



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO
POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE
DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS
EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILDER ADHERLY MAMANI CANO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO
POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE
DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS
EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILDER ADHERLY MAMANI CANO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

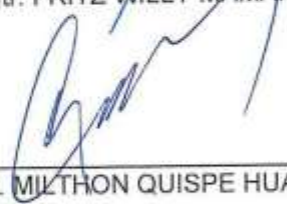
SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1852-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 15794 presentado por el (la) Bachiller: **WILDER ADHERLY MAMANI CANO** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **WILDER ADHERLY MAMANI CANO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.**

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **WILDER ADHERLY MAMANI CANO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 26 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

DR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Barillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1607-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 13955 por el señor (a): **WILDER ADHERLY MAMANI CANO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1401- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 290- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILDER ADHERLY MAMANI CANO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 290- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **WILDER ADHERLY MAMANI CANO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la, **Dr. MILTHON QUISEP HUANCA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. Efraín Paríto Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1238-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 012102, presentado el señor (a) **WILDER ADHERLY MAMANI CANO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1124-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 328-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILDER ADHERLY MAMANI CANO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 328-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **WILDER ADHERLY MAMANI CANO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Edwin Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
4	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	WILDER ADHERLY MAMANI CANO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71040272
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-7482-0573
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Huancané Distrito: Huancané Latitud: S 15° 12' 08" Longitud: O 69° 45' 41"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/NcbciEY54KjX889S6</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 - Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la Construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>
- Librería	



 Dr. Efraín Peñillo Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo WILDER ADHERLY MAMANI CANO, identificado con DNI
Nro. 71040272, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico
denominada:

DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y

PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES

DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 07 de enero del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios, por bendecirme y brindarme ideas para lograrlo conseguir y que haya sido posible.

A mi Padre Wilson Mamani Mamani, que se encuentra en el cielo y desde ahí me ilumino siempre velo por mi, a mi Madre Brigida Cano Ccoa que siempre me acompañó en los momentos más difíciles de mi etapa de estudiante y me brindo su apoyo para terminar la investigación, a mis Hermanas Zheylya y Gisela por apoyarme moralmente en los momentos mas difíciles.

A mi asesor por brindarme su Acompañamiento en el transcurso de la elaboración de la investigación.

A las personas más cercanas a mí que estuvieron brindándome sus consejos y estuvieron a mi lado para poder cumplirlo.



AGRADECIMIENTO

Mi gran agradecimiento a Dios porque constantemente me ilumino en todo el transcurso de mis estudios, a mis familiares Padres, Hermanas que son el motivo de mi lucha para seguir adelante.

Una gratitud muy especial a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca, a la facultad de ciencias e ingeniería y a la escuela profesional de ingeniería Civil, también a mis docentes que me impartieron conocimientos para mi preparación como Profesional.

A mi Asesor que me guio en todo el proceso de la elaboración de la tesis para poder culminar satisfactoriamente.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	13
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.2.1 Problema general.....	13
1.2.2 Problemas específicos.....	14
1.3 Objetivos de la investigación.....	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 Justificación de la investigación.....	14
1.4.1 Justificación técnica.....	14
1.4.2 Justificación económica.....	15
1.4.3 Justificación social.....	15
1.4.4 Justificación ambiental.....	15
1.5 Hipótesis de la investigación.....	16
1.5.1 Hipótesis general.....	16
1.5.2 Hipótesis específicas.....	16
1.6 Variables e indicadores.....	16
1.6.1 Variable independiente.....	16
1.6.2 Variable dependiente.....	17



1.7 Operacionalización de variables..... 17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación 18

2.1.1 Antecedentes internacionales 18

2.1.2 Antecedente nacional 19

2.1.3 Antecedente de ámbito local..... 21

2.2 Bases teóricas 22

2.2.1 Hidrología 22

2.2.2 Ciclo hidrológico 22

2.2.3 Cuenca hidrográfica..... 23

2.2.4 Parámetros geomorfológicos de la cuenca 24

2.2.5 Precipitación 34

2.2.6 Análisis de datos pluviométricas 36

2.2.7 Metodos de estimación de la precipitación media 42

2.2.8 Distribución probabilística en hidrología..... 44

2.2.9 Pruebas de bondad de ajuste 47

2.2.10 Corrección de datos por intervalo fijo de observación 48

2.2.11 Periodo de retorno(T) o tiempo de recurrencia 48

2.2.12 Determinación de la tormenta de diseño..... 49

2.2.13 Curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF) 51

2.2.14 Modelo SCS para abstracciones o metodo de curva numero (CN) 57

2.2.15 Tiempo de concentración(tc) 60

2.2.16 Estimación de caudales..... 60

2.2.17 Modelo hidrológico en HEC-HMS 63

2.2.18 Modelo hidráulico en HEC-RAS..... 63

2.2.19 Sistema de información geográfica (SIG) 64

2.3 Marco conceptual..... 65

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación..... 68



3.2	Método de la investigación	68
3.3	Nivel y tipo de la investigación	69
3.3.1	Nivel de la investigación	69
3.3.2	Tipo de la investigación	69
3.4	Población y muestra de la investigación.....	69
3.4.1	Población.....	69
3.4.2	Muestra	70
3.5	Técnicas e instrumentos	70
3.5.1	Técnicas	70
3.5.2	Instrumentos de recolección de datos investigación	70
3.6	Validación y confiabilidad del instrumento	71
3.6.1	Validación de los instrumentos	71
3.6.2	Confiabilidad de instrumentos.....	71

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1	Resultados de la investigación	73
4.1.1	Cuantificación de las máximas avenidas para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS 74	
4.1.2	Estimación de las áreas de inundación como consecuencia del desborde del río Ramis para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS	94
CONCLUSIONES		108
RECOMENDACIONES		109
REFERENCIAS		110
ANEXOS		1102



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	17
Tabla 2 Clasificación de cuencas por superficie.....	25
Tabla 3 Valores interpretativos de factor de forma.....	29
Tabla 4 Valores interpretativas de la densidad de drenaje.....	34
Tabla 5 Valores de los coeficientes según el numero de datos de la muestra	46
Tabla 6 Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obra de drenaje	49
Tabla 7 Distribución de lluvia SCS	56
Tabla 8 Rangos para la clasificación de las condiciones de humedad	59
Tabla 9 Estaciones hidrométricas	74
Tabla 10 Parámetros geomorfológicos de la cuenca del rio Ramis.....	74
Tabla 11 Análisis basado en la distribución Log-Pearson Tipo III para los datos de la estación Ramis 2.	82
Tabla 12 Aplicación de la distribución Log-Pearson Tipo III en los datos registrados en la estación Huancane 1.	83
Tabla 13 Aplicación de la distribución Log-Pearson tipo III en los datos de la estación Puente Huancané.	84
Tabla 14 Prueba de bondad de precipitaciones máximas en 24 horas estación Ramis 1, Ramis 2 y puente Ramis.....	86
Tabla 15 Prueba de bondad de precipitaciones máximas en 24 horas estación Huancane 1 y puente Huancane.....	87
Tabla 16 Valores máximos de precipitación acumulada en un lapso de 24 horas correspondientes a periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.....	89
Tabla 17 Caudales instantáneos máximos registrados en la estación Puente Ramis.	92
Tabla 18 caudales punta instantáneos en las estaciones de Puente Ramis y Puente Huancané, se realizó el cálculo de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.....	93
Tabla 19 Caudales máximos instantáneos de diseño correspondientes a los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.	94
Tabla 20 Parámetros de los coeficientes de contracción y expansión.....	97



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo hidrológico	23
Figura 2 Histograma de alturas de precipitación	35
Figura 3 Histograma de intensidades.....	36
Figura 4 Metodo de regresión lineal.....	38
Figura 5 Análisis de la curva doble masa.....	39
Figura 6 Curva doble masa.....	40
Figura 7 Calculo de precipitación media sobre una cuenca por el metodo de la media aritmética.....	43
Figura 8 Calculo de precipitación media sobre una cuenca – metodo polígono de thiessen	43
Figura 9 Calculo de precipitación media sobre una cuenca – Metodo de isoyetas.....	44
Figura 10 Curvas intensidad duración frecuencia para lluvia maxima	54
Figura 11 Histograma de diseño	55
Figura 12 Hietogramas de lluvias de 24 horas de SCS	57
Figura 13 Variables del metodo para abstracciones del SCS.....	58
Figura 14 Componentes del hidrograma aislado de una tormenta	61
Figura 15 Hidrograma unitario	62
Figura 16 Principio de proporcionalidad y superposición del hidrograma unitario	63
Figura 17 Ubicación de la zona de estudio	73
Figura 18 Estudio de doble masa correspondiente al grupo 1.....	75
Figura 19 Estudio de doble masa correspondiente al grupo 2.....	76
Figura 20 Gráfico de doble masa entre la estación patrón y la estación Ramis 1 sin ajustes – grupo 1.	76
Figura 21 Gráfico de doble masa ajustado entre la estación patrón y la estación Ramis 1 – grupo 1.	77
Figura 22 Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Ramis 2 sin ajuste – grupo 1.	77
Figura 23 Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Ramis 2 ajustada – grupo 1.	78
Figura 24 Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Puente Ramis sin corrección – grupo 1.	78



Figura 25 Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Puente Ramis corregida – grupo 1.....	79
Figura 26 Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Huancane 1 sin corregir – grupo 2.	79
Figura 27 Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Huancane 1 corregida – grupo 2.....	80
Figura 28 Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Puente Huancane sin corrección – grupo 2.....	80
Figura 29 Curva de doble masa comparativa entre la estación patrón y la estación Puente Huancane corregida – grupo 2.....	81
Figura 30 Calibración de la distribución teórica con respecto a los datos empíricos registrados en la estación Ramis 2.	85
Figura 31 Calibración de la distribución teórica en relación con los datos empíricos obtenidos de la estación Huancané 1.	85
Figura 32 Adaptación de la distribución teórica a los datos empíricos registrados en la estación Puente Huancané.....	86
Figura 33 Precipitaciones máximas 24 horas - Ramis.....	87
Figura 34 Precipitaciones máximas 24 horas – Huancane.....	88
Figura 35 Histogramas de diseño para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años correspondientes a la estación Ramis 2.	90
Figura 36 Histogramas de diseño para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años de la estación Huancané 1.	91
Figura 37 Histogramas de diseño correspondientes a los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años para la estación Puente Huancané.....	91
Figura 38 Ventana HEC-RAS	95
Figura 39 Representación del modelo digital del terreno incorporado en RAS Mapper...	96
Figura 40 Incorporando la geometría en HEC-RAS	97
Figura 41 Especificación de los caudales máximos y las condiciones de contorno en HEC-RAS	98
Figura 42 Profundidades de flujo correspondientes a cada periodo de retorno a lo largo del tramo del Puente Ramis.....	99
Figura 43 Velocidades del flujo asociadas a cada periodo de retorno a lo largo del tramo correspondiente al Puente Ramis	100
Figura 44 Vista tridimensional del río Ramis correspondiente a un periodo de retorno de T=1000 años	100



Figura 45 Detección de la primera zona de desborde correspondiente a la Sección 6780	101
Figura 46 Detección de la segunda zona de desborde correspondiente a la Sección 6520.	102
Figura 47 Localización de la tercera área de desborde correspondiente a la Sección 6320	103
Figura 48 Detección de la cuarta área propensa a desbordamiento en la Sección 5480.	103
Figura 49 Detección de la quinta zona susceptible a desbordamiento en la Sección 4460	104
Figura 50 Detección de la sexta zona susceptible a desbordamiento en la Sección 2500	105
Figura 51 Detección de la séptima área vulnerable a desbordamiento (Sección 1000).	105
Figura 52 Análisis comparativo de los periodos de retorno del río en el distrito de Taraco.	106
Figura 53 Intervalo de retorno de 50 años	107
Figura 54 Intervalo de retorno de 100 años	107



