
Time - Window

Star Data	01ene2000
Start Time	00.00
End Data	02ene2000
End Time	00.00

Nota: Para tabla 30, se muestra en el programa HEC-HMS tiempo-series gage intervalo de tiempo 30 minutos. Para tabla 31, se observa el programa HEC-HMS tiempos-ventana, intervalo de tiempo 24 hrs.

Figura 14

Tormenta máx. en 24 hrs



Nota: La figura 14 evidencia que se asumió la distribución de tormenta tipo I del Soil Conservation Service de los Estados Unidos.

1.3. Modelo meteorológico

Meteology Model

Precipitation	Specificfield Hyetograph
---------------	--------------------------

Basind

Basin Model	Include Subbasins
Chao	YES

1.4. Especificaciones de control

Tabla 32.

Control Specifications.

Star Data	01ene2000
Start Time	00.00
End Data	02ene2000
End Time	00.00
Time Interval	30 minutos

Nota: La tabla muestra el programa HEC-HMS, control de especificaciones y el intervalo de tiempo tomado de 30 min.

2. RESULTADOS DEL MODELO

Tabla 33.

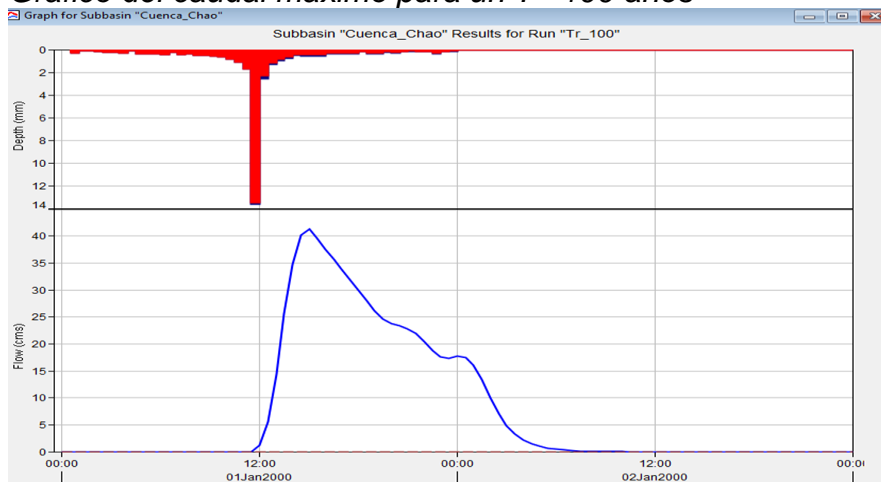
Descarga para Tr 100 años

Subcuenca	Salidas	Caudales Máximos (m3/s)
Chao	R-Ch	41.30

Nota: la tabla evidencia el caudal máximo de 41.30 m3/s.

Figura 15

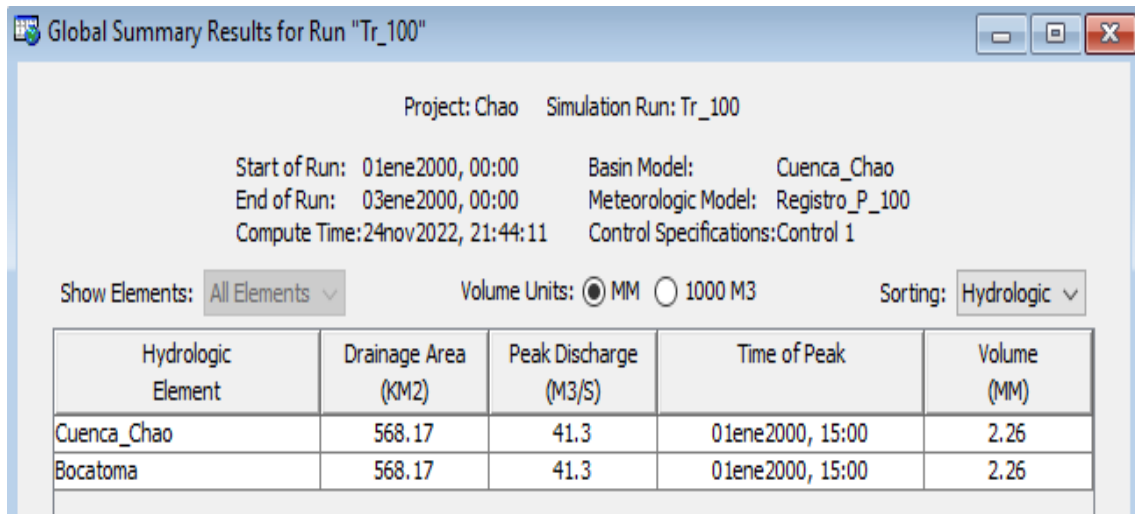
Gráfico del caudal máximo para un T= 100 años



Nota: La **Figura 15** presenta la gráfica del pico máximo del caudal para un periodo de retorno de 100 años.

Figura 16

Resultado de caudal máximo para $T=100$ años



Project: Chao Simulation Run: Tr_100

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Cuenca_Chao
End of Run: 03ene2000, 00:00 Meteorologic Model: Registro_P_100
Compute Time: 24nov2022, 21:44:11 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Cuenca_Chao	568.17	41.3	01ene2000, 15:00	2.26
Bocatoma	568.17	41.3	01ene2000, 15:00	2.26

Nota: En la **Figura 16** se muestra como resultado el caudal máximo de 41.30 m³/s.

2.1. HIDROGRAMA DE SALIDA

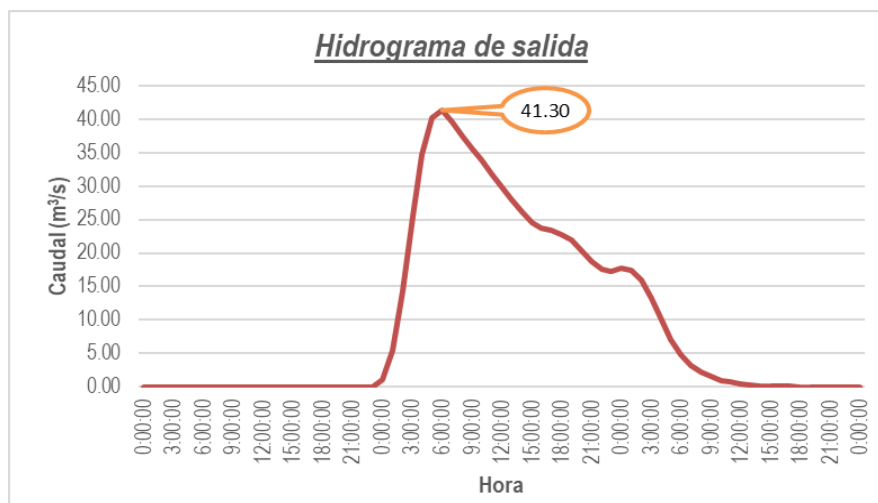
Tabla 34.
Hidrograma de salida

Data	Time	Precipitación (mm)	Perdidas (mm)	Exceso (mm)	Caudal (m ³ /s)	Caudal base (m ³ /s)	Caudal total (m ³ /s)
1/01/2000	0:00:00				0.00	0.00	0.00
1/01/2000	1:00:00	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	2:00:00	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	3:00:00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	4:00:00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	5:00:00	0.18	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	6:00:00	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	7:00:00	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	8:00:00	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	9:00:00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	10:00:00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	11:00:00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	12:00:00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	13:00:00	0.43	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	14:00:00	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	15:00:00	0.43	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	16:00:00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	17:00:00	0.47	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	18:00:00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	19:00:00	0.58	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	20:00:00	0.64	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	21:00:00	0.83	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	22:00:00	1.11	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00
1/01/2000	23:00:00	1.72	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00
2/01/2000	0:00:00	13.63	13.47	0.16	1.10	0.00	1.10
2/01/2000	1:00:00	2.58	2.32	0.26	5.50	0.00	5.50
2/01/2000	2:00:00	1.32	1.15	0.17	14.40	0.00	14.40
2/01/2000	3:00:00	0.97	0.82	0.15	25.50	0.00	25.50
2/01/2000	4:00:00	0.76	0.64	0.12	34.80	0.00	34.80
2/01/2000	5:00:00	0.53	0.44	0.09	40.20	0.00	40.20
2/01/2000	6:00:00	0.54	0.44	0.10	41.30	0.00	41.30
2/01/2000	7:00:00	0.54	0.44	0.10	39.60	0.00	39.60
2/01/2000	8:00:00	0.54	0.43	0.11	37.50	0.00	37.50
2/01/2000	9:00:00	0.36	0.29	0.07	35.60	0.00	35.60
2/01/2000	10:00:00	0.35	0.28	0.07	33.90	0.00	33.90
2/01/2000	11:00:00	0.36	0.28	0.08	31.90	0.00	31.90
2/01/2000	12:00:00	0.36	0.28	0.08	29.90	0.00	29.90
2/01/2000	13:00:00	0.18	0.14	0.04	28.00	0.00	28.00
2/01/2000	14:00:00	0.36	0.28	0.08	26.20	0.00	26.20
2/01/2000	15:00:00	0.36	0.28	0.08	24.60	0.00	24.60
2/01/2000	16:00:00	0.25	0.19	0.06	23.80	0.00	23.80
2/01/2000	17:00:00	0.29	0.22	0.07	23.40	0.00	23.40
2/01/2000	18:00:00	0.18	0.14	0.04	22.80	0.00	22.80
2/01/2000	19:00:00	0.17	0.13	0.04	21.90	0.00	21.90
2/01/2000	20:00:00	0.18	0.14	0.04	20.40	0.00	20.40
2/01/2000	21:00:00	0.18	0.13	0.05	18.70	0.00	18.70
2/01/2000	22:00:00	0.36	0.27	0.09	17.60	0.00	17.60
2/01/2000	23:00:00	0.18	0.13	0.05	17.30	0.00	17.30
3/01/2000	0:00:00	0.18	0.13	0.05	17.70	0.00	17.70
3/01/2000	1:00:00	0.00	0.00	0.00	17.40	0.00	17.40
3/01/2000	2:00:00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	16.00
3/01/2000	3:00:00	0.00	0.00	0.00	13.30	0.00	13.30
3/01/2000	4:00:00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	10.00
3/01/2000	5:00:00	0.00	0.00	0.00	7.10	0.00	7.10
3/01/2000	6:00:00	0.00	0.00	0.00	4.80	0.00	4.80
3/01/2000	7:00:00	0.00	0.00	0.00	3.20	0.00	3.20
3/01/2000	8:00:00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	2.20
3/01/2000	9:00:00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	1.50
3/01/2000	10:00:00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
3/01/2000	11:00:00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.70
3/01/2000	12:00:00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50
3/01/2000	13:00:00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30
3/01/2000	14:00:00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20
3/01/2000	15:00:00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
3/01/2000	16:00:00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
3/01/2000	17:00:00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
3/01/2000	18:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/01/2000	19:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/01/2000	20:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/01/2000	21:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/01/2000	22:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/01/2000	23:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4/01/2000	0:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: La tabla muestra el tiempo Vs los caudales máximos.

Figura 17

Hidrograma de salida



Nota: En la **Figura 17** se puede observar en la gráfica el tiempo VS caudales máximos, obteniendo 41.30 m3/s.

Tabla 35.

Métodos hidrológicos utilizados en el HEC-HMS

Pérdidas	Transformación lluvia neta en escurrimiento	Flujo base	Tránsito avenida por el cauce
Déficit y tasa constante(DC)	Onda cinemática	Recesión restringida	Modelo Lag.
Inicial y tasa constante	ModClark	Recesión	Puls modificado.
Exponencial	HU SCS	Constante mensual	Muskingum
Número de curva CN SCS	HU Snyder	Depósito lineal	Muskingum-Cunge
Green y Ampt	HU especificado por el usuario	- None -	Straddle Stagger
Consideración de la humedad del suelo (SMA)	Hidrograma en S del usuario		Onda Cinemática
DC por celdas	Hidrograma Unitario		- None -
CN SCS por celdas	(HU) de Clark		
SMA por celdas			

Nota: Se muestra los métodos que se pueden utilizar en el programa HEC-HMS.

Tabla 36.

Sistema de modelamiento hidrológico para HEC-HMS.

Componentes del proceso lluvia-escorrentía	Métodos de cálculo	Datos de Entrada	Parámetros	Unidad	Datos de salida
Modelo para evaluar las pérdidas	Pérdida inicial y tasa constante	Precipitación total	Tasa de infiltración constante	mm/h	Precipitación Efectiva
			Pérdida Inicial	mm	
			Superficie Impermeable	%	
	Número de curva (SCS)	Precipitación total	Pérdidas Iniciales (Ia)	mm	Precipitación Efectiva
			Curva Número (CN)	-	
			Superficie Impermeable	%	
Canopy / Surface	Precipitación total	Initial Storage	%	Precipitación Efectiva	
		Max. Storage	mm		
Modelos para el cálculo de transformación lluvia neta - escorrentía	Hidrógrafo Unitario de Snyder	Precipitación Efectiva	Tiempo de retardo	h	Hidrograma Resultante
			Factor de forma Snyder	-	
	Hidrógrafo Unitario del SCS	Precipitación Efectiva	Tiempo de concentración	h	Hidrograma Resultante
			Coefficiente de almacenamiento	h	
Hidrógrafo Unitario de Clark	Precipitación Efectiva	Tiempo de retardo	h	Hidrograma Resultante	
Modelos para el cálculo del flujo base	Constante Mensual	Valores mensuales de flujo		m ³ /s	Flujo base
	Recesión		Flujo base inicial	m ³ /s	Flujo base
			Constante de agotamiento (k)	-	
Modelos para el cálculo del tránsito de la avenida por el cauce	Muskingum	Hidrograma de entrada	Tiempo de viaje de la onda	h	Hidrograma de salida
			Factor de almacenamiento	-	
			Número de tramos	-	

Nota: Se describen los parámetros que se necesitan para desarrollar los métodos de cálculos utilizados, el Numero de curva (SCS) y el HU SCS.

Tabla 37.*Distribución de tormenta horaria del servicio de conservación de suelos.*

Distribución de tormenta horaria del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos				
Tiempo	Intervalo deTiempo	t/24	Tipo II	Tipo I
00:00	0	0.00	0.00	0.00
00:30	0.5	0.02	0.01	0.008
01:00	1	0.04	0.02	0.02
01:30	1.5	0.06	0.02	0.03
02:00	2	0.08	0.02	0.04
02:30	2.5	0.10	0.03	0.04
03:00	3	0.13	0.03	0.05
03:30	3.5	0.15	0.04	0.06
04:00	4	0.17	0.05	0.08
04:30	4.5	0.19	0.05	0.08
05:00	5	0.21	0.06	0.10
05:30	5.5	0.23	0.07	0.11
06:00	6	0.25	0.08	0.13
06:30	6.5	0.27	0.09	0.14
07:00	7	0.29	0.10	0.16
07:30	7.5	0.31	0.11	0.18
08:00	8	0.33	0.12	0.19
08:30	8.5	0.35	0.13	0.22
09:00	9	0.38	0.15	0.25
09:30	9.5	0.40	0.16	0.30
10:00	10	0.42	0.18	0.52
10:30	10.5	0.44	0.20	0.58
11:00	11	0.46	0.24	0.62
11:30	11.5	0.48	0.28	0.65
12:00	12	0.50	0.66	0.68
12:30	12.5	0.52	0.74	0.71
13:00	13	0.54	0.77	0.73
13:30	13.5	0.56	0.80	0.75
14:00	14	0.58	0.82	0.77
14:30	14.5	0.60	0.84	0.78
15:00	15	0.63	0.85	0.80
15:30	15.5	0.65	0.87	0.81
16:00	16	0.67	0.88	0.83
16:30	16.5	0.69	0.89	0.84
17:00	17	0.71	0.90	0.85
17:30	17.5	0.73	0.91	0.87
18:00	18	0.75	0.92	0.88
18:30	18.5	0.77	0.93	0.89
19:00	19	0.79	0.94	0.90
19:30	19.5	0.81	0.95	0.91
20:00	20	0.83	0.95	0.93
20:30	20.5	0.85	0.96	0.93
21:00	21	0.88	0.97	0.94
21:30	21.5	0.90	0.97	0.95
22:00	22	0.92	0.98	0.96
22:30	22.5	0.94	0.98	0.97
23:00	23	0.96	0.99	0.98
23:30	23.5	0.98	1.00	0.99
00:00	24	1.00	1.00	1.00

Nota: La tabla muestra los tipos de tormenta horaria en los diferentes intervalos de tiempo, según el servicio de conservación de suelos de los estados unidos.

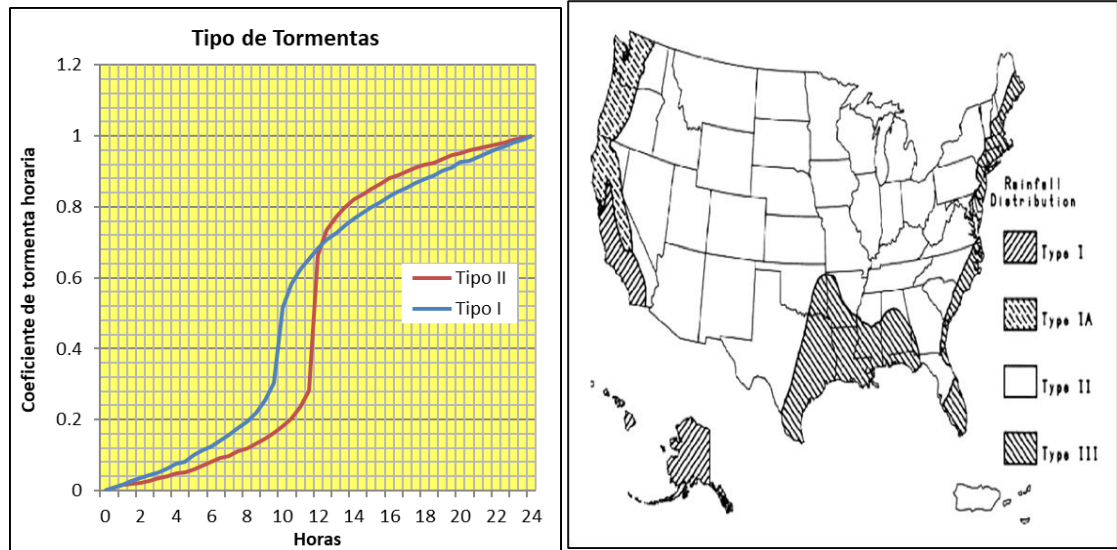
Tabla 38.*Conversión de número con punto a coma para pasar al HEC HMS*

Conversion de numero con punto a coma para pasar al HEC HMS (Precipitation Gages)			
Dato con Punto	Decimal		Dato con Coma
0.00	0.00	0.00	0,0
0.29	0.00	0.29	0,29
0.57	0.00	0.57	0,57
0.68	0.00	0.68	0,68
0.79	0.00	0.79	0,79
0.97	0.00	0.97	0,97
1.22	1.00	0.22	1,22
1.43	1.00	0.43	1,43
1.72	1.00	0.72	1,72
1.79	1.00	0.79	1,79
2.15	2.00	0.15	2,15
2.51	2.00	0.51	2,51
2.87	2.00	0.87	2,87
3.30	3.00	0.30	3,30
3.51	3.00	0.51	3,51
3.94	3.00	0.94	3,94
4.30	4.00	0.30	4,30
4.77	4.00	0.77	4,77
5.27	5.00	0.27	5,27
5.85	5.00	0.85	5,85
6.49	6.00	0.49	6,49
7.32	7.00	0.32	7,32
8.43	8.00	0.43	8,43
10.15	10.00	0.15	10,15
23.78	23.00	0.78	23,78
26.36	26.00	0.36	26,36
27.68	27.00	0.68	27,68
28.65	28.00	0.65	28,65
29.41	29.00	0.41	29,41
29.94	29.00	0.94	29,94
30.48	30.00	0.48	30,48
31.02	31.00	0.02	31,2
31.56	31.00	0.56	31,56
31.92	31.00	0.92	31,92
32.27	32.00	0.27	32,27
32.63	32.00	0.63	32,63
32.99	32.00	0.99	32,99
33.17	33.00	0.17	33,17
33.53	33.00	0.53	33,53
33.89	33.00	0.89	33,89
34.14	34.00	0.14	34,14
34.43	34.00	0.43	34,43
34.61	34.00	0.61	34,61
34.78	34.00	0.78	34,78
34.96	34.00	0.96	34,96
35.14	35.00	0.14	35,14
35.50	35.00	0.50	35,50
35.68	35.00	0.68	35,68
35.86	35.00	0.86	35,86

Nota: Se muestra la conversión con punto a coma para pasar el programa HEC-HMS la precipitación Gages.

