

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Estimación caudal máximo de diseño para cuenca quebrada Seca
con fines de construcción de estructuras de defensa ribereña,
Tumbes 2025**

TESIS

para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola

Autor: Br. Alberto Johel Chanta Cruz

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Estimación caudal máximo de diseño para cuenca quebrada Seca
con fines de construcción de estructuras de defensa ribereña,
Tumbes 2025**

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Presidente)

Msc. Félix Enrique Alcoser Torres (Secretario)

Dr. Napoleón Puño Lecarnaque (Vocal)

Tumbes, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Estimación caudal máximo de diseño para cuenca quebrada Seca
con fines de construcción de estructuras de defensa ribereña,
Tumbes 2025**

**Los suscritos declaramos que el proyecto de tesis es original
en su contenido y forma**

Br. Alberto Johel Chanta Cruz

Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué (asesor)

Código ORCID: 0000-0002-5008-8085

Tumbes, 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA



ANEXO VIII

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los veinticinco días del mes de agosto de dos mil veinticinco, siendo las *Doce* horas, con *Diez* minutos, en el ambiente de la Facultad de Ciencias Agrarias en el Aula 01 del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto de forma presencial, se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 033-2025/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Presidente), M.Sc. Felix Enrique Alcoser Torres (Secretario), Dr. Napoleon Puño Lecarnaque (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al Dr. Napoleon Puño Lecarnaque, como Asesor, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, "Estimación caudal máximo de diseño para cuenca quebrada Seca con fines de construcción de estructuras de defensa ribereña, Tumbes 2025", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, presentado por el Bach. Alberto Johel Chanta Cruz. Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al: BACH. ALBERTO JOHEL CHANTA CRUZ. *Aprobado* por *Unanimidad*, con el calificativo *Buena*.

Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda *Apto* para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agrícola, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las *Doce* horas y *Cinuenta* minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, *25 de Agosto del 2025*

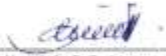
Dr. José Modesto Carrillo Sarango DNI N° 00223850 CODIGO ORCID 0000-0003-0841-3064 Presidente	M.Sc. Felix Enrique Alcoser Torres DNI N° 00210369 CODIGO ORCID 0000-001-9929-4763 Secretario
Dr. Napoleon Puño Lecarnaque DNI N° 00225904 CODIGO ORCID 0000-0002-5008-8085 Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato)
S.acad.

Resumen de originalidad Turnitin

Estimación caudal máximo de diseño para cuenca quebrada Seca con fines de construcción de estructuras de defensa riberaña, Tumbes 2025

por Alberto Johel Chanta Cruz



Dr. Napoleón Puño Lecarraque

Fecha de entrega: 14-jul-2025 09:13p. m. (09:12:05) (0000-0002-5008-8085)

Identificador de la entrega: 2715155550

Nombre del archivo: imaci_n_caudal_m_ximo_de_dise_o_para_cuenca_quebrada_Resumen.pdf (4.28M)

Total de palabras: 13915

Total de caracteres: 62627


Estimación caudal máximo de diseño para cuenca quebrada Seca con fines de construcción de estructuras de defensa ribereña, Tumbes 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad de Cundinamarca Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Estatal Amazonica- Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
5	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	1%
7	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	archive.org Fuente de Internet	1%
9	app.sni.gob.ec Fuente de Internet	1%
10	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	1%


Dr. Napoleón Puño Lecamaque
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5068-8085

11	1library.co Fuente de Internet	1 %
12	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1 %
13	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1 %
14	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
16	remexcu.org Fuente de Internet	<1 %
17	VIRHUEZ VELA JERZY RICARDO. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Creación de Muro de Protección Frente a Inundaciones de Canal de Riego en las Laderas del Rio Cumbaza, Sector Bocatoma, del Distrito de Morales, Provincia y Departamento de San Martín-IGA0014545", R.D.G. N° 503-2018- MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2021 Publicación	<1 %
18	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Pontificia Universidad Católica de Chile Trabajo del estudiante	<1 %
20	Submitted to Universidad Sergio Arboleda Trabajo del estudiante	<1 %
21	repositorio.untumbes.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %


Dr. Néstor Pardo Llamas
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-1908-8085

22	unividafulp.edu.co Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A., "EIA del Proyecto Constancia-IGA0000697", R.D. N° 390-2010-MEM-AAM, 2020 Publicación	<1 %
25	Submitted to Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
26	ECOLOGIA Y TECNOLOGIA AMBIENTAL S.A.C. "Modificación del EIA del Proyecto en Ejecución de la Planta de Fabricación de Bolas de Acero a fin de Implementar el Proyecto Ampliatorio para la Planta de Fabricación de Piezas de Acero-IGA0009454", R.D. N° 490-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020 Publicación	<1 %
27	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1 %
32	Submitted to Universidad de Caldas Trabajo del estudiante	<1 %


Dr. Abdicón Pujó Lecorrase
CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5008-8285

33	adrianahernandeztopografiaues.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	ECO-TEC CONSULTORIA TECNOLOGICA Y AMBIENTAL E.I.R.L.. "DIA del Proyecto Construcción de Represa Yuraccancha y Afianzamiento Hídrico Subcuenca Tambo Quemado-IGA0013719", R.D.G. N° 058-12-AG-DVM-DGAAA, 2021 Publicación	<1 %
36	CESEL S A. "Primera MEIA de la Unidad Minera Casapalca-IGA0000614", R.D. N° 188 -2019-SENACE-PE/DEAR, 2020 Publicación	<1 %
37	www.es.hukol.net Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.uan.edu.co Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to Universidad Peruana Del Centro Trabajo del estudiante	<1 %
40	www.dipusevilla.es Fuente de Internet	<1 %
41	BISA INGENIERIA DE PROYECTOS S.A.. "EIA-SD para el Proyecto Explotación de Calizas Acumulación Puno-IGA0017792", R.D. N° 461-2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2022 Publicación	<1 %
42	Submitted to University of La Guajira Trabajo del estudiante	<1 %
43	myslide.es Fuente de Internet	<1 %


Dr. Néstor Peño Lecanaga
CODIGO ORCID: 0000-0002-5938-8285

44	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
45	vallelado.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 15 words
 Excluir bibliografía Activo



Dr. Néstor Pardo Locaigüe
 CÓDIGO ORCID: 0000-0002-5904-8285

DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la sabiduría, paciencia, por todas las bendiciones que me brinda para mejorar como persona, por llevarme por el buen camino, por darme la inteligencia y darme la fuerza necesaria, para lograr uno de mis grandes objetivos en mi vida profesional.

A mi familia y amigos:

Dedico mi triunfo a lo más grande que Dios nos ha dado que es la familia. Por mostrarme su cariño, ser la base de mi formación y enseñarme los buenos principios de la vida.

También una dedicación muy especial para las futuras promociones de esta carrera profesional.

Dedico mi logro a mis padres Santos Chanta Correa y Violeta Cruz Córdova:

Su esfuerzo es impresionante y su amor para mí es inmenso, hoy me siento muy feliz y orgulloso de que me haya guiado por el camino del éxito.

Alberto Johel Chanta Cruz.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia,

Por el amor inmenso de haberme comprendido y gracias a su apoyo mutuo que me han brindado durante esta larga tarea propuesta.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, ya que ella me acogió para así lograr ser profesional.

A mi asesor de tesis al Dr. NAPOLEON PUÑO LECARNAQUE, por orientarme en la selección del tema, compartir sus conocimientos y consejos durante la realización de esta tesis.

El Autor.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	XVII
1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.2. Marco teórico.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. Resultados.....	47
4.2. Discusiones	73
5. CONCLUSIONES.....	81
6. RECOMENDACIONES	82
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coeficientes y exponentes a usar en CREAGER	32
Tabla 2: Tiempos de retorno para diferentes estructuras hidráulicas	34
Tabla 3: Valores de γn , σn en función de n (número de datos).....	35
Tabla 4: Valores de W, en función del periodo de retorno.....	35
Tabla 5: Valores de Skew	36
Tabla 6: Clases de valores de longitud de cauce principal.....	47
Tabla 7: Clases de valores de orden de jerarquización.....	48
Tabla 8: Clase de valores de elevación media (m).....	49
Tabla 9: Clase de valores de pendiente de cauce.....	49
Tabla 10: Cuadro para el cálculo de la pendiente media de la cuenca.....	50
Tabla 11: Clase de valores de pendiente media de la cuenca	50
Tabla 12: Datos para el perfil longitudinal	51
Tabla 13: Resultado de pendientes por tramos.....	51
Tabla 14: Clase de valores de densidad de drenaje	53
Tabla 15: Clases de valores de compacidad.....	53
Tabla 16: Clases de valores de forma.....	54
Tabla 17: Datos estimados de precipitaciones (según Hydrognomon) de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 años	56
Tabla 18: Precipitación máxima corregida sobre la cuenca	57
Tabla 19: Coeficientes de duración.....	57
Tabla 20: Intensidad máxima de la estación Cañaverál	58
Tabla 21: Datos obtenidos para el método de Creager	60
Tabla 22: Datos estimados de caudales por método de Creager.....	60
Tabla 23: Datos estimados de caudales por método de Racional Modificado.....	63
Tabla 24: Precipitación máxima de 30 años (Estación de Cañaverál).....	65
Tabla 25: Caudales estimados para cada año	66
Tabla 26: Datos estimados de caudales por método de Iszkowski	67
Tabla 27: Caudal de diseño	67
Tabla 28: factor de fondo para Método Lacey en cálculo de profundidad de socavación.....	70
Tabla 29: Clasificación de las Cuencas por sus áreas.	73
Tabla 30: Clasificación de las Cuencas por su tamaño de Área.....	73
Tabla 31: Clasificación del tipo de relieve por pendientes medias	75
Tabla 32: Clasificación de la red de drenaje de una Cuenca	76
Tabla 33: Densidad de drenaje de una Cuenca	78

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Regiones hidráulicas Método de Creager	32
Fig. 2: Defensa ribereña permanente tipo dique enrocado.....	39
Fig. 3: Defensa ribereña permanente tipo gaviones	40
Fig. 4: Defensa Ribereña Temporales tipo Espigones.	41
Fig. 5: Mecanismo de la erosión por agua	41
Fig. 6: Cuenca quebrada Seca	44
Fig. 7: Rectángulo Equivalente	52
Fig. 8: Mapa de método de creager	59
Fig. 9: Esquema del diseño hidráulico de un gavión	71
Fig. 10: Esquema del dique con gaviones	72

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa del Perú	87
Anexo 2: Región Tumbes	87
Anexo 3: Provincia de Contralmirante Villar	88
Anexo 4: Distrito Canoas de Punta Sal	88
Anexo 5: Cuenca quebrada Seca	89
Anexo 6: Recurso hídricos en la quebrada seca	90
Anexo 7: Determinación del área y perímetro	92
Anexo 8: Determinación de la longitud total del cauce	92
Anexo 9: Determinación de la longitud del cauce principal	93
Anexo 10: Determinación de la longitud de las curvas de nivel:	93
Anexo 11: Determinación del orden de jerarquización	93
Anexo 12: Cotas de la cuenca seca	94
Anexo 13: Determinación de la pendiente media de la cuenca	94
Anexo 14: Clasificación de la pendiente	95
Anexo 15: Determinación de la curva hipsométrica	95
Anexo 16: Áreas parciales y acumuladas para elaboración de curva hipsométrica.	95
Anexo 17: Determinación del perfil longitudinal	96
Anexo 18: Pendiente por tramos	96
Anexo 19: Rectángulo equivalente	97
Anexo 20: Variación de la precipitación en la estación meteorológica de cañaver (mm/mes)	97
Anexo 21: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 2 años	98
Anexo 22: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 5 años	98
Anexo 23: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 10 años	99
Anexo 24: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 25 años	99
Anexo 25: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 50 años	99
Anexo 26: Cálculo del tirante hidráulico cauce de sección rectangular – H Canales	100

RESUMEN

La presente investigación “Estimación caudal máximo de diseño para Cuenca quebrada Seca con fines de construcción estructuras de defensa ribereña, Tumbes 2025” tuvo como objetivo principal estimar el caudal máximo de diseño en la Cuenca de quebrada Seca, mediante el uso de modelos hidrológicos empíricos propios de cuencas secas o cauces muertos como son Creager, Racional Modificado e Iszkowski. Para ello se realizó la ubicación geográfica y geodésica de la Cuenca. Se usó data de precipitación de una estación meteorológica vecina como es la estación Cañaverál, se calculó el área de la Cuenca después de su delimitación con cartas nacionales e imágenes satelitales, y con el uso de software especializados como ARCGis 10.8.2, Google Earth e Hydrognomon, se pudieron encontrar resultados del área de la cuenca de 486,46 km²; intensidad máxima de precipitación para un tiempo de retorno de 50 años, 28,61 mm/hora, y una precipitación total promedio de 2199,3 mm factores meteorológicos a usar en los modelos a usar; encontrando un caudal máximo de diseño de 893,20 m³/s, con el cual fueron diseñados espigones y diques longitudinales, concluyéndose que se trata de una cuenca alargada de tamaño intermedia – pequeña exorreica de muy baja torrencialidad, con ancho de cauce estable de 135 metros para 2 metros de tirante hidráulico.

Palabras claves: Caudal Máximo de diseño Cuencas – Modelos hidrológicos Cuencas Secas – Diseño obras hidráulicas en cauces.

ABSTRACT

The main objective of this research "Estimation of maximum design flow for the Quebrada Seca Basin for the purpose of building riparian defense structures, Tumbes 2025" was to estimate the maximum design flow in the Quebrada Seca Basin, through the use of empirical hydrological models for dry basins or dead channels such as Creager, Modified Rational and Iszkowski. For this purpose, the geographic and geodetic location of the Basin was carried out. Precipitation data from a neighboring meteorological station such as the Cañaveral station was used, the area of the Basin was calculated after its delimitation with national charts and satellite images, and with the use of specialized software such as ARCGis 10.8.2, Google Earth and Hydrognomon, results of the basin area of 486.46 km² could be found; Maximum precipitation intensity for a 50-year return time of 28.61 mm/hour and an average total precipitation of 2,199.3 mm. Meteorological factors to be used in the models used; a maximum design flow of 893.20 m³/s was found, based on which longitudinal breakwaters and levees were designed. It was concluded that this is an elongated, intermediate-small exorheic basin with very low torrentiality, with a stable channel width of 135 meters for a 2-meter hydraulic depth.

Keywords: Maximum design flow, Basins, Hydrological models, Dry basins, Design of hydraulic works in channels.

1. INTRODUCCIÓN

Las cuencas son territorios muy importantes en el desarrollo integral de una región; dado que es en ella donde se recogen todas las aguas de lluvias; y se recogen en un punto común llamado cauce, y forman las torrentes de agua; sean ríos, quebradas, riachuelos, etc. constituyéndose así el recurso de agua; como uno de las más importantes en la planificación del desarrollo sostenible en beneficio de los actores que habitan estos territorios.

El estudio de una cuenca hidrográfica entre otros, es conocer el escurrimiento superficial y éste sea usado para diferentes usos como: agropecuario poblacional, industrial, energético, etc. Y este escurrimiento o caudal permitirá diseñar planes de desarrollo, planes de defensas ribereñas, etc.

En la región de Tumbes existen muchas cuencas, subcuencas y microcuencas secas (se activan cada vez que hay presencia de lluvias en un año húmedo); que no tienen en sus cauces ningún dispositivo de medición del caudal circulante cuando éstas se activan; lo que no es posible tener un historial de información de caudales y con ellos realizar modelamientos hidrológicos y estimar caudales máximos muy útiles en el diseño de estructuras de defensa ribereña como diques, espigones, encauzamientos, etc.

En la región de Tumbes se han realizado algunas investigaciones para estimar el caudal máximo y/o caudal de diseño en cuencas secas; así tenemos por ejemplo que Garabito, S. (2020) estimó el caudal máximo para la cuenca Casitas Bocapán, para un periodo de retorno de 50 años, usando el método de Creager obtuvo $1843,83 \text{ m}^3/\text{s}$ y con el método de Iszkowski se obtuvo $661,08 \text{ m}^3/\text{s}$. Así mismo Atoche, G; y Alemán, J. (2019) para la subcuenca Qda. Angostura usando el método racional modificado y el método de Creager, para un tiempo de retorno de 50 años se obtuvo un promedio de $1213,33 \text{ m}^3/\text{s}$; y para 50 años de tiempo de retorno se obtuvo $802,17 \text{ m}^3/\text{s}$ y para la Subcuenca quebrada Faical, Chapoñan, R. (2024) obtuvo un caudal máximo de diseño de $340,62 \text{ m}^3/\text{s}$ para un tiempo de retorno de 50 años con métodos empíricos y estadísticos.

La presente investigación tiene como objeto de estudio la cuenca de la Qda Seca, ubicada en el distrito de Canos de Punta Sal de la Provincia de Contralmirante Villar de la Región de Tumbes; y su alcance basado en métodos hidrológicos de cuencas secas como el método de Creager, método de Iszkowski y método

racional modificado es estimar el caudal máximo de diseño con fines de construcción de estructuras de defensa ribereña como diques y espigones.

La presente investigación se realiza porque en esta cuenca Qda Seca no existen dispositivos de control y/o medición de caudales en épocas de avenidas; y éste es muy necesario tener en cuenta para el diseño de obras hidráulicas de defensa ribereña o para realizar planes de Desarrollo Integral.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En el presente proyecto citaremos diferentes investigaciones que nos permitirán ampliar nuestro conocimiento en la comunidad Científica de Caudales Máximos de diseño.

Internacionales

Mantilla, D. (2022) Tesis: Estudio hidrometeorológico para estimación de caudales máximos en la unidad hídrica río blanco de la provincia de Tungurahua. Concluyó:

Según los parámetros morfológicos en la unidad hídrica río Blanco, se determinó que es de forma ovalada alargada de acuerdo a su coeficiente de compacidad, con relieve accidentado y cauces suaves; con un drenaje bajo, la cual establece una mediana tendencia a inundaciones acorde con los parámetros adquiridos en cuanto a forma y relieve.

Los caudales máximos se establecieron en base a la fórmula para el cálculo de intensidades de precipitación proporcionada por INAMHI en el estudio “Determinación de ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación”, empleando los registros de precipitación de las estaciones meteorológicas, para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, donde se determinó un caudal de 5,44 m³/s con una intensidad de precipitación 14,36 mm/hora para el periodo de 100 años Realizando una comparación entre los valores obtenidos para distintos periodos de retorno por el cálculo de intensidades máximas y por el modelamiento hidrológico, se observa una variación mínima de caudales; validándose de este modo el modelo hidrológico utilizado.

Los resultados obtenidos para la estimación de caudales máximos son bastante aceptables, mediante la caracterización hidrometeorológica y el software HEC-HMS, los cuales se obtienen valores similares, siendo así que pueden ser utilizados en otras áreas de interés en las cuales no exista información de aforos, para estimar caudales de crecida.

Santillán, M. (2019) Determinación de los caudales máximos ocurridos en la microcuenca del río Pichán, cantón Quito, provincia de Pichincha, usando hec-hms para un tiempo de retorno de 5, 25 y 50 años. Concluyó:

En el estudio realizado a la microcuenca del río Pichán se observó que el parámetro hidrológico Número de Curva es muy sensible a los datos de entrada, por lo cual la escasa disponibilidad de información actualizada de zonas urbanas y poblados de Ecuador influyen mucho en la obtención del CN para cada microcuenca y su posterior modelación en HEC-HMS. Otro inconveniente que presenta la simulación en HECHMS para esta microcuenca es que los hidrogramas obtenidos no pueden ser calibrados debido a la ausencia de estaciones hidrometeorológicas dentro de la misma o en sus proximidades.