RESUMEN

La presente investigación "Determinación de zonas inundables asistido por computador y propuesta de mitigación de desastres en los márgenes del río Ramis en la provincia de Huancane", tiene el objetivo de analizar las zonas inundables existentes en tramos del río Ramis y considerar hacer una mitigación. La metodología presenta un tipo aplicado, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental y método científico de estudio; e enfoca en identificar, delimitar y analizar las áreas susceptibles a inundaciones en las inmediaciones del río Ramis. Este estudio tiene como fundamento la utilización de herramientas avanzadas de modelación hidrodinámica y geoespacial asistidas por computadora, como HEC-RAS y ArcGIS, las cuales permiten simular dinámicas fluviales, analizar escenarios de crecida y evaluar el impacto potencial de eventos hidrológicos extremos. El estudio aborda inicialmente una caracterización detallada de la cuenca del río Ramis, incluyendo aspectos geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos. Para ello, se recopilan y procesan datos topográficos mediante modelos digitales de elevación (DEM) de alta resolución, así como información hidrometeorológica histórica, como caudales máximos, niveles freáticos, y registros pluviométricos. Estos insumos se integran en un entorno de simulación computacional para modelar eventos de inundación en diferentes periodos de retorno (frecuencias de 5, 10, 50 y 100 años), considerando también el efecto del cambio climático y las actividades antropogénicas en la dinámica del río. Como parte de los resultados, el estudio propone un conjunto de medidas estructurales y no estructurales para la mitigación de desastres. Entre las soluciones estructurales destacan la construcción de diques, canalizaciones y sistemas de drenaje mejorados, mientras que las medidas no estructurales incluyen programas de sensibilización comunitaria, sistemas de alerta temprana y planes de ordenamiento territorial orientados a reducir la vulnerabilidad.

Palabras Clave: Zona inundable, HEC-RAS, HEC-HMS, mitigación.



ABSTRACT

The present research "Computer-assisted determination of flood zones and proposal for disaster mitigation on the banks of the Ramis River in the province of Huancane", has the objective of analyzing the existing flood zones in sections of the Ramis River and considering mitigation. The methodology presents an applied type, quantitative approach, descriptive level, non-experimental design and scientific method of study; and focuses on identifying, delimiting and analyzing the areas susceptible to flooding in the vicinity of the Ramis River. This study is based on the use of advanced computer-assisted hydrodynamic and geospatial modeling tools, such as HEC-RAS and ArcGIS, which allow us to simulate fluvial dynamics, analyze flood scenarios and evaluate the potential impact of extreme hydrological events. The study initially addresses a detailed characterization of the Ramis river basin, including geomorphological, hydrological and hydraulic aspects. For this purpose, topographic data are collected and processed using high-resolution digital elevation models (DEM), as well as historical hydrometeorological information, such as peak flows, groundwater levels, and rainfall records. These inputs are integrated into a computational simulation environment to model flood events at different return periods (5-, 10-, 50-, and 100-year frequencies), also considering the effect of climate change and anthropogenic activities on river dynamics. As part of the results, the study proposes a set of structural and non-structural measures for disaster mitigation. Structural solutions include the construction of dikes, channelization and improved drainage systems, while non-structural measures include community awareness programs, early warning systems and land-use plans aimed at reducing vulnerability.

Keywords: Flood zone, HEC-RAS, HEC-HMS, mitigation.



INTRODUCCIÓN

Las inundaciones representan uno de los desastres naturales más frecuentes y devastadores a nivel mundial, causando pérdidas humanas, económicas y ambientales significativas. En áreas cercanas a márgenes de ríos, este fenómeno se ve intensificado por factores como el cambio climático, que incrementa la intensidad y frecuencia de lluvias extremas, y las intervenciones humanas no planificadas, como la deforestación y la ocupación de zonas vulnerables. La gestión eficiente del riesgo asociado a inundaciones requiere enfoques técnicos que integren análisis geoespacial, simulaciones hidrodinámicas y planificación territorial estratégica, elementos que son fundamentales para la toma de decisiones en contextos de prevención y mitigación. El trabajo inicia con la recopilación y procesamiento de información hidrológica y topográfica, incluyendo registros históricos de caudales máximos, datos pluviométricos, y modelos digitales de elevación (DEM) de alta precisión. Esta información sirve como base para construir modelos hidráulicos en software especializado como HEC-RAS, los cuales son utilizados para simular escenarios de inundación en periodos de retorno variados. Estas simulaciones permiten identificar patrones de flujo, profundidades máximas y velocidades críticas, datos indispensables para delimitar las zonas inundables y cuantificar los riesgos asociados. Con este enfoque, la investigación no solo aporta soluciones técnicas para la reducción del riesgo de inundaciones, sino que también refuerza la importancia de la planificación estratégica basada en datos y modelaciones científicas, elementos esenciales para garantizar la seguridad y el bienestar de las poblaciones que habitan en las cercanías de los ríos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

En la provincia de Huancané, las márgenes del río Ramis enfrentan un riesgo recurrente de inundación, afectando tanto a las áreas urbanas como a las agrícolas durante las temporadas de lluvia. Este problema es causado principalmente por la topografía de la zona, la variabilidad climática, la falta de infraestructura adecuada y la ausencia de un monitoreo continuo y preciso de las zonas susceptibles a inundaciones. La creciente ocupación de las áreas aledañas al río sin una planificación adecuada ha incrementado la exposición de la población y los bienes materiales a eventos de inundación, generando daños considerables en viviendas, infraestructura pública y tierras agrícolas. En este contexto, la falta de estudios técnicos detallados, asistidos por herramientas informáticas de modelación, dificulta la identificación y delimitación precisa de las zonas inundables, lo que limita la efectividad de las preventivas y de mitigación de desastres.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Como determinar las zonas inundables asistidos por computador y propuesta de mitigación de desastres en los márgenes del rio Ramis en la provincia de Huancané 2024?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Como cuantificar las máximas avenidas para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS?
2. ¿Como estimar las áreas de inundación como consecuencia del desborde del rio Ramis para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar las zonas inundables asistidos por computador y propuesta de mitigación de desastres en los márgenes del rio Ramis en la provincia de Huancané 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar la cuantificación de las máximas avenidas para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS.
2. Realizar la estimación de las áreas de inundación como consecuencia del desborde del rio Ramis para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

La justificación técnica para este estudio radica en la necesidad de emplear herramientas avanzadas de modelación asistida por computador que permitan identificar con precisión las áreas de riesgo de inundación a lo largo de los márgenes del río Ramis. Las técnicas de modelación hidráulica y geoespacial permiten simular diferentes escenarios de inundación, teniendo en cuenta factores hidrológicos, topográficos y

meteorológicos específicos de la cuenca. Este análisis detallado es fundamental para comprender los patrones de flujo y acumulación de agua, así como para evaluar el impacto potencial sobre la infraestructura y la población de Huancané.

1.4.2 Justificación económica

Las inundaciones impactan directamente en la economía local, afectando la infraestructura pública, las viviendas, y las áreas agrícolas, lo que genera pérdidas económicas significativas en términos de reparación, recuperación y pérdida de productividad agrícola. Además, el gasto en emergencias y ayuda humanitaria durante eventos de inundación tiende a ser considerable, demandando recursos financieros adicionales del gobierno local y regional que podrían destinarse a otros fines de desarrollo.

1.4.3 Justificación social

La justificación social para este estudio se fundamenta en la necesidad de proteger a la población de Huancané, que enfrenta un riesgo constante de inundación en las márgenes del río Ramis. Las inundaciones recurrentes en esta zona afectan directamente la calidad de vida de los habitantes, ya que provocan la pérdida de viviendas, el desplazamiento temporal o permanente de familias, y el daño a infraestructuras esenciales como caminos, puentes y sistemas de agua potable. Además, estos eventos generan una inseguridad constante en la comunidad, que vive en incertidumbre ante la posibilidad de futuros desastres.

1.4.4 Justificación ambiental

La justificación ambiental de este estudio se centra en la necesidad de proteger los ecosistemas naturales y reducir los impactos negativos de las inundaciones sobre el entorno en las márgenes del río Ramis. Las inundaciones recurrentes no solo afectan a las poblaciones humanas, sino que también causan erosión del suelo, pérdida de vegetación

riberaña y alteraciones en los hábitats de flora y fauna locales, lo que amenaza la biodiversidad de la zona. Además, el arrastre de sedimentos y residuos hacia el río durante estos eventos contamina las aguas, afectando su calidad y la disponibilidad de recursos hídricos para los ecosistemas y la comunidad.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

Las zonas inundables asistidos por computador y propuesta de mitigación de desastres en los márgenes del río Ramis en la provincia de Huancané 2024.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. La cuantificación de las máximas avenidas para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS.
2. La estimación de las áreas de inundación como consecuencia del desborde del río Ramis para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

- Modelo hidrológico e hidráulico

Indicadores:

- Curva numero
- Topografía
- Coeficiente de Manning
- Abstracciones iniciales
- Secciones transversales de desborde
- Precipitaciones de diseño en 24 horas

1.6.2 Variable dependiente

- Zonas inundables

Indicadores:

- Pobladores vulnerables e inundación
- Caudales máximos
- Área de inundación

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores
Modelo hidrológico e hidráulico	Modelo hidrológico: Es una herramienta matemática que simula el ciclo del agua en una cuenca, ayudando a entender y predecir el flujo de agua, desde la precipitación hasta el escurrimiento en ríos y arroyos.	Estudio hidrológico	Secciones transversales de desborde
	Modelo hidráulico: Es un modelo matemático que simula el comportamiento del agua en canales, ríos y otras infraestructuras	Estudio hidráulico	Topografía Coeficiente de Manning
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores
Zonas inundables	Son áreas de terreno que, por su cercanía a ríos, lagos u otras fuentes de agua, tienen una alta probabilidad de quedar cubiertas por agua durante períodos de lluvias intensas o crecidas. Estas zonas están en riesgo de inundación y suelen identificarse para prevenir daños a la infraestructura y las comunidades.	Determinación de zonas inundables Cuantificación de máximas avenidas Estimación de niveles de inundación	Pobladores vulnerables a inundaciones Caudales máximos Área de inundación



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Montoya y Rey (2019) en su trabajo titulado "Análisis de vulnerabilidad por inundación del caño buque en el casco urbano del municipio de Villavicencio". A partir de los estudios hidrológicos e hidráulicos, se llevará a cabo el análisis de inundaciones que se va a realizar en el marco de este proyecto. En el primer caso, se procederá a investigar con mayor profundidad las precipitaciones que se están produciendo en la cuenca correspondiente a la situación. Tras la recogida y análisis de los datos relativos a las precipitaciones, pasaremos al siguiente paso, que es conocer los caudales que se generan dentro del canal navegable. En la etapa siguiente, la caracterización de las condiciones de flujo se llevará a cabo mediante la instalación de modelos matemáticos especializados en dinámica hidráulica. Siguiendo esta técnica, será posible determinar adecuadamente factores cruciales como la velocidad del agua y la profundidad que alcanzará en situaciones de inundación.

Según Hermenejildo. (2023) En este trabajo se investiga "El sector de Monte Sinaí, en Ecuador, sirvió de localización para el estudio de caso que aplicó el modelo de riesgo de inundación a la gestión de microcuencas a escala 1:25000". El método utilizado para la



realización del estudio se basó en la aplicación de modelos matemáticos a sistemas fluviales. El objetivo principal de este método fue determinar y analizar el comportamiento y la dirección del escurrimiento, además de la dinámica del drenaje en el área estudiada. Gracias a este método, fue posible prever y anticipar una serie de acontecimientos que fueron creados por las actividades humanas, así como los que fueron provocados por causas naturales. Estos sucesos se denominan fenómenos antrópicos. Los procesos de remoción en masa, que incluyen deslizamientos o flujos de tierra, y las inundaciones son algunos de los sucesos que se toman en consideración. Es esencial analizar estos procesos para comprender los peligros que entrañan y proponer medidas adecuadas para mitigarlos.