Figura 18

Tipo de tormentas



Nota: La presente figura evidencia los 4 tipos de tormentas de 24 horas de duración.

El SCS del U. S. Department of Agriculture (1986) desarrolló hietogramas sintéticos adimensionales de tormentas para utilizarse en los Estados Unidos con duraciones de tormentas de 6 y 24 horas. Estos hietogramas se dedujeron al utilizar la información presentada por Hershfield (1961) y Miller, Frederick y Tracey (1973) y datos de tormentas adicionales. Existen cuatro tormentas de 24 horas de duración, llamadas Tipo I, IA, II y III, representadas en forma de curvas de masa (Tabla 1) a partir de las cuales se elaboran los hietogramas correspondientes. Los Tipos I y IA corresponden al clima marítimo del Pacífico con inviernos húmedos y veranos secos. El Tipo III corresponde al Golfo de México y las áreas costeras del Atlántico, donde las tormentas tropicales producen lluvias de 24 horas muy grandes. El Tipo II corresponde al resto del país (Chow et al., 1994).

Tabla 39.*Uso de la tierra según grupo hidrológico del suelo*

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ :				
Sin tratamientos de conservación	6	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales:				
Condiciones pobres	68	79	86	89
Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: Condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques:				
Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
Cubierta buena ²	25	55	70	77
Área abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
Óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
Condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :				
Tamaño promedio del lote (m ²) Porcentaje promedio impermeable ⁴				
500 65	77	85	90	92
1000 38	61	75	83	87
1350 30	57	72	81	86
2000 25	54	70	80	85
4000 20	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Nota: Se muestra el número de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana.

- Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap.9.
- Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.
- Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los sucesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

- Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.
- En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow))

Tabla 40.

Clasificación del suelo para el método S.C.S.

Tipo A	Bajo potencial de escorrentía. Suelos con alta infiltración arenas con poco limo y arcilla y gravas profundas
Tipo B	Moderadamente bajo potencial de escorrentía. Suelos con ratas de infiltración moderadas, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, arenas finas y limos
Tipo C	Moderadamente alto potencial de escorrentía. Suelos de infiltración lenta, con bajo contenido de materia orgánica y alto contenido de arcillas, arenas arcillosas poco profundas y arcillas.
Tipo D	Alto potencial de escorrentía. Suelos con infiltración muy lenta, suelos arcillosos con alto potencial expansivo, suelos salinos con nivel freático alto y permanente.

Nota: Muestra la clasificación del suelo, según el mapa de suelos de la cuenca.

DISEÑO DE BOCATOMA

1. Datos:

- Periodo de retorno para diseño $T = 100$ años
- Caudal de máximo avenida $Q_{max} = 41.30 \text{ m}^3/\text{s}$
- Caudal medio de río $Q_{med} = 3.00 \text{ m}^3/\text{s}$
- Caudal de captación $Q_{cap} = 2.169 \text{ m}^3/\text{s}$
- Ancho del cauce del río $B = 37.00 \text{ m}$
- Pendiente del río $S_r = 0.0007$
- Tirante normal del cauce aguas arriba, en avenida $y_n = 1.00 \text{ m}$ (Según modelamiento hidráulico)
- Tirante normal del cauce aguas abajo, en avenida $y_n = 1.00 \text{ m}$ (Según modelamiento hidráulico)
- Diámetro del grano mayor a ser arrastrado $\varnothing = 0.20 \text{ m}$
- Material del lecho del cauce: Gravas y arena
- Rugosidad del concreto $n = 0.014$
- Tipo de suelo del cauce: Suelo no Cohesivo
- Cota del fondo de vertedero $C_0 = 133.100 \text{ msnm}$ (Según topografía)

2. Diseño Hidráulico

2.1. Ancho de Encauzamiento

Según: BLENCH $B = 1.81 \sqrt{\frac{QF_b}{F_s}}$ B= 28.49 m

ALTUNIN $B = \frac{a\sqrt{Q}}{S^{1/5}}$ B= 20.45 m

PETIT $B = 2.45\sqrt{Q}$ B= 15.74 m

Se considerará el ancho del río como el promedio B= 21.60 m

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio. **B = 37.00 m**

Tabla 41.

Factor de orilla (Fs)

Factor de orilla	Fs
Material poco cohesivo, arena	0.1
Material medianamente cohesivo	0.2
Material muy cohesivo, como arcilla.	0.3

Nota: El factor de orilla se obtiene de la clasificación del material del suelo.

Tabla 42.

Factor de fondo (Fb)

Factor de fondo	Fb
Material Fino, Dn < 0.5mm	0.8
Material Grueso, Dn > 0.5mm	1.2

Nota: El factor de fondo se obtiene de material de suelo Dn.

2.2. Diseño del Barraje

Existen diferentes tipos de barrajes, la elección entre barraje fijo, móvil o mixto, está sujeto al comportamiento del río durante la época de avenida. Si el nivel de las aguas, en especial aguas arriba del barraje fijo aumenta y puede causar inundaciones entonces será necesario aumentar un barraje móvil para controlar el aumento del nivel del agua sin causar problemas de inundación.

2.2.1 Cálculo de la altura del barraje vertedero

$$P = h_0 + h + h_b$$

Donde:

P: Altura del paramento

ho: Altura necesaria para evitar el ingreso de material de arrastre
(se recomienda ho= 0.60m)

h: Altura que necesita la ventana para poder derivar el caudal de captación Qcap.

hb: Altura adicional por efectos de oleaje y por elementos flotantes, se asume 0.30 m

Se calcula las dimensiones de la ventana de captación considerando una velocidad de 1.81 m/s

$$Q_{cap} = V \cdot A$$

$$V = 1.81 \text{ m/s}$$

$$A = 1.20 \text{ m}^2 = h \times L \rightarrow h = 0.80 \text{ m} \quad L = 1.50 \text{ m}$$

$$Q_{cap} = 2.17 \text{ m}^3/\text{s}$$

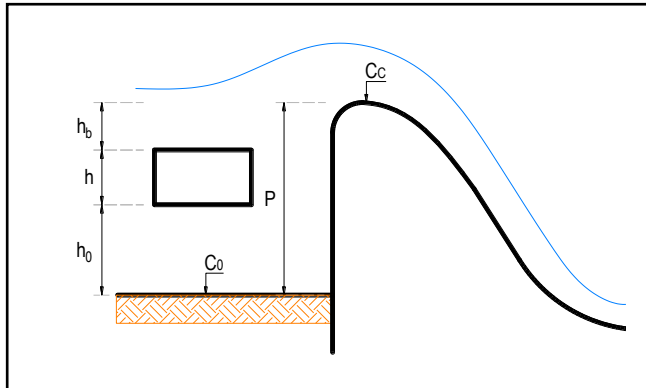
$$P = 1.70 \text{ m}$$

Co: Cota del lecho detrás del vertedero $C_0 = 133.100 \text{ msnm}$

Cc: Cota de la cresta del vertedero $C_c = 134.800 \text{ msnm}$

Figura 19

Altura de Barraje Vertedero



Nota: Se puede ver la definición de la altura del barraje, la cual está orientada a elevar el nivel del agua.

2.2.2 Determinación de longitud efectiva del vertedero

Cuando existan pilares y estribos sobre el vertedero, se produce contracción lateral de la lámina vertiente y la longitud efectiva del vertedero L , es menor que la total o neta, L' . Este efecto puede tenerse en cuenta, reduciendo la longitud neta, L' , con la siguiente fórmula

Longitud neta del vertedero

$$B = L_1 + L_2$$

Se asume

$$A_1 = PL_1 \quad , \quad A_2 = PL_2$$

$$A_1 = \frac{A_2}{10} \rightarrow L_1 = \frac{B}{10P + 1}$$

$$L_1 = 2.06 \text{ m}$$

$$\text{Adoptamos: } L_1 = 1.70 \text{ m}$$

El espesor del pilar para el pre dimensionamiento es:

$$e = \frac{L}{4} = 0.43 \text{ m} \quad \text{Adoptamos: } e = 0.40 \text{ m}$$

$$\text{Número de pilares entre compuertas} \quad N_p = 1.00$$

$$\text{Por lo tanto la longitud neta del vertedero será : } L_2 = 35.30 \text{ m}$$

Longitud efectiva del vertedero

$$L = L_2 - 2(NK_p + K_a)H_0$$

Donde:

L: Longitud efectiva del vertedero

L2: Longitud neta del vertedero L2 = 35.30 m

N: Numero de pilares que atraviesan el vertedero N=0

Kp: Coeficiente de contracción debido a los pilares Kp= 0.01

Ka: Coeficiente de contracción debido a los estribos Ka=0

H0: Carga total sobre el vertedero H0= 0.578 m

Tabla 43.

Coeficiente de contracción debido a los pilares (Kp)

K _p	
- Para pilares con tajamar rectangulares, con esquinas redondeadas, con radios del orden de 0.1 del espesor del pilar	0.02
- Para pilares con tajamar redondos	0.01
- Para pilares con tajamares apuntados (Triangular)	0.00

Nota: coeficiente de contracción de la pila que depende de la forma y localización de las pilas, del espesor de las pilas, de la cabeza de diseño y de la velocidad de aproximación. US. Bureau of Reclamation, 1987.

Tabla 44.

Coeficiente de contracción debido a los estribos

K _a	
- Para estribos cuadrados con el muro de aguas arriba formando 90° con la dirección del caudal	0.20
- Para estribos redondeados con el muro formando 90° con la dirección del caudal, cuando $0.15H_0 \leq r \leq 0.50H_0$	0.10
- Para estribos redondeados cuando $r > 0.5H_0$ y el muro forma un ángulo no mayor de 45° con la dirección del caudal	0.00
Donde r = radio de la parte redondeada del estribo	

Nota: Afectado por la forma del estribo, el ángulo entre la pared de aproximación y el eje del flujo, la cabeza real en comparación con la cabeza de diseño y la velocidad de aproximación. US. Bureau of Reclamation, 1987.

Para el aliviadero de demasías L=35.30 m

2.2.3 Determinamos el coeficiente de descarga sobre el vertedero

Siguiendo el criterio del Bureau of Reclamation, se determina el coeficiente "C" de descarga según la relación P/H₀

Determinamos la relación P/H₀

$$H_0 = h_0 + h_a$$

Donde:

H₀ = Carga de diseño de coronación

h_a = Altura de velocidad de aproximación

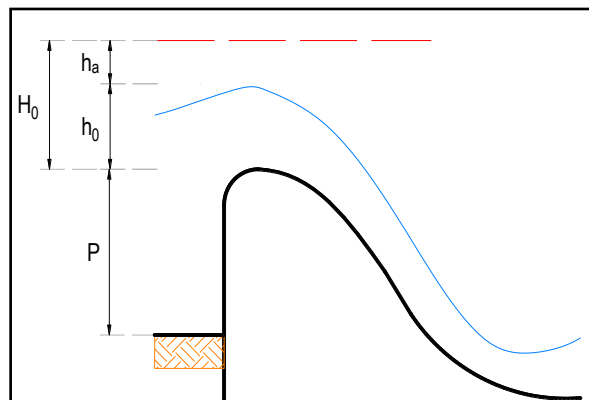
h₀ = Altura media desde la coronación hasta la superficie de agua del embalse, situada aguas arriba

P = Paramento = 1.70 m

Asumimos un coeficiente de descarga C = 2.1650

Figura 20

Coeficiente de descarga sobre el vertedero



Nota: se determina el coeficiente "C" de descarga según la relación P/H₀, con el criterio del Bureau of Reclamation.

Luego determinamos H0

$$Q_{AL} = C_0 \cdot L \cdot H_e^{3/2} \rightarrow H_e = \left[\frac{Q_{AL}}{C \cdot L} \right]^{2/3}$$

Donde:

L : Longitud del efectiva del vertedero L=35.30 m

He : Carga sobre la cresta incluyendo hv, asumido anteriormente He= 0.578
P/He = 2.941

QAL : Caudal máximo sobre la cresta del vertedero QAL= 33.58

m³/s

Debido a que la carga de diseño es igual a la carga del proyecto, entonces :

$$H_0 = H_e \rightarrow H_0 = 0.58 \text{ m} \rightarrow H_e/H_0 = 1.00$$

$$h_a = \frac{\left[\frac{Q}{(P + H_e) \cdot L} \right]^2}{2 \times 9.81} \rightarrow h_a = 0.009 \text{ m}$$

$$h_0 = H_e - h_a \rightarrow h_0 = 0.569 \text{ m}$$

$$h_d = P + H_e - d \rightarrow h_d = 1.28 \text{ m} \quad d = 1.00 \text{ m}$$

$$\frac{h_d}{H_e} = 2.211 \quad \frac{d + h_d}{H_e} = 3.941$$

Determinación el coeficiente de descarga C0, mediante el método Bureau of Reclamation. Utilizando ha/H0 leemos el coeficiente en la figura correspondiente. Luego se corrige el C por los diferentes factores.

Tenemos en cuenta los siguientes parámetros:

C = Coeficiente de descarga

C_i = Coeficiente de descargar de un vertedero de perfil ajustado a la lámina vertiente y con el paramento de aguas arriba en el talud

C_p = Coeficientes de descarga para alturas distintas de la de proyecto

C_{sz} = Coeficiente de descarga de un vertedero parcialmente sumergido debido al efecto del zampeado de aguas de abajo

C_{sn} = Coeficiente de descarga de un vertedero parcialmente sumergido debido al efecto del nivel de aguas de abajo

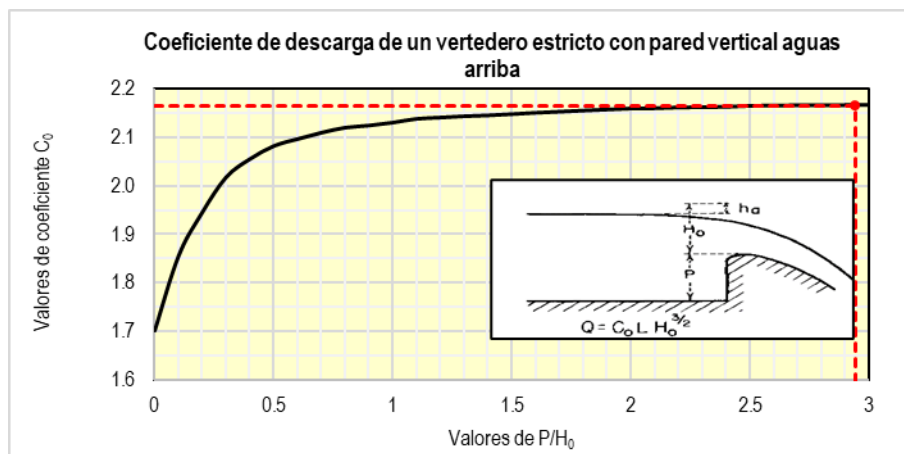
H_e = Altura total de energía sobre coronación, incluyendo la debida a la velocidad de aproximación (alturas distintas de la del proyecto)

h_d = Diferencia de nivel del embalse al nivel de la superficie del agua en el cauce aguas abajo.

d = Tirante aguas abajo

Figura 21

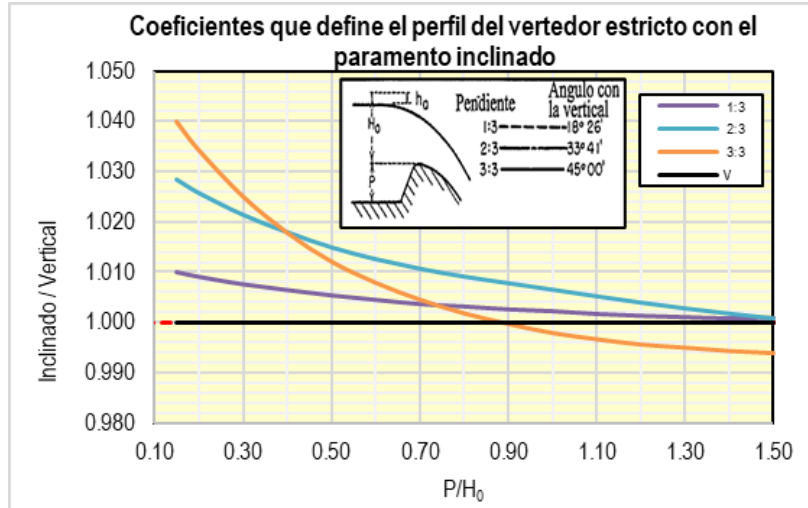
Coeficiente de descarga de un vertedero estricto con pared vertical aguas arriba.



Nota: La **Figura 21** nos muestra el coeficiente de descarga de un vertedero con pared vertical aguas arriba.

Figura 22

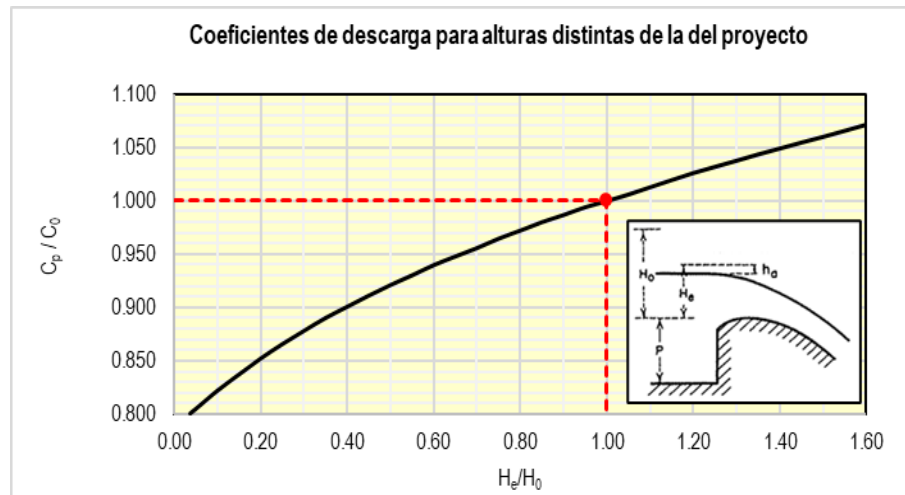
Coefficientes que define el perfil del vertedor estricto con el paramento inclinado.



Nota: De la gráfica vamos a obtener el Coeficiente que define el perfil del vertedor estricto con el paramento.