Los datos de precipitación obtenidos para cada microcuenca obedecen a una tormenta de primer cuartil con probabilidad de ocurrencia del 30% representativa para esa región de Ecuador.

Es recomendable validar los datos obtenidos en esta investigación con otros modelos hidrológicos y con valores de CN obtenidos considerando las zonas urbanas bien definidas mediante imágenes satelitales u ortofotos. Los datos de caudal pico obtenidos pueden ser utilizados como guía para próximas investigaciones en el estudio de áreas de inundación con HEC-RAS y debe tenerse en cuenta para la construcción de obras civiles en las cercanías al punto de cierre de la microcuenca del río Pichan.

Nacionales

Paredes, R. (2022): Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca llave, Puno – 2022. Concluyó:

Las precipitaciones máximas de 24 horas estimadas por el modelo de distribución de probabilidades de Gumbel para tiempos de retorno de 2, 10, 50 y 100 años se estiman 30.8, 42.3, 52.3 y 56.6 mm máximos de 24 horas, los cuales a su vez estiman 141.6, 911.8, 2255.7 y 3002.8 m³/s de caudales máximos de diseño para la cuenca llave cerca al punto más crítico que es

el puente internacional de llave.

Las precipitaciones máximas de 24 horas estimadas por el modelo de distribución de probabilidades Normal para tiempos de retorno de 2, 10, 50 y 100 años se estiman en: 31.8, 40.0, 45.0 y 46.8 mm máximos de 24 horas, los cuales a su vez estiman 175.5, 690.1, 1203.8 y 1433.4 m³/s de caudales máximos de diseño para la cuenca llave cerca al punto más crítico que es el puente internacional de llave.

Las precipitaciones máximas de 24 horas estimadas por el modelo de distribución de probabilidades Gamma (Pearson Tipo III) para tiempos de retorno de 2, 10, 50 y 100 años se estiman en: 31.6, 40.1, 45.6 y 47.6 mm máximos de 24 horas, los cuales a su vez estiman 168.2, 699.2, 1275.3 y 1533.4 m³/s de caudales máximos de diseño para la cuenca llave cerca al punto más crítico que es el puente internacional de llave.

Alonso, A. (2021): “Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.” Concluyó:

Los caudales máximos de diseño del río Pomabamba determinan en gran importancia las zonas de inundación, a medida que el tirante de agua correspondiente al río se eleva, también aumenta las áreas de inundación; sin embargo, cabe indicar que las inundaciones no están sujetas solo a la variable caudal, sino también a las características físicas del suelo que conforma el lecho y paredes del río. Con los caudales en los TR 20, 50 y 100 años se han obtenido caudales de 135.22, 156.48 y 174.98 m³/s respectivamente, que realizando el modelamiento hidráulico se ha podido estimar las áreas de inundación de 14,683.38m², 21,869.71m² y 25,197.35m² respectivamente.

Para la aplicación de metodología empírica de estimación de caudales pico, ha sido necesario recabar información de parámetros fisiográficos de la cuenca, en consecuencia, a ello, se han determinado datos muy importantes como lo son tiempo de concentración, coeficiente de escorrentía, pendiente media de cuenca, pendiente media del cauce; entre

otros, que sin esos datos no sería posible los cálculos de caudales Máximos.

Queda demostrados que el método de modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS, sirve de gran ayuda para la identificación de las zonas de inundación, con ello se ha podido elaborar el mapa de riesgo que presenta los indicadores de Muy alto, Alto y Medio; con el presente mapa, la oficina de catastro o planeamiento urbano de la ciudad de Pomabamba será capaz de diagnosticar la cantidad de viviendas en peligro, como también establecer mecanismos de prevención y advertencia ante posibles construcciones futuras.

Regionales

Garabito, A. (2020): “Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensa ribereña - caso quebrada Casitas - Bocapán Tumbes-2020”. Concluyó:

El caudal máximo de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca seca caso quebrada Casitas Bocapán es de: 635.84 m³/s.

Se aplicó el método Creager para determinar el caudal máximo, donde se obtuvieron 1843.82 m³/s para un tiempo de retorno de 50 años, es necesario mencionar que Creager es un método general con parámetros a utilizar a nivel nacional, el único dato que requiere es el área de cuenca y no considera datos de precipitación ni las características fisiografías de la cuenca; por lo tanto, los resultados difieren considerablemente respecto a los métodos estadísticos de frecuencia y la validación de los mismos; teniendo en cuenta además que son métodos empíricos, siendo prácticos para cuencas pequeñas.

Con el método empírico de Iszkowski a través de información de precipitación se logró elaborar una data histórica de 30 años, teniendo un caudal máximo de 661.08 m³/s en el año de 1998 y un caudal mínimo 29.10 m³/s en el año de 1996. Mediante el método de Manning se validó la información obtenida por Gumbel y Log Pearson III obteniendo un caudal de 615.95m³/s y 635.84 m³/s respectivamente.

Atoche. M & Alemán. W. (2019). Tesis: Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019. Concluyó:

Los caudales máximos obtenidos a partir de los modelos hidrológicos en la Cuenca Angostura Cabuyal resultan del promedio de los resultados entre los métodos Racional Modificado y el Método de Creager definido para cada periodo de retorno obteniendo caudales en un rango desde los 227.41 m³/s hasta alcanzar 1213.33 m³/s entre 2 y 500 años de periodo de retorno respectivamente.

Se consideró el caudal máximo de la Cuenca Angostura para un periodo de retorno de 50 años que es de 802.17 m³/s y una pendiente de la parte Baja de La cuenca de 0.5 % como datos base para calcular los parámetros hidráulicos de una Defensa Ribereña, obteniendo: Un ancho Estable (B) de 106 m, una Superficie libre de (T) 114.02m, Un talud (Z) de 2, Un Área Húmeda de 220.57 m². Un perímetro Húmedo de 114.97 m, Un Bordo libre (Bl) de 0.8 m, una velocidad de 3.639 m/s y una profundidad de socavación es de 2.5 m que al sumarle el tirante hidráulico de 2 m nos general el tirante de socavación de 4.5 m

Chapoñan, R. (2024): Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensas ribereñas - caso quebrada Faical - Tumbes 2024. Concluyó:

La Sub Cuenca Faical posee una superficie de 139,989 km² y un perímetro de 74,8964 km, una longitud total del cauce de 46,06 km, una longitud de cauce de principal de 27,51 km que nos indica que es un cauce largo, una longitud de cauces secundarios de 18,55 km; un ancho medio de 5,09 km; una longitud total de curvas de nivel de 822417,63 m, un orden de jerarquización de orden 2 que nos indica que el orden de jerarquización es bajo, un número de escurrimientos de 29 que nos indica que el número de escurrimientos es bajo, un desnivel altitudinal de 765,24 m.s.n.m que nos indica que la clase de elevación es alta, una pendiente media del cauce principal de 2,78 % que nos indica que la clase de pendiente de cauce

principal es suave, una pendiente media de la Sub cuenca de 15,43 % que nos indica que es una pendiente moderada, una curva hipsométrica, un perfil longitudinal, una pendiente por tramos (parte baja, parte media, parte alta), un rectángulo equivalente con un lado mayor de 32,69 km y un lado menor de 4,28 km, una densidad de drenaje de 0,33 km/km^2 que nos indica que la densidad de drenaje es baja, un índice de Gravelius de 1,75 que nos indica que es oval oblonga a rectangular oblonga, un coeficiente de forma de 0,1849 que nos indica que es muy poco achatada.

El caudal máximo de diseño es de 340,62 m^3/s , para un periodo de retorno de 50 años en la Sub cuenca Faical.

Se consideró el caudal máximo de diseño 340,62 m^3/s ; para la Sub Cuenca Faical para un periodo de retorno de 50 años, y una pendiente de la parte Baja de La Sub cuenca de 0,95 %, como datos base para calcular los parámetros hidráulicos de una Defensa Ribereña, obteniendo: Las características de la sesión Típica para una Obra de Defensa Ribereña para un Dique Lateral son: Un ancho Estable (B) de 72 m, una profundidad media (H) de 3,85 m; una profundidad de socavación de 3,00 m; un tirante hidráulico de 1,61 m; una profundidad de uña de 1,00 m para tramos rectos, un ancho de uña de 1,50 m; una altura de muro de 2,10 m; una Superficie libre de (T) 78,44 m; un talud (Z) de 2, un Área Hidráulica (A) de 142,03 m^2 ; un Perímetro Húmedo de 92,20 m; un Radio Hidráulico (R) de 1,54 m; un Bordo libre (BI) de 0,46 m; una velocidad de 2,86 m/s; y un numero de Froude (F) de 0,6786 que nos dice que es un flujo subcrítico.

2.2. Marco teórico

Delimitación de una cuenca

Campomanes, G. (2015) sostiene:

Es la parte más importante de la caracterización de una cuenca. Esta delimitación se obtiene, al trazar una línea imaginaria sobre las divisorias de aguas en las llanuras de un cauce, la misma permite observar con claridades cual es el límite que separa a las cuencas vecinas, permitiendo así distribuir el escurrimiento a consecuencia de las precipitaciones

producidas en la parte alta de dichas llanuras

Perímetro de la Cuenca (P)

Es la longitud total de los límites de la cuenca; El perímetro (P) es la longitud del límite externo de la cuenca y depende del área y la forma que tenga la cuenca

Pendiente media de una Cuenca (S)

Es el promedio ponderado entre todas las pendientes que corresponden a las áreas fundamentales en las que se pueda considerar constante a la pendiente Máxima. Esta pendiente se calcula desde tiempos antiguos al dividir el desnivel de cotas con la longitud del cauce (**Campomanes, 2015**). Su fórmula matemática es:

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Pendiente media del cauce principal (S)

Tenazoa, P. (2018) afirma que:

El agua superficial concentrada en los lechos fluviales, escurre con una velocidad que depende directamente del declive de éstos, así a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento. La pendiente media de la quebrada, es un parámetro empleado para determinar la declividad del curso del agua entre dos puntos, que generalmente lo constituye la naciente y su desembocadura en otro río.

$$S = \frac{HM - Hm}{L}$$

Donde:

S = Pendiente media de la quebrada

L = Longitud del cauce principal en m

HM = Altitud máxima msnm

Hm = Altitud mínima msnm

Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius (Kc)

Campomanes, G. (2015) afirma:

Que este índice, es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo de la misma área.

Villón, M. (2002) manifiesta:

que este índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de la cuenca en la escorrentía, particularmente las características del hidrograma. También se le conoce como factor de forma de la cuenca, pues si $K_c=1$, la cuenca será de forma redonda, pero si K_c mayor que 1 esta será una cuenca alargada. Haciendo un análisis matemático obtenemos lo siguiente:

$$K_c = \frac{\text{Perímetro de la cuenca (P)}}{\text{Perímetro de un Círculo de igual área al de la cuenca (P_0)}}$$

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} \dots\dots\dots (1)$$

Hallando radio:

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots (3)$$

Sustituimos 3 en 1:

$$K_c = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Orden de la Cuenca

Villon, M. (2002) manifiesta,

Que antes de enfocarnos en el orden de las corrientes que pertenecen a la cuenca, debemos conocer la clasificación de cada una de ellas, que dependen exclusivamente del escurrimiento y condiciones climáticas de la conocida Cuenca Hidrográfica.

Estas corrientes pueden ser:

- ✓ **“Corriente Efímera:** Esta corriente sólo conduce agua cuando hay precipitaciones, luego se seca
- ✓ **Corriente Intermitente:** Lleva agua la mayor parte del año, principalmente en épocas de precipitaciones fuertes, este aporte desciende cuando el Nivel Freático o la también conocida Tabla de Agua desciende por debajo del lecho del cauce
- ✓ **Corriente Perenne:** Contiene agua todo el año, ya que aún en épocas de sequía es abastecida por el Nivel Freático que se encuentra por encima del lecho del Cauce.”

Por lo que llega a la conclusión, “de que el orden de la cuenca, es una clasificación que nos da como resultado el grado de ramificación dentro de la cuenta. Para hacer esto debemos contar con unos planos donde estén bien definidos cada corriente o afluente ya sean” Efímeras, Intermitentes o perennes.

Densidad de Drenaje

Villón, M. (2002) nos expresa:

Que esta característica nos da como resultado una información real y concisa de la longitud de los afluentes por unidad de área, es decir: $Dd = L/A$

Donde:

Dd: Densidad de drenaje

L: longitud de las corrientes perennes o intermitentes en Km.

A: Área de la cuenca en Km²

Campomanes, G. (2015) afirma:

Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación; una cuenca con

baja densidad refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta.

Curva Hipsométrica

Es la curva que, puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda por debajo de dicha altitud.

El investigador **Villón, M. (2002)**. Para realizar esta curva se siguen los siguientes pasos:

- ✓ “Se marcan sub áreas de la cuenca siguiendo las curvas o también llamadas ondas de nivel, por ejemplo, de 100 en 100 m.
- ✓ Con el planímetro o balanza analítica, se determinan las áreas parciales de esos contornos.
- ✓ Se determinan las áreas acumuladas, de las porciones de la cuenca.
- ✓ Se determina el área acumulada que queda sobre la altitud del contorno.
- ✓ Se plotean las altitudes, versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre las altitudes.”

Perfil Longitudinal

Los perfiles longitudinales, son los planos en los que se reflejan las diferencias altimétricas de un itinerario o de dos puntos en concreto, reflejando en dichos planos las distintas pendientes y distancias parciales y a origen de la traza (trayecto). Dichos perfiles nos servirán como reflejo del comportamiento del terreno tanto en (proyectos de viviendas, terrazas y bancales) como en ingeniería (proyectos de trazados de vías públicas, canalizaciones etc)

Máximas Avenidas

Villon, M. (2002) Indica que:

Los “Caudales máximos permiten diseñar: las dimensiones de un cauce, sistema de drenaje, muros de encauzamiento para proteger ciudades plantaciones, alcantarillas, vertederos de demasía, luz de puentes, debe estimar el caudal de diseño, que, para esos casos, son los caudales máximos.”

La magnitud del caudal de diseño, es función directa del período de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de la misma.

Métodos de determinación de Máximas Avenidas

➤ Método de Creager

García, M. (2011)

“Este método, originalmente desarrollado por Creager, fue adaptado para el territorio peruano por Wolfgang Trau y Raúl Gutiérrez Yrigoyen.” Así mismo indica que “La aplicación de este método permite la estimación de los

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m*A^{-n}}$$

caudales máximos diarios en cuencas sin información, para diferentes periodos de retorno, tomando el área de la cuenca como el parámetro de mayor incidencia en la ocurrencia de caudales máximos.”

Donde:

***Q_{max}**: caudal máximo para un período de retorno T_r , en m³/s*

***A**: área de la cuenca aportante, en km²*

***T**: período de retorno, en años*

***C₁, C₂**: coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas*

***m**,*

***n**: exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas.*



Fig. 1: Regiones hidráulicas Método de Creager

Para cada una de las zonas que se identifican, se establecerá el conjunto de coeficientes y exponentes indicados en la tabla 1:

Tabla 1: Coeficientes y exponentes a usar en CREAGER

Región	C ₁	C ₂	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Fuente. García, M. 2011.

- **Método de Iszkowski**

$$Q = m * C * P (A * 10^{-3})$$

Donde:

Q: descarga máxima (m³/s)

A: área de la Sub cuenca (Km2)

P: precipitación total anual promedio (mm)

m: factor por el tamaño de la cuenca

C: coeficiente de la morfología de la cuenca

- **Fórmula racional modificada**

García, M. (2011)

Normalmente la fórmula racional tiene “aplicación para cuencas pequeñas, de hasta 10 ó 20 km² según señalan algunos autores. Ello hace de este método un procedimiento ideal para la determinación del caudal Q_{max} en el diseño de sistemas de drenaje pluvial o en el proyecto de las obras de drenaje de carreteras. Cuando se aplica la fórmula racional a cuencas mayor tamaño, usualmente se obtiene valores del caudal bastante” elevados.

$$Q = \frac{CIA}{3,6} * K$$

Donde:

Q máx: caudal de diseño, correspondiente al período de retorno seleccionado, en m³/s

A: Superficie de la cuenca (en Km²)

K: Coeficiente de uniformidad.

I: Intensidad de lluvia, en mm/h, correspondiente a la duración y período de retorno considerados.

C: Coeficiente de escorrentía.

Periodo de Retorno

Villon, M. (2002),

“Refiere al periodo de retorno como el intervalo de tiempo, dentro del cual un evento de magnitud Q puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio, si un evento igual o mayor a Q, ocurre una vez en T años, su probabilidad de ocurrencia P, es igual a 1 en casos, es decir:”

$$P = \frac{1}{T} \text{ o } T = \frac{1}{P}$$

Donde:

P= Probabilidad de ocurrencia de un caudal Q.

T= Periodo de Retorno

Tabla 2: Tiempos de retorno para diferentes estructuras hidráulicas

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 – 100
Puente, alcantarillas sobre carretera menos importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje latera l de los pavimentos.	1 – 2
Drenaje urbano	2 – 10
Drenaje agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	2 – 50
Puente sobre carretera importante	50 – 100

Fuente: Villon, M. 2002

Métodos Estadísticos o Probabilísticos

(basados en la existencia de información hidrométrica o de aforos)

Tenazoa, P. (2018)

Estos métodos permiten a través de un registro histórico de máximas avenidas, estimar la avenida de diseño mediante su probable distribución en diversos periodos de retorno.

Cuanto mayor sea el tamaño del registro o extensión de la información, mayor será también la aproximación del cálculo del caudal de diseño.