Según Oropeza y Jauregui (2017) En este trabajo se investiga “Podrías decirme otra forma de decir este texto cambiando palabras, verbos, conectores, conjugaciones pero que signifique lo mismo”. El método utilizado fue la recogida de datos pluviométricos de veinticinco estaciones meteorológicas dispersas por toda la zona investigada. Además, se creó otro mapa para ilustrar las precipitaciones acumuladas. La elaboración y análisis de estos mapas permitió identificar con mayor precisión las regiones más susceptibles de ser afectadas por inundaciones. Esta investigación se basó en la información proporcionada por los mapas elaborados por el Gobierno del Estado de Guanajuato en el año 2001. Estos mapas sirvieron como referencia principal para la identificación de los lugares de mayor peligro.

2.1.2 Antecedente nacional

Según, Ramos (2019), su investigación titulada “La parte urbana del río San Román, situada en Pangoa, Satipo, fue sometida a un modelo de simulación hidráulica con el fin de identificar las zonas susceptibles de experimentar inundaciones durante determinados tiempos de retorno”. Mediante el uso de una metodología transversal, la



investigación que se llevó a cabo se refiere a un diseño de investigación que no es experimental. Como consecuencia del hecho de que trata de describir y comparar rasgos o resultados particulares, la investigación se clasifica como descriptiva y comparativa en cuanto a su alcance. En el marco del modelo hidrológico, se utilizó la metodología del Servicio de Conservación del Suelo (SCS), y en el marco del modelo hidráulico, la metodología del flujo constante. Ambas metodologías se utilizaron para realizar los estudios esenciales, sirvió de guía técnica para la aplicación y el análisis precisos de los modelos. Ambos enfoques se describen íntegramente en este manual. Del mismo modo, la calidad de los datos se evaluó empleando la prueba de datos dudosos, basada en la metodología sugerida por el Consejo de Recursos Hídricos. Posteriormente, la prueba de bondad de ajuste se llevó a cabo utilizando el criterio de Kolmogorov-Smirnov para evaluar el grado en que los datos se ajustaban a varios modelos de distribución estadística, incluyendo Normal, Log Normal, Pearson III, Log Pearson III y Gumbel. Una vez concluida esta fase de estudio, se procedió a calcular la precipitación de diseño aplicando los coeficientes regionales que se establecieron en la técnica del IILA, la cual fue desarrollada por el SENAMHI y la UNI. Esto con la finalidad de obtener un resultado representativo para el diseño y evaluación de eventos de recepción en la región investigada.

Según Tinoco (2019) en su investigación titulada "Simulación del riesgo de inundación asociada a descargas máximas del río Santa en el sector Challhua, Huaraz-Ancash". Antes de determinar el caudal base y los caudales máximos de la zona investigada, se tuvieron en cuenta varios periodos de retorno potenciales, entre ellos 5, 10, 50, 100 y 200 años. Para comprender mejor la variabilidad y el comportamiento de los caudales en diversos escenarios de recurrencia, se llevó a cabo este examen. Además, se utilizaron los programas de modelización hidráulica HecRAS y HecGeoRAS para llevar a cabo otras tareas, como la evaluación de los niveles de agua y la identificación de los lugares que podrían verse afectados por inundaciones. Los resultados que se obtuvieron de este estudio revelaron un rango de valores de inundación que variaba desde los 371,49



m² correspondientes al caudal base hasta los 1927,08 m² en el caso del periodo de retorno de 200 años. Este rango de valores de inundación reflejaba la extensión de las zonas afectadas por las inundaciones en función de los distintos caudales examinados. Además, se identificó y evaluó el nivel de vulnerabilidad de los distintos edificios situados en las inmediaciones de la zona de investigación. Según los resultados, un total de 91 viviendas y 18 módulos de mercado se encuentran en una situación caracterizada por un nivel de vulnerabilidad extraordinariamente alto. Por otra parte, hay 91 viviendas y 20 módulos de mercado cuyo nivel de vulnerabilidad se ha evaluado como alto. Había 94 residencias que se consideraban afectadas por la vulnerabilidad media, mientras que había 91 casas que mostraban un nivel de riesgo considerado más bien bajo. Los datos aquí presentados ofrecen una imagen clara de las condiciones de riesgo y del grado en que las estructuras están expuestas a la posibilidad de resultados adversos.

Según, Carranza (2020) en su investigación "Análisis de los riesgos de desastres por inundaciones en el asentamiento humano San José del Huito, ubicado en la ciudad de Jaén, Cajamarca", Se ha constatado que el peligro de desastres asociados a fenómenos climáticos, como las inundaciones inducidas por lluvias torrenciales, ha aumentado a nivel nacional. Una parte importante de este aumento puede atribuirse a la proliferación de la ocupación informal de la tierra, que no sólo hace aún más precaria la situación de las zonas afectadas, sino que también da lugar a conflictos asociados a la administración y utilización de la tierra. Además, esta ocupación desorganizada contribuye a la formación de nuevos peligros, lo que a su vez eleva el grado de exposición al que están sometidas las comunidades y dificulta la ejecución de medidas eficaces de prevención y mitigación.

2.1.3 Antecedente de ámbito local

Según, Castro (2020) en su investigación titulada "Análisis de los recursos hídricos en la cuenca del río Rímac: Investigación hidrológica y determinación de la localización de



la red de estaciones hidrométricas". El desarrollo de las crecidas máximas de diseño en la subcuenca del río Torococha se realizó empleando métodos hidrológicos particulares con el fin de estimar el comportamiento de los caudales en una variedad de situaciones distintas. La metodología que se utilizó se derivó del método científico, y se supuso que era un estudio que no involucraba experimentos. El enfoque adoptado fue tanto aplicado como explicativo. Se utilizó el hidrograma unitario de Clark para obtener un caudal de 34,90 m³/s para un periodo de retorno de T=140 años. Por otra parte, el caudal que se proyectó para un periodo de retorno de T=500 años fue de 51,60 metros cúbicos por segundo. En cambio, cuando se utilizó el hidrograma unitario SCS, los resultados revelaron un caudal de 49,80 m³/s para un periodo de retorno de 140 años y de 76,60 m³/s para un periodo de retorno de 500 años.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Hidrología

El estudio del agua en sus diversas formas, tanto en la superficie terrestre como en los cuerpos que se encuentran bajo tierra, es objeto de la disciplina científica conocida como hidrología. En este campo de estudio, además de analizar sus propiedades físicas y químicas, también se investiga su presencia, distribución, movimientos y procesos circulatorios. Además, investiga las formas en que el agua interactúa con el mundo natural, así como las formas en que influye y es utilizada por los seres humanos. Además, la hidrología hace uso de una amplia gama de métodos estadísticos para llevar a cabo el análisis y la interpretación de los datos sobre precipitaciones, caudales y otros factores pertinentes.

2.2.2 Ciclo hidrológico

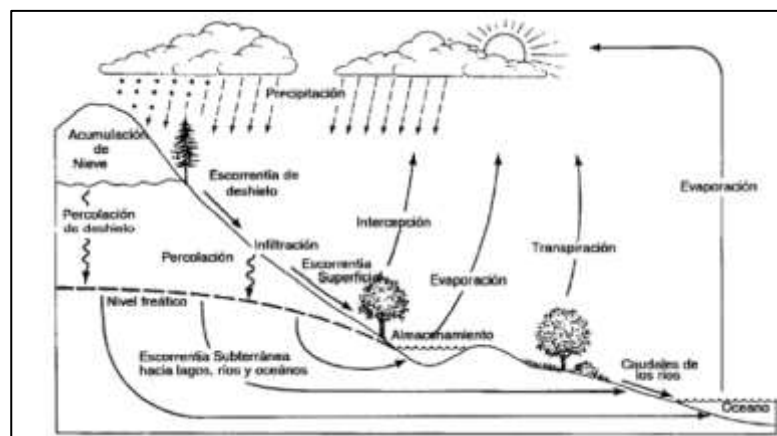
El proceso por el que el agua viaja y sufre transformaciones se define como ciclo hidrológico, que es un proceso continuo y cíclico. Durante este proceso, el agua

experimenta diferentes cambios en su estado físico. Pasa por sus estados sólido, líquido y gaseoso, y se manifiesta de diferentes maneras, como precipitaciones, escorrentía superficial, aguas subterráneas y otras muchas formas. Este ciclo está impulsado principalmente por la energía procedente del sol, responsable de la evaporación y la transpiración, así como por la gravedad, que facilita el desplazamiento del agua de un lugar a otro, contribuyendo así a la circulación y transformación continuas que se producen en el medio ambiente. (Fattorelli, 2011).

El ciclo hidrológico se define por su carácter irregular, patente en fenómenos como las sequías y las inundaciones, situaciones a las que estamos tan acostumbrados que pueden parecer parte del curso habitual de los acontecimientos. Este ciclo está formado por una serie de componentes diferentes que están todos conectados entre sí y trabajan juntos para facilitar el transporte y la transformación del agua en la Tierra. Como resultado de los esfuerzos coordinados de todos estos procesos, el equilibrio y la circulación del agua en el sistema terrestre se preservan continuamente.

Figura 1

Ciclo hidrológico



2.2.3 Cuenca hidrográfica

Una definición de cuenca hidrográfica es la región de tierra que se caracteriza por la concentración de agua de escorrentía producida por las precipitaciones y que desemboca en un cauce común. Esta agua desemboca finalmente en una



desembocadura, que puede ser un río, un lago o el mar. Los límites de una cuenca hidrográfica se demarcan en un plano que representa las curvas de nivel. Estas curvas de nivel siguen las elevaciones más altas del terreno o el llamado «divortium aquarum», que es la línea que divide dos cuencas hidrográficas adyacentes entre sí. Este proceso particular permite identificar con precisión la zona que contribuye a la adición de agua al cauce, determinando así su extensión y las características geográficas que posee.

2.2.4 Parámetros geomorfológicos de la cuenca

Para realizar un análisis más profundo y global de las cuencas hidrográficas, se especifican una serie de parámetros con el fin de investigar y comprender mejor las particularidades que poseen. Estos parámetros se desglosan en tres categorías principales: parámetros de forma, que describen la geometría y la configuración general de la cuenca; parámetros de relieve, que incluyen la topografía y las características de las elevaciones del terreno; y parámetros de red hidrográfica, que incluyen la disposición y las características de los cursos de agua y afluentes que componen la red fluvial de la cuenca. A continuación, se explica con más detalle cada una de estas categorías.

a) Parámetro de forma

Cuando se trata de sus características en la red fluvial concreta, la configuración y la extensión de una cuenca hidrográfica desempeñan un papel significativo en el proceso. Dado que la forma y la superficie de la cuenca influyen directamente en el comportamiento del flujo de agua y en la propagación de las crecidas a lo largo del tiempo, estos aspectos son especialmente importantes a la hora de realizar un análisis de los episodios de crecidas máximas. La velocidad y la severidad de la respuesta de la red hidrográfica a las precipitaciones intensas o a las tormentas severas están influidas por la configuración de la cuenca, así como por su tamaño y las características geográficas que le son propias. La



relación entre estos dos factores es fundamental para comprender y prever los patrones de escorrentía y la posibilidad de inundaciones en la región.