Figura 23

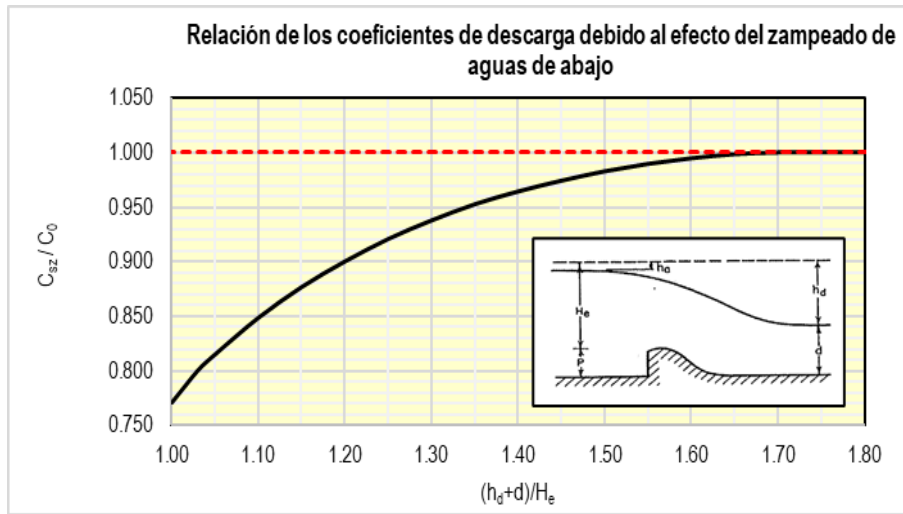
Coefficientes de descarga para alturas distintas de la del proyecto.



Nota: De la **Figura 23** vamos a obtener el Coeficiente de descarga para alturas distintas de la del proyecto.

Figura 24

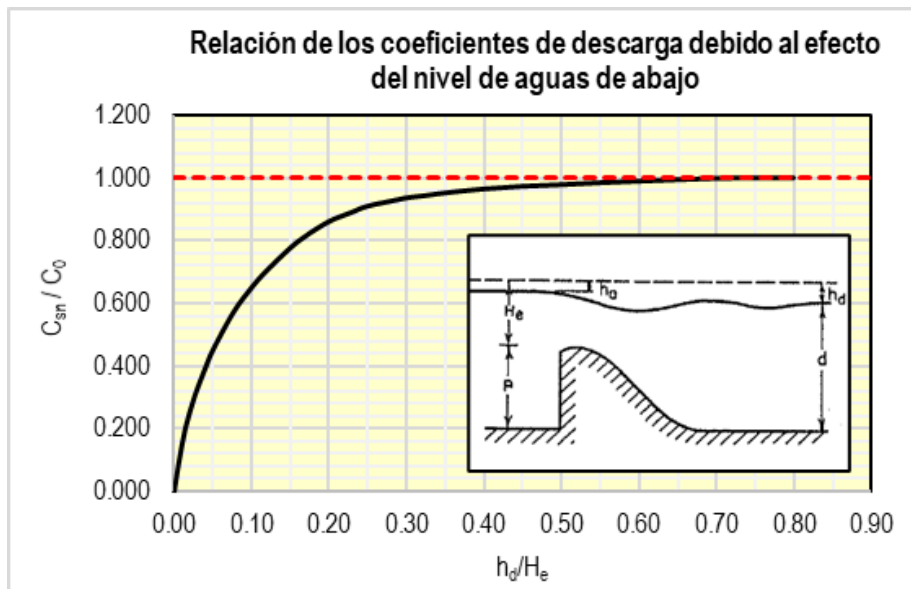
Relación de los coeficientes de descarga debido al efecto del zampeado de aguas de abajo.



Nota: En la gráfica se muestra la relación de los coeficientes de descarga debido al efecto del zampeado de aguas de abajo.

Figura 25

Relación de los coeficientes de descarga debido al efecto del nivel de aguas de abajo.



Nota: En la figura se muestra la relación de los coeficientes de descarga debido al efecto del nivel de aguas de abajo.

Corrección de C

$$C = C_0 \cdot C_i \cdot C_p \cdot C_{sz} \cdot C_{sn}$$

$$C_0 = 2.1650$$

$$C_i = 1.0000$$

$$C_p = 1.0000$$

$$C_{sz} = 1.0000$$

$$C_{sn} = 1.0000$$

Por lo tanto, el C definitivo será de: $C = 2.165$

2.2.4 Cálculo de la altura de carga sobre el vertedero

$$Q_{AL} = C \cdot L \cdot H_e^{3/2} \quad \rightarrow \quad H_e = \left[\frac{Q_{AL}}{C \cdot L} \right]^{2/3}$$

Donde:

Q_{máx}= Caudal Máximo Q_{máx} = 33.58 m³/s

C = Coeficiente de descarga C = 2.165

L = Longitud efectiva del vertedero L = 35.30 m

H₀ = Carga total sobre el vertedero H₀ = 0.578 m h_a = 0.009 m

h₀ = 0.569 m

C_{name} = Cota del nivel de agua extraordinario = 135.369 msnm

2.2.5 Calculo que pasa por el barraje móvil

Dimensionamiento de las compuertas cuando trabaja como orificio sumergido

Ancho de compuerta b = 1.30 m

Tirante aguas arriba y = 2.28 m

Abertura de la compuerta a = 1.70 m

Coeficiente de contracción C_c = 0.62

$$Q = C_d b a \sqrt{2gy} \quad C_d = \frac{C_c \cdot C_v}{\sqrt{1 + \frac{a \cdot C_d}{y}}} \quad C_v = 0.96 + \frac{0.079a}{y}$$

Coeficiente de velocidad C_v = 1.019

Coeficiente de descarga C_d = 0.522

Caudal de la compuerta Q_{comp} = 7.72 m³/s

Numero de compuertas N° comp. = 1

Verificación del caudal total en compuertas Q_{comp.} = 7.72 m³/s

Espesor de muro separador	e= 0.40 m
Ancho de canal	b= 1.30 m
Tirante conjugado 1	y1= 1.05 m
Velocidad en 1	V1= 5.63 m/s
Numero de Froude	F1= 1.75
Tirante conjugado 2	y2= 2.14 m OK

2.2.6 Cálculo del caudal máximo sobre la bocatoma

$$Q_{max} = Q_L + Q_{AL}$$

Donde:

Qmax.: Caudal máximo

QAL: Caudal del aliviadero

$$Q_{max} = 41.30 \text{ m}^3/\text{s} \text{ **OK**}$$

2.2.7 Determinación del perfil del vertedero Creager

La forma ideal es la del perfil de la superficie inferior de la napa aireada del escurrimiento sobre un vertedero de cresta afilada, el cual se conoce con el nombre de Perfil Creager.

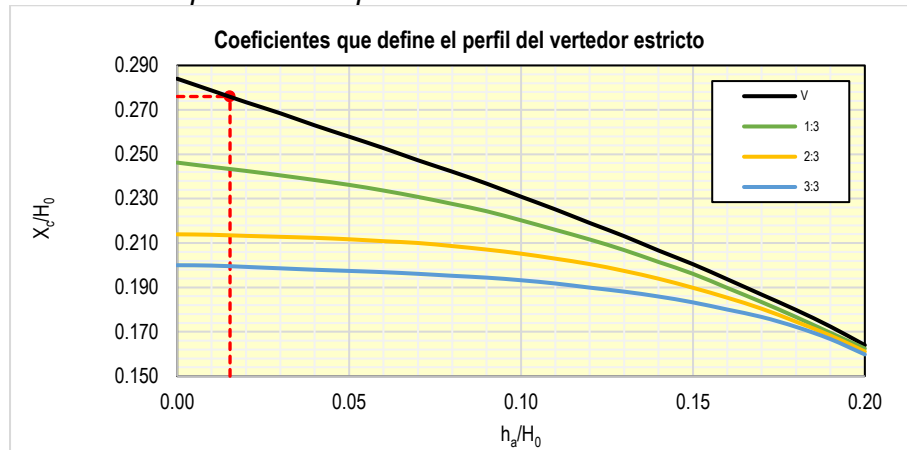
$$\frac{h_a}{H_0} = 0.0154$$

Cálculo del perfil aguas arriba

Determinación de las relaciones xc, yc, R1 y R2, mediante el método Bureau of Reclamation. Utilizando ha/H0 leemos en las siguientes figuras, cada una de las relaciones:

Figura 26

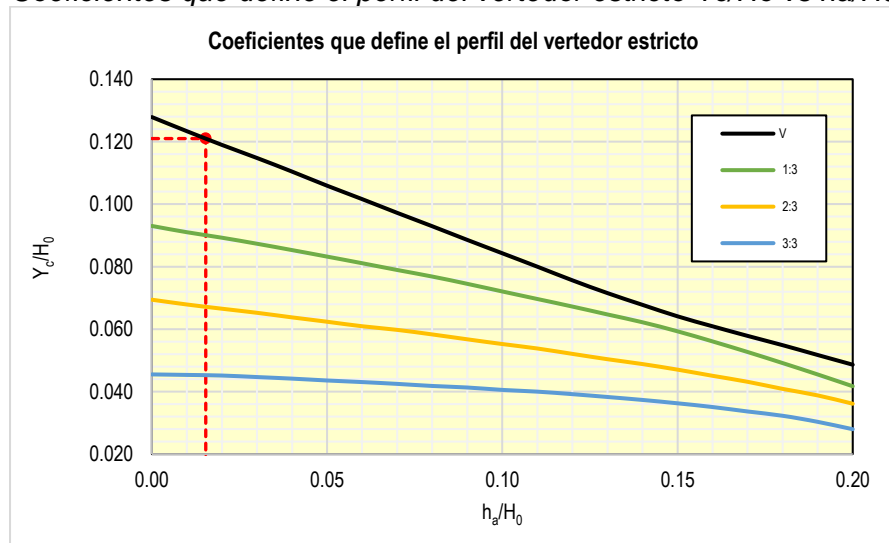
Coefficientes que define el perfil del vertedor estricto X_c/H_0 vs h_a/H_0 .



Nota: En la figura se determina el X_c mediante el método Bureau of Reclamation.

Figura 27

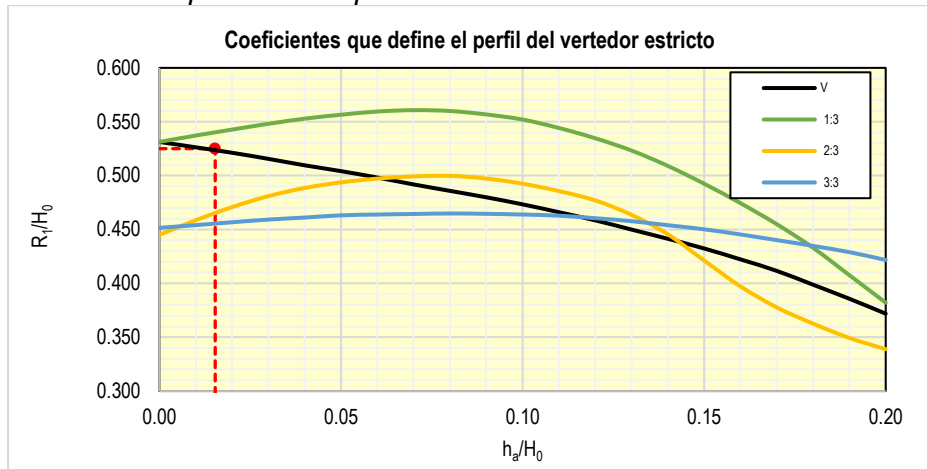
Coefficientes que define el perfil del vertedor estricto Y_c/H_0 vs h_a/H_0 .



Nota: En la gráfica se determina el Y_c mediante el método Bureau of Reclamation.

Figura 28

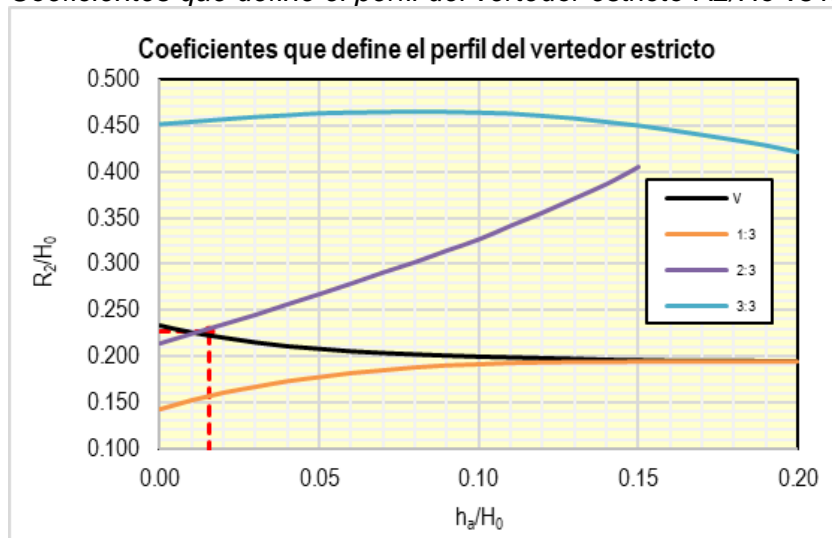
Coefficientes que define el perfil del vertedor estricto R_1/H_0 vs h_a/H_0



Nota: En la gráfica se determina el R_1 mediante el método Bureau of Reclamation.

Figura 29

Coefficientes que define el perfil del vertedor estricto R_2/H_0 vs h_a/H_0

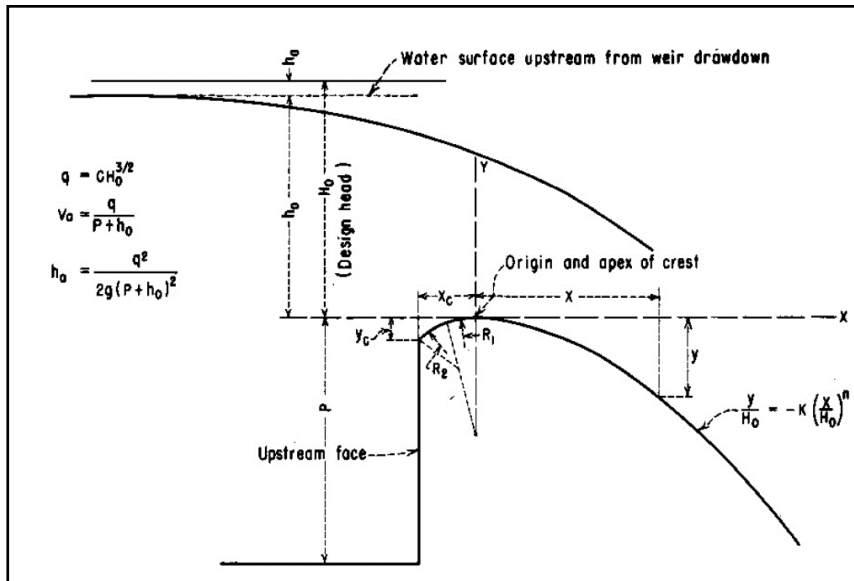


Nota: En la gráfica se determina el R_2 mediante el método Bureau of Reclamation.

$x_c/H_0 = 0.2760$	→	$x_c = 0.160$ m
$y_c/H_0 = 0.1210$	→	$y_c = 0.070$ m
$R_1/H_0 = 0.5250$	→	$R_1 = 0.304$ m
$R_2/H_0 = 0.2270$	→	$R_2 = 0.132$ m
		$R_1 - R_2 = 0.172$ m

Figura 30

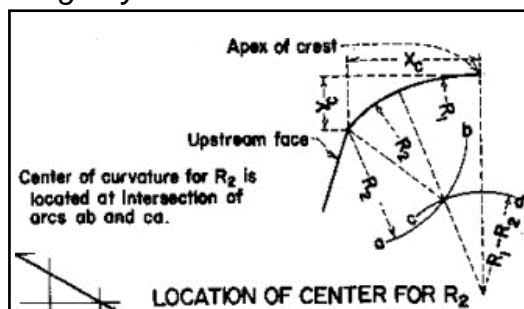
División del cimacio en cuadrantes, criterio general del USBR.



Nota: Desing of small, first edition (1960).

Figura 31

Origen y cima de la cresta.



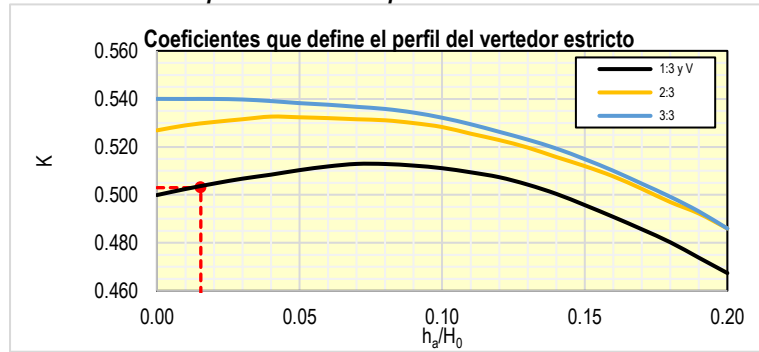
Nota: Desing of small, first edition (1960)

Cálculo del perfil aguas abajo

Determinación de los coeficientes K y n, mediante el método Bureau of Reclamation, utilizando h_a/H_0 y leemos en la figura los coeficientes

Figura 32

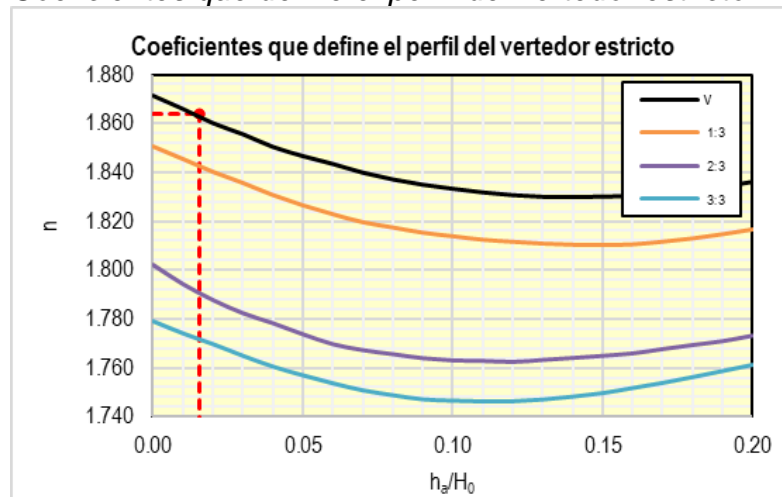
Coefficientes que define el perfil del vertedor estricto K vs ha/H0



Nota: En la figura se determina el K mediante el método Bureau of Reclamation.

Figura 33

Coefficientes que define el perfil del vertedor estricto n vs ha/H0



Nota: En la figura se determina el n mediante el método Bureau of Reclamation.

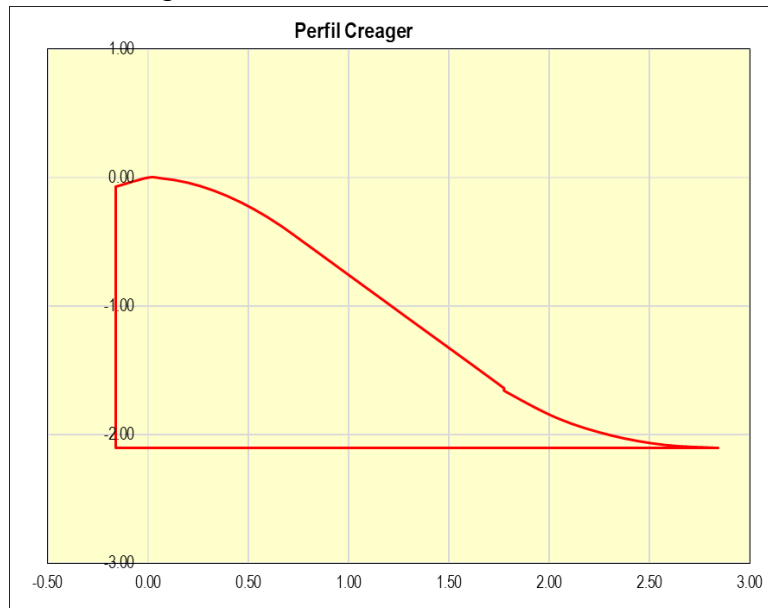
$$\frac{y}{H_0} = -K \left(\frac{x}{H_0} \right)^n$$

$$K = 0.503$$

$$n = 1.864$$

Figura 34

Perfil Creager



Nota: En la figura podemos observar el perfil creager, utilizado para evacuar caudales de crecientes.