Existen varios métodos estadísticos para realizar el estudio de caudales máximos y poder determinar el caudal de diseño, entre ellos y los usados tenemos:

➤ **Distribución Gumbel**

Las distribuciones de valores extremos del fenómeno de las máximas avenidas, pueden expresarse en la forma:

Tabla 3: Valores de y_n , σ_n en función de n (número de datos)

n	y_n	σ_n	n	y_n	σ_n	n	y_n	σ_n
8	0.4843	0.9043	26	0.532	1.0961	44	0.5458	1.1499
9	0.4902	0.9288	27	0.5332	1.1004	45	0.5463	1.1519
10	0.4952	0.9497	28	0.5343	1.1047	46	0.5468	1.1538
11	0.4996	0.9676	29	0.5353	1.1086	47	0.5473	1.1557
12	0.5053	0.9833	30	0.5362	1.1124	48	0.5477	1.1574
13	0.507	0.9972	31	0.5371	1.1159	49	0.5481	1.159
14	0.51	1.0095	32	0.538	1.1193	50	0.5485	1.1607
15	0.5128	1.0206	33	0.5388	1.1226	100	0.56	1.2065
16	0.5157	1.0316	34	0.5396	1.1255	150	0.5646	1.2253
17	0.5181	1.0411	35	0.5403	1.1285	200	0.5672	1.236
18	0.5202	1.0493	36	0.541	1.1313	250	0.5688	1.2429
19	0.522	1.0566	37	0.5418	1.1339	300	0.5699	1.2479
20	0.5236	1.0628	38	0.5424	1.1363	400	0.5714	1.2545
21	0.5252	1.0696	39	0.543	1.1388	500	0.5724	1.2588
22	0.5268	1.0754	40	0.5436	1.1413	750	0.5738	1.2651
23	0.5283	1.0811	41	0.5442	1.1436	1000	0.5745	1.2685
24	0.5296	1.0864	42	0.5448	1.1458			
25	0.5309	1.0915	43	0.5453	1.148			

Tabla 4: Valores de W, en función del periodo de retorno

Tr (Años)	W
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
25	3,1986
50	3,9019
100	4,6002

➤ **Distribución Log Pearson Tipo III**

Monsalve, G. (1995)

Existen métodos que simplifican todo el procedimiento de cálculo de los parámetros de Log Pearson, por la complejidad de desarrollar estas ecuaciones; una manera rápida es utilizando una forma simplificada, y utilizando tablas especialmente elaboradas, la cual relaciona el coeficiente de asimetría con la probabilidad y periodo de retorno, estableciéndose la siguiente ecuación:

$$\text{Log}Q_{tr} = \overline{\text{Log}Q} + K_{tr} * \sigma \text{Log}Q$$

Donde:

a) **Logaritmo de la media**

$$\overline{\text{Log}Q} = \frac{\sum \text{Log}Q_i}{n}$$

b) Factor de Skiw

$$K_{tr} = \frac{n \sum (\log Q_1 - \log \bar{Q})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma \log Q)^3}$$

c) Logaritmo de la desviación estándar

$$\sigma \log Q = \sqrt{\frac{\sum (\log Q - \log \bar{Q})^2}{n-1}}$$

Tabla 5: Valores de Skew

T_r	$P = \left(\frac{1}{T_r}\right) * 100$	K_{T_r}
2	50	0,0136
5	20	0,8372
10	10	1,2724
25	4	1,7230
50	2	2,0108
100	1	2,2668
200	0,5	2,5008
1000	0,1	2,9780

Métodos Históricos

Tenazoa, P. (2018) Este método está basado en que el cálculo de la avenida, está referida a los máximos niveles alcanzados por el agua y que quedan señalizados en algún punto del cauce del río o fuera de él.

Para ello será necesario recopilar los datos acerca de las avenidas ocurridas, pero presenta dificultades respecto la carencia de datos, así como la calidad de la información que se pueda percibir.

Métodos directos o hidráulicos

Tenazoa, P. (2018) nos indica:

Para determinar el caudal máximo, es necesario conocer ciertos

parámetros, los mimos que se obtendrán directamente en el campo, es decir en el lugar de emplazamiento de la estructura proyectada o llamado también punto de interés, para lo cual será necesario disponer de: levantamiento topográfico a curvas de nivel y se presenta en los planos en planta, perfil longitudinal del cauce del río en una longitud mínima de 500 m agua arriba y 500 m aguas abajo del punto de interés. Plano de sección transversal del río, donde se debe indicar el nivel de aguas máximas extraordinarias. Luego se determinan los siguientes parámetros:

- ✓ Área hidráulica máxima (A)
- ✓ Rugosidad del cauce en el punto de interés (n)
- ✓ Pendiente (s) del cauce en la sección de interés.
- ✓ Radio Hidráulico máximo (R)

Luego, estos valores se remplazarán en la ecuación de Manning, obteniéndose así el caudal máximo en m³/seg.

Métodos Hidrológicos

Tenazoa, P. (2018) Tienen como objetivo:

La representación matemática del proceso o fenómeno de la formación de la avenida. Se estiman precipitaciones pluviométricas de duración y periodo de retorno determinado, se calcula el escurrimiento que se genera en un punto de la corriente estudiada, hasta establecer o dibujar el probable hidrograma.

Reproducen en forma aceptable el fenómeno, en base a parámetros como precipitaciones máximas y características físicas de la cuenca. Existen desventajas al extrapolar algunas de sus variables, por la irregularidad de las lluvias en la cuenca, y determinar las pérdidas por infiltración, que pueden distorsionar al estimar las avenidas a partir de las lluvias. Entre los métodos hidrológicos sobresalen:

✓ Método de Hidrograma Unitario, triangulares, sintéticos, adimensionales, instantáneos, etc.

✓ Método de Isócronas(racional)

✓ Método de Isoyetas

Con la definición de la información hidrométrica de los cursos de agua que drenan en una cuenca, considerando las características fisiográficas, geomorfológicas y de la cobertura vegetal, se podrá aplicar metodologías o relaciones matemáticas existentes, que más se ajustan a la realidad geográfica de la zona.

Defensa Ribereña

Teran, R. (1998) Conceptualiza:

Son estructuras para proteger de las crecidas de los ríos las áreas aledañas a estos cursos de agua. La protección contra inundaciones incluye tanto los medios estructurales como los no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación.

✓ **Medidas de prevención**

Teran, R. (1998) indica

Son el conjunto de medidas tendientes a solucionar o prevenir problemas generados por la energía erosiva del agua. Entre las medidas de prevención y control se tiene.

✓ **Medidas agronómicas**

Teran, R. (1998) indica que:

Estas son las mejores defensas contra la inundación y la erosión del río, y viene a ser el conjunto de variedades de árboles y arbustos de buena densidad, que existen en ambas márgenes del lecho de río, manteniendo espesores de 30 - 40 m, que es la garantía de su protección.

- Defensas vivas-forestadas
- Defensas vivas-naturales

✓ **Medidas estructurales.**

Teran, R. (1998)

Son todas aquellas medidas que consisten en estructuras diseñadas en base a los principios de la ingeniería, para controlar la erosión producto de la escorrentía superficial.

En la hidrología, es necesario tener en cuenta los 'registros hidrológicos, es decir las descargas de los ríos y la frecuencia con las que éstas se producen; por lo general se recomienda 50 años de registro anteriores al año de ejecución, para determinar el periodo de retorno y la descarga máxima de diseño.

Diques enrocados

Teran, R. (1998),

Son estructuras conformadas en base a material de río dispuesto en forma trapezoidal y revestido con roca pesada en su cara húmeda; pueden ser continuos o tramos priorizados donde se presenten flujos de agua que actúan con gran poder erosivo.

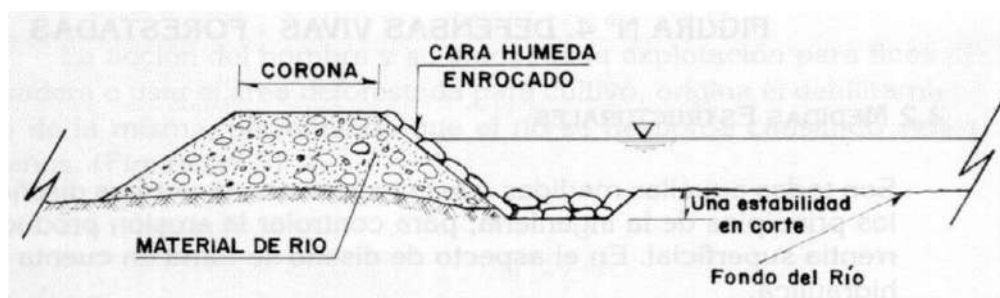


Fig. 2: Defensa ribereña permanente tipo dique enrocado.

Enrocados con roca al volteo

Teran, R. (1998) “Son los revestidos con roca pesada al volteo o colocado en forma directa por los volquetes, puede ser en forma parcial, solo la cara húmeda o en forma total, uña y cara húmeda”.

Con roca colocada

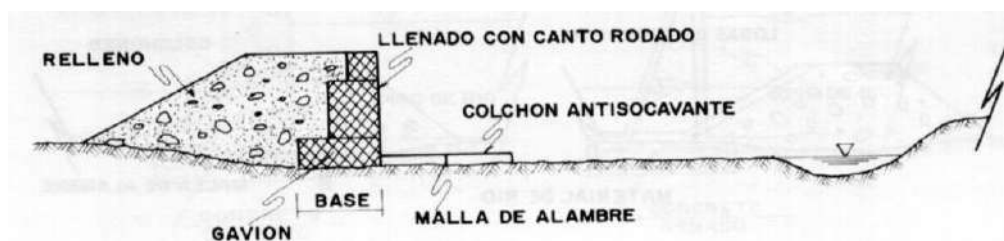
Teran, R. (1998) “Cuando la roca es colocada con empleo de cargador frontal, excavadora o pala mecánica, en la uña y cara húmeda de terraplén. El volumen de roca empleado es menor y el talud que se logra es estable y guarda las especificaciones de diseño”

Gaviones

Teran, R. (1998) afirma:

Son estructuras flexibles construidas por una red de mallas hexagonal tejidas a doble torsión. Se compone de alambre galvanizado con un recubrimiento plastificado, que debe garantizar una vida útil adecuada del alambre.

Fig. 3: Defensa ribereña permanente tipo gaviones



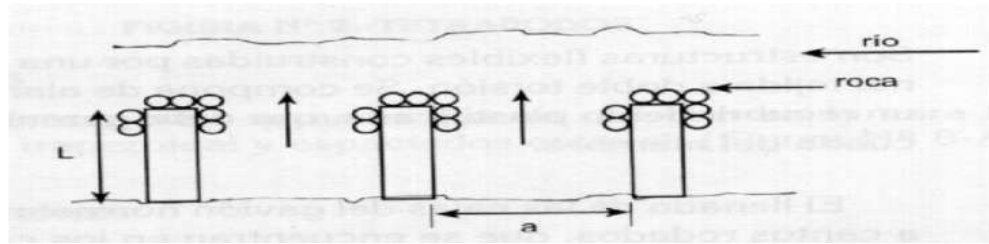
Espigones

Teran, R. (1998) Dentro de las obras de carácter temporal,

son las que demuestran mayor eficiencia de trabajo de control. En si vienen a ser acumulaciones de material de río dispuestos en forma trapezoidal, revestidas con roca pesada. Construidos con empleo de maquinaria, los espigones van dispuestos en forma perpendicular o paralelos al flujo del río, con longitudes variables de 50 a 100 m y espaciamientos entre sí de

50 a 200 m, en este caso se denominan deflectores disipadores.

Fig. 4: Defensa Ribereña Temporales tipo Espigones.



Erosión

Teran, R. (1998) describe que:

Proceso destructivo de los materiales de la corteza terrestre por acción de los procesos geológicos, que implica fracturamiento, fisuramiento, alteración física y/o química hasta el momento de arranque de los materiales, sin considerar el transporte. Los agentes erosivos son: agua, viento y el hombre mismo.

La erosión es una fase del proceso de degradación, el cual tiene 3 fases: erosión, transporte y sedimentación.

La erosión fluvial es un trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre. La erosión fluvial considerando el drenaje socava el valle en forma de V (perfil transversal), causando la profundización del cauce, el ensanchamiento y el alargamiento; según el estado de desarrollo hará más o menos intenso el proceso.

Fig. 5: Mecanismo de la erosión por agua



Inundaciones

Según (INDECI, 2008) “Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes”, las inundaciones generan daños para la vida de las personas, sus bienes e infraestructura, pero además causan daños sobre el medio ambiente y el suelo de las terrazas de los ríos. Las inundaciones son causas de la erosión y sedimentación de las fuentes de agua.

Humedad relativa

La humedad relativa (RH) es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada. La humedad relativa depende de la temperatura y la presión del sistema de interés. La misma cantidad de vapor de agua produce una mayor humedad relativa en el aire frío que en el aire caliente. (https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_relativa).

Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como energía cinética, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que este se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>).

Precipitación

La precipitación es la fase del ciclo hidrológico que consiste en la caída de

agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, la precipitación se produce como consecuencia de la condensación, es decir, por la acumulación de vapor de agua en la atmósfera que propicia la formación de nubes, cuando las nubes acumulan mucho vapor de agua, el peso de las gotas hace que el agua caiga hacia la superficie, este fenómeno también se conoce como precipitación atmosférica o precipitación pluvial. (<https://www.significados.com/precipitacion/>).

Riesgo

(INDECI, 2008) “es la estimación o evaluación matemática de pérdidas de vidas, daños a bienes materiales, y a la propiedad, para un período específico y áreas conocidos, de un evento específico de emergencia. Se calcula en función del peligro y la vulnerabilidad”

Vulnerabilidad

(INDECI, 2008) Refiere como el grado de resistencia y exposición física social de un elemento o conjunto de elementos (vidas humanas, patrimonio, servicios vitales, infraestructura, áreas agrícolas y otros), como resultado de la ocurrencia de un peligro de origen natural o inducido por el hombre. Se expresa en términos de probabilidad en porcentaje de 0 a 100. Es el grado de facilidad con que estos elementos sufren daños por exposición al peligro.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación Geopolítica

Región	Provincia	Distrito	Localidad o sector
Tumbes	Contraalmirante Villar	Canoas de Punta Sal	Qda. Seca

3.1.2. Ubicación Geodésica

Coordenadas UTM (m)		DATUM	Zona UTM	Altitud msnm
N	E	WGS 84	17 M	12 – 60
9550205	520505			

3.1.3. Mapa de Ubicación

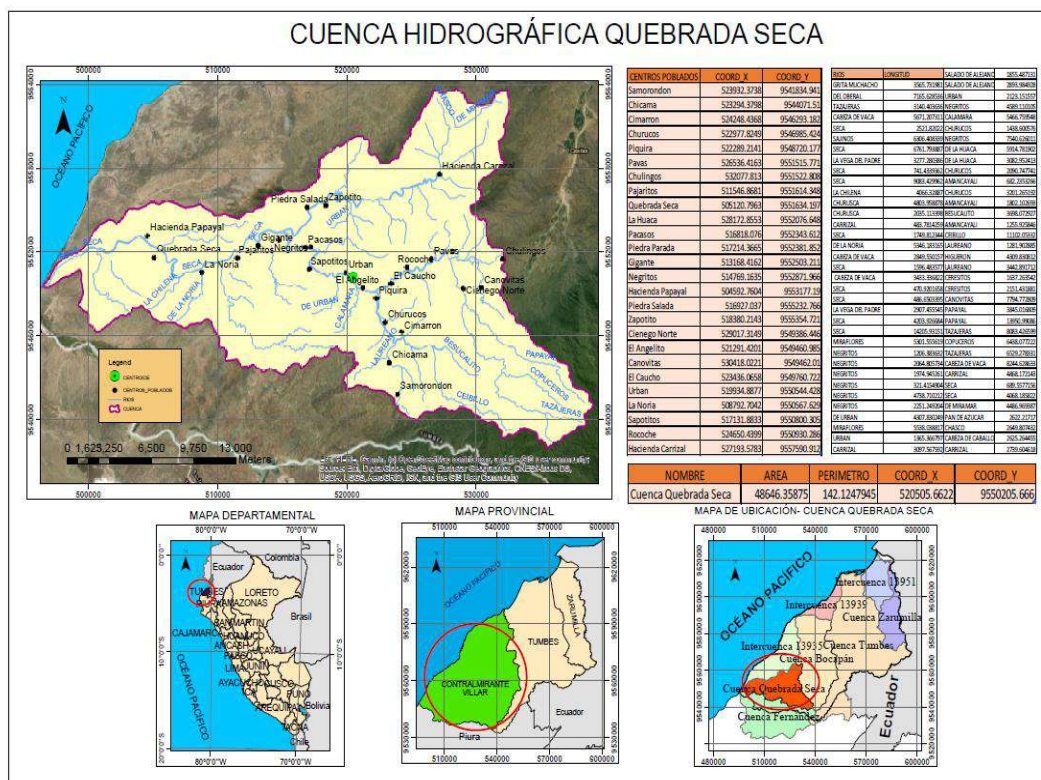


Fig. 6: Cuenca quebrada Seca

3.2. Materiales y métodos

Materiales

- ✓ Data de precipitación (mediante esta información se procederá a calcular caudales máximos.)
- ✓ Cartas nacionales (para la parte Hidrológica)
- ✓ Imágenes satelitales (para georreferenciar)

Equipos

- ✓ Laptop (para procesar la información recolectada en el campo, realizar el informe, y uso de software, ArcGIS, Word, entre otros)
- ✓ Calculadora. (para sacar cálculos)
- ✓ Cámara fotográfica. (para capturar evidencias del trabajo realizado)

Software o programas

- ✓ Microsoft Word (para redactar el informe de tesis)
- ✓ Microsoft Excel (para realizar tablas y cálculos que se requiere)
- ✓ Power Point (para realizar las diapositivas de la tesis)
- ✓ ArcGis 10.8.2 (para hallar los parámetros geomorfológicos de la cuenca)
- ✓ Google Earth (Para ubicar satelitalmente la cuenca a estudiar)
- ✓ Hydrognomon (Para calcular las precipitaciones máximas diarias)

3.3. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas

Las técnicas que se emplearon fueron los sistemas de información geográfica, hidrológica, ArcGIS 10.8.2, métodos empíricos como modelo de Creager, Racional Modificado e Iszkowski.

Instrumentos de recolección de datos

a. Cartas nacionales: Se utilizaron en la parte hidrológica, para la determinación de parámetros de la Sub cuenca, se descargaron de la siguiente página: <https://www.geogpsperu.com/2013/09/cuadro-de-empalmede-la-cartografia.html> una vez descargado el cuadrante 8C, zona 17M donde se encuentra ubicada la Sub cuenca Faical, se procesó la información en el software “ArcGIS 10.8.2” en donde se obtuvieron los parámetros de cuenca, principalmente se necesitó el área de la quebrada, dato indispensable para continuar con los métodos de estimación de caudal como Creager, Racional Modificado e Iszkowski y posteriormente calcular un caudal de diseño mediante Gumbel y Log Pearson tipo III.

b. Data de precipitación: El ámbito de la Sub cuenca Faical, presentada que tenemos es el registro que brinda la estación meteorológica de Matapalo y Papayal, el cual ha sido descargado de la página de SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>) e información que brinda el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes – PEBPT, La precipitación se encuentra registrada por hora, la cual se procesó en el software Excel para obtener una data de precipitación anual con esta información se pudo trabajar los métodos como lo es Racional Modificado e Iszkowski y por medio de este obtener una data de caudales máximos.

c. Data de caudales: Se obtuvo mediante los métodos de Creager, Racional Modificado e Iszkowski a base de la data de precipitación, esta información nos fue útil para determinar el caudal máximo de diseño para defensas ribereñas en la quebrada Faical mediante los métodos de Gumbel y Pearson Tipo III.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Características geomorfológicas de la Cuenca Seca

I. Variable superficial

Área de la Quebrada (A)

Área de la cuenca: 486,46 Km²

II. Variables lineales

Perímetro(P): 142,12 Km

Longitud total del cauce (Ltc): Es la sumatoria total de las longitudes de los ríos, la unidad de medida es en Km

$$Ltc = 392,97 \text{ Km}$$

Longitud de cauce principal (Lcp): Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria.

$$Lcp = 46,18 \text{ Km}$$

Tabla 6: Clases de valores de longitud de cauce principal

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la longitud del cauce principal de la Cuenca Seca es largo.

Longitud de cauces secundarios (Lcs): Es la diferencia de la longitud total del cauce con la longitud del cauce principal de los ríos.

$$Lcs = Ltc - lcp$$

$$Lcs = 392,97 \text{ km} - 46,18 \text{ km}$$

$$Lcs = 346,79 \text{ km}$$

Ancho medio (Am): Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud principal del cauce.

$$Am = \frac{A}{Lcp}$$

$$Am = \frac{486,46 \text{ Km}^2}{46,18 \text{ km}}$$

$$Am = 10,53 \text{ Km}$$

Longitud total de curvas a nivel (Ltcn): Es la suma de las longitudes de todas las curvas de nivel dentro de la cuenca.

$$Ltcn = 1983407.71 \text{ m}$$

Orden de Jerarquización (OJ): Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje.

$$OJ = 3$$

Tabla 7: Clases de valores de orden de jerarquización

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro el orden de jerarquización de la Cuenca Seca es medio.