Área de la cuenca (A)

Específicamente, es la representación en proyección horizontal del área total que define la superficie de drenaje de un sistema de escurrimiento, la cual se encarga de dirigir el flujo de agua hacia un cauce natural que es compartido por todos los sistemas de escurrimiento. Esta expansión territorial corresponde también a una región delimitada por la cuenca hidrográfica característica del área de estudio. Es práctica común medir y cuantificar este parámetro en términos de kilómetros cuadrados (km²), lo que da una indicación clara del tamaño de la cuenca. Este parámetro se emplea habitualmente en las investigaciones hidrológicas. Además, las cuencas hidrográficas pueden dividirse en diversos grupos en función de la superficie total que abarcan. Esta clasificación es útil para comprender su potencial de captación y regulación de los flujos de agua, lo que permite formar patrones que facilitan el análisis de dichos flujos y el establecimiento de prácticas de gestión adecuadas.

Tabla 2

Clasificación de cuencas por superficie

Tamaño de la cuenca(km ²)	Descripción
menos de 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia pequeña
500 a 2500	Intermedia granda
2500 a 5000	Grande
5000 a mas	Muy grande

Perímetro de la cuenca (P)

Es la medida de la longitud total del contorno o perímetro que delimita externamente una cuenca hidrográfica cuando se proyecta sobre un plano horizontal. También se conoce como límite de la cuenca hidrográfica. Este valor concreto depende directamente de la extensión de la superficie, así como de la forma particular característica de la cuenca hidrográfica de que se trate. Debido a que ofrece información sobre la geometría de la región de captación, este parámetro es un componente esencial en la investigación hidrológica. En general, esta longitud se da en unidades de metros (m) o kilómetros (km), dependiendo de la escala de la investigación que se haya emprendido y del tamaño de la cuenca que se esté estudiando.

Longitud del cauce principal (Lc)

Se define como la distancia total que cubre el recorrido del río principal dentro de una cuenca hidrográfica, entre su punto de origen, también conocido como nacimiento, y su desembocadura, que suele coincidir con la ubicación del punto de aforo o de control del caudal. Esta distancia se denomina longitud de la cuenca hidrográfica. Debido a que permite medir características como la pendiente longitudinal del canal, la velocidad del flujo y la respuesta hidrológica de la cuenca a los eventos de precipitación, este parámetro es un componente esencial para la investigación hidrológica y geomorfológica. En función de la escala y la precisión necesarias, la longitud de este trayecto suele indicarse en unidades métricas, ya sea en metros (m) o en kilómetros (km). La medición de esta longitud es vital para evaluar el rendimiento hidráulico y diseñar las infraestructuras vinculadas a él.

Longitud de la cuenca (L)

Se refiere a la distancia que separa el punto de desembocadura de una cuenca fluvial de otro lugar situado aguas arriba, cerca de la cabecera o del inicio del cauce principal. Esta distancia es de aproximadamente un kilómetro. Para medir esta distancia no se tienen en cuenta las sinuosidades naturales del cauce, sino que se mide siguiendo

una línea recta paralela a la trayectoria que sigue el río principal. En los estudios hidrológicos, este parámetro es extremadamente útil, ya que permite estimar la pendiente media del río y analizar elementos relacionados con la dinámica del flujo de agua a lo largo del sistema fluvial. Suele indicarse en unidades métricas, como metros (m) o kilómetros (km), y su correcta estimación es esencial para modelar el comportamiento del agua y diseñar planes de gestión y mitigación para la cuenca.

Coefficiente de compacidad o índice de gravelius

El cociente que se obtiene dividiendo el perímetro real de una cuenca hidrográfica por el perímetro que corresponde a una circunferencia ideal que tendría la misma superficie que el área de dicha cuenca es la definición de este término. La representación matemática de este cálculo es una ecuación particular, y el resultado de este cálculo no tiene dimensiones físicas porque se expresa como un parámetro que no tiene dimensiones. Este valor es significativo porque ofrece una descripción cuantitativa de la forma geométrica de la cuenca, que tiene un impacto directo en los procesos hidrológicos, especialmente en la duración de la concentración. De ahí la importancia de este valor. Existe una relación directa entre las cualidades físicas y geométricas del terreno y esta duración, que es el tiempo necesario para que el agua precipitada en las regiones más alejadas de la cuenca llegue a la desembocadura o al punto de aforo. En consecuencia, este parámetro es sumamente importante a la hora de diseñar proyectos de ingeniería hidráulica, así como de analizar el comportamiento hídrico de las cuencas hidrográficas.

$$Kc = \frac{\text{Perímetro de la cuenca}}{\text{Perímetro de un círculo de igual área}}$$

$$Kc = 0.282 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Donde:

- **Kc** = Coeficiente de compacidad adimensional



- P = Perímetro de la cuenca en km
- A = Área de la cuenca en km²

Por lo tanto, cuando el valor del coeficiente de compacidad (K_c) es igual a 1, se interpreta que la forma de la cuenca es mayoritariamente esférica. Esto se debe a que el coeficiente de compacidad es lineal. Debido a que el tiempo de concentración del agua es sustancialmente menor, esta característica geométrica indica que existe una mayor probabilidad de que se produzcan inundaciones. Esto significa que los flujos de agua superficial convergerán y se acumularán en el cauce principal a un ritmo más rápido, lo que daría lugar a inundaciones rápidas y destructivas durante los periodos de grandes precipitaciones. En cambio, cuando el coeficiente de compacidad (K_c) es superior a 1, la forma de la cuenca se caracteriza por ser más alargada. Esto se debe a que el coeficiente de compacidad es una medida de lo compacta que es la cuenca. Debido a que el agua procedente de lugares más alejados tarda más en llegar al canal principal, el tiempo que transcurre durante el proceso de concentración es significativamente mayor en este escenario. Como consecuencia de ello, los cambios en el nivel del agua provocados por las tormentas suelen ser más graduales. Esto disminuye la probabilidad de inundaciones repentinas y permite mantener un caudal más controlado durante los episodios de precipitaciones. Esto demuestra que existe una conexión directa entre la geometría de las cuencas hidrográficas y el comportamiento hidrológico de las mismas cuando están sometidas a grandes precipitaciones.

Factor de forma (F)

La relación matemática que se obtiene dividiendo la superficie total de una cuenca hidrográfica que la atraviesa es la definición de este parámetro, que fue publicado inicialmente por Horton en el año 1945. Dado que se utiliza como una indicación significativa en el proceso de análisis y descripción de la disposición geométrica del hidrograma unitario, este cociente cumple una función esencial en el campo de los estudios

hidrológicos e hidrológicos. En un sentido más tangible, esta relación permite identificar características particulares de la respuesta hidrológica de la cuenca a los eventos de precipitación. Esto, a su vez, facilita llegar a una interpretación más precisa de la dinámica de la escorrentía y del comportamiento de los caudales dentro del sistema fluvial. Es un instrumento útil para los estudios de modelización hidrológica adaptadas a las características específicas de cada cuenca:

$$F = \frac{A}{Lc^2}$$

Donde:

- F = Factor de forma
- A = Área de la cuenca en km²
- Lc = Longitud del cauce principal de la cuenca en km

Tabla 3

Valores interpretativos de factor de forma

Valores aproximados	Forma de cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.30	Alargada
0.30 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente ensanchada
0.060 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Rectángulo equivalente (Re)

Es una técnica que se caracteriza por ser una transformación geométrica, y su objetivo es modificar la representación de una cuenca hidrográfica, que presenta anomalías en su forma original, para ajustarla a una disposición rectangular idealizada. Tanto la superficie de este rectángulo como la de la cuenca inicial son iguales, lo que constituye una de las características que distingue a este rectángulo de la cuenca. Es una técnica que se caracteriza por ser una transformación geométrica, y su objetivo es modificar la representación de una cuenca hidrográfica, que presenta anomalías en su forma original, para ajustarla a una disposición rectangular idealizada. Tanto la superficie de este rectángulo como la de la cuenca inicial son iguales, lo que constituye una de las características que distingue a este rectángulo de la cuenca.

$$Re = 0.25 * P \pm \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A}$$

Donde:

- **Re** = Longitud de los lados del rectángulo (mayor y menor) en km
- **P** = Perímetro de la cuenca en km
- **A** = Área de la cuenca en km²

Radio de circularidad (Rc)

En situaciones en las que este coeficiente es relativamente cercano geométrica relativamente cercana a la de un círculo, lo que sugiere que la distribución de las áreas de drenaje es más uniforme. Si, por el contrario, el valor del coeficiente es más próximo a cero, indica que la cuenca tiene una estructura alargada, lo que evidencia una morfología que afecta a los patrones de escorrentía y al momento en que se concentran los flujos superficiales. En el campo del estudio hidrológico, este indicador es de gran ayuda para

interpretar las características geométricas de la cuenca y el impacto que estas cualidades tienen en el comportamiento del agua.

b) Parámetro de relieve

Existe una relación sustancial entre el relieve de una cuenca y la cantidad de escorrentía que genera, así como el comportamiento de esa escorrentía. Esto se debe al hecho de que una pendiente pronunciada hace que el tiempo de concentración del flujo en los afluentes que desembocan en el cauce principal sea menor. Otro punto a considerar es que las múltiples características asociadas al relieve tienen un impacto significativo en la forma en que la cuenca reacciona a los eventos de precipitación, lo que a su vez afecta la respuesta hidrológica de la cuenca. Dicho de otro modo, el perfil topográfico de la zona es el que define cómo se distribuye y moviliza el agua de lluvia dentro del territorio. Esto influye no sólo en la velocidad a la que el agua se desplaza hacia las masas de agua primarias, sino también en la cantidad e intensidad de la escorrentía que se produce como consecuencia de ello. Así, una pendiente del relieve más pronunciada tiende a favorecer una escorrentía más rápida y una reacción hidrológica más ágil, mientras que una topografía más llana puede conducir a un proceso más prolongado y lento.

Curva hipsométrica

A la hora de generar curvas hipsométricas, es absolutamente necesario disponer de un mapa que no sólo contenga las curvas de nivel, sino también las zonas que se encuentran entre ellas. Para generar estas curvas, es necesario llevar a cabo las siguientes acciones: Para empezar, es necesario calcular las áreas que se encuentran entre las curvas de nivel. Para ello se pueden utilizar métodos planimétricos, técnicas gravimétricas o herramientas computacionales. Esta técnica permite establecer la distribución de elevaciones dentro de la cuenca y evaluar la proporción de superficie que se encuentra a diferentes altitudes. Se trata de un paso esencial para los análisis hidrológicos y los estudios que investigan cómo reacciona el terreno ante las precipitaciones.



Polígonos de frecuencia

Mediante el uso de representaciones gráficas, se establece el vínculo entre las distintas alturas del terreno, que se indican en metros sobre el nivel del mar (m.a.s.l.), y la proporción de la superficie que corresponde a cada intervalo de altitud. Cada uno de estos gráficos, denominados polígonos de frecuencias, sirve de complemento adicional a la curva hipsométrica. En la cuenca, la altitud prominente se reconoce como la relacionada con el polígono que tiene el mayor porcentaje de área. Esto es algo que debe tenerse en cuenta. Mediante este análisis, se puede adquirir información pertinente sobre las características topográficas de la cuenca, lo que contribuye a una mejor comprensión de la morfología de la cuenca, así como de su comportamiento hidrológico.