Tabla 45.

valores para perfil Creager

Punto	X	y	Tramo
1	-0.16	-1.70	P
2	-0.16	-0.07	xc, yc
3	0.00	0.00	CREAGER
4	0.07	-0.01	
5	0.13	-0.02	
6	0.20	-0.04	
7	0.26	-0.07	
8	0.33	-0.10	
9	0.39	-0.14	
10	0.46	-0.19	
11	0.53	-0.24	
12	0.59	-0.30	
13	0.66	-0.37	
14	0.72	-0.44	TANGENTE
15	0.72	-0.44	
16	1.25	-1.04	
17	1.77	-1.63	CIRCULO
18	1.77	-1.65	
19	2.04	-1.87	
20	2.31	-2.00	
21	2.57	-2.08	
22	2.84	-2.10	

Z
0.40

Nota: Se muestran los valores para realizar el gráfico del perfil creager.

Determinamos el punto de tangencia para abandonar el Perfil Creager

$$X_t/H_0 = 1.25 \quad x_t = 0.722 \text{ m} \quad y_t = 0.44 \text{ m}$$

Derivando la expresión que define el perfil del cimacio, obtendremos la pendiente de la recta que define la tangencia en PT:

$$m = \tan \theta = \frac{dy}{dx} = \frac{d \left[K \cdot H_0 \cdot \left(\frac{x}{H_0} \right)^n \right]}{dx}$$

$$\text{Para } x_t = 0.72 \text{ m} \quad m = -1.14 \\ \Theta = 48.67^\circ$$

Asumiendo una altura de 1.25 m para el tramo recto

$$h_t = 1.25 \text{ m} \quad l_t = 1.05 \text{ m}$$

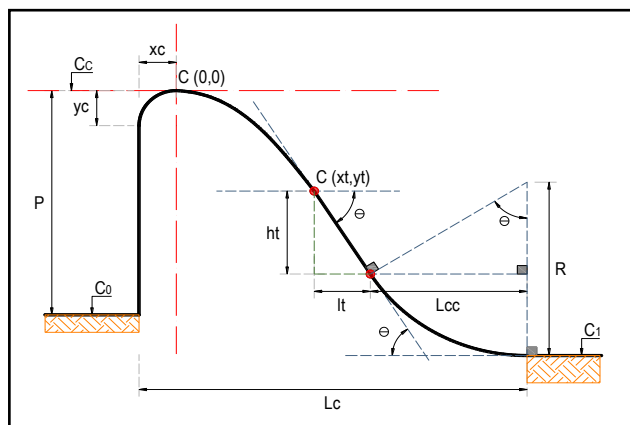
Distancia entre la cresta hasta el inicio de la poza amortiguadora

$$L_c = 3.00 \text{ m} \quad L_{cc} = 1.10 \text{ m}$$

$$R = \frac{L_{cc}}{\sin \theta} \quad R = 1.50 \text{ m} \quad \text{Recalcular}$$

Figura 35

Diseño del Perfil vertedero creager



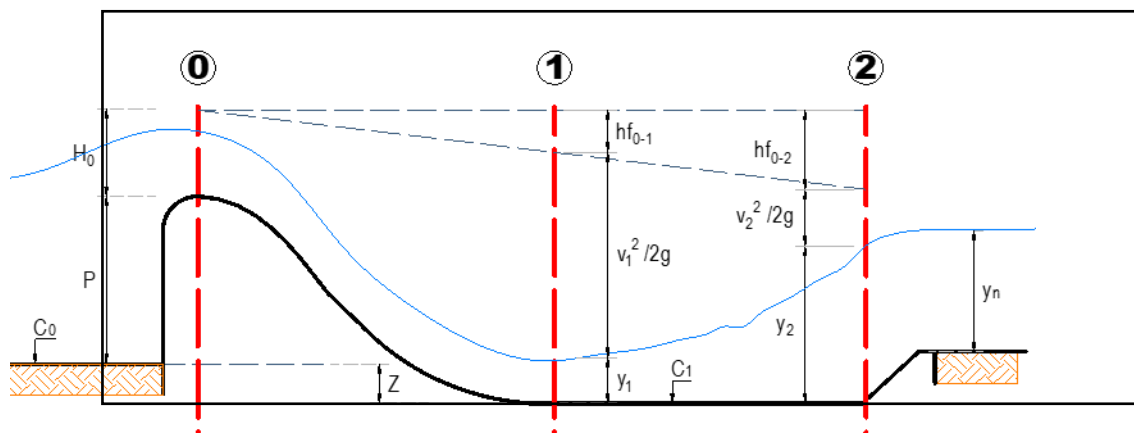
Nota: En la figura se muestra los elementos de diseño para el perfil vertedero creager.

2.3 DISEÑO DEL COLCHÓN DISIPADOR

Debido a la colocación del vertedero en el cauce del río se genera un incremento de energía potencial que se transforma en energía cinética al momento de verter el agua por encima del barraje. Se construyen estructuras de disipación aguas abajo del vertedero, con el objeto de formar un salto hidráulico, para disipar la energía cinética ganada.

Figura 36

Diseño del colchón disipador



Nota: En la figura se muestra que para el diseño del colchón disipador se utilizara las fórmulas empíricas de Bernoulli.

2.3.1 Cálculo del tirante conjugado menor (y_1) y tirante conjugado mayor (y_2)

Aplicamos Bernoulli entre la sección de control que se localiza en la cresta del vertedero y otra sección al pie del vertedero, es decir aplicamos balance de energía entre 0 y 1:

$$E_0 = E_1 + hf_{0-1}$$

$$C_0 + P + H_0 = C_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} + K \frac{V_0^2}{2g}$$

$$hf_{0-1} = K \frac{V_0^2}{2g}$$

Donde:

C_0 = Cota del terreno al pie del paramento aguas arriba

C_1 = Cota del colchón disipador

P = Altura del paramento = 1.70 m

H_0 = Altura de carga sobre el barraje = 0.58 m

y_1 = Tirante conjugado menor

$h_f 0-1$ = Pérdida de carga por fricción entre 0-1
 V_0 = Velocidad de llegada o de aproximación
 V_1 = Velocidad en el pie del barraje
 Q = Caudal sobre el barraje = 33.58 m³/s
 L = Longitud del barraje = 35.30 m
 K = coeficiente de pérdida = 0.1

Se tendrán las siguientes consideraciones para una sección rectangular:
 $C_0 - C_1 = Z = 0.40$ m además $V_0 = Q/LH_0$ $V_0 = 1.65$ m/s

Entonces nos quedará la siguiente ecuación:

$$Z + P + H_0 - 0.10 \frac{V_0^2}{2g} = y_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

Además:

$$V_1 = \frac{Q}{L \cdot y_1} \quad y_1 = 0.135 \text{ m} \quad V_1 = 7.04 \text{ m/s}$$

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot y_1}} \quad F_1 = 6.12 \text{ Flujo Supercrítico}$$

2.3.2 Cálculo de la longitud del resalto

Para sección rectangular

Linquist $L = (y_2 - y_1)$ $L = 4.84$ m

Safranez: $L = 6y_1 \cdot F_1$ $L = 4.96$ m

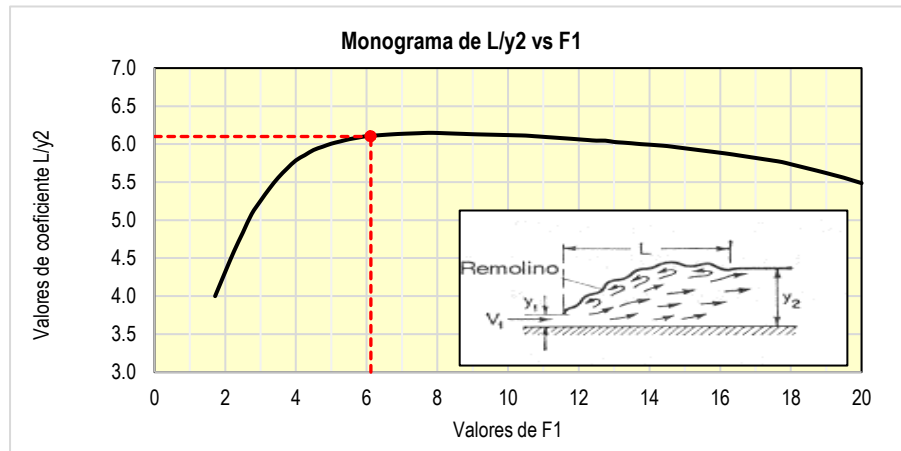
USBR: $L/y_2 = 6.10$ $L = 6.73$ m

Promediamos $L = 5.51$ m

Utilizaremos = 6.00 m

Figura 37

Monograma de L/y2 Vs F1



Nota: Se muestra en la **Figura 37** los valores de F1 vs L/Y2 con los que se puede calcular la longitud del resalto.

2.3.3 Cálculo de profundidad del colchón disipador

$$y_2 = 1.10 \text{ m} \quad y_n = 1.00 \text{ m} \quad y_2 > y_n$$

Conclusión:

El salto se mueve hacia aguas abajo hasta un punto en que la ecuación del salto se cumpla, se requiere colchón amortiguador.

Profundidad del colchón

Según Mansen, por seguridad de amortiguamiento recomienda

$$r_v = \alpha y_2 - y_n$$

Donde:

y_2 = Tirante conjugado mayor

y_n = Tirante normal del cauce

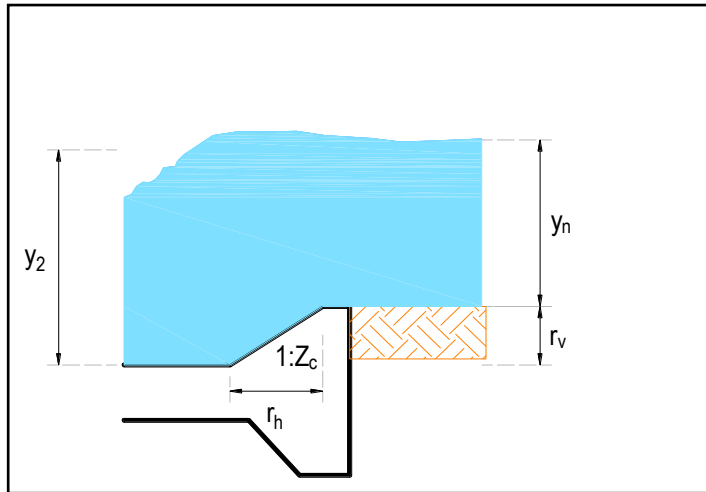
α = Varía entre 1.05 a 1.10 $\alpha = 1.1$

r = Profundidad del colchón disipador $r_v = 0.25 \text{ m}$

Considerando un talud de 1 : 1.50 $r_h = 0.40 \text{ m}$

Figura 38

Colchón Disipador



Nota: En la figura se muestra la profundidad del colchón disipador considerando un talud.

2.4 DISEÑO DEL CANAL DE LIMPIA

Es una estructura que permite reducir la cantidad de sedimentos que trata de ingresar al canal de derivación, arrastrando el material que se acumula delante de la ventana de captación. Su ubicación recomendada es perpendicular al eje del barraje vertedero y su flujo paralelo al del río, a menos que se realice un modelo hidráulico que determine otras condiciones.

2.4.1 Cálculo del tirante y la velocidad de arrastre en el canal de limpia

Tener en cuenta las siguientes consideraciones

Q: Caudal que pasa por el canal de limpia, como mínimo = $2 \cdot Q_{cap}$ o igual al caudal medio del río.

V: Velocidad en el canal de limpia, se recomienda que esté entre 1.5 m/s a 3 m/s

B: Ancho de la zona de limpia, se recomienda que sea 1/10 de la longitud del barraje

Velocidad según A. Mansen

$$V = 1.5 c \sqrt{d} \quad \text{Velocidad requerida para iniciar el arrastre}$$

Donde:

c : Coef. en función del tipo de material de arrastre = 4

d : Diámetro del grano mayor arrastrado (m) = 0.20 m

$$V = 2.68 \text{ m/s}$$

Tabla 46.

Coeficiente en función al tipo de material de arrastre

Material	c
Arena y grava redondeada	3.2
Arena y grava angular	3.9
Mezcla de grava y arena	4.5 3.5

Nota: En la tabla se muestra los diferentes coeficientes teniendo en cuenta el material de arrastre.

Velocidad para Qmin

$$Q_{cap} = 2.17 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Si } Q_{min} = 2Q_{cap} \rightarrow Q = 4.34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2 g}}$$

$$B = 1.30 \text{ m} \rightarrow y_c = 1.043 \rightarrow V_c = 3.20 \text{ m/s OK}$$

2.4.2 Pendiente del canal de limpia

Es recomendable que el canal de limpia tenga una pendiente crítica, que genere la velocidad de limpia

$$S_c = \frac{g \cdot A_c \cdot n^2}{B \cdot R_c^{4/3}}$$

Pendiente

Donde:

$$n = 0.014$$

$$p = 3.39 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$A = 1.36 \text{ m}^2$$

$$R = 0.40 \text{ m}$$

$$Sc = 0.0068 \quad \text{se asume } Sc = 0.010 = 1\%$$

2.4.3 Comprobación para 2 Qcap

$$Q_{\text{min}} = 4.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 1.30 \text{ m}$$

$$Y = 0.896 \text{ m (H – canales)}$$

$$S = 0.010$$

$$A = 1.16 \text{ m}^2$$

$$V = 3.73 \text{ m/s}$$

El flujo que se desarrolla en el canal de limpia es: Supercrítico

2.4.4 Comprobación para Qmedio

$$Q_{\text{med}} = 3.000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 1.30 \text{ m}$$

$$y = 0.675 \text{ m (H – canales)}$$

$$S = 0.010$$

$$A = 0.88 \text{ m}^2$$

$$V = 3.42 \text{ m/s}$$

El flujo que se desarrolla en el canal de limpia es: Supercrítico

2.5 DISEÑO DEL ENROCADO DELANTERO

Se acostumbra a poner zampeado aguas arriba del vertedero, sobre todo cuando el suelo es permeable, con el fin de alargar el camino de percolación, así como dar mayor resistencia al deslizamiento y prevenir efectos de erosión, en especial en épocas de avenidas. La longitud recomendada por la experiencia es tres veces la carga sobre la cresta.

$$L = 3H_0$$

Donde:

L= Longitud de Zampeado

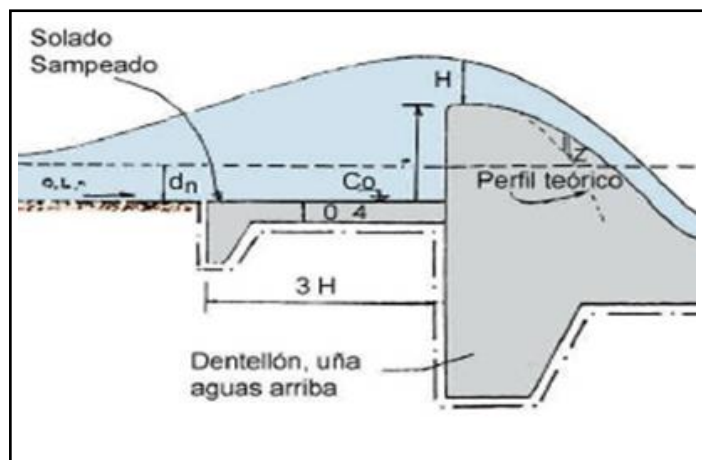
H₀= Carga total sobre el vertedero

L_s= 1.73 m

Asumimos: L_s= 3.50 m

Figura 39

Enrocado delantero



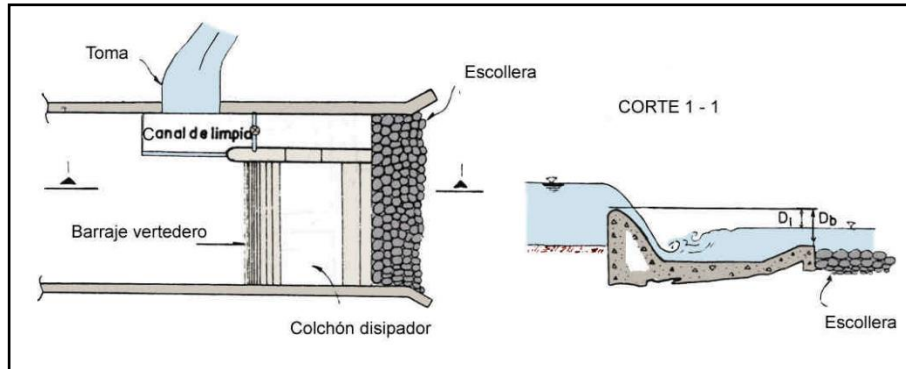
Nota: Mansen, Valderrama (2010)

2.6 DISEÑO DEL ENROCADO DE PROTECCION O ESCOLLERA

Al final del colchón disipador es necesario colocar una escollera o enrocado con el fin de reducir el efecto erosivo y contrarrestar el arrastre por acción de filtración.

Figura 40

Escollera al final del colchón disipador



Nota: Mansen, Valderrama (2010)

2.6.1 Cálculo de la longitud de filtración

Longitud de filtración necesaria (L_n)

$$L_n = Ch$$

Donde:

H: Carga de filtración

C: Coeficiente de filtración

Asumiendo $L_c = L_n$

Sumamos longitudes de filtración según el diseño $L_n = 14.25$ m

Cálculo de "c":

- Aguas máximas:

$$H = p + h_0 + Z - y_v - y_n$$

$$H = 1.27 \text{ m}$$

$$c = 11.23$$

- Aguas mínimas:

$$H = P + h_0$$

$$H = 2.27 \text{ m}$$

$$c = 6.28$$

- Según el criterio de Lane, el c para este tipo de suelo es

$$c = 3.00$$

Se debe tener en cuenta el coeficiente C

Tabla 47.

Coeficiente de filtración

Lecho del cauce	Tamaño grano (mm)	C (Bligh)	C (Lane)
Arena fina y Limo	0.005 a 0.01	18	8.5
Arena fina	0.1 a 0.25	15	7
Arena Gruesa	0.5 a 1.0	12	6
Gravas y arena		9	4
Bolonería, gravas y arena		4 6	3
Arcilla		6 7	1.6 3

Nota: En la tabla muestra coeficiente de infiltración teniendo en cuenta el lecho del cauce y tamaño de grano.