II. Variables de desnivel

Desnivel altitudinal: Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más bajo del cauce.

$$\text{Punto más alto} = 1300,00 \text{ m.s.n.m}$$

$$\text{Punto más bajo} = 38,71 \text{ m.s.n.m}$$

$$DA = 1261,29 \text{ m.s.n.m}$$

Tabla 8: Clase de valores de elevación media (m)

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de elevación es alta.

Pendiente media del cauce principal (Sc): La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce.

$$Sc = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}}{L} \times 100$$

H máx: cota máxima de la cuenca

H min: cota mínima de la cuenca

L: Longitud de cauce principal en m

$$Sc = \frac{1300 - 38.71}{46,18(1000)} \times 100$$

$$Sc = 2,73 \%$$

Tabla 9: Clase de valores de pendiente de cauce

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de pendiente del cauce principal de la Cuenca Seca es suave.

Pendiente media de la cuenca (S): La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la

velocidad que adquiere y la erosión que produce

Tabla 10: Cuadro para el cálculo de la pendiente media de la cuenca

CUADRO PARA EL CÁLCULO DE PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA					
Nº	RANGO PENDIENTE		PROMEDIO	NÚMERO DE OCURRENCIA	PROMEDIO x OCURRENCIA
	INFERIOR	SUPERIOR			
1	0	5	2.5	338964	847410
2	5	12	8.5	126893	1078590.5
3	12	18	15.0	46988	704820
4	18	24	21.0	12671	266091
5	24	32	28.0	4012	112336
6	32	44	38.0	902	34276
7	44	100	72.0	119	8568
Suma				530549	3052091.5
Pendiente media de la Cuenca					5.753 %

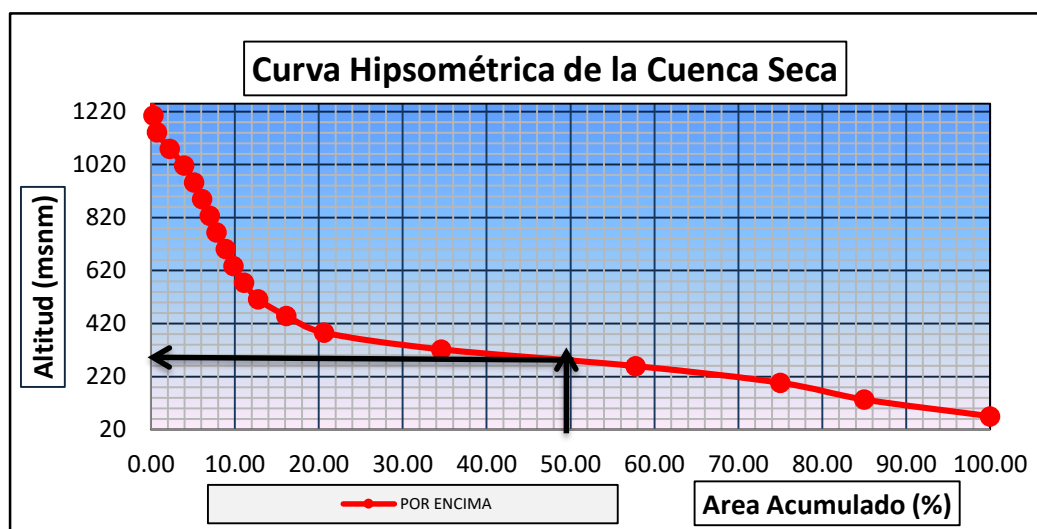
Tabla 11: Clase de valores de pendiente media de la cuenca

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de pendiente media de la Cuenca Seca es suave.

Curva hipsométrica: La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales.



Perfil longitudinal: El perfil longitudinal, nos servirá como reflejo del comportamiento del terreno tanto en (proyectos de viviendas, terrazas y bancales) como en ingeniería (proyectos de trazados de vías públicas, canalizaciones etc.)

Tabla 12: Datos para el perfil longitudinal

	Progresiva	Long. (m)	Long Acum (m)	Cota	Desnivel	S	1/(S)^0.5
0	0+000	0.00	0.00	50.00			
1	4+625	4625.00	4625.00	53.00	3.00	0.0566	4.2032
2	9+250	4625.00	9250.00	55.00	2.00	0.0364	5.2440
3	13+875	4625.00	13875.00	100.00	45.00	0.4500	1.4907
4	18+500	4625.00	18500.00	100.50	0.50	0.0050	14.1774
5	23+125	4625.00	23125.00	102.00	1.50	0.0147	8.2462
6	27+750	4625.00	27750.00	150.00	48.00	0.3200	1.7678
7	32+375	4625.00	32375.00	198.00	48.00	0.2424	2.0310
8	37+000	4625.00	37000.00	225.00	27.00	0.1200	2.8868
Suma							40.0471

Pendiente por tramos

Tabla 13: Resultado de pendientes por tramos

S3% PARTE BAJA	0,36
S2% PARTE MEDIA	0,36
S1% PARTE ALTA	0,81

Rectángulo Equivalente

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Lado mayor =

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Donde:

$A = \text{area de la cuenca (km}^2\text{)}$

$k = \text{coeficiente de compacidad o indice de gravelius}$

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2} \right)$$

$$L = \frac{1,80\sqrt{486,46}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,80} \right)^2} \right)$$

$$L = 63,19 \text{ km}$$

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2} \right)$$

$$l = \frac{1,80\sqrt{486,46}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{1,80} \right)^2} \right)$$

$$l = 7,69 \text{ km}$$

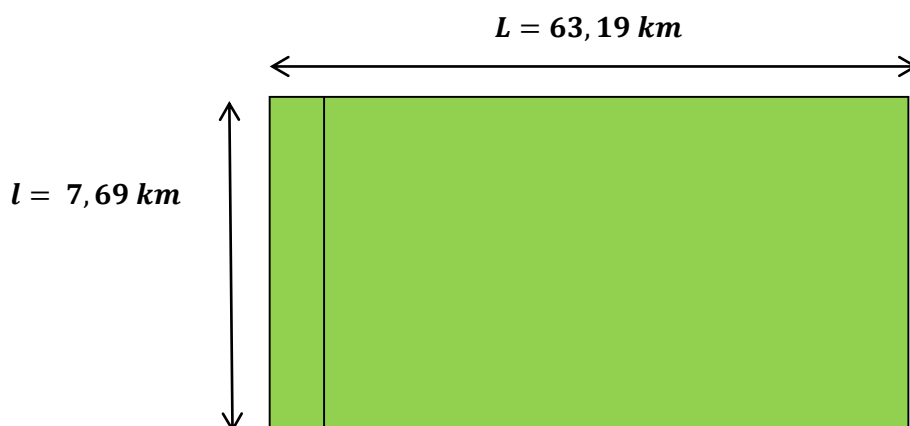


Fig. 7: Rectángulo Equivalente

IV. Variable de densidad

Densidad de drenaje (Dd):

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots\dots \frac{Km}{Km^2}$$

Li: Longitud total de los ríos

A: Área de la cuenca

$$D_d = \frac{392,97 Km}{486,46 Km^2}$$

$$D_d = 0,81 Km/Km^2$$

Tabla 14: Clase de valores de densidad de drenaje

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de drenaje de la Cuenca Seca es baja.

Coefficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

$$Kc_g = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Kcg: Coeficiente de compacidad o de gravelius

P: Perímetro de la cuenca em Km

A: Área de la cuenca en Km2

$$Kc_g = 0.28 \left(\frac{142,12 Km}{\sqrt{486,46 Km^2}} \right)$$

$$Kc_g = 1,80$$

Tabla 15: Clases de valores de compacidad

Rangos de K _e	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la clase de densidad de compacidad de la Cuenca Seca es De oval oblonga a rectangular oblonga.

Coeficiente de forma (Kf):

$$K_f = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

Kf: Coeficiente de forma

A: Área de la cuenca en Km²

Lcp: Longitud cauce principal km

$$K_f = \frac{486,46 \text{ Km}^2}{(46,18 \text{ Km})^2}$$

$$K_f = 0,22$$

Tabla 16: Clases de valores de forma

Rangos de K_f	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Fuente: Delgado, E. 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con el cuadro la cuenca Seca es ligeramente achatada.

4.1.2. Principales características climáticas de la Cuenca quebrada Seca.

Las características climáticas de una cuenca hidrográfica son muy importantes tenerlas en cuenta en un análisis de caudales, ya que nos proporcionan el comportamiento hidrológico de la cuenca y la disponibilidad del recurso hídrico principalmente.

Como características climáticas más importantes son la precipitación, la temperatura, la humedad relativa, la evaporación el viento y la radiación solar. En la presente investigación para estimar el caudal máximo de diseño se usarán métodos hidrológicos de: Método Racional Modificado que entre sus variables a tener en cuenta más importante es el área de la cuenca y la intensidad de lluvia en mm/h correspondiente a la duración y periodo de retorno considerado; el método de Creager cuyo modelo utiliza como variables muy importantes al tiempo de retorno en años y el área de la cuenca, y finalmente se usará el método de Iszkowski cuyo modelo usa las variables de área de la cuenca, y la precipitación total anual promedio.

Como se puede ver en la presente investigación de todas las variables y/o características climáticas a usar es la precipitación en sus modalidades de intensidad de lluvia y la precipitación total anual promedio.

La Cuenca quebrada seca abarca una superficie de 486,46 km². Se trata de un curso no permanente que permanece seca la mejor parte del año. Cabe destacar la poca información existente y a la falta de sistemas de medición, debido a la práctica inexistencia de recurso superficial y su escaso aprovechamiento. Las principales actividades presentes en estas zonas son agricultura de subsistencia que abastece de agua subterránea mediante pequeños pozos (ANA – Consejo de recursos hídricos de Cuenca Tumbes – Hidrográfica Cuenca quebrada Seca está la estación de Cañaverál; la temperatura más mojada dura 3.2 meses de 13 de enero a 21 de abril, con una probabilidad de más del 15% de que cierto día será un día mojado. El mes con más mojados en Cañaverál es marzo, con un promedio de 9.0 días con por lo menos 1 mm de precipitación (es.weatherspark.com-clima-promedio-cañaverál).

La temporada de lluvias en la estación cañaverál dura 4.5 meses del 21 de diciembre al 6 de mayo con un intervalo móvil de 31 días de lluvias de por lo

menos 13 mm. El mes con más lluvia en Cañaverl es marzo con un promedio de 74 mm de lluvia (es.weatherspark.com-clima promedio-en-cañaverl-Perú-durante todo el año – rescatado el 26 de junio).

Para la estación cañaverl, reportada por Garabito, A. S. (2021), la variación de la precipitación para 30 años de registro (1975 – 2020) es como se presenta en el anexo 21.

➤ **Intensidad máxima (mm/h) de la estación Cañaverl**

✓ **Precipitación máxima corregida sobre la cuenca**

$$P = K_A * P_d$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida

K_A: Factor reductor

P_d: Precipitación máxima diaria (mm)

Para calcular la precipitación máxima corregida sobre la Sub cuenca se usó el software Hydrognomon el cual nos ayudó con los datos estadísticos requeridos.

Tabla 17: Datos estimados de precipitaciones (según Hydrognomon) de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 años

Tr	P	Precipitación (mm)	Corrección Pp (mm)
2	0.5	138.82	156.87
5	0.2	275.76	311.61
10	0.1	394.78	446.10
25	0.04	578.78	654.02
50	0.02	741.06	837.39
100	0.01	925.55	1045.87
200	0.005	1134.39	1281.86
500	0.002	1451.58	1640.29

Según Hydrognomon para un periodo de retorno de 50 años la precipitación máxima con la corrección de 1.13 de la Organización Meteorológica Mundial es un aproximado de 837,39 mm.

La organización Meteorológica Mundial, en su guía de prácticas hidrológicas, explica que estudios de miles de años - estaciones de datos pluviométricos indican que al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por el factor 1.13, se producirán valores que aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observados se determinan a partir de dos o más intervalos de observación fija.

Cálculo de la precipitación máxima corregida sobre la cuenca

Tabla 18: Precipitación máxima corregida sobre la cuenca

Tr	PP 24 máx. hr	Factor Reductor	PP Corregida Cuenca (mm)
2	156.87	0.82	128.63
5	311.61	0.82	255.52
10	446.10	0.82	365.80
25	654.02	0.82	536.29
50	837.39	0.82	686.66
100	1045.87	0.82	857.61
200	1281.86	0.82	1051.13
500	1640.29	0.82	1345.03

La precipitación máxima corregida sobre la cuenca para un periodo de retorno de 50 años es de un aproximado de 686,66 mm

Tabla 19: Coeficientes de duración

Duración de precipitación en horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Cálculo de la Intensidad máxima (mm/h)

Tabla 20: Intensidad máxima de la estación Cañaveral

Tr	PP corregida (mm)	Coefficiente	Duración	Intensidad máxima (mm/h)
2	128.63	1	24	5.36
5	255.52	1	24	10.65
10	365.80	1	24	15.24
25	536.29	1	24	22.35
50	686.66	1	24	28.61
100	857.61	1	24	35.73
200	1051.13	1	24	43.80
500	1345.03	1	24	56.04

$$I = \frac{686,66 * 1,00}{24}$$

$$I = 28,61 \text{ mm/h}$$

La intensidad máxima para un periodo de retorno de 50 años de la estación cañaveral es de un aproximado de 28,61 mm/h.

4.1.3. Caudales Máximos de diseño de la Cuenca quebrada Seca.

Método de Creager

Estima el caudal máximo anual aplicando la siguiente formula.

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m*A^{-n}}$$

Dónde:

Q máx. = para un periodo de retorno T seleccionado, en m³/s.

A = área de la Sub cuenca aportante, en km².

T = periodo de retorno, en años.

C_1, C_2 = coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas.

m, n = exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas.

En la siguiente imagen se aprecia las determinadas regiones y los coeficientes que corresponde para cada una de ellas.



REGION	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.1	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Fuente: (GARCIA M . 2011)

Fig. 8: Mapa de método de creager

Caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años.

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log T * A^{m * A^{-n}}$$

$$Q_{max} = (1,01 + 4,37) * \log 50 * 486,46^{1,02 * 486,46^{-0,04}}$$

$$Q_{max} = 1261,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se realizó el mismo procedimiento para los coeficientes y caudales que muestran a continuación haciendo uso de Excel.

Tabla 21: Datos obtenidos para el método de Creager

<i>C1</i>	1,01
<i>C2</i>	4,37
<i>m</i>	1,02
<i>n</i>	0,04
Área	486,46
<i>m * A⁻ⁿ</i>	0,80

Tabla 22: Datos estimados de caudales por método de Creager

<i>Tr</i>	(<i>C1 + C2</i>)	<i>log</i>	Área	<i>m * A⁻ⁿ</i>	<i>Q máx (m³/s)</i>
2	5.38	0.30	486.46	0.80	223.51
5	5.38	0.70	486.46	0.80	518.97
10	5.38	1.00	486.46	0.80	742.48
25	5.38	1.40	486.46	0.80	1037.94
50	5.38	1.70	486.46	0.80	1261.45
100	5.38	2.00	486.46	0.80	1484.95
200	5.38	2.30	486.46	0.80	1708.46
500	5.38	2.70	486.46	0.80	2003.92

Interpretación: Según el Método de Creager en la Cuenca quebrada Seca se espera un caudal aproximado de **1261,45 m³/s** dentro de 50 años.

Método racional modificado

Estima el caudal máximo anual aplicando la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{CIA}{3,6} * K$$

A). Tiempo de concentración

Se obtuvo mediante la fórmula de Temez (para cuencas mayores a 13 km)

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Donde:

L = longitud de cauce principal

S = pendiente media del cauce

T_c = tiempo de concentración

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$$

$$T_c = 0,3 \left(\frac{46,18}{2,73^{0,25}} \right)^{0,76}$$

$$T_c = 4,5628 \text{ horas}$$

B). Coeficiente de Uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración (horas)

K = coeficiente de uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

$$K = 1 + \frac{4,5628^{1,25}}{4,5628^{1,25} + 14}$$

$$K = 1,32$$

C) Coeficiente de similitud o Factor reductor (K_A)

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

Donde:

A: área de la cuenca (Km²)

K_A : coeficiente de similitud o factor reductor

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

$$K_A = 1 - \frac{\log(486,46 \text{ km}^2)}{15}$$

$$K_A = 0,82$$

D) Coeficiente de Escorrentía (C)

De acuerdo a la visita de campo, el coeficiente "C" tiene un valor de 0.2, ya que la cuenca cuenta con montañas y vegetación extensa.

$$C = 0,20$$

Cálculo del Caudal Máximo Racional Modificado

$$Q = \frac{CIA}{3,6} * K$$

Donde:

Q = Caudal máximo de diseño

C = Coeficiente de Escorrentía

I = Intensidad de Precipitación

A = Área de la Cuenca

$$Q = \frac{CIA}{3,6} * K$$

$$Q = \frac{0,20 * 28,61 \frac{mm}{h} * 486,46 \text{ km}^2}{3,6} * 1,32$$

$$Q = 1020,66 \text{ m}^3/s$$

Tabla 23: Datos estimados de caudales por método de Racional Modificado

Tr	C	I	A	K	Constante	Q max (m ³ /s)
2	0.2	5.36	486.46	1.32	3.6	191.20
5	0.2	10.65	486.46	1.32	3.6	379.81
10	0.2	15.24	486.46	1.32	3.6	543.73
25	0.2	22.35	486.46	1.32	3.6	797.15
50	0.2	28.61	486.46	1.32	3.6	1020.66
100	0.2	35.73	486.46	1.32	3.6	1274.76
200	0.2	43.80	486.46	1.32	3.6	1562.40
500	0.2	56.04	486.46	1.32	3.6	1999.27

Según el Método Racional Modificado en la Cuenca quebrada Seca se espera un caudal aproximado de **1020,66 m³/s** dentro de 50 años.

Método de iszkowski

Para la determinación del caudal por el método de Iszkowski emplearemos la siguiente formula:

$$Q = m * C * P (A * 10^{-3})$$

Donde:

Q = descarga máxima (m³/s.)

A = área de la Sub cuenca (Km²)

P = precipitación total anual promedio

m = factor por el tamaño de la cuenca

C = coeficiente de la morfología de la cuenca.

Clasificamos la cuenca de acuerdo a las tablas de Iszkowski:

Se hace una interpolación con el área de la cuenca (**486,46 km²**), usando la tabla para determinar el valor de **m**

100	----->	7,4
486,46	----->	m
500	----->	5,9

$$\frac{100 - 500}{486,46 - 500} = \frac{7,4 - 5,9}{m - 5,9}$$

$$\frac{-400}{-13,54} = \frac{1,5}{m - 5,9}$$

$$29,5421(m - 5,9) = 1,5$$

$$29,5421m - 174,29839 = 1,5$$

$$29,5421m = 175,79839$$

$$m = \frac{175,79839}{29,5421}$$

$$m = 5,95$$

Como la cuenca en estudio se usó el coeficiente $C=0.2$, de acuerdo a la tabla de coeficientes de morfología de la cuenca.