Pendiente media de la cuenca

Componen el área de drenaje, donde cada superficie mantiene una línea de pendiente máxima uniforme. Esto es necesario para determinar la pendiente media de la cuenca. Debido a que incide directamente en la velocidad media con la que la escorrentía recorre la superficie, este parámetro tiene un impacto sustancial en la cantidad de tiempo que se produce durante la concentración. El peligro de inundación es mayor cuando las pendientes son demasiado pronunciadas, debido a la rápida acumulación y flujo de agua superficial que se produce cuando las pendientes son excesivamente pronunciadas. Para determinar este número, se utiliza una fórmula determinada para calcular con precisión la pendiente media de la cuenca hidrográfica, teniendo en cuenta los elementos topográficos y geométricos pertinentes:

$$Rc = 100 * \left(\frac{LiE}{A} \right)$$

Donde:

- **S** = Pendiente media de la cuenca
- **Li** = Longitud de cada una de las curvas de nivel en km



- E = Equidistancia de las curvas de nivel en km
- A = Área de la cuenca (km²)

c) **Parámetro de red hidrográfica**

Como resultado de los eventos de precipitación, el exceso de agua fluye superficialmente a través de los canales naturales hasta llegar a un embalse o cuerpo receptor. Se considera que este recorrido es el que siguen los cauces naturales. Es de gran importancia que este proceso se lleve a cabo ya que es el responsable de determinar la capacidad de la cuenca para drenar el agua acumulada como resultado de las precipitaciones. Además, el patrón de drenaje que la cuenca ha decidido utilizar actúa como indicador de las características del suelo y de las circunstancias que prevalecen en la superficie de la cuenca. Esto permite examinar las características asociadas a la topografía, la permeabilidad y la estructura del suelo.

Densidad de drenaje (D)

Es posible cuantificar la densidad de drenaje calculando la longitud media de los canales por unidad de superficie de la cuenca. En la determinación de la densidad de drenaje influyen directamente varios factores, como la configuración topográfica del terreno, las características físicas y químicas del suelo, así como el régimen y el comportamiento de las precipitaciones en la región. Una mayor densidad de drenaje indica que hay una preeminencia del flujo concentrado en los canales principales, lo que conduce a una reducción de la cantidad de tiempo que se requiere para alcanzar el pico en el hidrograma de flujo. Para calcular este parámetro, se utiliza la fórmula relacionada:

$$D = \frac{\sum L}{A}$$

Donde:

- D = Densidad de drenaje en km/ km²



- ΣL = Suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca en km
- A = Área de la cuenca (km²)

Tabla 4

Valores interpretativas de la densidad de drenaje

Densidad de drenaje(km/km ²)	Categoría
<1	Baja
1 -2	Moderada
2 -3	Alta
>3	Muy alta

2.2.5 Precipitación

Esta caída de agua puede adoptar muchas formas, como llovizna, lluvia, granizo o nevada, y su medición se realiza en términos su superficie. Esta lámina de agua suele expresarse en milímetros (mm), que es la unidad de medida estándar. Estas mediciones se llevan a cabo con el uso de instrumentos especializados, como el pluviómetro o el pluviógrafo, que se utilizan para registrar la cantidad de precipitaciones, así como el patrón de las mismas. Este fenómeno atmosférico es crucial para una amplia gama de aplicaciones científicas y prácticas, y a lo largo del tiempo se han desarrollado una gran variedad de instrumentos y procedimientos técnicos mejorados para recoger datos más exactos y detallados.

a) Exceso de precipitación o precipitación efectiva (Pe)

Como no penetra en el suelo y no se almacena temporalmente en depresiones o plantas, se considera que la escorrentía directa, ni absorbida por la superficie terrestre. Esto se debe a que, para empezar, la escorrentía directa no se infiltra en el suelo. Al contrario, esta agua corre directamente por el suelo, abriéndose camino hacia las redes de drenaje y, en última instancia, hacia el desagüe de la cuenca. Tanto el ciclo hidrológico

como la dinámica de las cuencas hidrográficas dependen de este flujo superficial como componente esencial.

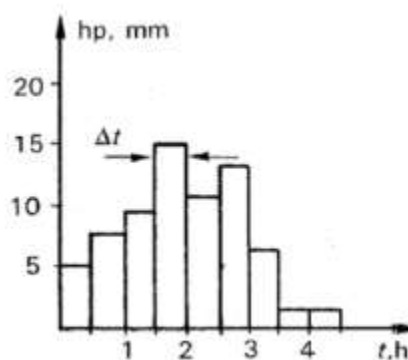
b) Histograma-Hietograma

1.Histograma

Un hietograma es una representación gráfica que muestra la cantidad de precipitación acumulada, medida en milímetros, relacionadas. Esta cantidad se mide en milímetros. A la hora de estudiar la distribución temporal de las precipitaciones durante ese fenómeno meteorológico, este gráfico es absolutamente necesario porque proporciona información crucial sobre la fuerza y la duración de las precipitaciones. La duración del hietograma depende de la magnitud de la cuenca considerada. Cuando se trata de cuencas hidrográficas de menor tamaño, los intervalos de tiempo suelen indicarse en minutos. Esto se debe al hecho de que los procesos de escorrentía y concentración de caudales ocurren más rápidamente debido a las menores distancias geográficas involucradas. En cambio, cuando se analizan cuencas más grandes, los intervalos de tiempo suelen indicarse en horas. Esto se debe a que el transporte de agua a mayores distancias requiere más tiempo. Este método garantiza que el hietograma refleje con precisión las características de la cuenca, así como la respuesta hidrológica de la cuenca al evento de precipitación.

Figura 2

Histograma de alturas de precipitación

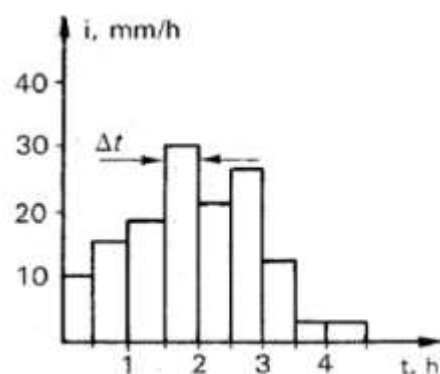


2.Hietograma

Un gráfico que muestra la intensidad de la precipitación, medida en milímetros por hora (mm/h), en relación con el paso del tiempo durante una tormenta concreta se denomina pluviograma. Este gráfico es generado por un instrumento pluviográfico. Este estilo particular de representación visual es extremadamente útil en el tema de la hidrología, ya que permite un examen exhaustivo de las formas en que la intensidad de las precipitaciones varía con el tiempo, proporcionando así información vital sobre el comportamiento del fenómeno. Esta categoría concreta de gráficos se utiliza con bastante frecuencia en el proceso de diseño y análisis de tormentas sintéticas. Es un instrumento esencial para la investigación asociada al cálculo de caudales punta en sistemas hidráulicos. Su aplicación es esencial en los proyectos de infraestructuras hidráulicas, como el diseño de sistemas de drenaje, presas, canales y alcantarillas, ya que facilita la evaluación de las respuestas hidrológicas de las cuencas hidrográficas a los eventos de precipitaciones intensas, lo que a su vez garantiza que haya suficiente capacidad para la gestión de los caudales que se generan.

Figura 3

Histograma de intensidades



2.2.6 Análisis de datos pluviométricas

Para llevar a cabo un análisis probabilístico de los datos pluviométricos, que implica realizar un examen de su comportamiento a partir de un modelo matemático que permita

estimar su distribución o frecuencia, se requiere que la información cumpla tres características fundamentales. Antes que nada, es imprescindible que sea exhaustiva, lo que significa que debe contar con todos los registros necesarios y que la serie de datos no presente lagunas sustanciales. La segunda necesidad es que sea coherente, lo que significa que los datos deben haberse recogido en entornos coherentes, con procedimientos y equipos fiables que garanticen la precisión de las mediciones. Por último, pero no por ello menos importante, la información debe tener la longitud adecuada, lo que significa que debe tener un periodo de registro suficientemente largo. Esto es necesario para garantizar que el análisis sea representativo y pueda reflejar con precisión las propiedades estadísticas de los sucesos pluviométricos con un grado de confianza adecuado.

El procedimiento consiste en una serie de pasos que deben llevarse a cabo en el orden en que se presentan. Al principio, es esencial determinar el grado de correlación que existe entre la estación que contiene datos incompletos y una o más estaciones índices que contienen registros completos. A continuación, se calcula el coeficiente de correlación, que se representa con la letra r y puede tener valores comprendidos entre menos uno y más uno. Es fundamental elegir la estación índice que tenga el valor r más alto si hay muchas estaciones índice disponibles. Esto se debe a que la estación con el valor r más alto será la que demuestre la mayor correlación con la estación a la que le faltan datos.

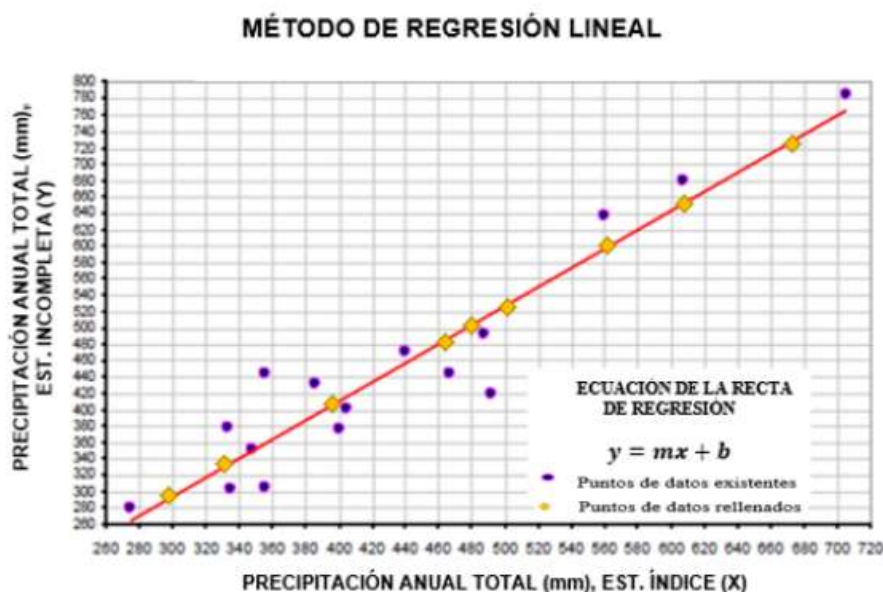
Una vez determinada la estación índice más adecuada, el siguiente paso consiste en calcular la ecuación de la recta de regresión. Esta ecuación es una representación de la relación matemática que existe entre las estaciones y los datos que recogen. Por último, se introducen en esta ecuación los valores correspondientes para estimar y terminar de rellenar los datos que faltan de la estación incompleta. Siguiendo este proceso, es posible adquirir un conjunto de datos más completo y, en consecuencia, más preciso a efectos de análisis y aplicación en estudios hidrológicos.