De estos tres coeficientes escogeremos el menor, que es:

$$c = 3.00 \rightarrow H = 1.27 \text{ m} \quad L_n = 3.81 \text{ m}$$

Longitud de filtración compensada (L_c)

$$L_{cl} = \frac{\sum L_h}{3} + \sum L_v > clxH$$

Donde:

L_h = Longitud horizontal en m, son considerados para mayor de $45^\circ = 5.30 \text{ m}$

L_v = Longitud vertical en m, son considerados para menor de $45^\circ = 9.65 \text{ m}$

$$L_{cl} = 8.52 \text{ m OK}$$

2.6.2 Cálculo de la longitud de escollera

$$L_e = L'' - L$$

$$H = P + H_0$$

$$H = 2.28 \text{ m}$$

$$q = Q/B$$

$$q = 0.95$$

$$L'' = 0.642C \sqrt{Hq} \quad \text{Si } C = 11.23 \quad L'' = 10.61 \quad L_e = 5.00 \text{ m}$$

2.6.3 Cálculo de la estructura de protección al final del colchón amortiguador (enrocado).

$$e = 0.6\sqrt{q} \left[\frac{H}{g} \right]^{0.25}$$

$$e = 0.41 \text{ m}$$

Se asume un número de filas de piedra NF = 1

$$\varnothing = 0.45$$

2.7 CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCACION

Método de Lischtvan – Lebediev, para suelos no cohesivos

$$h_s = d_s - y$$

$$d_s = \left[\frac{\alpha d_0^{5/3}}{0.68\beta \cdot D_m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{z+1}} \quad \text{Suelos no cohesivos}$$

$$\alpha = \frac{Q}{\mu B_e d_m^{5/3}} \quad d_m = \frac{A}{B_e}$$

Donde:

h_s = profundidad de socavación = 1.95, se asume = 2.00 m
 y = Desnivel entre la superficie del agua, al pasar la avenida y el fondo erosionado = 1.00

μ = Coef. de contracción producido por las pilas ($\mu = 1$, si no

hay contracciones) = 1 (ver tablas)

D_m = Diámetro medio del material del cauce en mm = 200.00

β = Coef. que toma en cuenta el periodo de retorno del $Q = 0.77$
(ver tablas)

Z = Exponentes en función de $D_m = 0.27$ (ver tablas)

d_m = Desnivel entre la superficie del agua, al pasar la avenida, y el nivel del fondo original (medido antes de la avenida). Se obtiene de dividir el área hidráulica entre el ancho de la superficie libre $B_e = 0.28$ m

d_0 = Se miden en cada sección vertical donde se desea hacer el cálculo

Q = Caudal de máxima avenida = 41.30 m³/s

A = Área hidráulica para avenida de diseño = 10.50 m²

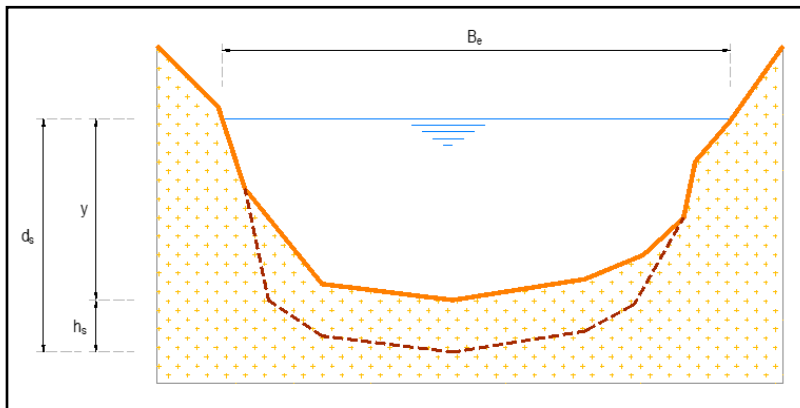
B_e = Ancho libre de la superficie al presentarse la avenida = 37.00 m

$\alpha = 9.11$ m/s

$d_s = 2.95$ m

Figura 41

Profundidad de socavación



Nota: En la figura se muestra la profundidad de socavación en la que se utilizara el método de lishtvan-lebediev.

2.8 CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

De acuerdo a la profundidad de socavación asumiremos una profundidad de cimentación de:

$P_d = 2.50$ m

Esta profundidad de cimentación será igual para la profundidad del dentellón

2.9 DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN

Se considera un borde libre de 0.50 m sobre el nivel máximo de aguas y a una profundidad superior a la profundidad de socavación

Altura de Muros Aguas Arriba (H_{mar})

$h_0 = 0.57$ m $P = 1.70$ m

$$H_{mar} = BL_{aa} + h_0 + P + P_d$$

$$H_{mar} = 5.80 \text{ m} \quad BL_{aa} = 1.00$$

Altura de Muros Aguas Abajo (H_{mab})

$$y_2 = 1.10 \text{ m}$$

$$BL_{ab} = 0.10(v_1 + v_2)$$

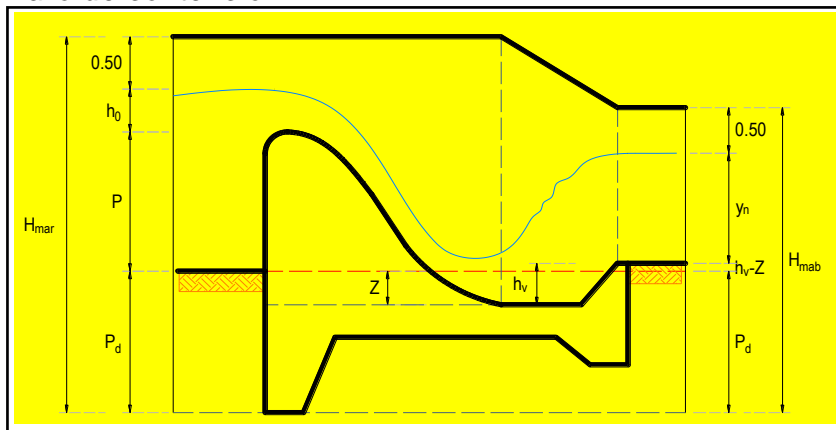
$$BL_{ab} = 0.81 \text{ m}$$

$$H_{mab} = BL_{ab} + y_n + P_d$$

$$H_{mab} = 4.45 \text{ m}$$

Figura 42

Muro de contención



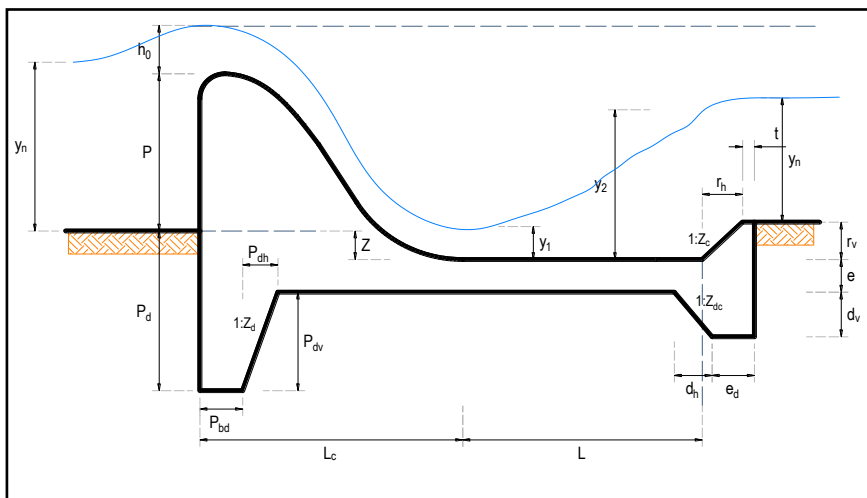
Nota: Se muestran los elementos que se calcularan para los muros de contención

2.10 RESUMEN DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Resultados	Asumidos
$y_{nar} = 1.00 \text{ m}$	$P_{bd} = 0.30 \text{ m}$
$P = 1.70 \text{ m}$	$e = 0.50 \text{ m}$
$P_d = 2.50 \text{ m}$	$Z_d = 1: 0.25$
$P_{dv} = 1.60 \text{ m}$	$Z_{dc} = 1: 1.00$
$P_{dh} = 0.40 \text{ m}$	$d_v = 0.35 \text{ m}$
$Z = 0.40 \text{ m}$	$d_h = 0.35 \text{ m}$
$h_0 = 0.57 \text{ m}$	$e_d = 0.30 \text{ m}$
$L_c = 3.00 \text{ m}$	$t = 0.25 \text{ m}$
$y_1 = 0.14 \text{ m}$	
$y_2 = 1.10 \text{ m}$	
$L = 6.00 \text{ m}$	
$r_h = 0.25 \text{ m}$	
$r_v = 0.40 \text{ m}$	
$y_{nab} = 1.00 \text{ m}$	
$Z_c = 1: 0.00$	

Figura 43

Perfil Resumen del barraje vertedero



Nota: Se muestra todos los cálculos que se deberán obtener al finalizar el diseño del barraje vertedero.

2.11 VENTANA DE CAPTACIÓN

Sus dimensiones se calculan según el caudal a derivar y por economía. Se recomienda considerar el caso crítico, cuando la ventana trabaja como orificio. (época de avenidas)

Dimensionamiento de la ventana cuando trabaja como orificio sumergido

Para garantizar una buena captación, se recomienda que la altura de la cresta del barraje sea mayor o igual a 0.20 m. por encima de la ventana.

Ancho de compuerta b= 1.50 m

Tirante aguas arriba y= 1.68 m

Abertura de la compuerta a= 0.80 m

Coefficiente de contracción Cc= 0.62

$$Q = C_d b a \sqrt{2gy}$$
$$C_d = \frac{C_c \cdot C_v}{\sqrt{1 + \frac{a \cdot C_d}{y}}}$$
$$C_v = 0.96 + \frac{0.079a}{y}$$

Coefficiente de velocidad Cv= 0.998

Coefficiente de descarga Cd= 0.543

Caudal de la compuerta Qcomp= 3.74 m3/s

Numero de compuertas N° Comp.= 1

Verificación del caudal total en compuertas Qcomp= 3.74 m3/s

Espesor de muro separador e= 0.25 m

Ancho de canal b= 1.50 m

Tirante conjugado 1 y1= 0.50 m

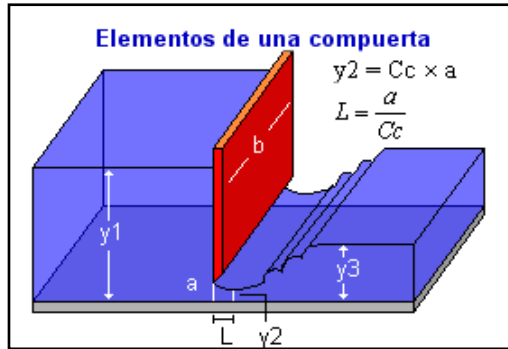
Velocidad en 1 V1= 5.03 m/s

Numero de Froude F1= 2.28

Tirante conjugado 2 y2= 1.37 m **OK**

Figura 44

Elementos de una compuerta

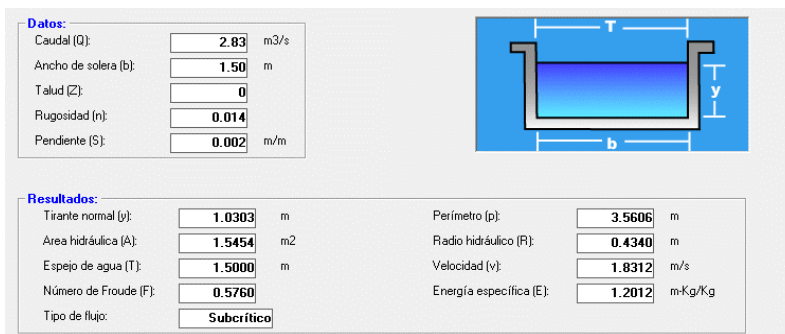


Nota: En la figura muestra los elementos que compone una compuerta.

2.12 CANAL DE CAPTACION

Figura 45

Canal de captación por H canales

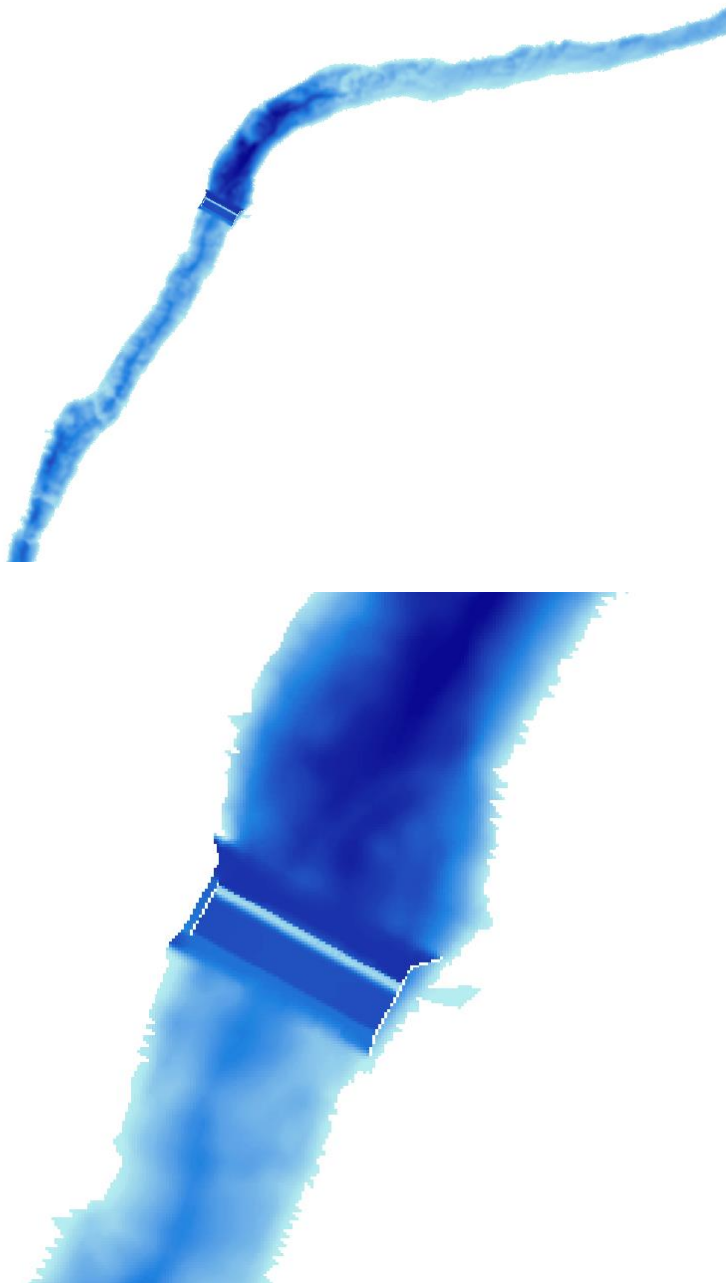


Nota: En la figura se muestra el programa H – canales que ha servido para determinar la altura de muros 1.65 m.

MODELAMIENTO HIDRAULICO EN IBER 2D

Figura 46

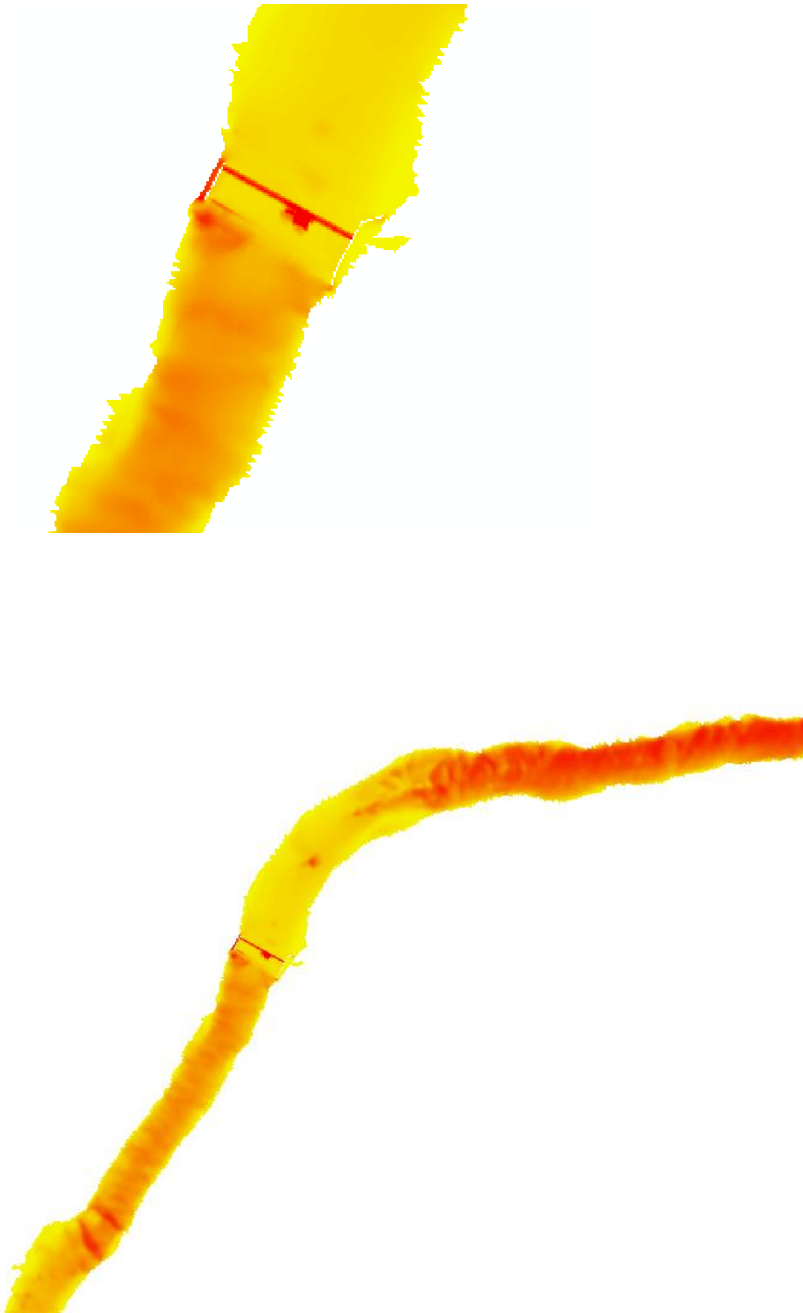
Tirante



Nota: En la figura se representa el tirante obtenido de la simulación en el programa IBER 2D.

Figura 47

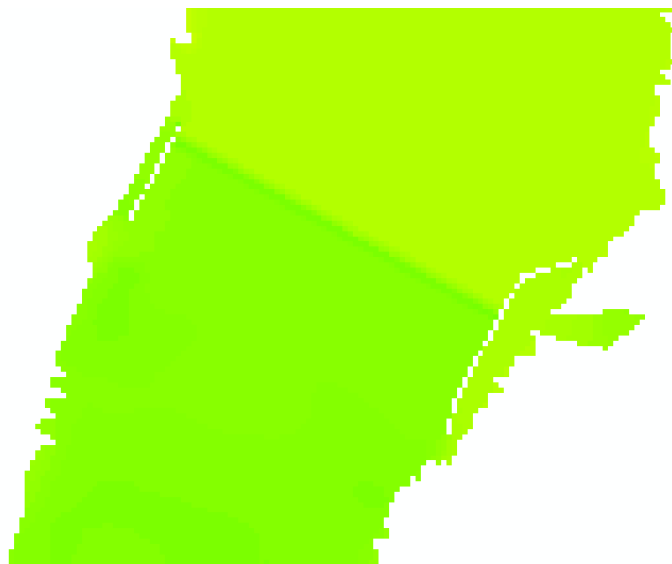
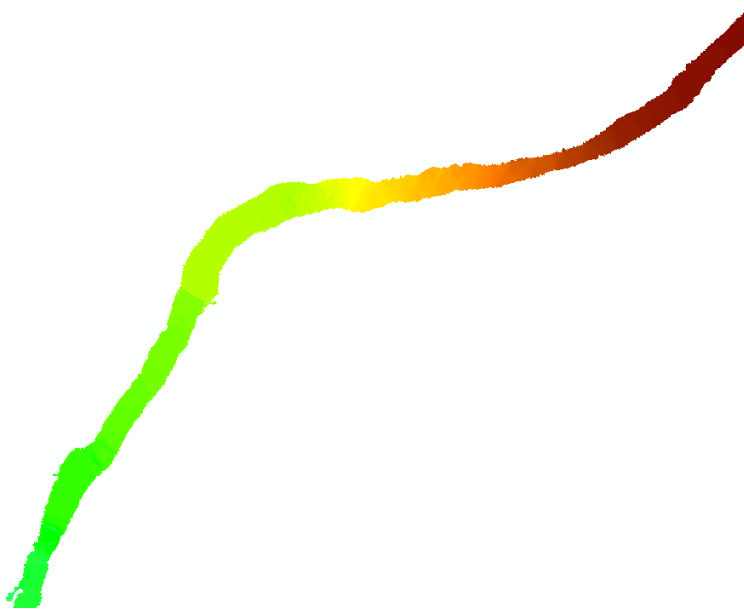
Velocidad



Nota: En la figura se representa la velocidad obtenida de la simulación en el programa IBER 2D.