Luego se determinó los valores máximos de precipitación para cada año de acuerdo a la data Histórica, registrada en la estación meteorológica de Cañaverál

Tabla 24: Precipitación máxima de 30 años (Estación de Cañaverál)

MES/AÑO		Precipitación máxima (mm)
Marzo	1975	173.7
Marzo	1976	204
Febrero	1977	222.7
Marzo	1978	61.2
Abril	1980	101.8
Febrero	1981	46.2
Febrero	1987	360
Marzo	1992	717
Febrero	1993	123.4
Enero	1994	104.5
Marzo	1996	32.1
Febrero	1998	729.2
Febrero	1999	150
Abril	2000	100.1
Marzo	2001	334.8
Marzo	2004	36.5
Febrero	2006	196.2
Marzo	2007	151.6
Febrero	2008	287.1
Enero	2009	237.6
Marzo	2010	185.9
Abril	2011	108.8
Marzo	2012	296.8
Marzo	2013	167.2
Febrero	2014	45.1
Marzo	2016	44.9
Febrero	2017	214.2
Febrero	2018	61
Febrero	2019	157.1
Marzo	2020	68.3

Empleamos la fórmula para cada uno de los datos de precipitación. (**Q año 1975**)

$$Q = m * C * P (A * 10^{-3})$$

$$Q = 5,95 * 0,2 * 173,7 \text{ mm} (486,46 \text{ km}^2 * 10^{-3})$$

$$Q = 100,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 25: Caudales estimados para cada año

Ítem	Año	Precipitación máxima (mm)	m	C	A	10 ⁻³	Caudal máximo (m ³ /s)
1	1975	173.7	5.95	0.2	486.46	0.001	100.55
2	1976	204	5.95	0.2	486.46	0.001	118.09
3	1977	222.7	5.95	0.2	486.46	0.001	128.92
4	1978	61.2	5.95	0.2	486.46	0.001	35.43
5	1980	101.8	5.95	0.2	486.46	0.001	58.93
6	1981	46.2	5.95	0.2	486.46	0.001	26.74
7	1987	360	5.95	0.2	486.46	0.001	208.40
8	1992	717	5.95	0.2	486.46	0.001	415.06
9	1993	123.4	5.95	0.2	486.46	0.001	71.43
10	1994	104.5	5.95	0.2	486.46	0.001	60.49
11	1996	32.1	5.95	0.2	486.46	0.001	18.58
12	1998	729.2	5.95	0.2	486.46	0.001	422.12
13	1999	150	5.95	0.2	486.46	0.001	86.83
14	2000	100.1	5.95	0.2	486.46	0.001	57.95
15	2001	334.8	5.95	0.2	486.46	0.001	193.81
16	2004	36.5	5.95	0.2	486.46	0.001	21.13
17	2006	196.2	5.95	0.2	486.46	0.001	113.58
18	2007	151.6	5.95	0.2	486.46	0.001	87.76
19	2008	287.1	5.95	0.2	486.46	0.001	166.20
20	2009	237.6	5.95	0.2	486.46	0.001	137.54
21	2010	185.9	5.95	0.2	486.46	0.001	107.62
22	2011	108.8	5.95	0.2	486.46	0.001	62.98
23	2012	296.8	5.95	0.2	486.46	0.001	171.81
24	2013	167.2	5.95	0.2	486.46	0.001	96.79
25	2014	45.1	5.95	0.2	486.46	0.001	26.11
26	2016	44.9	5.95	0.2	486.46	0.001	25.99
27	2017	214.2	5.95	0.2	486.46	0.001	124.00
28	2018	61	5.95	0.2	486.46	0.001	35.31
29	2019	157.1	5.95	0.2	486.46	0.001	90.94
30	2020	68.3	5.95	0.2	486.46	0.001	39.54

Según Iszkowski se obtuvo un caudal mínimo de **18,58 m³/s** en el año 1996 y un caudal máximo de **422,12 m³/s** en el año 1998.

Caudal máximo método de Iszkowski

$$Q = m * C * P (A * 10^{-3})$$

Donde:

Q = descarga máxima (m³/s.)

A = área de la Sub cuenca (Km²)

P = precipitación cuenca corregida

m = factor por el tamaño de la cuenca

C = coeficiente de la morfología de la cuenca.

Tabla 26: Datos estimados de caudales por método de Iszkowski

Tr	m	C	P	A	10 ⁻³	Q máx.
2	5.95	0.2	128.631	486.46	0.001	74.46
5	5.95	0.2	255.523	486.46	0.001	147.92
10	5.95	0.2	365.801	486.46	0.001	211.76
25	5.95	0.2	536.295	486.46	0.001	310.45
50	5.95	0.2	686.662	486.46	0.001	397.50
100	5.95	0.2	857.614	486.46	0.001	496.46
200	5.95	0.2	1051.126	486.46	0.001	608.48
500	5.95	0.2	1345.034	486.46	0.001	778.62

Según el Método de Iszkowski en la Cuenca quebrada Seca se espera un caudal aproximado de **397,50 m³/s** dentro de 50 años.

Caudal de diseño

Tabla 27: Caudal de diseño

Tr	Creager	Racional Modificado	Iszkowski	Caudal de diseño
2	223.51	191.20	74.46	163.06
5	518.97	379.81	147.92	348.90
10	742.48	543.73	211.76	499.32
25	1037.94	797.15	310.45	715.18
50	1261.45	1020.66	397.50	893.20
100	1484.95	1274.76	496.46	1085.39
200	1708.46	1562.40	608.48	1293.11
500	2003.92	1999.27	778.62	1593.94

El caudal de diseño es de un aproximado **893,20 m³/s**

4.1.4. Diseño hidráulico de un espigón y un sistema de endicado en un tramo del cauce de la cuenca quebrada Seca.

Diseño hidráulico de un espigón

Un espigón es una estructura hidráulica en forma de diques o pantallas interpuestas a la corriente y empotradas en uno de los extremos de la orilla. Sirven para alejar las líneas de corriente de la orilla o en lo cual las partículas de la misma no pueden ser erosionadas.

- **Cálculo del ancho del cauce para ello se usa el método de Petits; cuyo modelo es:**

$$B = 4,44 * Q^{0,5}$$

Donde:

B = ancho estable del cauce, en m

Q = caudal máximo de diseño en m³/s

$$B = 4,44 * Q^{0,5}$$

$$B = 4,44 * (893,20)^{0,5}$$

$$B = 132,69 \text{ m}$$

Para fines de diseño se usará B = 135 m.

- **Cálculo del tirante hidráulico cauce de sección rectangular, caudal de 893,20 m³/s; pendiente s = 0,5%; ancho de cauce 135 m, coeficiente de rugosidad de Manning n = 0,032.**

Aplicando el H – Canales se obtiene el valor del tirante hidráulico y = 1,9531; para fines de diseño se tomará y = 2,00 m

- **Longitud del espigón (LT)**

La longitud total del espigón se divide en longitud de anclaje o empotramiento (normalmente es el ancho de la carretera de mantenimiento, 3 m); y longitud de trabajo (LT); la primera está dentro de la margen y la segunda está dentro de la corriente.

La longitud de trabajo L_T , se ha comprobado la conveniencia de que está dentro de los límites siguientes:

$$y \leq L_T \leq B/4$$

$$2 \leq L_T \leq 135/4$$

$$2 \leq L_T \leq 33,75$$

Para la presente tesis se tomará una longitud de trabajo L_T , de 35 m; y siendo 3 m la longitud de empotramiento la longitud total del espigón será:

$$L_T = L_T + \text{empotramiento}$$

$$L_T = 35 \text{ m} + 3 \text{ m}$$

$$L_T = 38 \text{ m}$$

➤ **Separación de los espigones en curvas (S_p)**

La separación S_p entre espigones colocados en curvas, la separación que se ha probado con buenos resultados es $S_p = (2,5 \text{ a } 4) L_T$.

En la presente investigación $L_T = 35 \text{ m}$

Entonces $S_p =$ variará entre $2,5 \times 35 = 87,5 \text{ m}$ y $4 \times 35 = 135 \text{ m}$; pero se plantea un solo espigón en la progresiva.

Verificar 0+10,5 km en la primera curva desde el 0 km (desembocadura)

➤ **Elevaciones y pendientes de la corona**

El espigón planteado en la presente investigación debe construir con pendiente longitudinal hacia adentro del cauce. Se iniciará a tres metros de acuerdo a la elevación de la margen o a la elevación de la superficie libre al discurrir el caudal de diseño. El extremo dentro del cauce deberá tener altura máxima de 50 cm sobre el fondo actual, con ello se logran pendiente de 0,05 a 0,25 que han trabajado satisfactoriamente.

➤ **Orientación del espigón**

El espigón en la presente investigación se plantea tenga una orientación aguas abajo de la corriente; la orientación se mide por el ángulo que forma el eje longitudinal del mismo en la tangente a la orilla hacia aguas abajo, en el punto de arranque. Los ángulos más adecuados están entre 60° y 70° , en

la presente investigación se plantea 70° con dirección de la corriente.

➤ **Permeabilidad del Espigón, Materiales de la construcción**

Para la presente investigación se plantea un espigón construido con enrocamiento con roca al volteo colocada con excavadora hidráulica y sus espacios serán rellenados con hormigón o piedra chancada.

➤ **Socavación local del espigón**

La socavación local en la punta del espigón es muy importante durante su construcción más aun cuando se plantea una construcción más aun cuando se plantea una construcción con material suelto (roca acomodada).

En la presente investigación se calcula con el Método de Lacey, cuyo modelo es:

$$D_s = 1,35 \left(\frac{q^2}{f}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

D_s = profundidad de socavación, en m

q = caudal unitario

$$q = \frac{Q}{B} = \frac{\text{caudal máximo de diseño}}{\text{Ancho estable del cauce}}$$

f = factor de fondo que depende del tipo de material que sobre sale en el cauce o factor de Lacey.

Tabla 28: factor de fondo para Método Lacey en cálculo de profundidad de socavación.

Material	Valor de f
Rocas Masivas (ø = 70 cm)	40
Rocas	38
Pedrones y lajas	20
Piedras y lajas	6
Piedras pequeñas y gravas gruesas	4,7
Arenas gruesas	1,52
Arenas medianas	1,3
Limos estándar	1
Limos finos	0,85

Para la presente investigación

$$Q = 893,20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 135 \text{ m}$$

$$q = \frac{Q}{B} = 6,62$$

f = de acuerdo a las características del fondo del cauce de quebrada seca, son arenas gruesas.

$$f = 1,52$$

Entonces:

$$D_s = 1,35 \left(\frac{q^2}{f} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_s = 1,35 \left(\frac{6,62^2}{1,52} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_s = 4,13 \text{ m}$$

Se tomará $D_s = 4 \text{ m}$

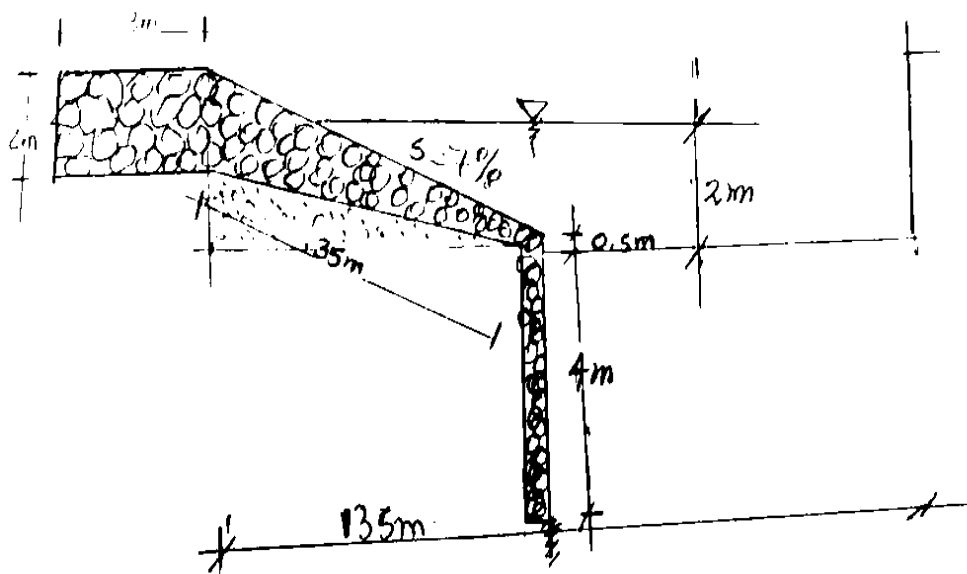


Fig. 9: Esquema del diseño hidráulico de un gavión

Diseño hidráulico de un dique longitudinal

Los diques longitudinales son estructuras apoyadas directamente en el margen de un río o quebrada a fin de evitar que la corriente del agua esté en contacto con el material de la margen que se protege.

➤ **Cálculo del ancho del cauce**

Usando el método de Petits, para un caudal máximo de diseño de 893,20 m³/s; se obtuvo un ancho estable de cauce de 135 m.

➤ **Cálculo del tirante hidráulico**

Con el uso de H – Canales, para un caudal de 893,20 m³/s, sección rectangular, pendiente $s = 0,5\%$, coeficiente de rugosidad de Manning $n = 0,032$ y base del cauce de 135 m, se obtuvo un tirante hidráulico $y = 2,00$ m.

➤ **Materiales de construcción y ubicación**

Se plantea que los diques longitudinales de ambas márgenes del cauce de construyan de gaviones rellenos con piedra para el cuerpo del dique y colchones rellenos con piedra para la uña del dique; su ubicación estará entre las progresivas 0 + 10,50 a la 0 + 10,30 en una longitud aproximada de 200 m a cada margen.

El cuerpo del gavión iniciará en una base de 3 gaviones de 1m x 1m, luego 2 gaviones de 1m x 1m y finalizar en la corona con un 1 gavión de 1m x 1m.

➤ **Esquema del dique con gaviones**

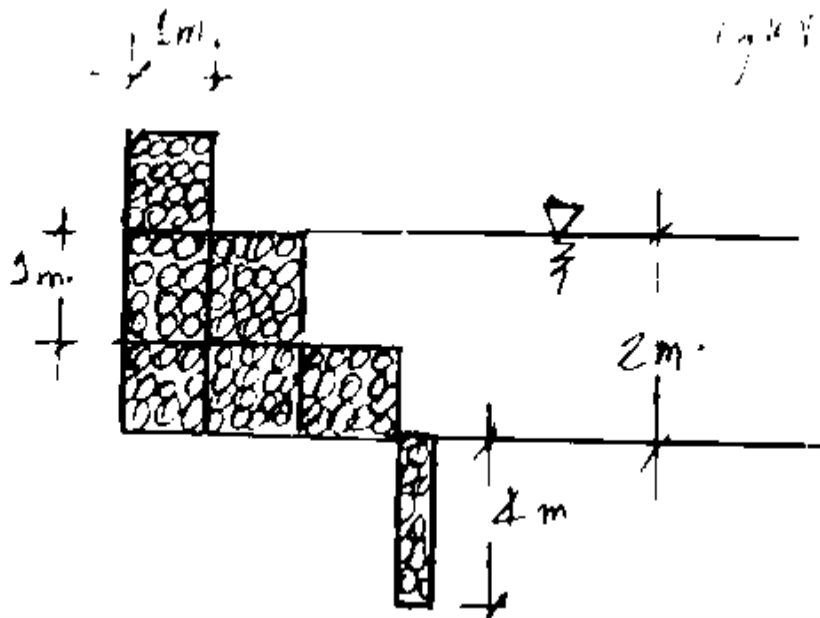


Fig. 10: Esquema del dique con gaviones

4.2. Discusiones

4.2.1. Características geomorfológicas de la Cuenca quebrada Seca

La cuenca de la quebrada seca según Villon. M. (2002) es una cuenca efímera ya que solo tiene una alta probabilidad de tener agua superficial en época de lluvias; o también en hidráulica fluvial se llaman ríos o cauces muertos porque pueden tener agua en un determinado periodo del año; pero la mayor parte de un año no tienen agua, o pueden estar por varios años sin agua. El área de una cuenca es un parámetro geomorfológico muy importante porque varios modelos hidrológicos la toman en consideración para estimar los caudales máximos que se producirán en una cuenca especialmente en cuencas secas como es el caso de la presente investigación.

La Cuenca quebrada Seca tiene un área de 486,16 km² que por su área (menor de 500 km²) se podrá decir que se trata de una subcuenca; en la tabla N°33 se puede ver la clasificación de las cuencas por sus áreas.

Tabla 29: Clasificación de las Cuencas por sus áreas.

Denominación	Área (km ²)
Cuenca	Mayor de 500
Subcuenca	50 – 500
Microcuenca	Menor de 50

Fuente: Revista universitaria de geografía – Argentina

La Cuenca de quebrada Seca (muy cerca de los 500 km²), se llamará así porque no desemboca a ninguna cuenca otra cuenca hidrográfica y desemboca directamente al mar (Tipo exorreica).

Así mismo con respecto a su área la cuenca quebrada seca es una cuenca intermedia – pequeña de acuerdo a la tabla N°34

Tabla 30: Clasificación de las Cuencas por su tamaño de Área

Tamaño de la Cuenca (km ²)	Descripción
Menor de 125	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia pequeña
500 a 2500	Intermedia grande
2500 a 5000	Grande

Mayor de 5000	Muy grande
---------------	------------

Fuente: Revista Universitaria de geografía – Argentina

Otra característica geomorfológica de una Cuenca hidrográfica es el Índice de forma (IF) o el coeficiente de forma, que es un coeficiente adimensional que manifiesta como se regula la concentración del escurrimiento superficial. Este coeficiente expresa el comportamiento de la Cuenca en relación con las crecidas. Cuando IF es similar a 1, representa una Cuenca de forma redondeada y cuando su valor decrece, es oposición, tenderá a ser una cuenca alargada.

IF \cong 1 circular

IF \lll 1 alargada

Una Cuenca alargada tendrá menor probabilidad de recibir lluvias intensas y simultaneas sobre la totalidad de su superficie y, consecuentemente, estará sujeta a crecientes de menor magnitud que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor (Heno Sarmiento, 1988).

En la presente investigación la Cuenca quebrada seca tiene un valor de $k_f = 0,22$; un valor muy menor a 1, lo que se indica que es una cuenca alargada y la posibilidad de recibir igual cantidad de lluvia en toda su área es menos probable.

Otro factor importante es el coeficiente de compacidad de Gravelius (K_c); este parámetro es adimensional y relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico de área equivalente al de la cuenca.

El K_c , brinda información de las fuerzas y ondas de las crecidas. De este modo, permite estimar el tiempo que tarda en llegar el agua desde la zona donde precipita hasta la desembocadura. Está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración (tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de la desembocadura hasta la misma). En este momento ocurre la máxima concentración del agua, puesto que llega la precipitación desde todos los puntos de la Cuenca. Por lo tanto, permite evaluar como influyen las precipitaciones torrenciales en el escurrimiento superficial.

Un índice de compacidad K_c cercano a 1 indica que la forma de la cuenca se

asemeja a un círculo, por lo tanto, la peligrosidad de la cuenca a las crecidas es mayor, porque existe una equidistancia relativa de los puntos de la divisoria con respecto a uno central. Cuando estos valores se acercan progresivamente hasta 1,75; las cuencas tienden a ser delgadas.

Valores superiores indican cuencas irregulares y con menor peligrosidad a las crecidas (Gaspari et al, 2012, Tabla II). A medida que el tiempo de concentración es mayor, la respuesta de la cuenca a determinada precipitación tenderá a ser menor y viceversa. En la presente investigación se ha obtenido un $K_c = 1,80$, ósea una cuenca con poca peligrosidad a las crecidas.