En la imagen que se ha proporcionado, hay un diagrama de dispersión que representa una secuencia de puntos. Estos puntos aparecen en color morado y se

correlacionan con los datos a los que ya se tiene acceso. Un tipo de línea, conocida como línea de regresión, está formada por la distribución de estos puntos de tal manera que se ajustan a una línea recta. Sobre la base de la relación observada entre las variables que se representan en el gráfico, esta línea de regresión se utiliza como herramienta para estimar y obtener los datos que faltan:

Figura 4

Metodo de regresión lineal



Análisis de consistencia de datos

Hay casos en los que los registros de precipitaciones que recogen las estaciones pluviométricas sufren modificaciones como consecuencia de cambios en el operador o en la ubicación de la estación de medición. Estos ajustes pueden provocar incoherencias en los datos, lo que puede repercutir negativamente en la calidad y exactitud de los registros. La utilización de la metodología de la curva de doble masa es un método eficaz que puede utilizarse para identificar y rectificar la presencia de estas incoherencias, que también se denominan heterogeneidades. Para lograr una mayor coherencia y fiabilidad en las observaciones de las precipitaciones, esta metodología permite examinar y adaptar los datos y realizar ajustes

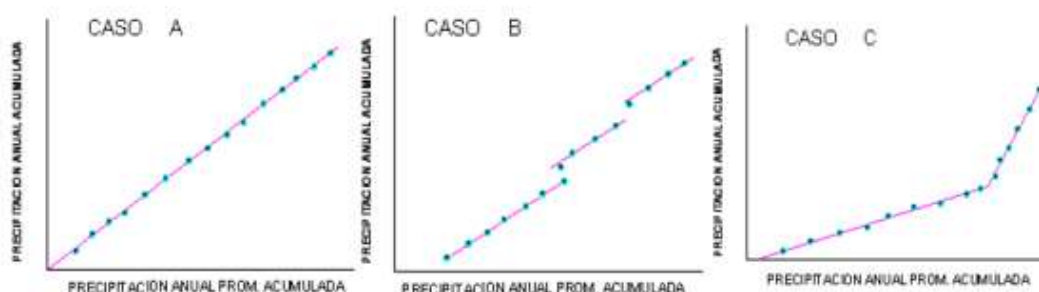
a) Estación concreta que se está revisando o controlando con la precipitación anual media acumulada de una estación de referencia. La estación de referencia está formada por un conjunto de estaciones situadas muy cerca unas de otras. Su método se basa en la idea de que existe una homogeneidad pluviométrica en la zona investigada. Esta teoría establece que la precipitación anual que se registra en un lugar concreto debería tener una relación estadística proporcional con la precipitación media que se registra en la estación estándar. La identificación y el análisis de las variaciones de los datos de precipitación son posibles gracias a este método, que también contribuye a la detección de discrepancias o ajustes en los registros. (*PP*).

$$P_F = \alpha P_P$$

Si la serie de datos es homogénea y coherente, es posible observar una línea recta con una pendiente de α y un recorrido que pasa por el origen cuando se realiza el análisis de la curva de doble masa acumulada. En cambio, si la línea presenta un cambio en su pendiente o un punto de inflexión, esto indica que se han producido alteraciones en las condiciones en las que se realizaron las mediciones. En este caso, es necesario llevar a cabo un procedimiento de ajuste de los datos para que todos se alineen en una única línea recta. Este proceso consiste en homogeneizar la información y corregir las incoherencias que pueda haber en el registro.

Figura 5

Análisis de la curva doble masa

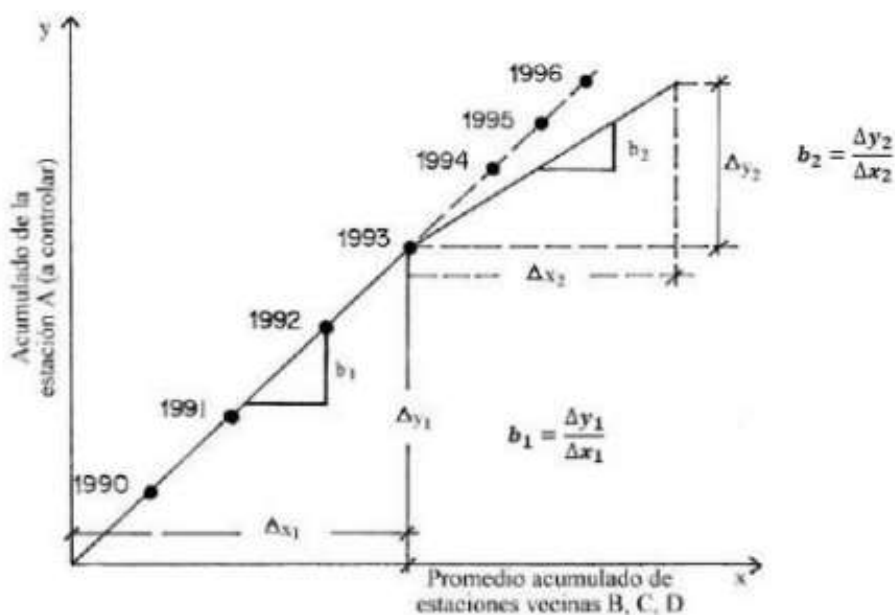


- En el primer escenario, la observación de una línea recta en el análisis indica que los datos presentan una relación proporcional entre sí. Esto significa que la estación analizada es coherente y que los registros se consideran fiables.
- Si hay numerosas líneas rectas paralelas entre sí, esto también implica que hay una proporción suficiente de datos. Sin embargo, puede haber algunos años concretos en los que las mediciones se aparten demasiado o demasiado poco de la tendencia general. Es lo que ocurre en el caso B.
- Caso C: La identificación de líneas rectas con pendientes variables es un indicio de que puede haber una inexactitud sistemática en los registros de este caso concreto. Debería aplicarse un ajuste basado en la comparación de las pendientes de las distintas partes de la curva para rectificar esta incoherencia.

Es posible observar la curva de doble masa en la figura que se ha proporcionado, en la que son claramente visibles las variaciones en las pendientes. El hecho de que se dé esta circunstancia demuestra que los datos de precipitación anual que se correlacionan con la estación A requieren algún tipo de modificación. Esta corrección se llevará a cabo para realizar la corrección.

Figura 6

Curva doble masa





Los valores ajustados se calculan como:

$$y_c = \frac{b_1}{b_2} * y_o$$

1. Debe realizarse un estudio comparativo de las estaciones pluviométricas situadas en una cuenca. Este análisis debe incluir una representación gráfica de las estaciones en un mapa, así como información como sus nombres, altitudes, precipitación anual y el número de años que llevan registrando datos.
2. Asegúrate de que cada grupo tenga entre tres y diez estaciones, y organiza las estaciones que estén situadas muy cerca unas de otras en conjuntos o grupos que sean comparables en sus características.
3. Asegúrese de que todos los grupos de estaciones tienen precipitaciones medias anuales comparables o similares entre sí.
4. En cada una de estas agrupaciones debe haber al menos una estación con un largo historial de registros, con un mínimo de veinticinco años de datos registrados.
5. Es de suma importancia que las altitudes de las estaciones que pertenecen a un mismo grupo sean lo más comparables posible, siendo la diferencia no superior a 300 metros como máximo.
6. Es de suma importancia que las altitudes de las estaciones que pertenecen a un mismo grupo sean lo más comparables posible, siendo la diferencia no superior a 300 metros como máximo.

Extensión del registro

A pesar de que no es posible determinar con precisión el tiempo de existencia de un registro pluviométrico, en general se está de acuerdo en que es deseable disponer de series de datos más largas, ya que ofrecen una base más fiable para la investigación. No es infrecuente encontrarse con estaciones que tienen registros de sólo unos minutos de duración; por lo tanto, es ventajoso prolongar estas series de datos. Métodos como la curva

de masa acumulada doble o las técnicas de correlación estadística son ejemplos de enfoques que pueden utilizarse con este fin. Además, cuando se pretende extraer conclusiones sobre precipitaciones, es fundamental los datos que abarquen al menos veinte o treinta años. Esto garantiza que los resultados sean representativos y fiables.

2.2.7 Metodos de estimación de la precipitación media

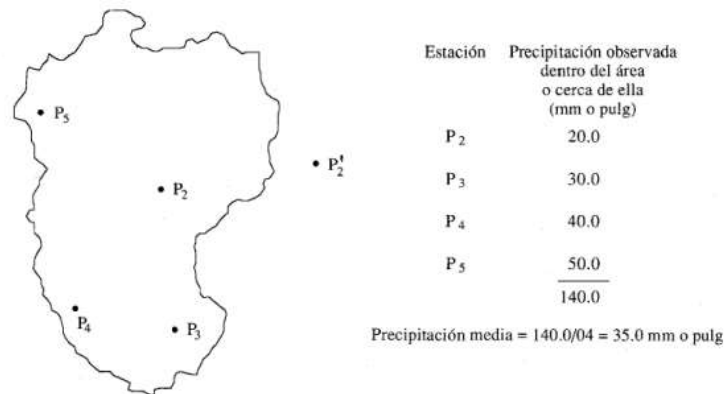
Los datos sobre precipitaciones puntuales que se recogen en cada estación pluviométrica se utilizan para hacer una estimación de la cantidad media de precipitaciones que cae sobre una cuenca. Se utilizan diversos métodos y enfoques para obtener una aproximación de la distribución de las precipitaciones en la región estudiada. La media aritmética, los polígonos de Thiessen y las isoyetas son algunos de los procedimientos que se utilizan con mayor frecuencia y amplitud para llegar a esta evaluación. Es posible crear una imagen más precisa del comportamiento de la precipitación en la cuenca utilizando estos métodos, que permiten representar y analizar la variación espacial de la precipitación.

a) Cuando se trata de estimar la cantidad media de precipitación que cae dentro de una cuenca hidrográfica, el método de la media aritmética es uno de los enfoques más sencillos y directos. Este método es apropiado en situaciones en las que las estaciones están dispersas uniformemente por la zona de estudio y las mediciones de precipitación que se adquieren de los pluviómetros no se desvían significativamente unas de otras. Aplicando la fórmula siguiente, que permite calcular la media aritmética, se obtiene un valor que refleja la cantidad de precipitaciones que se producen en la cuenca.

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

Figura 7

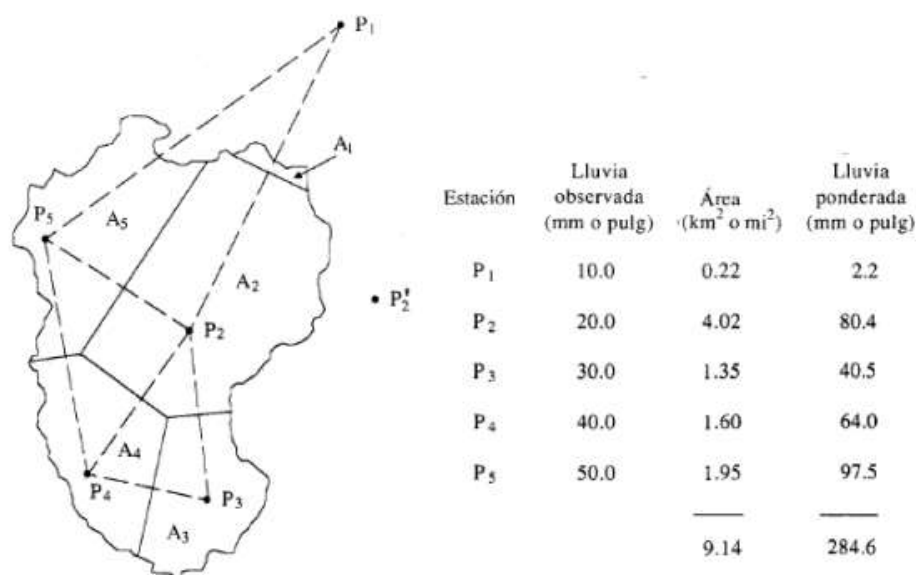
Calculo de precipitación media sobre una cuenca por el metodo de la media aritmética



b) Como puede verse en la Figura 10, el enfoque del polígono de Thiessen se basa en el concepto de atribuir el área definida por el polígono que rodea cada estación pluviométrica dentro de la cuenca de análisis a la precipitación media que recibe cada estación. Este método es útil para las regiones en las que la ubicación de las estaciones pluviométricas no está uniformemente dispersa. El hecho de que este método no tenga en cuenta la influencia de la orografía en los patrones de precipitación es una de sus limitaciones. Esto se debe a que el impacto de la orografía en los patrones de precipitación puede tener un efecto en la precisión de la estimación de la precipitación media en la cuenca.