Figura 48

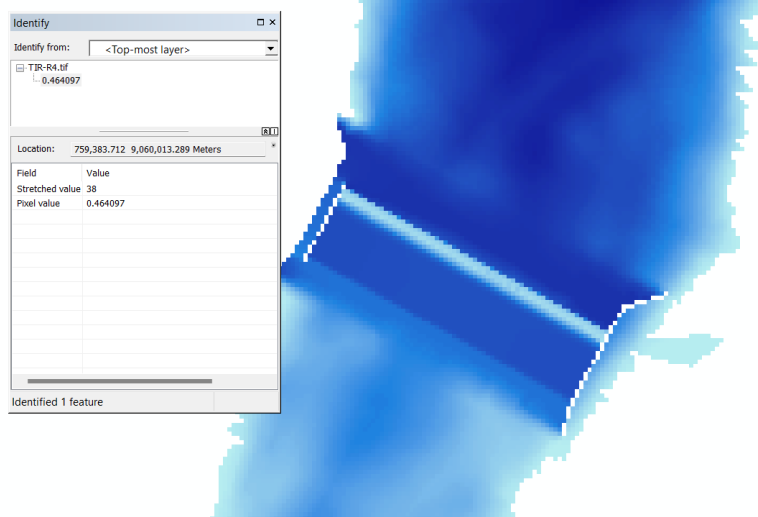
WSE



Nota: En la **Figura 48** se representa el WSE obtenido de la simulación en el programa IBER 2D.

Figura 49

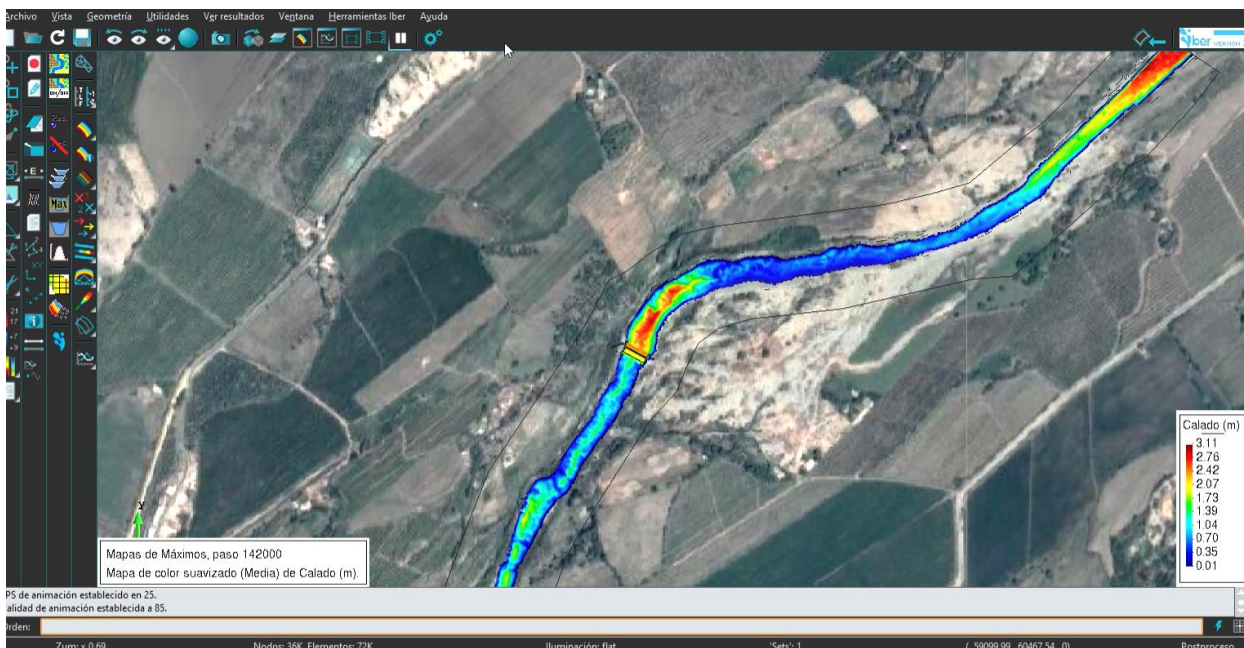
El tirante máx. por encima del barrage



Nota: En la figura muestra el tirante máx. por encima del barrage es de 0.46 m.

Figura 50

Simulación en programa IBER 2D



Nota: En la **Figura 50** podemos corroborar que la bocatoma funciona correctamente y el recorrido del flujo esta encauzado.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Se realizó un estudio de topografía levantando 2km de cauce, siendo 1km aguas arriba y 1km aguas abajo, 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 mecánica de suelos, contemplando la granulometría en el cauce del río, logrando así obtener sus características y el peso específico del suelo, esta información es absolutamente necesaria para el diseño.

- Para el estudio de concentración de caudales, se tomó en cuenta datos provenientes de la estación Trujillo de precipitación máxima de 24 hrs, teniendo en cuenta una frontera de 16 años para registro de datos, 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 realizó un diseño hidráulico de la bocatoma y de todos sus componentes también se analizó y comprobó su funcionamiento mediante un software de simulación de estructuras hidráulicas, encontrándose que el diseño es eficiente, cumple con las expectativas trazadas al inicio del proyecto, dentro del modelo cabe resaltar que se ha trabajado en software bidimensional.

- Se realizó el dimensionamiento del barrage, proponiendo una estructura de tipo creager ya que para diferentes autores ha mostrado que se puede encausar el exceso de agua que se incrementa en diferentes temporadas del año sin peligro de producir erosión y deterioro en la estructura. se consideró además necesaria la colocación de un barrage mixto, 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.

CONCLUSIONES

- La Topografía realizada fue obtenida a través de una fotogrametría con DRONE, en el área del proyecto es de tipo ondulado, ya que las pendientes obtenidas están dentro del rango de 2% a 8%.

-Se ha realizado el estudio de mecánica de suelos con 02 calicatas a tajo abierto de profundidad de 3.0m, aguas arriba y aguas abajo respectivamente. En los primeros 0.30m se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico en estado suelto. A partir de 0.30m hasta 3.00m según la clasificación SUCS es una Arena Pobremente Graduadas con ciertos limos (SP-SM), de color amarillo oscuro, ligeramente plástico, de poca humedad con presencia de gravas. No se presenta el Nivel Freático (NAF) a la profundidad de exploración indicada.

-Se ha realizado un estudio hidrológico en función a la estructura a proyectar tomando para el diseño de bocatoma un periodo de retorno de $T=100$ años, el cual dio como resultado un caudal de máximo avenida $Q_{max} = 41.30$ m³/s.

-Las Dimensiones de la bocatoma son las siguientes:

Captación:

Base= 1.50 m. Altura= 0.80 m. Borde libre= 0.60 m. Tirante normal= 1.00 m.

Barraje mixto:

Barraje tipo Creager: Base = 35.30 m. Altura= 1.70 m. a una elevación de 134.80 msnm.

Barraje móvil: Base= 1.30 m. Altura= 1.70 m. a una elevación de 136.45 msnm.

Colchón Disipador:

$Y_1 = 0.135$ m. $Y_2 = 1.10$ m. Longitud= 6.00 m.

-Se ha realizado el modelamiento hidráulico considerando el caudal máximo $T=100$ años, simulando el escenario en IBER 2.3.4, que a través de la construcción de un modelo numérico bidimensional nos ha permitido corroborar que las dimensiones de la bocatoma, son las adecuadas para el caudal de máxima avenida sin alterar el cauce u ocurra un desborde del río.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que, para iniciar trabajos de levantamiento topográfico con Dron se debe contar con un GPS con una precisión exacta, para evitar errores, puesto que afectan al diseño de la bocatoma en relación a sus dimensiones y cotas.

Para el estudio de mecánica de suelos las calicatas deben tener un largo x ancho de 1m2 para la profundidad 3.0m, para una mejor obtención de la muestra y visualización del perfil estratigráfico.

Para el caudal de máximas avenidas, es necesario informarse con pobladores del lugar, para confirmar la información extraída de las estaciones pluviométricas, si las precipitaciones mm/hr son muy elevadas o son las correctas, de acuerdo a lo que manifiestan los moradores. Esto inducirá a tener un óptimo diseño. En el caso no se encuentre una estación pluviométrica cercana puede recurrirse a información de estaciones del SENAMHI, son de mucha ayuda.

Para la Ejecución de una Bocatoma, es necesario delimitar el cauce del río con una protección, con el fin de salvaguardar la infraestructura.

Para diseñar la bocatoma es necesario contar con un estudio hidrológico certero ya que, gracias a esto, se puede determinar las dimensiones adecuadas para la bocatoma.

Para la simulación hidráulica se necesitó colocar tabiques para un mejor funcionamiento y evitar el desborde del caudal en máximas avenidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, M. (1981). Diseño de una Bocatoma, Caso: Bocatoma de Bocanegra. Lima: UNI.
- Arbulú, J. (2010). Estructuras Hidráulicas. Perú: Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Arburú, J. (2015). Obras Hidráulicas. Lima: UNMSM.
- Autoridad Nacional del Agua, A. (2010). Manual: Criterios de diseño de Obras Hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos. Lima: ANA.
- Díaz, 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.
- Gutiérrez, Cesar. (2014). Programa Para el Diseño Hidráulico y Estructural de Bocatomas Tipo Barraje con el Visual Basic 9.0 – HuamangaAyacucho-2011: Tesis de pregrado: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- 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.
- Koenig, L., & Faggion, P. (2012). Fundamentos de topografía. Paraná: Universidad Federal de Paraná.
- Mansen, A.(2006). Diseño de Bocatomas. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento académico de Hidráulica e Hidrología.
- Mansen, 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.
- Marbello, R. (2015). Manual de prácticas del laboratorio de hidráulica. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

- 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. Plinimetría. 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.
- Rocha, A. (2006). La Bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico. Congreso nacional de estudiantes de ingeniería
- Santamaría, J. (2005). Manual de prácticas de Topografía y cartografía. Rioja: Universidad de Rioja.
- UNATSABAR. (2005). Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Martínez, E. (20). Diseño de pequeñas presas. Bellisco: Ediciones técnicas y científicas
- Ministerio de transportes y comunicaciones (2011). Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje. RD N°20 -2011 MTC/14

ANEXOS

Tabla 48.
Valores del coeficiente de contracción del cauce

TABLA N° 1 VALORES DEL COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN DEL CAUCE μ													
Velocidad media en mts/seg	Luz libre entre dos pilas, en metros												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
	Coeficiente μ												
Menor de 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1	1	1	1	1	1
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1	1	1
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1
2.5	0.9	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.00 o Mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Nota: Se muestran los valores del coeficiente de contracción del cauce teniendo en cuenta la velocidad y la luz libre entre dos pilas.

Tabla 49.

Valores de X y Z para suelos cohesivos y no cohesivos.

SUELOS COHESIVOS		SUELOS NO COHESIVOS	
P. específico Gd (T/m ³)	x	dm (mm)	z
0.80	0.52	0.05	0.43
0.83	0.51	0.15	0.42
0.86	0.50	0.50	0.41
0.88	0.49	1.00	0.40
0.90	0.48	1.50	0.39
0.93	0.47	2.50	0.38
0.96	0.46	4.00	0.37
0.98	0.45	6.00	0.36
1.00	0.44	8.00	0.35
1.04	0.43	10.00	0.34
1.08	0.42	15.00	0.33
1.12	0.41	20.00	0.32
1.16	0.40	25.00	0.31
1.20	0.39	40.00	0.30
1.24	0.38	60.00	0.29
1.28	0.37	90.00	0.28
1.34	0.36	140.00	0.27
1.40	0.35	190.00	0.26
1.46	0.34	250.00	0.25
1.52	0.33	310.00	0.24
1.58	0.32	370.00	0.23
1.64	0.31	450.00	0.22
1.71	0.30	570.00	0.21
1.80	0.29	750.00	0.20
1.89	0.28	1000.00	0.19
2.00	0.27		

Nota: Se muestran los valores para X y Z en suelos cohesivos y no cohesivos teniendo en cuenta peso específico y el Dm.

Tabla 50.*Tipo de resalto hidráulico*

F ₁		Tipo de resalto hidráulico	Descripción	Cuenco amortiguador
0.00	1.00		No se forma resalto	No necesita cuenco
1.00	1.70	Ondulado	Tirante es menor al crítico	No necesita cuenco, solo que L del canal $\geq 4y_2$
1.70	2.50	Débil	Situación previa al resalto	TIPO I [15]: No se necesita dados ni umbrales (Fig. B-15)
2.50	4.50	Oscilante	Situación en transición	TIPO IV: (Fig. 9-39 (A)), $Y_2 = 1.10 Y_1$, Q pequeños, fig 9-4 para F pequeños
4.50	9.00	Estacionario	Rango para un resalto perfecto	TIPO II: (Fig. 9-41). Se instalan dados, bloques, y umbrales, etc, $V < 18$ m/s
9.00	9.00	Fuerte	Resalto pero con superficie ondulada aguas abajo	TIPO III (Fig. 9-42) : $V > 18$ m/s, no se emplean bloques de impacto, pero si dados, $Y_2 = 1.05 Y_1$

Nota: En la tabla se muestra el tipo de resalto hidráulico que se tomara en cuenta según su F₁.

Tabla 51.*Valores del coeficiente β*

Probabilidad anual de que se presente el caudal de diseño (%)	Periodo de retorno T (años)	Coficiente β
100	1	0.77
50	2	0.82
20	5	0.86
5	20	0.94
2	50	0.97
1	100	1
0.3	300	1.03
0.2	500	1.05
0.1	1000	1.07

Tabla 52*Tipo de cuenco amortiguador*

F ₁		Cuenco amortiguador
0.00	1.70	No necesita
1.70	2.50	TIPO I
2.50	4.50	TIPO IV
4.50	4.50	TIPO III o TIPO II

Nota: En la tabla se muestra el tipo de cuenco amortiguador que se tomara en cuenta según su F₁.

Tabla 53.
Valores del coeficiente de descarga – P/H_0 vs C_0

P/H_0	C_0 (S.I.)	C_0 (S. INGLES)
0	1.702321709	3.108
0.1	1.856231747	3.389
0.2	1.946058247	3.553
0.3	2.018357624	3.685
0.4	2.055602758	3.753
0.5	2.082441164	3.802
0.6	2.09668195	3.828
0.7	2.109827292	3.852
0.8	2.12023402	3.871
0.9	2.124615801	3.879
1	2.130640749	3.89
1.1	2.138308865	3.904
1.2	2.141047477	3.909
1.3	2.14378609	3.914
1.4	2.145429258	3.917
1.5	2.148167871	3.922
1.6	2.150906483	3.927
1.7	2.153097374	3.931
1.8	2.155288264	3.935
1.9	2.157479154	3.939
2	2.159670044	3.943
2.1	2.160217767	3.944
2.2	2.161860934	3.947
2.3	2.162408657	3.948
2.4	2.16295638	3.949
2.5	2.16514727	3.953
2.6	2.165694992	3.954
2.7	2.166242715	3.955
2.8	2.166242715	3.955
2.9	2.166790437	3.956
3	2.16733816	3.957

Figura 51.

Coeficientes de descarga

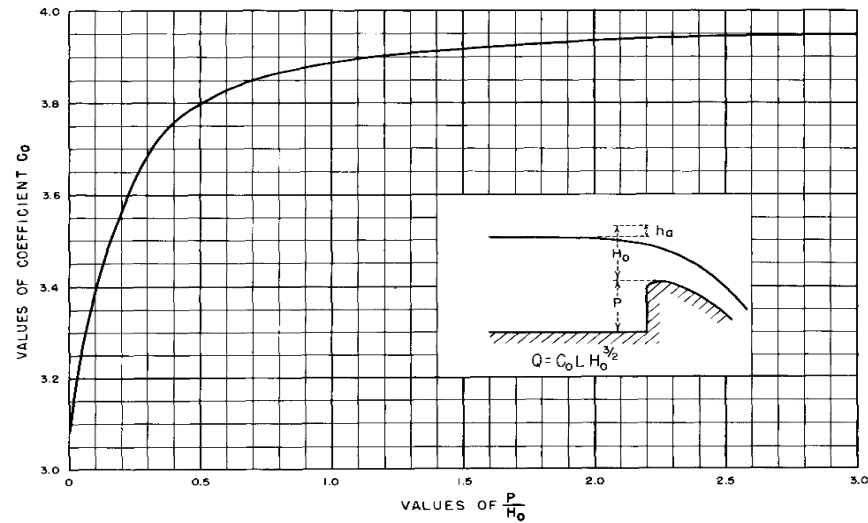


Figure 9-23.—Discharge coefficients for vertical-faced ogee crest. 288-D-2409.

Nota: Criterio USBR, Desing of Small Dams 1987.

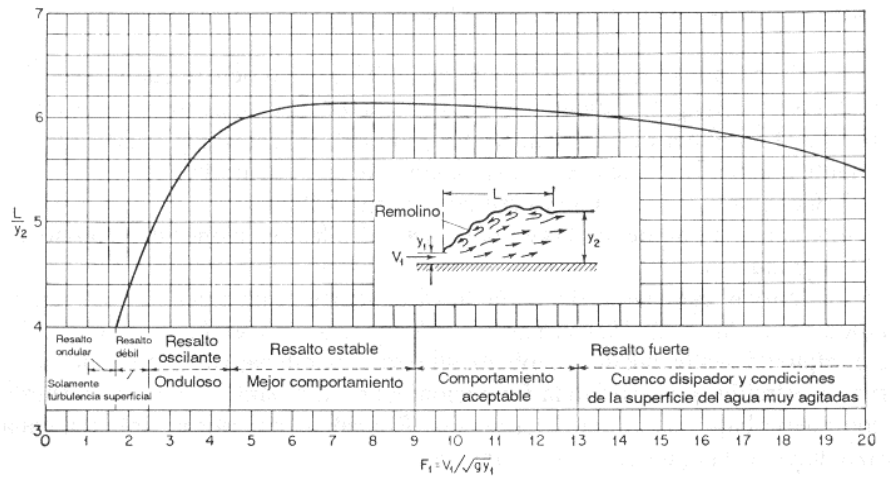
Tabla 54.