Desnivel absoluto (d) (m)

Es la diferencia entre la cota máxima y la cota mínima, y ver la pendiente del cauce, que tiene influencia directa sobre el diseño que se plantee en los cauces caso obras de infraestructura hidráulica fluvial, ya que se ve el poder erosivo de las aguas, sobre toda la pendiente media, las cuencas con mayor pendiente tienden a responder con mayor celeridad ante las precipitaciones al aumentar los caudales. La clasificación de dicho parámetro se realizó en la presente investigación sobre la base de la propuesta por Ortiz Vera (2004); tal como se puede ver en la tabla N° 35

Tabla 31: Clasificación del tipo de relieve por pendientes medias

Pendiente (S%)	Tipo de relieve
0 – 3	Plano
3 – 7	Suave
7 – 12	Mediano
12 – 35	Accidentado
35 – 50	Fuerte
50 – 75	Muy fuerte
Mayor de 75	Escarpado

Fuente: (Ortiz vera – 2004)

La Cuenca quebrada Seca, tiene una pendiente media de 2,73%, considerada para un relieve plano (Ortiz vera, 2004); pero en el tramo de la parte baja de la cuenca donde se emplazaran las obras hidráulicas y en el tramo considerado de 200 m, la pendiente es 0,5%; ósea sigue siendo de un relieve plano; por lo tanto la Cuenca quebrada Seca tiende a responder con menor celeridad ante las precipitaciones al aumentar los caudales; beneficioso para tomar prevenciones en la parte baja de la cuenca y beneficioso porque al existir menor pendiente, hay menor velocidad y más agua infiltrada al acuífero de la cuenca.

Densidad de drenaje (Dd) (Km/Km2)

Es el parámetro que cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico y permite conocer su complejidad (Junco, 2004; Delgadillo y Páez, 2008). Es la relación entre la longitud total (Lt) de los cursos de agua perennes, intermitentes y efímeros, de una cuenca y su propia área (A). A mayor densidad de drenaje, el tiempo de escorrentía es menor, por lo cual se considera como otro indicador de peligrosidad $Dd = Lt/A$. En la tabla N°36 presenta la clasificación de la red de drenaje en Cuenca.

Tabla 32: Clasificación de la red de drenaje de una Cuenca

Rangos (Km/Km2)	Clases Junco 2004	Rangos (Km/Km2)	Clases Delgadillo y Páez, 2008
0,1 – 1,8	Baja	< 1	Baja
1,9 – 3,6	Moderada	1 – 2	Moderada
3,7 – 5,6	Alta	2 – 3	Alta
		> 3	Muy alta

Fuente: Junco (2004) y Delgadillo y Páez (2008)

Para la cuenca quebrada seca se obtiene un valor de $Dd = 0,81 \text{ km/km}^2$; un valor tanto para Junco, 2004; como para Delgadillo y Páez (2008) Rangos Bajos y por lo tanto una cuenca con red de drenaje poco desarrollada, con pocos cursos de agua, lo que implica una mayor infiltración y tiempos de concentración más largos. La Cuenca quebrada Seca responderá lentamente a las precipitaciones con menor riesgo de inundaciones; permitiendo gran utilidad para la gestión de los recursos hídricos y la prevención de desastres.

Coeficiente de Torrenciabilidad (Ct)

Se determina a partir de la relación entre el número total de cursos de primer orden (N^o1) y el área total de la Cuenca. A mayor número de cursos de orden 1, y menor superficie, la Torrenciabilidad de la Cuenca será mayor (Romero Díaz y López Bermúdez, 1987). Es un indicador de la erodabilidad lineal y la capacidad de descarga de una Cuenca. Debido a que los cursos de primer orden son de génesis erosiva, altos valores indican elevada susceptibilidad a la erosión, menor tiempo de llegada al pico y alta Torrenciabilidad. En otras palabras, en cursos de orden 1 son los de mayor importancia en la generación de flujos torrenciales y de inundaciones aluvionales veloces (Busnelli y Horta, 2014). Este parámetro permite interpretar el comportamiento del flujo de agua a la Cuenca; $Ct = Nc1/A$.

La Cuenca de quebrada Seca tiene 48 cursos de primer orden y un área total de 486,46 km²; por lo tanto, su Ct será:

$$Ct = \frac{48}{486,46} = 0,1 \frac{\text{cauce}}{\text{km}^2}$$

En la presente investigación lo relacionamos con la densidad de drenaje, en el caso de la cuenca quebrada seca se obtiene una densidad de drenaje (Dd) de 0,81 km/km², considerado de acuerdo a la tabla N^o17, una densidad baja, contra 0,1 de coeficiente de torrenciabilidad, estamos al frente de una cuenca muy baja torrenciabilidad de poca generación de flujos torrenciales y de inundaciones aluvionales poco veloces.

El modelo de Dd es:

$$Dd = \sum \frac{Lt}{A} = \frac{km}{km^2}$$

Donde:

Lt = longitud total de los ríos

A = área de la cuenca

Tabla 33: Densidad de drenaje de una Cuenca

Rangos de densidad	Clase
< 5	Baja
5 – 10	Moderada
> 10	Alta

Fuente: Delgado, E. 2011

A menor Ct; indica una menor densidad de drenaje y, por lo tanto, una menor propensión a la torrencialidad.

4.2.2. Principales características climáticas de la cuenca quebrada seca

Considerando que en la presente investigación los modelos que usarán datos de precipitación son el Modelo Racional Modificado para el cálculo del caudal de diseño que utilizara la intensidad de lluvia en mm/hora para un determinado tiempo de retorno, en este caso 50 años, y que la única estación más cercana a la cuenca quebrada seca es la estación Cañaverál; en la cual se ha obtenido para un $tr = 2$ años; 5,36 mm/hora; para $tr = 50$ años; 28,61 mm/hora; y para un $tr = 500$ años; 56,04 mm/hora. Es un factor clave en hidrología ya que afecta directamente la escorrentía superficial y el caudal de los ríos; a mayor intensidad mayor es la escorrentía; lluvias intensas pueden generar crecidas repentinas (inundaciones); las lluvias torrenciales, caracterizadas por altas intensidades de precipitación, pueden causar daños significativos en zonas urbanas y rurales.

Si consideramos que para la presente investigación el tiempo de retorno a considerar es $tr = 50$ años y la fórmula del $tr=1/f$; donde f es la frecuencia; quiere decir que la frecuencia con que esta intensidad máxima de 28,61 mm/hora sería $f=1/Tr=1/50=0,02$; ósea dentro de estos 50 años de que ocurra un evento de lluvia de cierta intensidad es 2%; y un 98% que no ocurra.

El Modelo de Iszkowski para el cálculo del caudal de diseño de una cuenca, usará la precipitación total anual promedio de una cuenca, que para el caso de la presente investigación se usó una data de 30 años entre los años 1975 – 2020 (45 años) que tenían datos de precipitación de la estación meteorológica de Cañaverál; así tenemos que la máxima precipitación total promedio fue el año 1998 con 2199,3 mm (99,4% entre enero y mayo); y la

mínima precipitación total promedio fue el año 1996 con 61,5 mm (100% entre enero y mayo); siendo el promedio de 424,57 mm en 30 años de registro.

4.2.3. Caudales máximos de diseño de la cuenca quebrada Seca.

Método de Creager

Para la Cuenca quebrada Seca se obtuvo 1261,45 m³/s para un tiempo de retorno de 50 años; valor un poco distanciado encontrado por Garabito, A. (2020) para la Cuenca quebrada Casitas – Bocapan que fue de 1843,82 m³/s; pero esto es normal dado que el método de Creager depende del área de la Cuenca; y el área de quebrada Seca es mucho menor a la quebrada Casitas – Bocapan; por lo tanto es similar los valores obtenidos por ambos investigadores.

Método Racional Modificado

Para la Cuenca quebrada Seca en la presente investigación, para los 50 años de retorno se ha obtenido 1020,66 m³/s, Garabito, A. (2020), no usó este método que es la única comprobación por ser cuencas colindantes y con data de una sola estación meteorológica, Cañaveral.

Método de Iszkowski

Para la Cuenca quebrada Seca se ha obtenido en la presente investigación un caudal máximo de 422,12 m³/s; y para un $tr = 50$ años 397,50 m³/s; en cambio Garabito, A. (2020) para la quebrada Casitas – Bocapan se ha obtenido un caudal máximo de 661,08 m³/s muy similar a quebrada seca; ya que este método usa el componente o factor A (km²) y la Cuenca quebrada Seca tiene un área A (km²) menor que la Cuenca quebrada Casitas – Bocapan.

Comparando los métodos utilizados para cada Cuenca se tiene que para la Cuenca quebrada Seca, promediando los tres métodos usados, se obtiene un caudal máximo de diseño de 893,20 m³/s; y la Cuenca quebrada Casitas – Bocapan con sus 4 métodos (2 adicionales: Gumbel y Log Pearson III con datos generados por el método de manning) se obtiene un caudal máximo de diseño de 834,74 m³/s, caudales similares para ambas Cuencas; esto como consecuencia de una misma estación Meteorológica usada y al final

hidrológicamente lo que se transforma en escorrentía es la precipitación.

4.2.4. Diseño hidráulico de un espigón y un sistema de endicado en un tramo de cauce de la Cuenca quebrada Seca.

4.2.4.1. Diseño hidráulico de un espigón

Después del análisis hidráulico de ancho de cauce, $B = 135$ m; y tirante hidráulico de $y = 2,00$ m para un caudal máximo de diseño de $893,20$ m³/s; para una pendiente $S = 0,5\%$; y un coeficiente de rugosidad $n = 0,032$; se han obtenido las características hidráulicas del Espigón a construirse en la progresiva $0 + 10,50$ km.

- Longitud del Espigón $LT = 38$ m (35 m de longitud de trabajo y 3 m de empotramiento).
- De ejecutarse una batería de espigones (más de 2 espigones) $87,5$ m a 135 m, entre espigón y espigón
- Elevaciones y pendientes de la corona, pendiente longitudinal hacia dentro del cauce; una altura en orilla de 3 metros; una altura máxima de la punta del espigón desde el cauce $0,50$ m se tiene una pendiente de 5% a 25% .
- Orientación del Espigón aguas abajo en el punto de arranque con ángulos adecuados entre 60° y 70° ; en la presente investigación se plantea 70° .
- Permeabilidad del Espigón; se plantea espigón construido con roca al volteo colocada con excavadora hidráulica y sus espacios rellenos con hormigón o piedra chancada.
- Socavación local del espigón se tomará $D_s = 4$ m por la magnitud del Caudal con tiempo de retorno de 50 años.

4.2.4.2. Diseño hidráulico de un dique longitudinal.

Con el Caudal máximo de diseño $893,20$ m³/s, ancho de cauce $B = 135$ m, tirante hidráulico $y = 2,00$ m; se plantean 2 muros o diques longitudinales de 200 metros lineales cada uno desde la progresiva $0+10,50$ en la $0+10,30$ km. Diques de gaviones rellenos con piedra de río, partiendo con un colchón como uña de 4 m por debajo del cauce del río; 3 espigones de 1×1 , 2 espigones de 1×1 ; culminando con 1 espigón de 1×1 .

5. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a su geomorfología estudiada la cuenca Qda Seca es una cuenca de tipo Exorreica, alargada, de relieve plano, con una red de drenaje poco desarrollada, de muy baja torrencialidad; y un área de 486,46 km² y un perímetro de 142,12 km.
2. La Cuenca Qda Seca, tiene sus precipitaciones concentradas entre enero y mayo de cada año, con una intensidad máxima de 28,61 mm/hora en un tiempo de retorno de 50 años; y una precipitación máxima corregida acumulada con un tiempo de retorno de 50 años igual a 686,66 mm.
3. Los caudales máximos de diseño de la Cuenca Qda. Seca con los métodos usados son: Creager 1261,45 m³/s para un tr = 50 años; y con Iszkowski 397,50 m³/s para un tr = 50 años; y un promedio de 893,20 m³/s para un tr = 50 años.
4. La Cuenca Qda. Seca para un ancho de cauce B = 135 m, un tirante hidráulico y = 2m, las características de un espigón son: longitud total 38 m (35 de trabajo y 3 de empotramiento), una separación de 135 m entre espigones, pendiente de 25% y un ángulo de orientación de 70% en dirección de la corriente; y con una uña de socavación de 4 m. Asimismo con las mismas características de ancho de cauce y tirante hidráulico los diques longitudinales serán de gaviones rellenos con piedra de río de una altura de 3 metros, una base de 3 metros (3 espigones de 1 x 1) y corona de 1 metro; con una socavación de 4 m.

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar levantamientos topográficos a lo largo de toda la longitud del Cauce y definir más obras hidráulicas fluviales.
2. A fin de aumentar la recarga de los acuíferos y considerando una quebrada poco torrencial construir diques verticales y estimular la infiltración.
3. Realizar periódicos proyectos de forestación y reforestación de la Cuenca quebrada Seca.
4. En esta búsqueda de obras hidráulicas definir la progresiva exacta para la construcción de una presa de tierra y generar un pequeño reservorio de agua de buena calidad.
5. Con este reservorio proyectar áreas agrícolas nuevas, de mejoramiento y uso doméstico principalmente; sin dejar de lado el uso piscícola y turístico.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, A (2021)** “Determinación de caudales máximos del río Pomabamba para identificar las zonas de inundación en el distrito de Pomabamba, Ancash - 2021.” Tesis de Pregrado: Universidad Cesar Vallejo.
- Atoche, G (2019).** “Estimación de caudales máximos en Cuencas secas y aplicación en diseños obras de defensas ribereñas: caso Quebrada Angostura, Tumbes, 2019”. Tesis de Pregrado: Universidad Nacional de Tumbes.
- Busnelli, J. y. Horta, L. R. (2004).** Morfometría de cuencas montañas y metamorfosis fluvial, Tucumán, Revista de la Asociación geológica Argentina. Buenos Aires: Asociación Geológica Argentina, 71 (1), 11 – 20.
- Calzada, J. (1970).** Métodos estadísticos para la investigación. Tercera Edición Editorial Jurídica S.A. Lima – Perú.
- Campomanes, G. (2015).** hidrología.
- Carrasco, S. (2019).** Metodología de la investigación científica – pautas metodológicas para diseñar y elaborar proyecto de investigación – Editorial San Marcos – Lima.
- Chapoñan, R. (2024).** “Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensas ribereñas - caso quebrada Faical - Tumbes 2024”. Tesis de Pregrado: Universidad Nacional de Tumbes.
- Delgado, E. (2011).** Gestión de Cuencas hidrográficas. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Garabito, A. (2020).** “Estimación del caudal máximo en cuencas secas para diseño de defensa ribereña - caso quebrada Casitas-Bocapán Tumbes-2020”. Tesis de Pregrado: Universidad Nacional de Tumbes.
- García, M. (2011).** Estimación de caudales máximos en cuenca sin información. Cajamarca.
- Gaspari, F. J, Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G., Delgado, M. I. y Besteiro, S. (2012).** Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. Revista Electrónica del comité del medio ambiente. AUGMDOMUS, 4, 143 – 158, Recuperado de <https://revistas.unlp.edu.com/domus/article/download/476/5>.
- Henao, Sarmiento, J.E. (1998).** Introducción al manejo de cuencas hidrográficas.

- Bogotá: Universidad Santo Tomas, Centro de Enseñanza desescolarizada.
- INDECI. (2008).** Glosario de Términos. Perú.
- Mantilla, D. (2022).** “Estudio hidrometeorológico para estimación de caudales máximos en la unidad hídrica río blanco de la provincia de Tungurahua”.
- Marini, M. y Piccolo, M. (2000).** El balance hídrico en la cuenca del río Quequén salado, Argentina, papeles de geografía (31), 39 – 53.
- Monsalve, G. (1995).** Hidrología en la ingeniería. 2da Edición
- Paredes, J. (2022)** Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca llave, Puno – 2022. Tesis de Pregrado: Universidad Cesar Vallejo.
- Ramos, C.L (2010).** Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la vertiente del Pacífico – cuencas de la costa norte. Informe final. Ministerio de Agricultura. ANA. Lima.
- Revista Universitaria de geografía (2018).** Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente Sur del Sudeste de la provincia Buenos Aires – Universidad Nacional del Sur – Argentina – ISSN: 8373 – ISSN: 1852 – 4265 – Vol 27. núm. 1, 2018.
- Romero Díaz, M.A. y López Bermúdez, F. (1987).** Morfometría de redes fluviales: revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al alto Guadalquivir. Papeles de geografía, (12), 47 – 62.
- Santillán, L. (2019)** Determinación de los caudales máximos ocurridos en la microcuenca del río Pichan, cantón Quito, provincia de Pichincha, usando hec-hms para un tiempo de retorno de 5, 25 y 50 años. Ciencia Digital.
- Tenazoa, P. M. (2019).** Propuestas de diseño de defensa ribereña en la localidad de Machungo, margen derecha del Río Huallaga, Distrito de Alberto Leveau, Provincia San Martín, Región San Martín.
- Teran, R. (1998).** DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DEFENSAS RIBEREÑAS. Perú
- UNICEF, (2022),** Cambio climático y medio ambiente – las inundaciones en Bangladesh ponen en grave peligro a más de 1,5 millones de niños.
- Villón, M. (2002).** Hidrología. Lima, Perú. Editorial Villón

INFOGRAFIA

google.com – estimación de caudales máximos Colombia – extraído el 15.01.2025.