Figura 8

Calculo de precipitación media sobre una cuenca – metodo polígono de thiessen

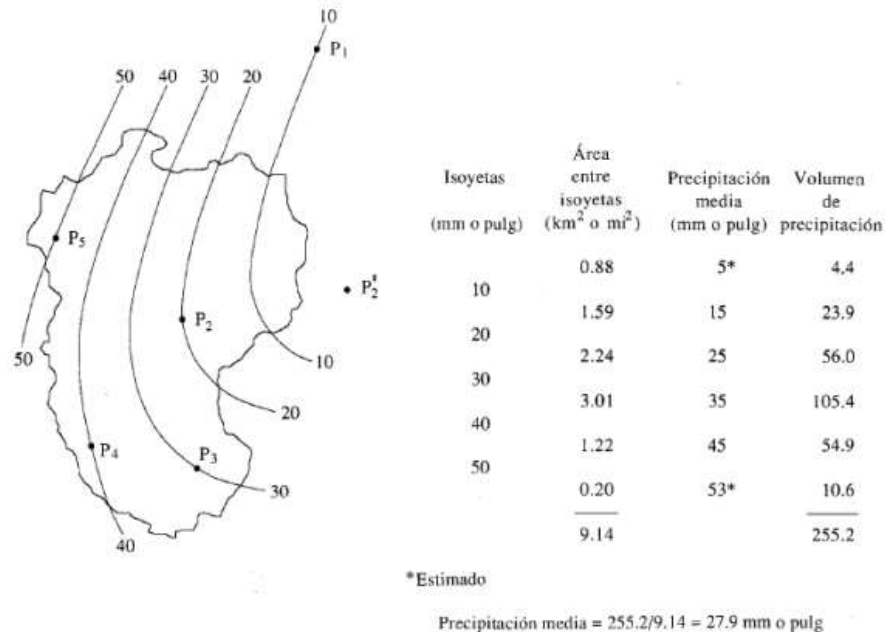


c) Método de las Isoyetas

$$P_m = \frac{\frac{P_0 + P_1}{2} * a_1 + \frac{P_1 + P_2}{2} * a_2 + \dots + \frac{P_{n-1} + P_n}{2} * a_n}{a_{total}}$$

Figura 9

Calculo de precipitación media sobre una cuenca – Metodo de isoyetas



2.2.8 Distribución probabilística en hidrología

Si se han completado ciertos procedimientos preliminares, como el cálculo de la cantidad de datos que faltan, el examen de la coherencia de la información y la validación de la extensión del registro de datos, la distribución de probabilidad puede aplicarse entonces a los datos hidrológicos. Esto sólo es posible si se han completado determinadas etapas. La realización de estas etapas es necesaria para garantizar que la información disponible es completa y adecuada para el análisis probabilístico.

1) Según Cahuana y Yugar (2009), la Distribución Normal, a veces denominada Distribución de Gauss. Esto se debe principalmente a las características de su curva, que adopta la forma de una silueta acampanada



2) Cuando las variables de interés presentan características como ser exclusivamente positivas y mostrar un comportamiento asimétrico, la Distribución Log-Normal surge como una alternativa que se utiliza con frecuencia en el campo de la hidrología. Este es especialmente el caso cuando las variables en cuestión son exclusivamente positivas.

3) Debido a su capacidad para acomodar las propiedades estadísticas de los datos observados, la distribución Pearson tipo III, también denominada distribución Gamma de tres parámetros, se utiliza ampliamente en el campo de las investigaciones hidrológicas.

4) Se concibió como una herramienta para realizar ajustes de curvas a conjuntos de datos específicos, en particular los asociados a ocurrencias extremas, como los picos de media luna, y ofrece resultados satisfactorios en su aplicación, los datos presentan una asimetría positiva significativa. Esto se debe a que permite mejorar el análisis añadiendo un ajuste logarítmico a las variables introducidas inicialmente. La asimetría positiva se minimiza como resultado de la aplicación de esta transformación, lo que facilita enormemente la modelización y el ajuste de los datos. Es importante destacar que, a pesar de que emplea los logaritmos de las variables para su análisis, el proceso que sustenta esta distribución mantiene las mismas bases que la Distribución de Pearson tipo III. Esto permite adaptarla a las características particulares de los datos hidrológicos que se están investigando.

5) En la disciplina de la hidrología, la distribución de Gumbel, que a veces se denomina distribución de valores extremos de tipo I, se utiliza con bastante frecuencia para analizar sucesos muy extremos. En general, las variables hidrológicas asociadas a valores medios, como la precipitación anual o los caudales medios anuales, tienden a ajustarse a una distribución simétrica, como la Normal o la de Gauss. Sin embargo, cuando se trata del análisis de eventos extremos, como el día que recoge la máxima cantidad de lluvia



registrada durante cada año en una serie temporal, estas variables no muestran un ajuste suficiente a la distribución Normal debido a que son asimétricas. La distribución de Gumbel es una de las más utilizadas para los sucesos extremos, aunque existen otras posibilidades que también pueden ser apropiadas en función de las características particulares de los datos que se analicen. En estas situaciones, es importante recurrir a distribuciones específicas para sucesos graves.

Tabla 5

Valores de los coeficientes según el número de datos de la muestra

Nº datos	uy	dy
10	0.4952	0.9496
15	0.5128	1.0206
20	0.5236	1.0628
25	0.5309	1.0914
30	0.5362	1.1124
35	0.5403	1.1285
40	0.5436	1.1413
45	0.5463	1.1518
50	0.5485	1.1607
55	0.5504	1.1682
60	0.5521	1.1747
65	0.5535	1.1803
70	0.5548	1.1854
75	0.5569	1.1898
80	0.5578	1.1938
85	0.5586	1.1974
90	0.5593	1.2007
95	0.5598	1.2037
100	0.56	1.2065

2.2.9 Pruebas de bondad de ajuste

Dicho de otro modo, el objetivo de esta técnica es determinar si los datos de que se dispone se ajustan a una determinada distribución de probabilidad sin desviaciones significativas. Es fundamental realizar este tipo de investigación para validar la selección de una distribución que represente con exactitud las propiedades de los datos. Debido a que es eficaz y aplicable en este tipo de investigación, la prueba de Kolmogorov-Smirnov es una de las pruebas de bondad de ajuste que se utiliza con más frecuencia en el campo de la hidrología para ser utilizada con este fin.

Prueba Kolmogorov-Smirnov

$$D = \text{máx} |F_o(xm) - F(xm)|$$

1. Para calcular la frecuencia acumulada observada, que suele denominarse probabilidad empírica, existen varios enfoques. Por otra parte, el método establecido por Weibull es el que se considera más adecuado y se recomienda ampliamente. Esta estrategia destaca por su sencillez y precisión a la hora de ordenar los datos. Además, establece una relación entre la posición de cada valor dentro de la muestra y su probabilidad acumulada, lo que facilita el análisis estadístico de los datos:

$$F_o(xm) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Donde:

- m = Número de orden de dato en una lista de mayor a menor
- n = Número total de datos

2. El proceso de cálculo de la frecuencia acumulada teórica, que se denota con el símbolo $F(xm)$, consiste en identificar el conjunto de funciones que son representativas de la probabilidad acumulada para los datos que se están evaluando. En la práctica, se trata de integrar o sumar las probabilidades individuales asociadas a cada valor de la variable. El resultado es una función acumulativa que muestra cómo se distribuye la probabilidad global dentro del intervalo de valores investigado.

3. El proceso de cálculo de la frecuencia acumulada teórica, que se denota con el símbolo $F(x_m)$, consiste en identificar el conjunto de funciones que son representativas de la probabilidad acumulada para los datos que se están evaluando. En la práctica, se trata de integrar o sumar las probabilidades individuales asociadas a cada valor de la variable. El resultado es una función acumulativa que muestra cómo se distribuye la probabilidad global dentro del intervalo de valores investigado.

2.2.10 Corrección de datos por intervalo fijo de observación

Cuando se realiza un análisis probabilístico a partir de datos de precipitación máxima diaria anual que se han adquirido a intervalos de observación regulares, que abarcan desde las 7:00 h de un día hasta las 7:00 h del día siguiente, es habitual que se subestime la precipitación real. Se aconseja que los datos de precipitaciones de duración diaria se corrijan utilizando un coeficiente de corrección del intervalo de observación constante de 1,13. Esto se debe a que esta es la razón. La incorporación de este ajuste permite convertir los datos de duración diaria en registros que reflejen una duración de 24 horas, lo que en última instancia se traduce en una estimación de los niveles de precipitación más precisa y más ajustada a la realidad.

2.2.11 Periodo de retorno(T) o tiempo de recurrencia

Se considera que es el periodo medio de tiempo, expresado en años, durante el cual se prevé que se produzca un suceso de una magnitud determinada o igual al valor normal al menos una vez. Teniendo en cuenta que esta idea es el recíproco de la frecuencia (f), puede deducirse que está directamente relacionada con la probabilidad de que tal suceso vuelva a ocurrir en un periodo de tiempo específico:

$$T = \frac{1}{P_{\text{excedencia}}}$$

La selección del periodo de retorno que se aplicará en el diseño de una estructura se determina teniendo en cuenta la probabilidad de que un evento supere un umbral determinado (frecuencia), así como la vida útil prevista de la estructura, que se expresa en años (n), y el nivel de riesgo de fallo aceptable (R). Para determinar este umbral de riesgo de fallo tolerable, se utiliza la siguiente fórmula:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

También existe la posibilidad de determinar el periodo de retorno teniendo en cuenta el número de años y la probabilidad de fallo, como se muestra a continuación:

$$T = \frac{1}{1 - e^{\left(\frac{\ln 1 - R}{n}\right)}}$$

Tabla 6

Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obra de drenaje

Tipo de obra	Riesgo admisible
Puente	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas ribereñas	25

2.2.12 Determinación de la tormenta de diseño

Según la Comisión Meteorológica e Hidrológica (MTC), una tormenta de diseño se define como un evento de precipitación que es típico del sistema que se está diseñando y que se desarrolla especialmente. Además, para caracterizar mejor esta tormenta se utiliza un hietograma de diseño, que sirve como colección de datos que se introducen en el sistema. La estimación de los caudales es posible gracias a estos datos mediante la



utilización de los procesos lluvia-escorrentía. Para llevar a cabo el proceso de determinación de la tormenta de diseño, es necesario tener en cuenta tres variables significativas:

a) Milímetros por hora (mm/h) es la unidad de medida de la intensidad, que se define como la cantidad de precipitación que se registra en un periodo de tiempo determinado de una hora. Es esencial tener en cuenta el hecho de que la intensidad de las precipitaciones tiene tendencia a aumentar a medida que se acorta el intervalo de tiempo. El factor más importante que hay que tener en cuenta al realizar un análisis de la tormenta de diseño es la cantidad máxima de precipitación acumulada. A continuación, se presenta una representación de la misma:

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{P}{t}$$

Donde:

- $i_{m\acute{a}x}$ = Intensidad máxima (mm/h)
- P = Precipitación en altura de agua (mm)
- t = Tiempo (h)

b) El término «duración» se refiere al periodo de tiempo prolongado que dura la tormenta, que es la cantidad total de tiempo que transcurre entre el inicio de la tormenta y su partida.

c) Lo que también sugiere la probabilidad de que se produzca dicho acontecimiento. La frecuencia se mide en años. En otras palabras, puede expresarse de la siguiente manera:

$$f = \frac{1}{T}$$

Donde:

- f = Frecuencia
- T = Periodo de retorno

2.2.13 Curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF)

El gráfico de curvas de tiempo de recurrencia muestra las intensidades de las precipitaciones (expresadas en minutos por hora) que se correlacionan con las distintas duraciones (expresadas en milímetros por hora). El hietograma de diseño es una representación útil que puede utilizarse para seleccionar la tormenta adecuada que debe incluirse en el diseño de un sistema hidrológico. La aplicación del análisis de frecuencias permite desarrollar curvas IDF, que significan intensidad, duración y frecuencia. La distribución de Gumbel y la distribución de Pearson tipo III son dos de las distribuciones que se utilizan con más frecuencia para este estudio.