Valores para la longitud del resalto hidráulico F_1 vs L/Y_2

F_1	L/Y_2
1.714	4.000
1.750	4.040
2.000	4.319
2.250	4.592
2.500	4.837
2.750	5.082
3.000	5.254
3.250	5.415
3.500	5.559
3.750	5.679
4.000	5.786
4.250	5.854
4.500	5.923
4.750	5.965
5.000	6.006
5.250	6.035
5.500	6.064
5.750	6.085
6.000	6.105
6.250	6.114
6.500	6.122
6.750	6.130
7.000	6.135
7.250	6.140
7.500	6.144
7.750	6.148
8.000	6.147
8.250	6.143
8.500	6.138
8.750	6.134
9.000	6.130
9.250	6.127
9.500	6.124
9.750	6.121
10.000	6.119
10.250	6.116
10.500	6.112
10.750	6.104
11.000	6.096
11.250	6.088
11.500	6.079
11.750	6.071
12.000	6.063
12.250	6.054
12.500	6.046
12.750	6.046
13.000	6.029
13.250	6.020
13.500	6.011
13.750	6.000
14.000	5.993
14.250	5.984
14.500	5.974
14.750	5.960
15.000	5.945
15.250	5.930
15.500	5.916
15.750	5.901
16.000	5.886
16.250	5.871
16.500	5.853
16.750	5.836
17.000	5.818
17.250	5.801
17.500	5.783
17.750	5.764
18.000	5.735
18.250	5.706
18.500	5.678
18.750	5.649
19.000	5.619
19.250	5.588
19.500	5.558
19.750	5.522
20.000	5.487

Figura 52

Relación adimensional para la longitud del resalto hidráulico.



Nota: Ven Te Chow (2004) "hidráulica de canales".

Tabla 55*Valores para la definición del perfil de cresta (K)*

K	h_g/H_0	1:3 y V	2:3	3:3
0	0.49992117	0.52687113	0.54	
0.01	0.50243587	0.52895955	0.53995698	
0.02	0.5047081	0.53035965	0.5399648	
0.03	0.50674959	0.53150163	0.53973406	
0.04	0.50842345	0.53261232	0.53908876	
0.05	0.5103085	0.53232292	0.53822054	
0.06	0.5118533	0.53198267	0.5375596	
0.07	0.51289751	0.53150163	0.53668356	
0.08	0.51286622	0.53107534	0.53579579	
0.09	0.51219746	0.52990599	0.53427836	
0.1	0.51111414	0.5282595	0.53213519	
0.11	0.50939335	0.5254945	0.52942495	
0.12	0.50736751	0.52283509	0.52627277	
0.13	0.50426617	0.51969855	0.52301499	
0.14	0.50042176	0.5157642	0.51932311	
0.15	0.49573651	0.51199018	0.51488033	
0.16	0.49081661	0.50769211	0.51002691	
0.17	0.48565814	0.50251409	0.50465726	
0.18	0.48022591	0.49698017	0.49918592	
0.19	0.47381204	0.49222453	0.49308884	
0.2	0.46740209	0.48597492	0.48597492	

➤

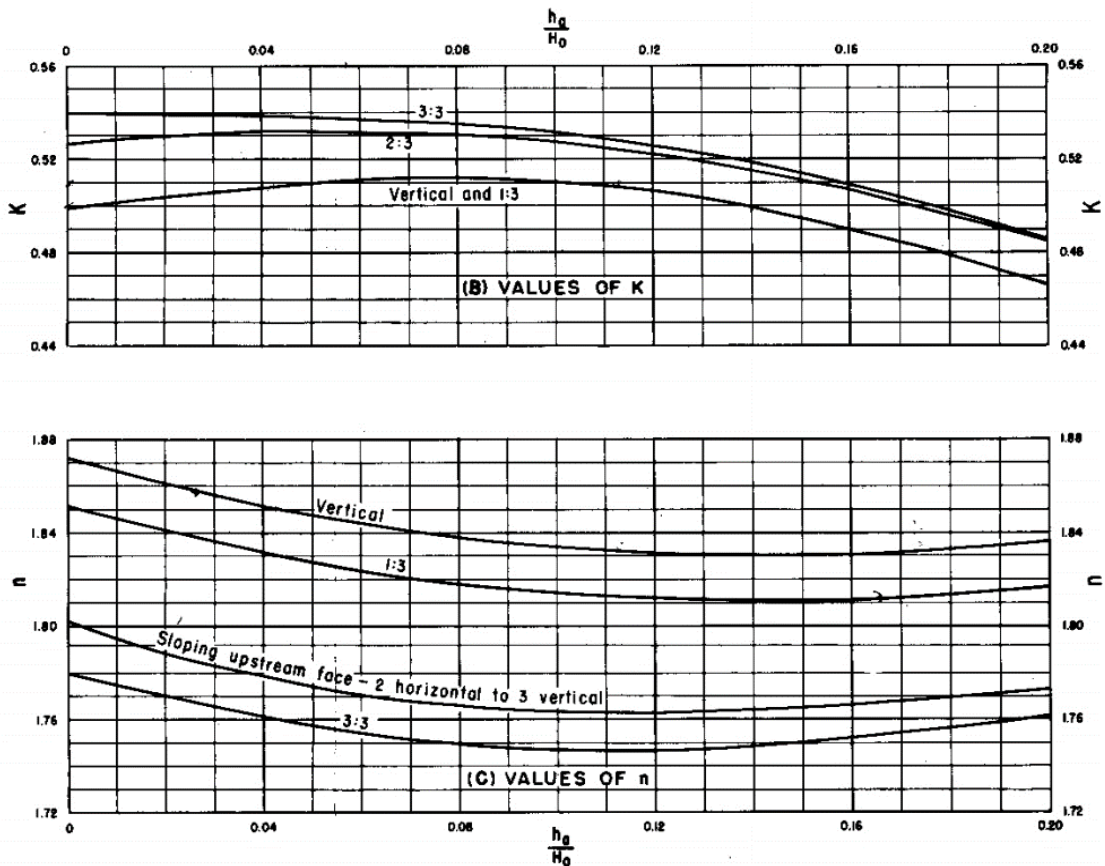
➤

Tabla 56*Valores para la definición del perfil de cresta (n)*

n	h_g/H_0	1:3	2:3	3:3	V
0	1.85045358	1.80199142	1.77917737	1.87117437	
0.01	1.84535934	1.79413779	1.77420891	1.86579528	
0.02	1.84012751	1.78766778	1.7698222	1.86001709	
0.03	1.83558357	1.78232983	1.76503455	1.85547708	
0.04	1.83068193	1.77823793	1.76063998	1.85034745	
0.05	1.82648783	1.77374508	1.75704728	1.84661325	
0.06	1.8228794	1.76969249	1.7537769	1.84340576	
0.07	1.8196444	1.76729866	1.75090745	1.83986809	
0.08	1.81749035	1.76564382	1.74891063	1.8371087	
0.09	1.81537168	1.7639929	1.74723614	1.83497038	
0.1	1.81393303	1.76310063	1.74667797	1.83332733	
0.11	1.8124983	1.76287264	1.74635958	1.8318533	
0.12	1.81167678	1.76247171	1.74643819	1.83073539	
0.13	1.81092601	1.76329716	1.74715359	1.83005055	
0.14	1.81048576	1.76408724	1.74835247	1.82989971	
0.15	1.81032853	1.76497559	1.74978719	1.83011591	
0.16	1.81059975	1.76598186	1.75187835	1.83032817	
0.17	1.81173967	1.76771532	1.75395378	1.83068979	
0.18	1.81306433	1.76938196	1.7563476	1.832608	
0.19	1.81476634	1.77096998	1.75882004	1.83417244	
0.2	1.81668886	1.77319817	1.76137069	1.83614974	

Figura 53

Factores para la definición del perfil de cresta - valor de k y n



Nota: Valores para K y n para diferentes taludes del parámetro aguas arriba, Desing of Small Dams 1987.

Tabla 57

Valores para la definición del perfil de cresta (X_c)

X_c	h_g/H_0	1:3	2:3	3:3	V
	0	0.24623113	0.21392794	0.2	0.28401479
	0.01	0.2443144	0.21372317	0.199846	0.27872988
	0.02	0.2424863	0.21322341	0.19924971	0.2734454
	0.03	0.2404806	0.21279992	0.1986004	0.26844212
	0.04	0.23839037	0.21233703	0.19796453	0.26300874
	0.05	0.23619514	0.21169186	0.19743868	0.25792062
	0.06	0.23364666	0.21082362	0.19687181	0.25277861
	0.07	0.23078139	0.21001716	0.19612501	0.24729749
	0.08	0.22763849	0.20862497	0.19524406	0.24215254
	0.09	0.22431699	0.20705145	0.19440773	0.23675136
	0.1	0.22023372	0.20521422	0.19323277	0.23089103
	0.11	0.21594465	0.20295205	0.19176939	0.22513552
	0.12	0.21158801	0.20050454	0.18989999	0.21902063
	0.13	0.20680649	0.19743099	0.18810706	0.21309406
	0.14	0.20147034	0.19392686	0.18590684	0.20661495
	0.15	0.19613322	0.18983329	0.1832595	0.20046217
	0.16	0.18976168	0.18536185	0.18002565	0.19367191
	0.17	0.1833824	0.18040333	0.17668909	0.1867558
	0.18	0.1766481	0.17454208	0.17222051	0.17984823
	0.19	0.16953119	0.16833292	0.16671562	0.17235832
	0.2	0.16248147	0.16114068	0.15979811	0.16401304

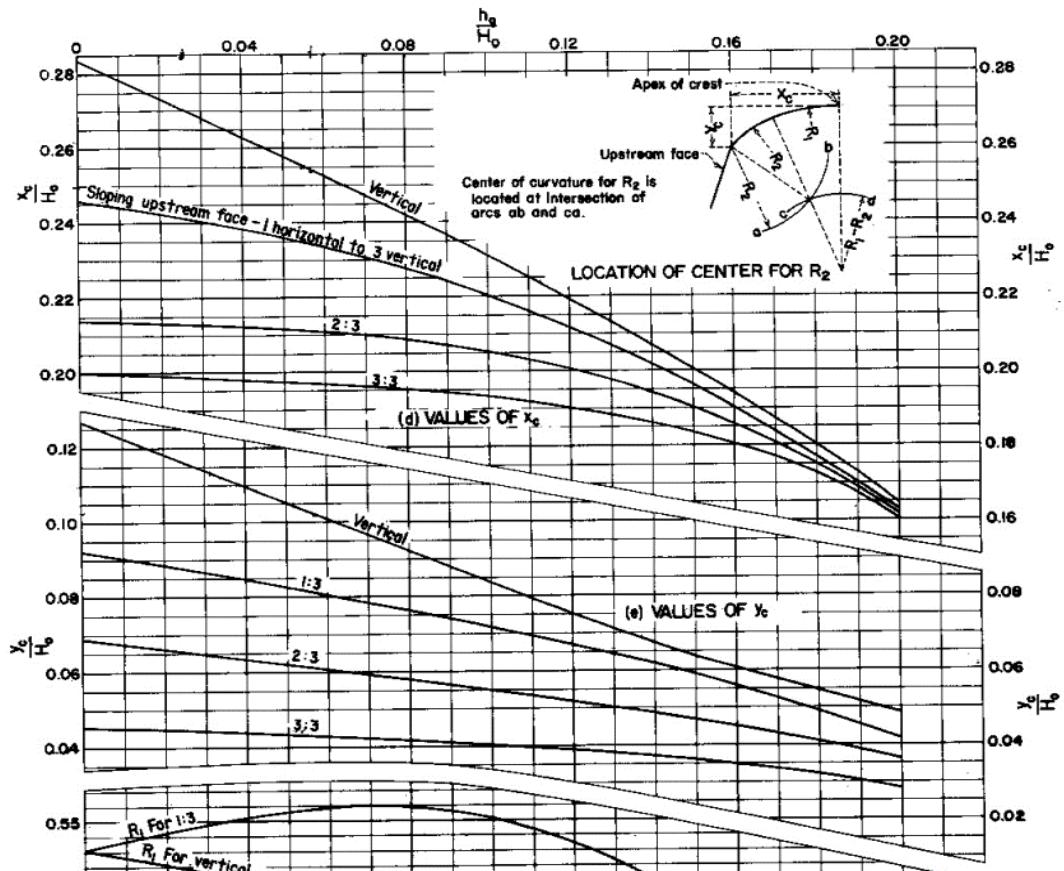
Tabla 58

Valores para la definición del perfil de cresta (Y_c)

Y_c	h_g/H_0	1:3	2:3	3:3	V
	0	0.0930371	0.06943322	0.04551572	0.12788389
	0.01	0.09102724	0.06789403	0.04535651	0.12335785
	0.02	0.08926791	0.06654041	0.04515425	0.11897575
	0.03	0.08734105	0.06523569	0.04467183	0.11479175
	0.04	0.08531296	0.06377128	0.04416644	0.1104304
	0.05	0.08322691	0.06237891	0.04357294	0.10591863
	0.06	0.08110835	0.06093171	0.04306321	0.10162572
	0.07	0.07894308	0.05977711	0.04248537	0.09723012
	0.08	0.07684352	0.05831384	0.04181738	0.09295185
	0.09	0.07451139	0.05674968	0.04132662	0.0885683
	0.1	0.07206666	0.05523859	0.04055578	0.0842942
	0.11	0.06965461	0.05381071	0.04	0.08
	0.12	0.06723637	0.05208569	0.03919367	0.0756368
	0.13	0.06471113	0.0503859	0.03829311	0.07154417
	0.14	0.06220683	0.04882533	0.03734248	0.06778428
	0.15	0.05930709	0.04704269	0.03627201	0.06411283
	0.16	0.05607229	0.04507151	0.03507699	0.06091588
	0.17	0.05268725	0.04315124	0.03365259	0.05784762
	0.18	0.04914017	0.04087583	0.0322772	0.05487245
	0.19	0.04549874	0.03879502	0.03033522	0.05173065
	0.2	0.04172466	0.03613291	0.02796705	0.04862531

Figura 54

Factores para la definición del perfil de cresta- valor de X_c y Y_c



Nota: Constantes para calcular el sector aguas arriba en un cimacio de acuerdo al criterio de la USBR Desing of Small Dams 1987.

Tabla 59

Valores para la definición del perfil de cresta (R_1)

R1	h_a/H_0	1:3	2:3	3:3	V
	0	0.53126215	0.4450108	0.45148415	0.53126215
	0.01	0.53715035	0.45855841	0.45401486	0.52626696
	0.02	0.54268784	0.47072303	0.45667899	0.52120512
	0.03	0.54806023	0.48093506	0.45916887	0.51554408
	0.04	0.55283627	0.48850213	0.46104652	0.50954992
	0.05	0.55647564	0.49370127	0.46312821	0.50415513
	0.06	0.5594737	0.49717983	0.4638452	0.49820409
	0.07	0.56072998	0.49925465	0.46436976	0.49179778
	0.08	0.55995235	0.49974277	0.46482823	0.48581987
	0.09	0.55674569	0.49724506	0.46450063	0.47986765
	0.1	0.55202325	0.49248172	0.46384513	0.47329666
	0.11	0.54421246	0.48564679	0.46279721	0.46601765
	0.12	0.53466987	0.47696924	0.46043747	0.45846858
	0.13	0.52326815	0.46359305	0.45768405	0.44989867
	0.14	0.50901027	0.44552614	0.45393904	0.4413362
	0.15	0.49243733	0.42117836	0.45013282	0.43234856
	0.16	0.47440177	0.39717187	0.44534774	0.42221871
	0.17	0.4548713	0.37766381	0.44009339	0.41156148
	0.18	0.432971	0.36257789	0.43471358	0.3987044
	0.19	0.40753164	0.34930625	0.42893756	0.38564527
	0.2	0.38201563	0.33887312	0.42166141	0.37184197

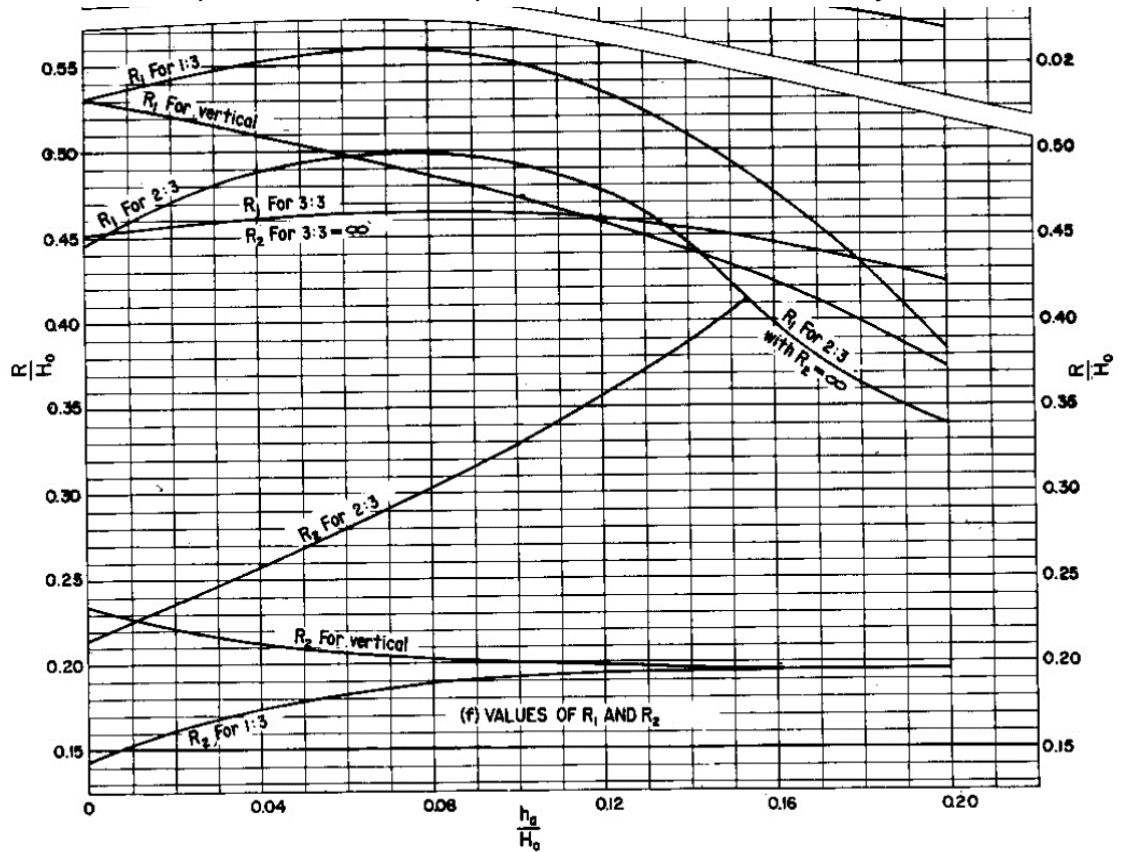
Tabla 60

Valores para la definición del perfil de cresta (R_2)

R2	h_a/H_0	1:3	2:3	3:3	V
	0	0.14276127	0.21409738	0.45148415	0.23406504
	0.01	0.15269147	0.22474992	0.45401486	0.22652345
	0.02	0.16101944	0.23492183	0.45667899	0.2208308
	0.03	0.16736708	0.24524288	0.45916887	0.21567208
	0.04	0.17351764	0.25672971	0.46104652	0.21151452
	0.05	0.17797984	0.26774212	0.46312821	0.20869036
	0.06	0.18236114	0.27920874	0.4638452	0.2059805
	0.07	0.1854821	0.29133356	0.46436976	0.20410926
	0.08	0.18863157	0.30250174	0.46482823	0.20258283
	0.09	0.19080257	0.31510177	0.46450063	0.2012447
	0.1	0.19200847	0.32720056	0.46384513	0.20010362
	0.11	0.19338011	0.34203049	0.46279721	0.19934727
	0.12	0.19398555	0.35626989	0.46043747	0.1984899
	0.13	0.19450668	0.37175386	0.45768405	0.19773351
	0.14	0.19451539	0.38725229	0.45393904	0.19672498
	0.15	0.19482561	0.40578725	0.45013282	0.19623585
	0.16	0.19497699		0.44534774	0.19566617
	0.17	0.19505259		0.44009339	0.19544387
	0.18	0.1950833		0.43471358	0.19553811
	0.19	0.19499225		0.42893756	0.19527496
	0.2	0.19490121		0.42166141	0.19490121

Figura 55

Factores para la definición del perfil de cresta- valores de R1 y R2



Nota: Constantes para calcular el sector aguas arriba en un cimacio de acuerdo al criterio general del USBR, Desing of small Dams 1987.