https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_relativa

<https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>

<https://www.significados.com/precipitacion/>

ANEXOS

Anexo 1: Mapa del Perú



Anexo 2: Región Tumbes



Anexo 3: Provincia de Contralmirante Villar

Distritos de la provincia de
Contralmirante Villar



Anexo 4: Distrito Canoas de Punta Sal



Anexo 5: Cuenca quebrada Seca

CUENCA HIDROGRÁFICA QUEBRADA SECA



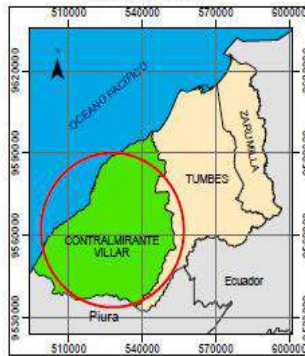
CENTROS POBLADOS	COORD. X	COORD. Y	RIOS	LONGITUD	SALADO DE ALEJANC	3855.487125
Samorondón	529332.3738	9540334.941	GRITA MICHACHO	5065.751880	SALADO DE ALEJANC	2893.984028
Chicama	523294.3798	9544071.51	DEL OBRER	7165.626368	URBAN	2128.151557
Cimarrón	524248.4368	9546293.182	TAZAJERAS	3340.433698	NEGROS	4288.110105
Churucos	522977.8249	9546985.424	CARRETA DE VACA	5671.207511	CALAMARRA	5489.793648
Piquira	522289.2141	9548720.177	SECA	2521.63102	CHURUCOS	1438.608376
Pavas	526536.4169	9551515.771	CAJUNOS	6386.438939	NEGROS	7540.626211
Chulingos	532077.813	9551522.808	LA VEGA DE PADRE	3277.283385	DE LA HUACA	3883.953413
Pajartos	511546.8681	9551614.348	SECA	741.489594	CHURUCOS	2386.147741
Quebrada Seca	505120.7963	9551634.197	SECA	9082.42986	AMANCAYALI	602.255206
La Huaca	528172.8553	9552076.648	LA CHILENA	4066.52987	CHURUCOS	3301.265120
Pacasos	516818.076	9552343.612	CHURUSCA	4883.958278	AMANCAYALI	1802.102639
Piedra Parada	517214.3665	9552381.852	CHURUSCA	2055.115398	BESICAITO	9486.07207
Gigante	513168.4162	9552503.211	CARRIZAL	486.781425	AMANCAYALI	1253.523846
Negritos	514769.1635	9552871.965	SECA	1786.823344	CHURILLO	1110.92656
Hacienda Papayal	506592.7604	9553177.139	CARRETA DE VACA	2846.523235	LAUREANO	1301.923685
Piedra Salada	518927.037	9553232.766	SECA	1596.463577	LAUREANO	4309.639512
Zapotito	518380.2143	9553354.721	SECA	4243.59822	COPESITO	3442.891213
Ciengo Norte	529017.3149	9549386.446	CARRETA DE VACA	3463.59822	COPESITO	1627.232542
El Angelito	521291.4201	9549460.985	SECA	476.830169	COPESITO	2151.431881
Canovitas	530418.0221	9549462.01	SECA	486.832895	CANOVITAS	7784.728889
Urban	529934.8877	9550544.428	LA VEGA DE PADRE	2977.455494	PAPAYAL	3885.018059
La Noria	508792.7042	9550567.529	SECA	4283.532684	PAPAYAL	1895.90368
Sapotitos	517131.8833	9550800.305	SECA	14269.9335	TAZAJERAS	8083.436988
Chicama	527193.5783	9557590.912	MIRAFLORES	5361.559319	COPUCENOS	6488.07722
Samorondón	529332.3738	9540334.941	NEGROS	1286.89392	TAZAJERAS	6529.527893
El Caucho	526536.4169	9551515.771	NEGROS	2084.815794	CARRETA DE VACA	8248.528633
Piquira	522289.2141	9548720.177	NEGROS	1974.963261	CARRIZAL	4868.172145
Churucos	522977.8249	9546985.424	NEGROS	321.4354904	SECA	688.577156
Pavas	526536.4169	9551515.771	NEGROS	4758.701213	SECA	488.188822
Chulingos	532077.813	9551522.808	NEGROS	2351.240204	DE MIRAMAR	4486.962887
Pajartos	511546.8681	9551614.348	DE URBAN	4807.863248	PAN DE AZÚCAR	3632.21217
Quebrada Seca	505120.7963	9551634.197	MIRAFLORES	5958.638817	CHACCO	2949.801343
La Huaca	528172.8553	9552076.648	URBAN	1385.363767	CARRETA DE CABALLO	2625.264453
Pacasos	516818.076	9552343.612	CARRIZAL	3897.567293	CARRIZAL	2759.608148

NOMBRE	AREA	PERIMETRO	COORD. X	COORD. Y
Cuenca Quebrada Seca	48646.35875	142.1247945	520505.6622	9550205.666

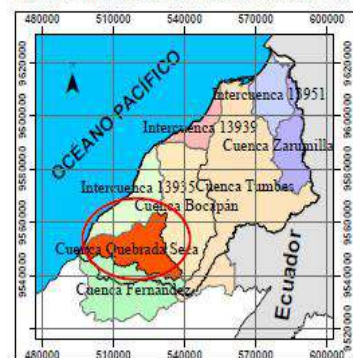
MAPA DEPARTAMENTAL



MAPA PROVINCIAL



MAPA DE UBICACIÓN- CUENCA QUEBRADA SECA



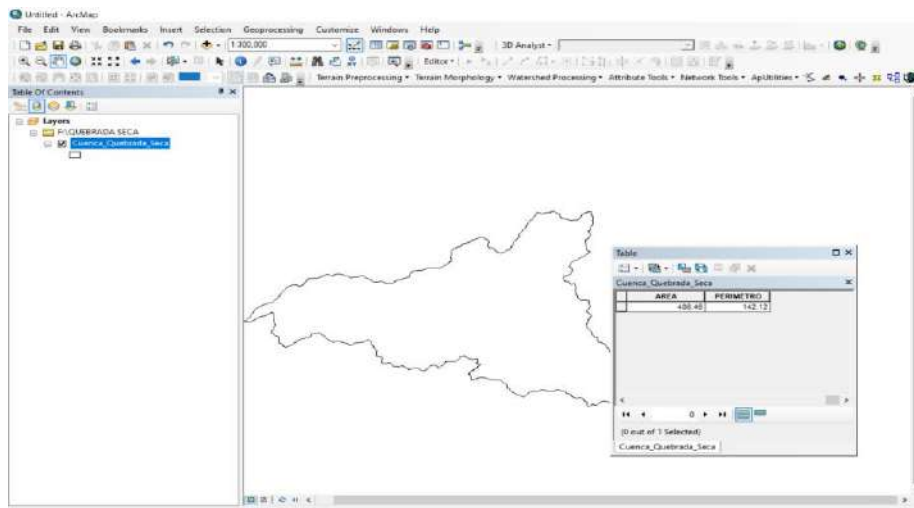
Anexo 6: Recurso hídricos en la quebrada seca



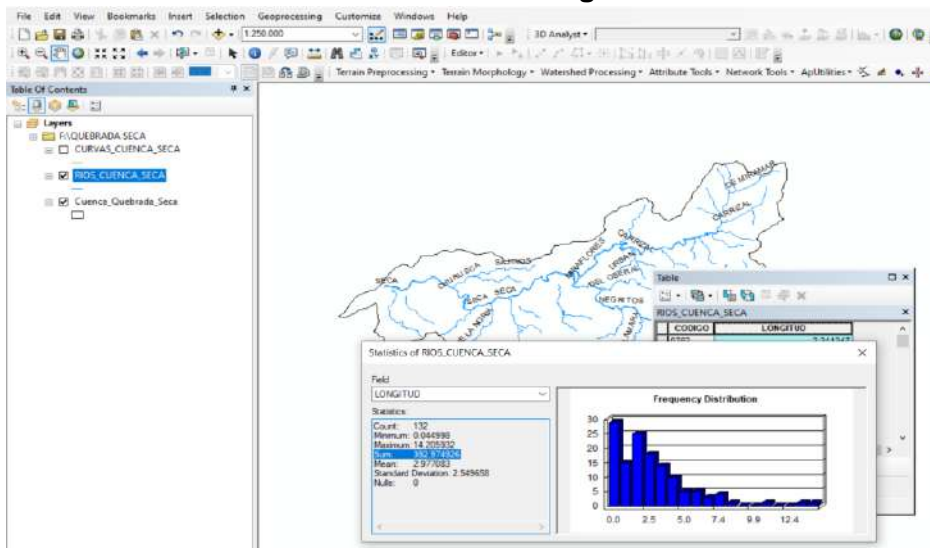




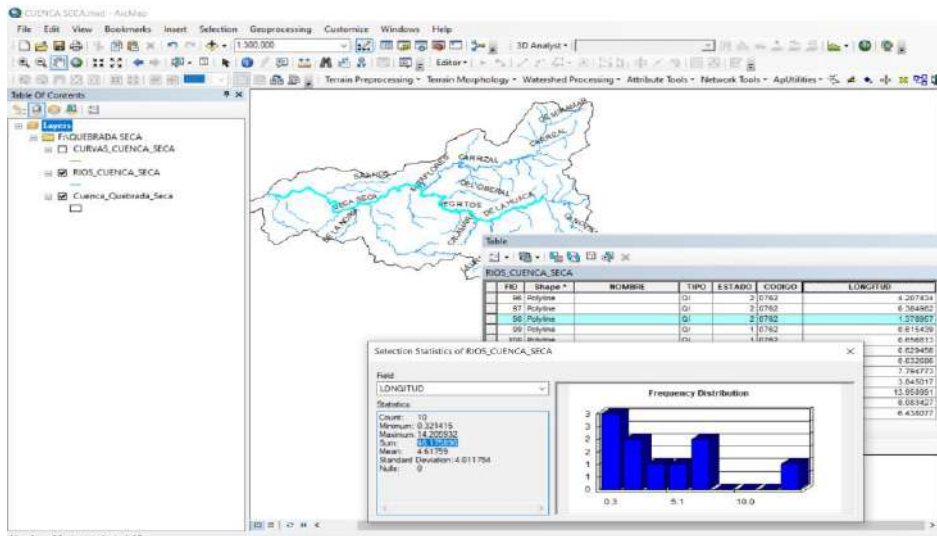
Anexo 7: Determinación del área y perímetro



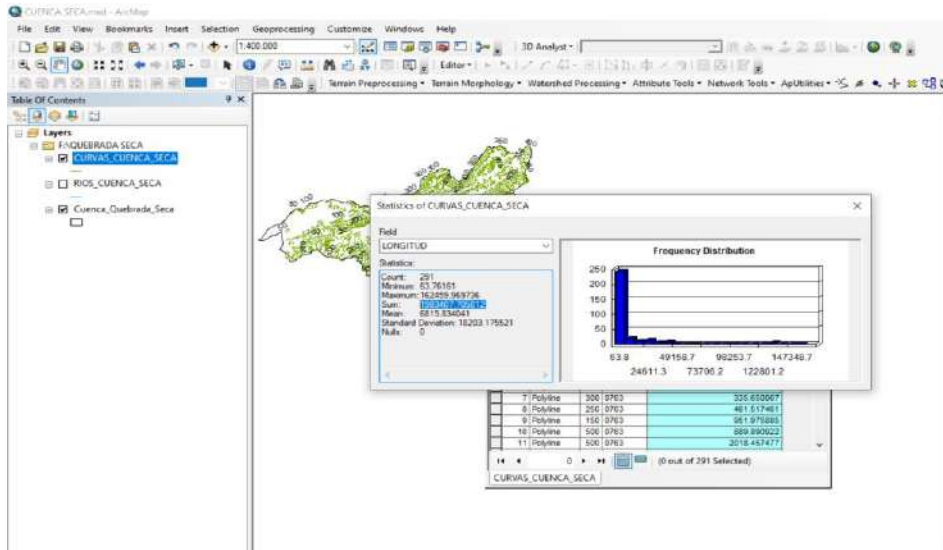
Anexo 8: Determinación de la longitud total del cauce



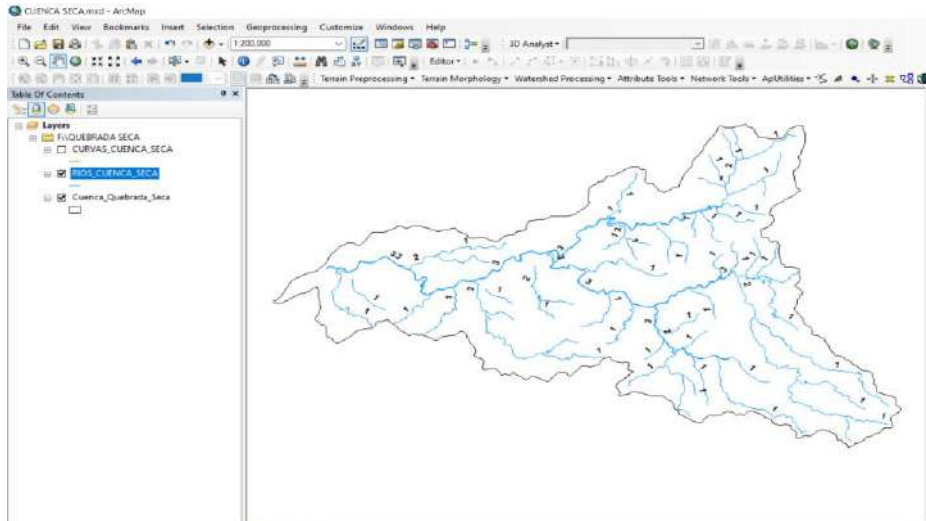
Anexo 9: Determinación de la longitud del cauce principal



Anexo 10: Determinación de la longitud de las curvas de nivel:



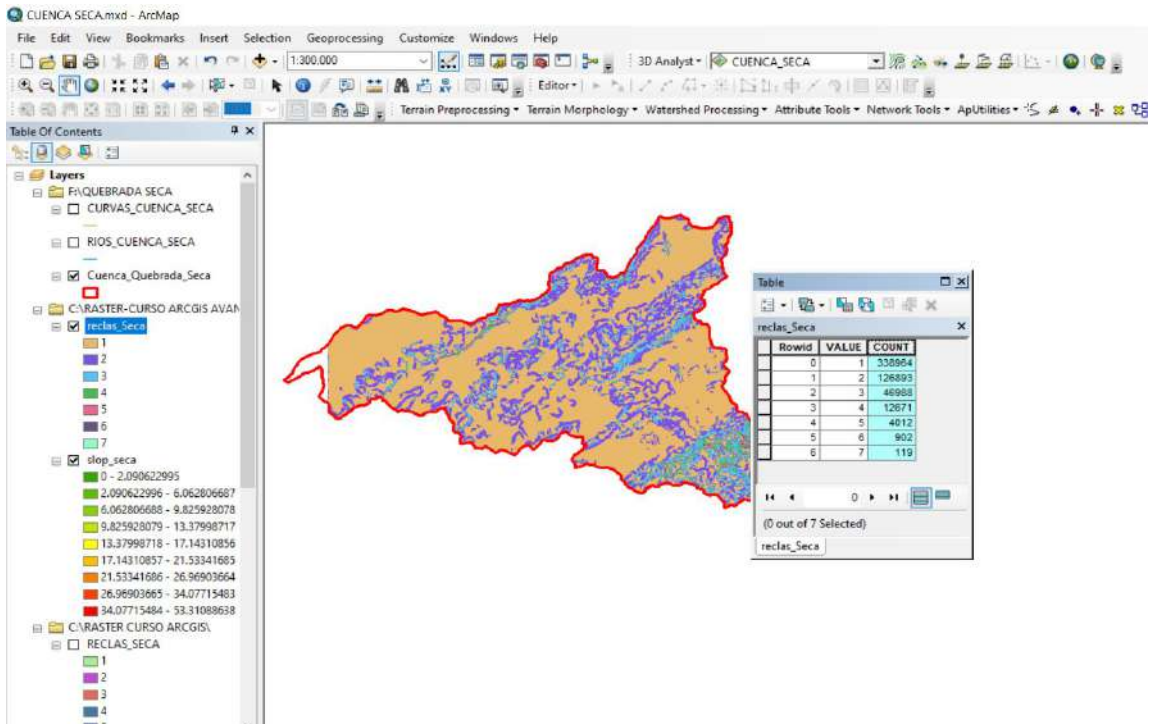
Anexo 11: Determinación del orden de jerarquización



Anexo 12: Cotas de la cuenca seca

Rowid	VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	1	80143	72128700	38.711887	101.773872	63.061985	74.850467	23.78977	5998740.988895
2	2	53390	48051000	101.776772	164.83905	63.062279	142.676839	15.152856	7617516.419876
3	3	92196	82976400	164.840759	227.90509	63.064331	200.444419	13.312773	18480173.671631
4	4	123823	111440700	227.906052	290.967499	63.061447	257.942685	15.017628	31939237.069641
5	5	74630	67167000	290.971802	354.033539	63.061737	315.752535	19.830555	23564611.670685
6	6	24099	21689100	354.035309	417.095581	63.060272	387.069052	17.239833	9327977.072693
7	7	18037	16233300	417.108368	480.160889	63.052521	446.867489	14.957071	8060148.894043
8	8	8921	8028900	480.164551	543.226868	63.062317	504.942164	15.870471	4504589.046082
9	9	6804	6123600	543.244385	606.282654	63.038269	577.627248	21.733733	3930175.796082
10	10	4768	4291200	606.296143	669.350769	63.054626	641.654523	16.707263	3059408.7677
11	11	6053	5447700	669.427551	732.411987	62.984436	700.804078	14.460559	4241967.081482
12	12	4233	3809700	732.450867	795.478516	63.027649	757.596203	16.152898	3206904.726868
13	13	4983	4484700	795.492188	858.547302	63.055115	828.265788	20.876408	4127248.423889
14	14	5063	4556700	858.551636	921.58905	63.037415	892.94151	16.189332	4520962.86261
15	15	6250	5625000	921.617065	984.675964	63.058899	953.861172	15.507686	5961632.327759
16	16	9212	8290800	984.685303	1047.719604	63.034302	1008.010431	15.22568	9285792.088562
17	17	8167	7350300	1047.743042	1110.758423	63.015381	1072.545613	21.426894	8759480.025269
18	18	2275	2047500	1110.839111	1173.862915	63.023804	1140.908899	16.47433	2595567.744507
19	19	1447	1302300	1173.949219	1236.799316	62.850098	1197.179783	10.656624	1732319.146362
20	20	106	95400	1237.133545	1300	62.866455	1265.304145	21.002887	134122.23938

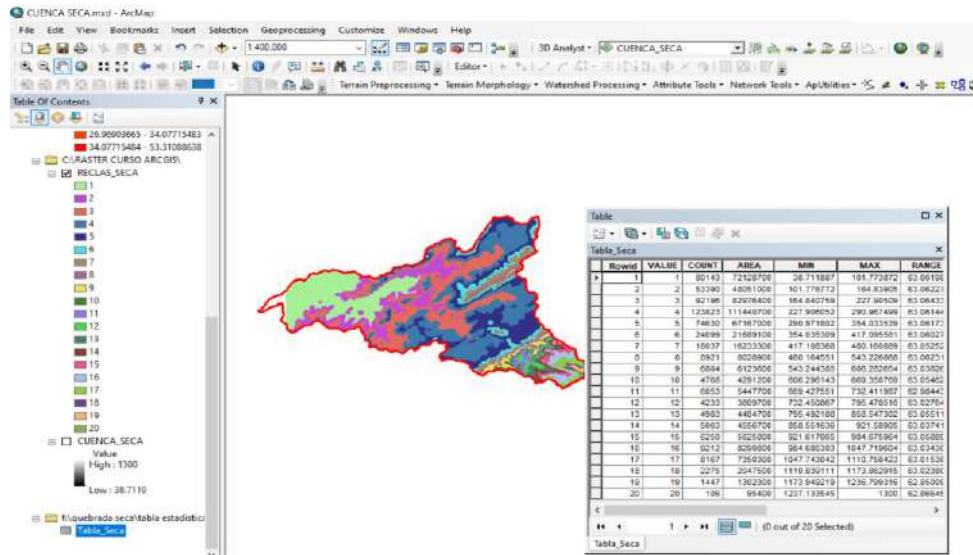
Anexo 13: Determinación de la pendiente media de la cuenca



Anexo 14: Clasificación de la pendiente

Porcentaje %	Tipo
< 5	Plano
5 – 12	Ligeramente ondulado
12 – 18	Ondulado
18 – 24	Fuertemente ondulado
24 – 32	Escarpado
32 – 44	Fuertemente escarpado
> 44	Montañoso