Tabla 61

Valores para la definición del perfil de cresta (K1)

K1	P/H ₀	1:3	2:3	3:3	V
	0.15	1.00986112	1.02844029	1.04000012	1
	0.2	1.0089527	1.02578808	1.03433376	1
	0.3	1.00748255	1.02144181	1.02508189	1
	0.4	1.00633098	1.01799199	1.01781296	1
	0.5	1.00528935	1.01497757	1.0120824	1
	0.6	1.0044026	1.01265859	1.00785089	1
	0.7	1.00357443	1.01073979	1.00447964	1
	0.8	1.00308572	1.00917762	1.00175038	1
	0.9	1.002532	1.0078752	0.99963743	1
	1	1.00216527	1.00657979	0.99782301	1
	1.1	1.00163081	1.00526884	0.99656792	1
	1.2	1.00125284	1.00401128	0.9955279	1
	1.3	1.0009524	1.00286646	0.99489795	1
	1.4	1.00075048	1.0018341	0.99423108	1
	1.5	1.00086444	1.00086444	0.9937849	1

Tabla 62

Valores para la definición del perfil de cresta (hd+d)/Ho vs Cs/Co

(h _d +d)/H ₀	C _s / C ₀
1.000	0.77143029
1.030	0.80077754
1.050	0.81542221
1.100	0.84891648
1.150	0.87700054
1.200	0.9003923
1.250	0.92089618
1.300	0.93788164
1.350	0.95265334
1.400	0.96435007
1.450	0.97417986
1.500	0.98276657
1.550	0.98956171
1.600	0.99465089
1.650	0.99837583
1.700	0.99998005
1.750	0.99998005
1.800	0.99998005

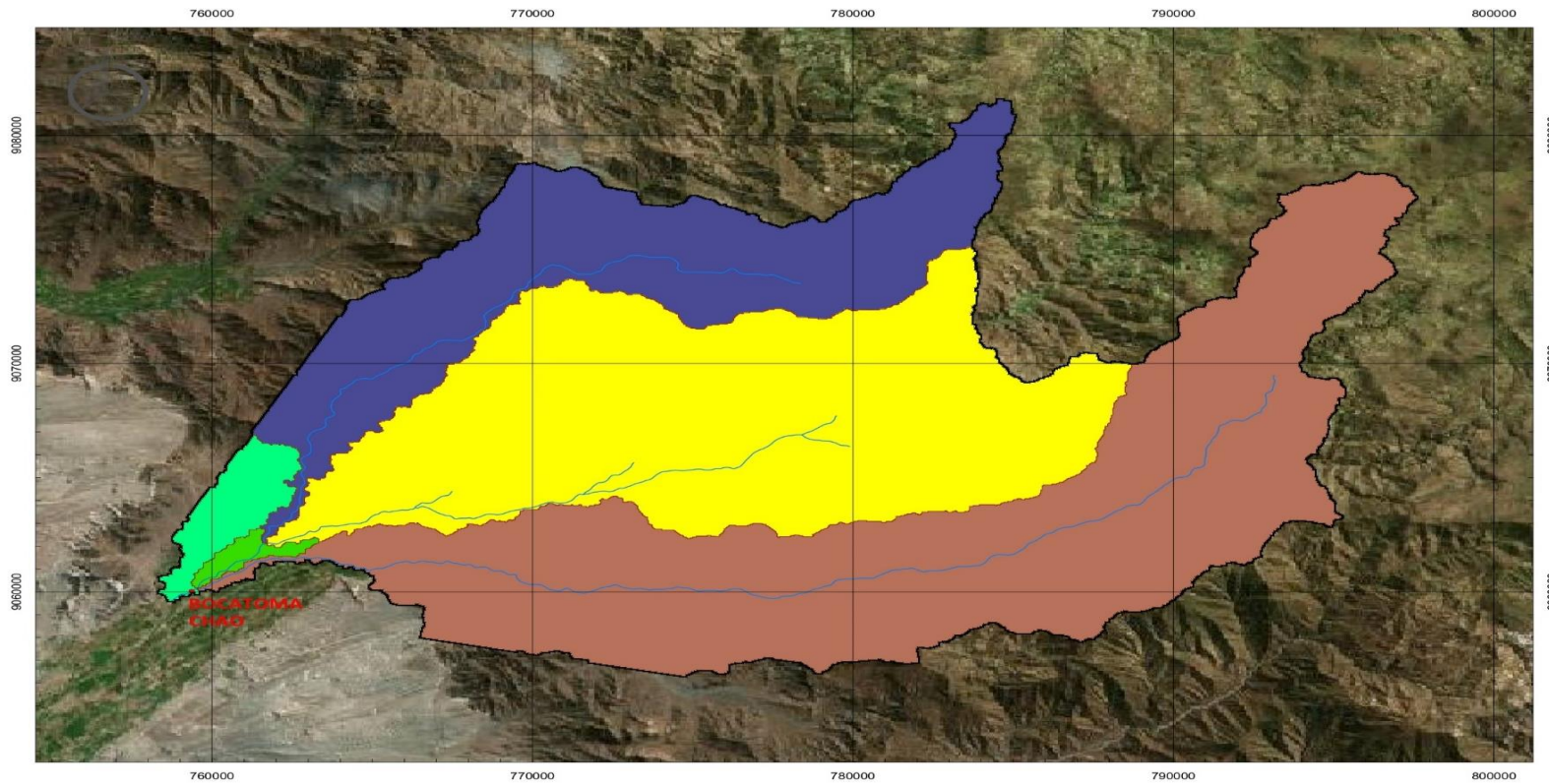
Tabla 63*Valores para la definición del perfil de cresta H_e/H_0 vs C/C_0*

H_e/H_0	C / C_0
0.036	0.8
0.050	0.80464666
0.100	0.82178736
0.150	0.83694037
0.200	0.85185497
0.250	0.86532751
0.300	0.8777952
0.350	0.88985793
0.400	0.90041263
0.450	0.91084056
0.500	0.92072888
0.550	0.92980658
0.600	0.9394589
0.650	0.9474759
0.700	0.95537144
0.750	0.96423873
0.800	0.97174504
0.850	0.97965942
0.900	0.9863562
0.950	0.9936618
1.000	0.9993845
1.050	1.00558537
1.100	1.01239129
1.150	1.01912075
1.200	1.02569727
1.250	1.0315805
1.300	1.03735116
1.350	1.04324461
1.400	1.04876973
1.450	1.05433087
1.500	1.05967563
1.550	1.06538191
1.600	1.0710882

Tabla 64*Valores para la definición del perfil de cresta h_d/H_e vs C_s/C_0*

h_d/H_e	C_s / C_0
0.000	0
0.006	0.0960989
0.014	0.2032346
0.026	0.30306881
0.041	0.4013565
0.050	0.45189558
0.076	0.56989894
0.100	0.65084758
0.118	0.70196987
0.150	0.77726008
0.171	0.81634962
0.200	0.86130568
0.227	0.88793694
0.250	0.90994953
0.288	0.93023051
0.300	0.936384
0.330	0.9455161
0.350	0.95222068
0.400	0.96483563
0.450	0.97323176
0.500	0.97840674
0.550	0.98450166
0.600	0.98954513
0.650	0.9941719
0.700	0.99848793
0.750	1
0.800	1

Figura 56.
Plano de delimitación de cuenca.



UNIVERSIDAD PRIVADA
ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PARA OPTER EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO: DISEÑO Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE UNA BOCATOMA PARA MEJORAR EL SISTEMA DE RIEGO EN EL CENTRO POBLADO – BUENA VISTA, DISTRITO DE CHACO, WIRU 2021

ESPECIALIDAD:
INGENIERIA CIVIL

PLANO:
DELIMITACIÓN CUENCA

TESISTAS:
BR. CARLOS GABRIEL
LIZARZABURU SILVA
BR. ALEXA AYME
ALCAS ANDRADE

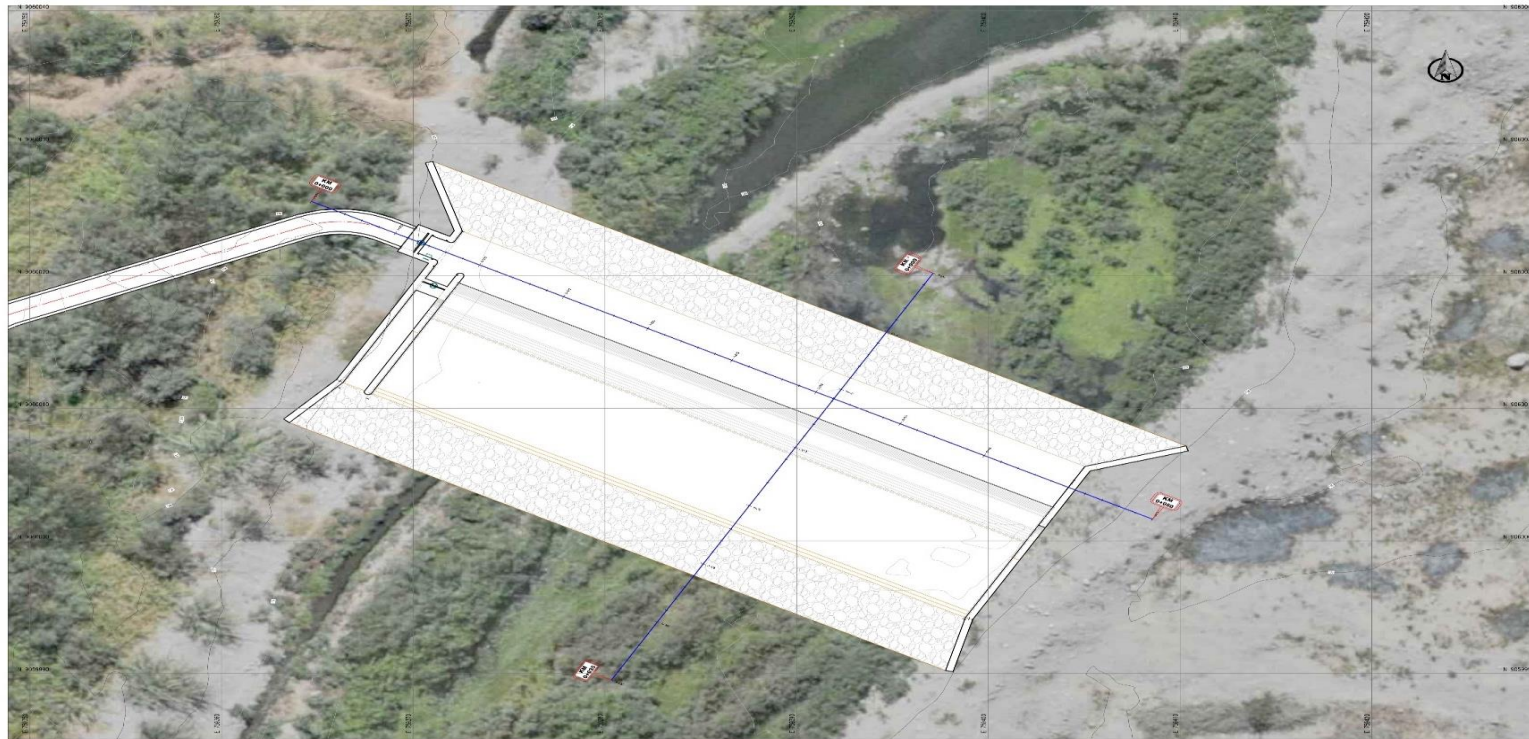
ASESOR:
DR. ING. GUILLERMO JUAN
CABANILLAS QUIROZ

Escala: 1 : 100	Fecha: MAR-2023
--------------------	--------------------

TITULO DEL PLANO:
LAM-01

Figura 57.

Plano de topografía en planta de bocatoma.



UNIVERSIDAD PRIVADA
ANTEÑOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PARA OPTER EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO
DE UNA BOCATOMA PARA MEJORAR EL
SISTEMA DE RIEGO EN EL CENIRO
P.O.B. ADO - BUENA VISTA, DISTRITO
DE CHAO, VIRG. 2021*

ESPECIALIDAD:
INGENIERIA CIVIL

PLANO:
PLANTA

TESISTAS:
BR. CARLOS GABRIEL
LIZARZABURU SILVA
BR. ALEXA AYME
ALCAS ANDRADE

ASESOR:
DR. ING. GUILLERMO JUAN
CABANILLAS QUIROZ

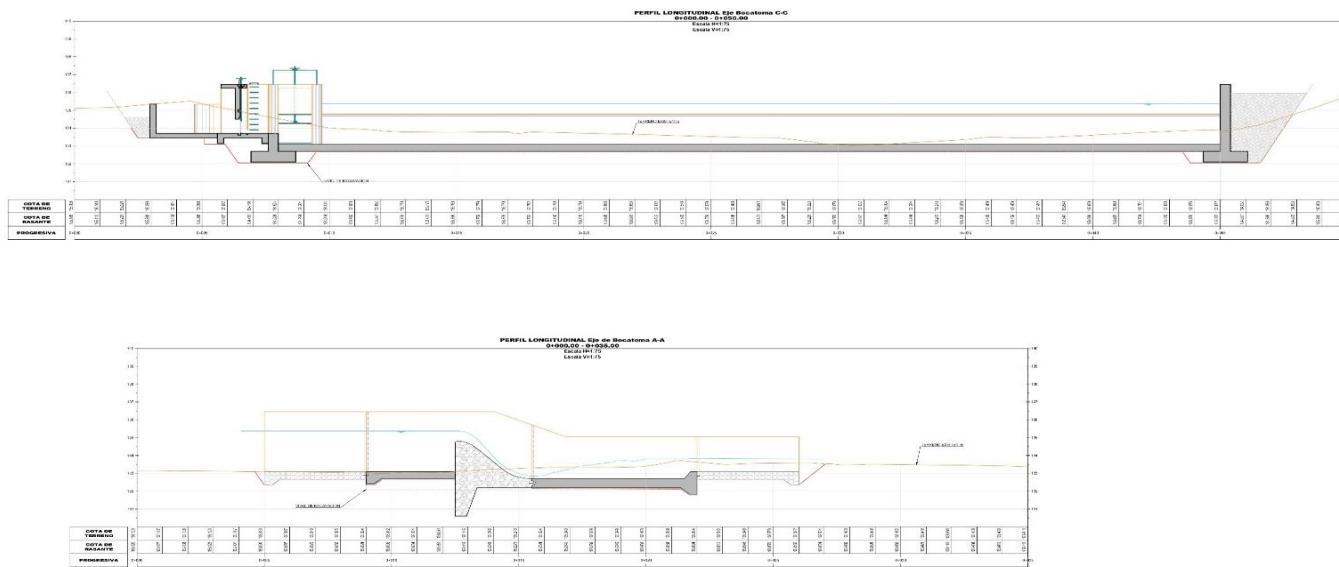
Escala:
1 : 100

Fecha:
MAR 2023

TITULO DEL PLANO :

LAM-02

Figura 58.
Plano de perfiles longitudinales



UNIVERSIDAD PRIVADA
ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PARA OPTER EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO
DE UNA BOCA LONA PARA MEJORAR EL
SISTEMA DE RIEGO EN F. C.F. TRO
POBLADO - BUENA VISTA, DISTRITO
DE CHAC, MRO. 2021*

ESPECIALIDAD:
INGENIERIA CIVIL

PLANO:
PERFILES LONGITUDINALES

TESISTAS:
BR. CARLOS GABRIEL
LIZARZABURU SILVA

BR. ALEXA AYME
ALCAS ANDRADE

ASESOR:
DR. ING. GUILLERMO JUAN
CABANILLAS QUIROZ

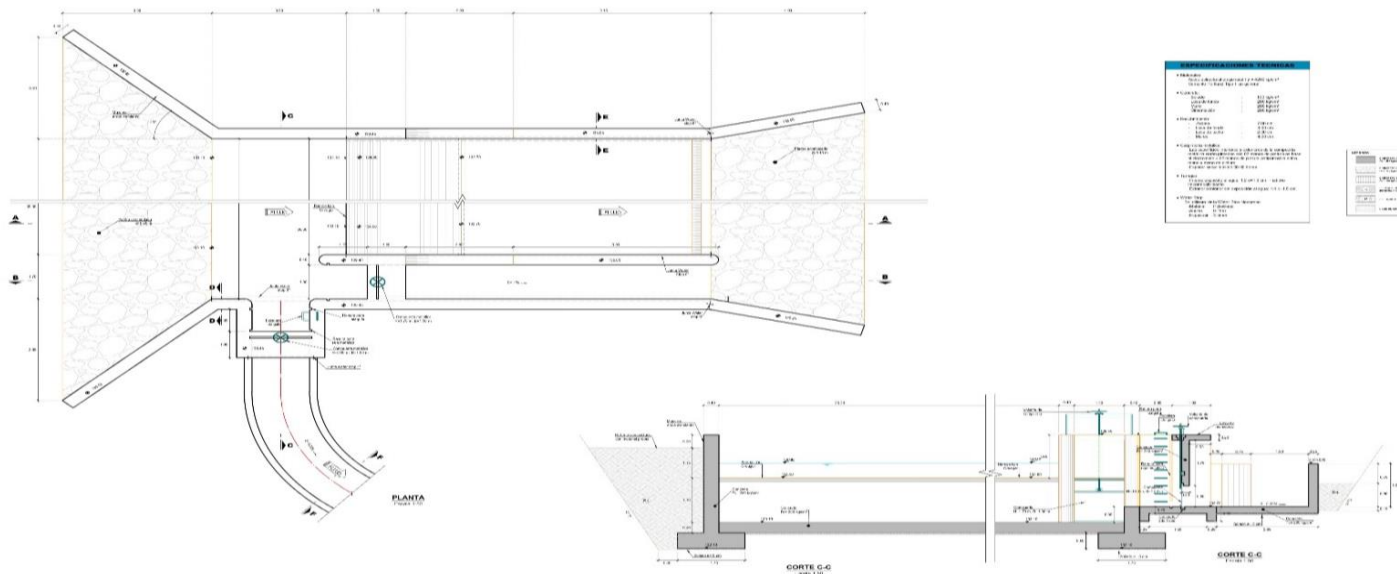
Escala:
1 : 100

Fecha:
MAR-2023

TITULO DEL PLANO :

LAM-03

Figura 59
 Plano de planta - Cortes de bocatoma.



UNIVERSIDAD PRIVADA
 ANTEÑOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS
 DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PARA OPTER EL
 TITULO DE INGENIERO CIVIL

PROYECTO: DISEÑO Y MODELAMIENTO HIDRAULICO
 DE UNA BOCATOMA PARA MEJORAR EL
 SISTEMA DE REGO EN EL CENTRO
 PUEBLO - BUENIA VISTA, DISTRITO
 DE CHAC, URU 2021*

ESPECIALIDAD:
 INGENIERIA CIVIL

PLANO:
 PLANTA-CORTES
 BOCATOMA

TESISTAS:
 BR. CARLOS GABRIEL
 LIZARZABURU SILVA
 BR. ALEXA AYME
 ALCAS ANDRADE

ASESOR:
 DR. ING. GUILLERMO JUAN
 CABANILLAS QUIROZ

Escala: 1 : 100 Fecha: MAR-2023

TITULO DEL PLANO:

LAM-04

Figura 60

Modelado hec-ras.



Figura 61

Cauce del rio



Figura 62

Visita Técnica - Levantamiento Topográfico



Figura 63

Visita Técnica Post Pandemia