Anexo 15: Determinación de la curva hipsométrica

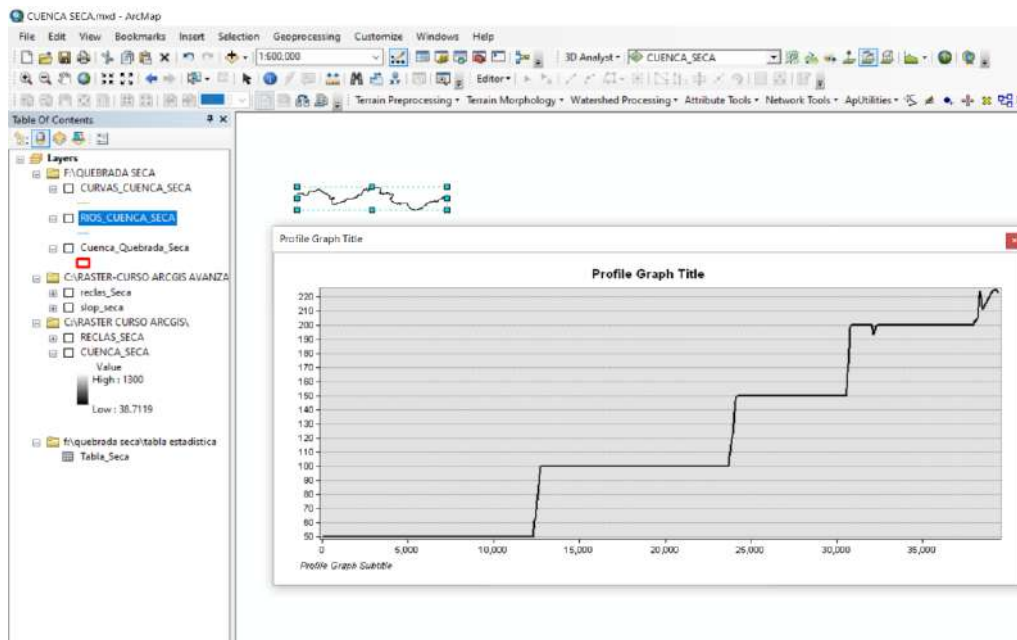


Anexo 16: Áreas parciales y acumuladas para elaboración de curva hipsométrica

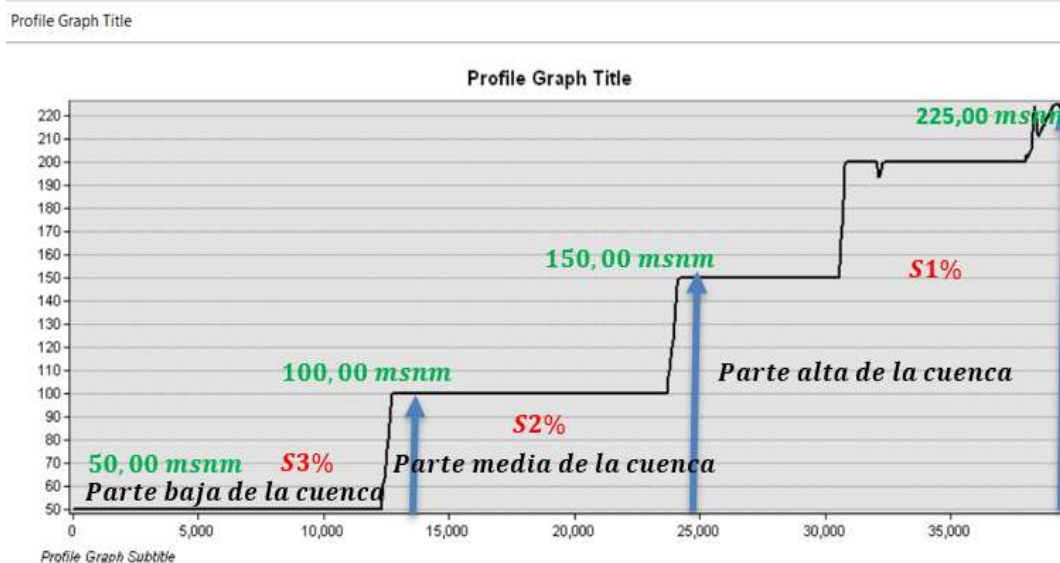
ALTITUD m.s.n.m.	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
	Km2	(%)	POR DEBAJO		POR ENCIMA	
			(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo	0	0	0	0	481.14	100.00
70.243	72.1287	14.99	72.13	14.99	409.01	85.01
133.308	48.0510	9.99	120.18	24.98	360.96	75.02
196.373	82.9764	17.25	203.16	42.22	277.98	57.78
259.437	111.4407	23.16	314.60	65.39	166.54	34.61
322.503	67.1670	13.96	381.76	79.35	99.38	20.65
385.565	21.6891	4.51	403.45	83.85	77.69	16.15
448.635	16.2333	3.37	419.69	87.23	61.45	12.77
511.696	8.0289	1.67	427.72	88.90	53.42	11.10
574.764	6.1236	1.27	433.84	90.17	47.30	9.83
637.823	4.2912	0.89	438.13	91.06	43.01	8.94
700.920	5.4477	1.13	443.58	92.19	37.56	7.81
763.965	3.8097	0.79	447.39	92.98	33.75	7.02

827.020	4.4847	0.93	451.87	93.92	29.27	6.08
890.070	4.5567	0.95	456.43	94.86	24.71	5.14
953.147	5.6250	1.17	462.05	96.03	19.09	3.97
1016.202	8.2908	1.72	470.34	97.76	10.80	2.24
1079.251	7.3503	1.53	477.69	99.28	3.45	0.72
1142.351	2.0475	0.43	479.74	99.71	1.40	0.29
1205.374	1.3023	0.27	481.04	99.98	0.10	0.02
1268.567	0.0954	0.02	481.14	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	481.14	100.00				

Anexo 17: Determinación del perfil longitudinal



Anexo 18: Pendiente por tramos



Anexo 19: Rectángulo equivalente

Cota (msnm)	Área Parcial ai (Km2)	Ancho, ci (Km)
70.24	72.13	9.40
133.31	48.05	6.26
196.37	82.98	10.81
259.44	111.44	14.52
322.50	67.17	8.75
385.57	21.69	2.83
448.63	16.23	2.12
511.70	8.03	1.05
574.76	6.12	0.80
637.82	4.29	0.56
700.92	5.45	0.71
763.96	3.81	0.50
827.02	4.48	0.58
890.07	4.56	0.59
953.15	5.63	0.73
1016.20	8.29	1.08
1079.25	7.35	0.96
1142.35	2.05	0.27
1205.37	1.30	0.17
1268.57	0.10	0.01
Suma ci= L=		63.19

Anexo 20: Variación de la precipitación en la estación meteorológica de cañaveral (mm/mes)

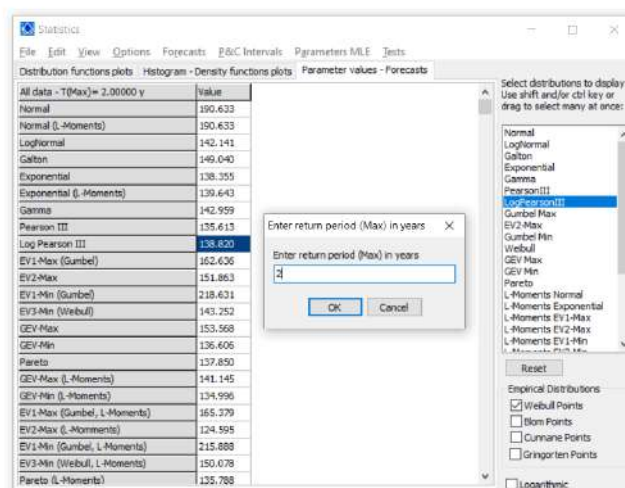
N	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1975	4.6	60.3	173.7	38	1.4	1.9	1	3	0.9	1	1.4	2	289.2
2	1976	107	107	204	31	22	3	0	0	0	0	0	0	474
3	1977	50	222.7	100.1	54.1	0	0	2.2	0	5	0	0	0	434.1
4	1978	6	37.1	61.2	8	0	0	0	0	0	0	0	2	114.3
5	1980	5	7.5	34	101.8	3	0	0	0	0	2	0	2	155.3
6	1981	0	46.2	40	29.8	0	1	0	0	0	0	0	0	117
7	1987	123	360	322	54	11	0	0	0	0	0	0	0	870
8	1992	41.3	221.4	717	306.3	120.8	0.6	0	0	0	0	0	2	1409.4
9	1993	6.8	123.4	72.8	74.1	11.1	3.5	0	0	0	1	0	2.9	295.6
10	1994	104.5	96.5	50.4	11.5	3.6	0	0.2	0	0	0	0.5	17.2	284.4
11	1996	2.7	24.2	32.1	2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	61.5
12	1998	502.3	729.2	447.6	427.4	79.3	7.7	0	0	1.7	0.5	0	3.6	2199.3
13	1999	23.9	150	116.4	117.3	40.6	0	0	0	0	0	0	0	448.2
14	2000	1	70.1	60.8	100.1	30.8	3.9	0	0	0	0	0	6.2	272.9
15	2001	124.4	104.1	334.8	73.7	0	0	0	0	0	0	0	0	637
16	2004	1.9	0	36.5	24	0	0	0	9.3	0	17.1	0	9.3	98.1
17	2006	28.8	196.2	50.8	5.1	0	1.8	0	0	0	0	0	2	284.7
18	2007	62.5	3.3	151.6	19.8	0	0	0	0	0	0	0	0	237.2
19	2008	124.8	287.1	126.4	5.2	0	0	0.1	0	0	1.4	0	0	545

20	2009	237.6	130.2	57.5	41.9	3.2	6.9	0.1	0	0	0	0	0	477.4
21	2010	55.2	122.6	185.9	77.1	0	0	0.8	0	0	0	0	4	445.6
22	2011	3.3	77.3	0	108.8	0	0	17.5	0	0	0	0	4.2	211.1
23	2012	78.2	199.2	296.8	87.2	19.3	0	0	0	0	0	0.7	0.6	682
24	2013	22.2	36.4	167.2	4.6	5.7	0	0	0	0	0	0	0	236.1
25	2014	12.9	45.1	6.4	4.4	25.6	0	0	0	0	4.8	0	0	99.2
26	2016	1.5	0.1	44.9	37.4	0	0	0	0	0	0	0	1.2	85.1
27	2017	137.7	214.2	65	121.2	0	0	0	0	0	0	0	0.3	538.4
28	2018	0	61	18.7	1.7	19.5	0	0	0	0	0	0	20.7	121.6
29	2019	21.3	157.1	109.2	56.4	38.9	0	0	0	0	0	0	59.4	442.3
30	2020	58.8	38.3	68.3	4.5	0	0	0	0	0	0	0	1.2	171.1
													Promedio	424.57

Fuente: Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT)

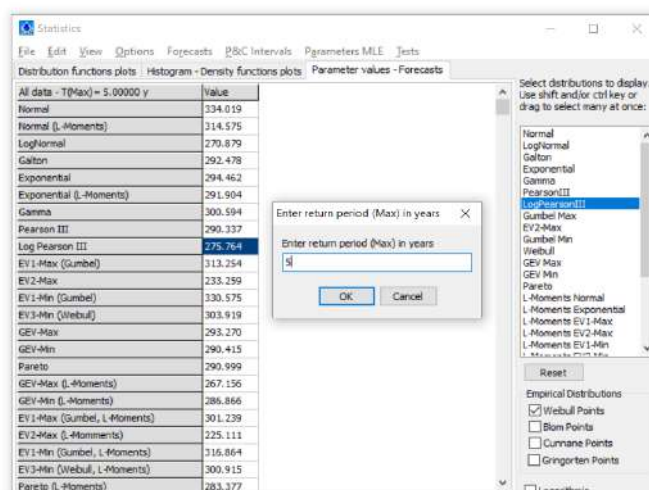
Anexo 21: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 2 años

173.70
204.00
222.70
61.20
101.80
46.20
360.00
717.00
123.40
104.50
32.10
729.20
150.00
100.10
334.80
36.50
196.20
151.60
287.10
237.60
185.90
108.80
296.80
167.20
45.10
44.90
214.20
61.00
157.10
68.30

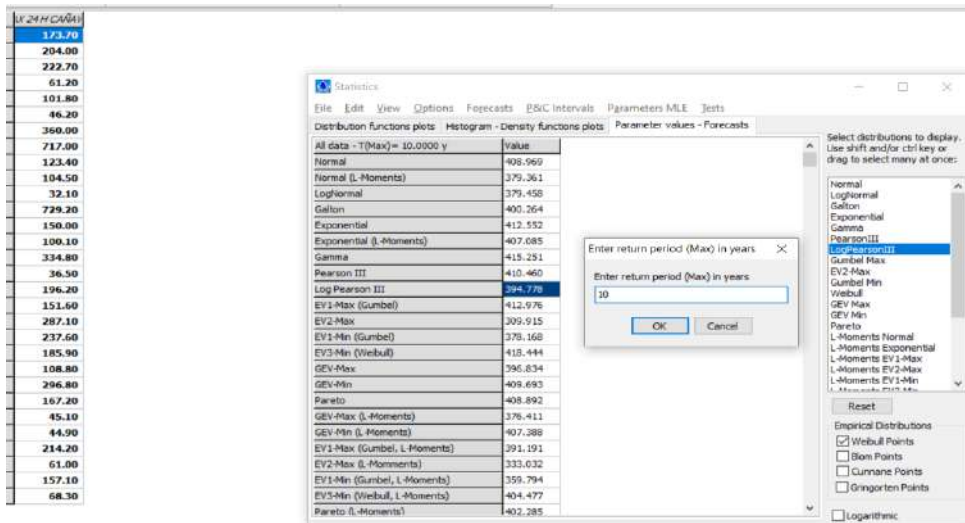


Anexo 22: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 5 años

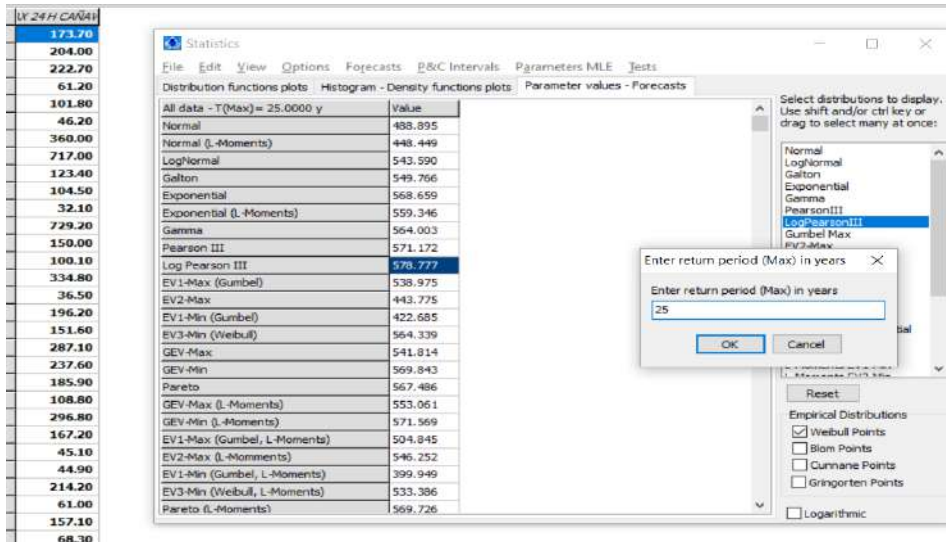
173.70
204.00
222.70
61.20
101.80
46.20
360.00
717.00
123.40
104.50
32.10
729.20
150.00
100.10
334.80
36.50
196.20
151.60
287.10
237.60
185.90
108.80
296.80
167.20
45.10
44.90
214.20
61.00
157.10
68.30



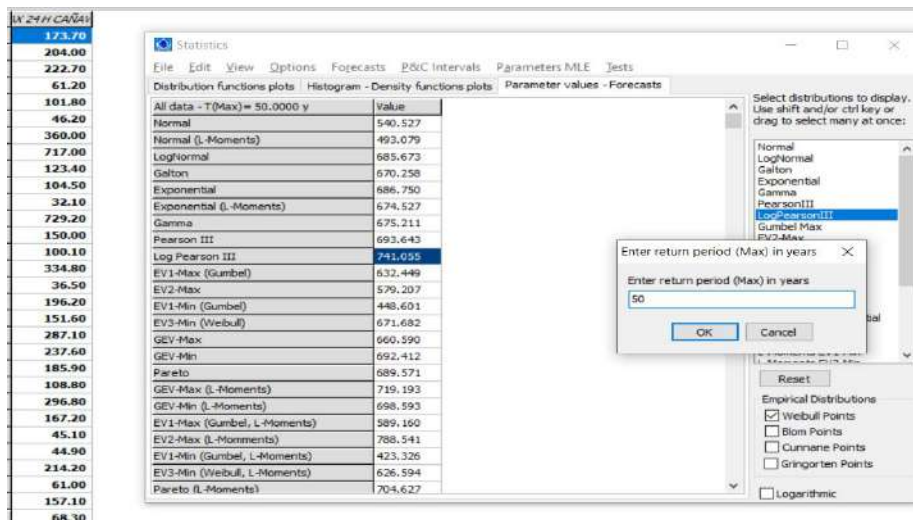
Anexo 23: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 10 años



Anexo 24: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 25 años



Anexo 25: Precipitación máxima (mm), periodo de retorno de 50 años



Anexo 26: Cálculo del tirante hidráulico cauce de sección rectangular – H Canales

Datos:	
Caudal (Q):	893.20 m ³ /s
Ancho de solera (b):	135 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.032
Pendiente (S):	0.005 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	1.9531 m	Perímetro (p):	138.9062 m
Área hidráulica (A):	263.6677 m ²	Radio hidráulico (R):	1.8982 m
Espejo de agua (T):	135.0000 m	Velocidad (v):	3.3876 m/s
Número de Froude (F):	0.7739	Energía específica (E):	2.5380 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico	Cuidado velocidad erosiva	

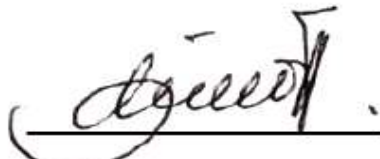
CalcularLimpiar PantallaImprimirMenú PrincipalCalculadora

Ejecuta las operaciones: 21.06 01/07/2025

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe Dr. NAPOLEÓN PUÑO LECARNAQUÉ, identificarlo con DNI: 00225904 profesor principal de la Universidad Nacional de Tumbes – Facultad de Ciencias Agrarias y Asesor del Proyecto de Tesis “Estimación caudal máximo de diseño para cuenca quebrada Seca con fines de construcción de estructuras de defensa ribereña, Tumbes 2025”.

Certifica que el citado proyecto es original e inédito, para mayor fé se firma a los 01 días del mes de febrero de 2025.



Dr. Napoleón puño Lecarnaqué

Código ORCID: 0000-0002-5008-8085

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

DECLARACIÓN JURADA DE VERIFICACIÓN DE REPORTE DE SIMILITUD

Yo, **Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué**, Docente Asesor, con DNI N° **00225904**, declaro bajo juramento que haciendo uso del usuario del software Turnitin que me ha proporcionado la UNTUMBES, he procedido a revisar la tesis que se indica a continuación; la cual se encuentra dentro del rango permitido como porcentaje de similitud autorizado.

Escuela Profesional	
Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola	
Autor (es)	
N° DNI	Nombres y Apellidos
70810523	Alberto Johel Chanta Cruz
00225904	Napoleón Puño Lecarnaqué
Título de la Tesis	
Estimación caudal máximo de diseño para cuenca quebrada Seca con fines de construcción de estructuras de defensa ribereña, Tumbes 2025	
Porcentaje de similitud	Número de la clase
17%	49276381

Lo que se indica cumple con lo dispuesto en los artículos 8.2 y 8.3 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI), que señala que la universidad debe contar con medidas para proteger la propiedad intelectual.

Tumbes, 14 de julio de 2025


Firma de Asesor