Cuando, por el contrario, se dispone de datos de precipitaciones máximas para un periodo de veinticuatro horas con el fin de elaborar curvas IDF, es importante llevar a cabo un proceso de tratamiento que permita analizar y comprender la distribución temporal de estas precipitaciones. Dicho de otro modo, es necesario segmentar los datos globales en intervalos o incrementos más manejables. Para realizar este tipo de análisis y desagregación se puede utilizar el modelo general propuesto por Frederick Bell, que facilita este proceso de distribución temporal de la precipitación.

El proceso para la elaboración de la curva IDF implica los siguientes pasos:

1. Es necesario hacer uso de la distribución probabilística que se eligió en la etapa anterior a ésta. A continuación, ordene estos valores en una secuencia decreciente, empezando por el más alto y terminando por el más bajo.
2. Al estimar los valores máximos de precipitación en un período de 24 horas que corresponde al período de retorno que se decidió, es necesario hacer uso de la distribución probabilística que se eligió en la etapa anterior a ésta. A continuación, ordene estos valores en una secuencia decreciente, empezando por el más alto y terminando por el más bajo.

Cuando se trata de estimar la cantidad de precipitación máxima que cabe esperar durante las tormentas, Bell recomienda utilizar una ecuación genérica. Con ayuda de esta fórmula, es posible determinar el valor de la precipitación máxima que está relacionado con un periodo de retorno y una duración de la tormenta determinados. Para ello, se toma como referencia el valor de precipitación que corresponde a un periodo de retorno de diez años y una duración de sesenta minutos, y se utiliza como base o índice para la estimación

$$P_t^T = (0.21 \ln T + 0.52) \cdot (0.54 t^{0.25} - 0.50) P_{60}^{10}$$

$$P_{60}^{10} = 0.4602 * P_{24}^{0.876}$$

Donde:

- P_{60}^{10} = Precipitación que corresponde a un periodo de 10 años y duración de 60 minutos
- T = Periodo de retorno en años
- t = Duración de precipitación en minutos
- P_t^T = Precipitación que corresponde a un periodo de T años y duración de t minutos.

La ecuación se utiliza respetando los límites establecidos:

$$2 \leq T \leq 100 \text{ años}$$

$$5 \leq t \leq 120 \text{ minutos}$$

4. Para determinar las intensidades de precipitación que corresponden a cada intervalo de duración, hay que dividir la cantidad de precipitación parcial por el tiempo de duración. Los resultados de este cálculo deben indicarse en milímetros por hora (mm/h).

Método de regresión lineal múltiple:

La metodología analítica que dio Aparicio en 1997 se desarrolló con la intención de determinar su valor de precipitación en función tanto de la duración de la tormenta como del periodo de retorno. Esta ecuación matemática particular se utiliza para expresar la relación entre ambas variables.

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{K T^m}{t^n}$$

Donde:

- $i_{m\acute{a}x}$ = Intensidad máxima (mm/h)
- K, m, n = Factores características del área de estudio
- T = Periodo de retorno en años
- t = Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

$$\ln(i_{m\acute{a}x}) = \ln(K) + m \ln(T) - n \ln(t)$$

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Donde:

$$Y = \ln(i_{m\acute{a}x}) \quad X_1 = \ln(T) \quad X_2 = \ln(t)$$

$$a_0 = \ln(K) \quad a_1 = m \quad a_2 = -n$$

$$\sum_{i=1}^n Y = N a_0 + a_1 \sum_{i=1}^n X_1 + a_2 \sum_{i=1}^n X_2$$

$$\sum_{i=1}^n (X_1 Y) = a_0 \sum_{i=1}^n X_1 + a_1 \sum_{i=1}^n (X_1^2) + a_2 \sum_{i=1}^n (X_1)(X_2)$$

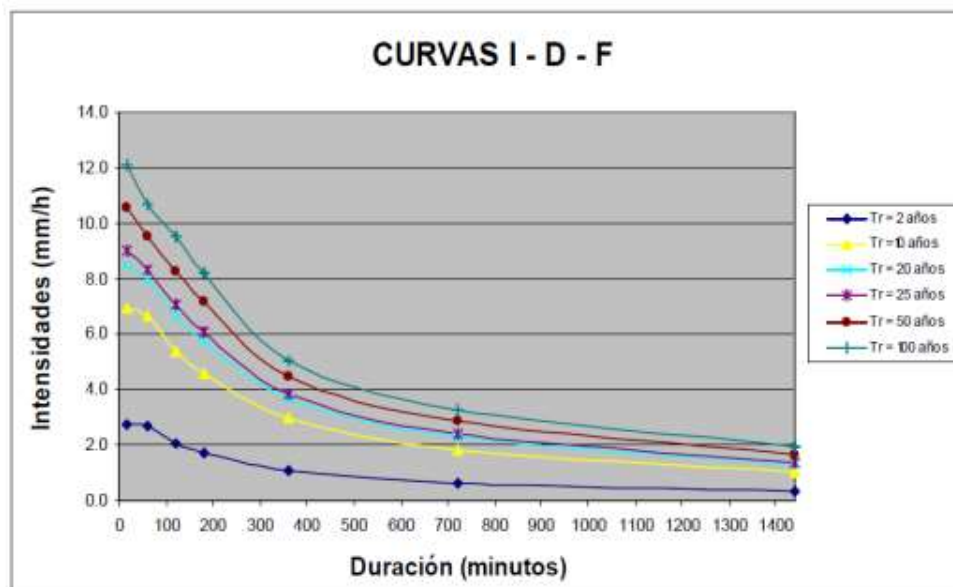
$$\sum_{i=1}^n (X_2 Y) = a_0 \sum_{i=1}^n X_2 + a_1 \sum_{i=1}^n (X_1)(X_2) + a_2 \sum_{i=1}^n (X_2^2)$$

6. Reiterar el procedimiento comenzando desde el segundo paso, pero aplicándolo a un período de retorno diferente.

7. Las curvas IDF se trazan de la forma representada en la imagen después de haber analizado y tenido en cuenta previamente una serie de posibles periodos de retorno.

Figura 10

Curvas intensidad duración frecuencia para lluvia maxima



Los periodos de retorno, que se obtienen mediante enfoques probabilísticos. Esta información permite desarrollar el hietograma de diseño, que ilustra la distribución de las precipitaciones durante las horas de mayor intensidad de lluvia que se prevén para un periodo de retorno de T años. A la hora de elaborar el hietograma de diseño, existen varias formas distintas que se basan en la curva IDF. El método de bloques alternos es uno de los más utilizados.

Método del bloque Alterno

1. La duración total de la tormenta (D) se divide en intervalos de tiempo, y estos intervalos de tiempo se distribuyen de acuerdo con el incremento que se requería para cada etapa.

2. En el paso siguiente, la curva IDF se utiliza para extraer las intensidades de lluvia apropiadas, que se miden en milímetros por hora. Estas intensidades se obtienen para cada una Para determinar la cantidad de precipitación que cae durante cada intervalo de tiempo, el siguiente paso es calcular la profundidad de la precipitación. Esto se consigue

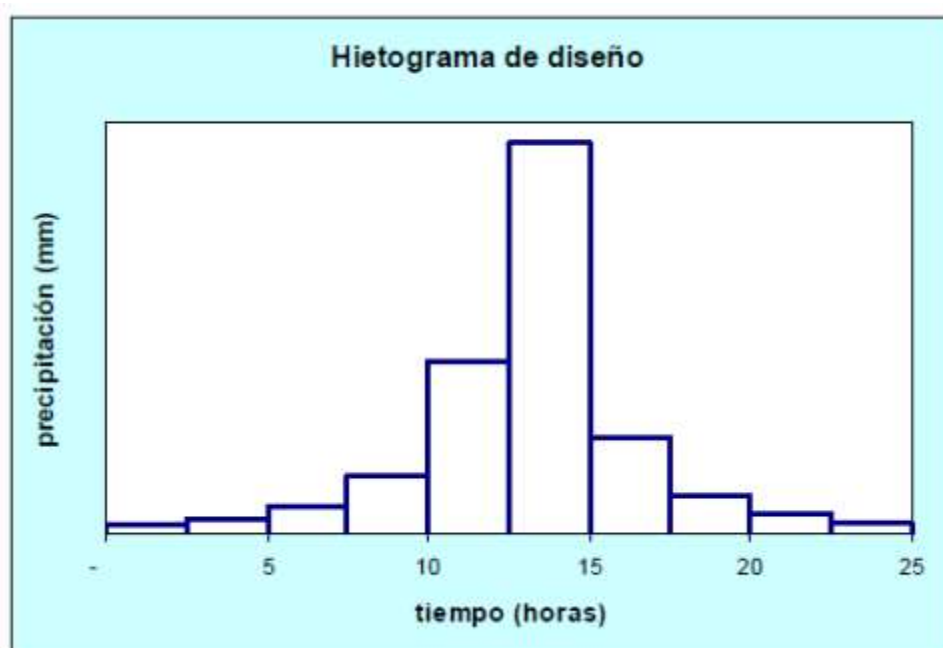
multiplicando la intensidad de precipitación que se adquiere para cada duración por el valor del intervalo de tiempo que le corresponde ($P = i * T$)

4. En la fase posterior, la estimación del incremento de precipitación ΔP se realiza calculando la diferencia entre los valores sucesivos de profundidad de precipitación que se recogieron en la etapa anterior.

5. Pasemos al siguiente paso, que consiste en trazar el hietograma de precipitación o bloques de precipitación deben disponerse en una secuencia temporal. Esto debe hacerse de forma que el bloque de mayor intensidad se sitúe en el centro de la duración total, mientras que los demás bloques se distribuyen en orden descendente, alternando entre los lados derecho e izquierdo del bloque central.

Figura 11

Hietograma de diseño



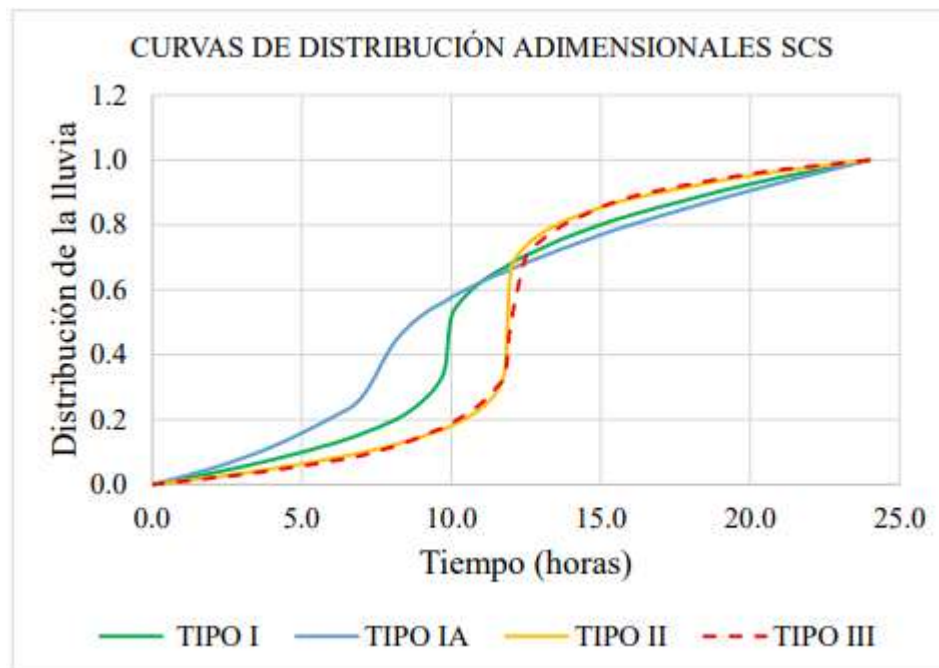
Diseño tipo NRCS o SCS

Se encargó de construir los hietogramas sintéticos de las tormentas. Estos hietogramas son una representación de las distribuciones temporales de los episodios de precipitaciones extremas que se producen con mayor frecuencia en cuatro regiones

distintas de Estados Unidos. Estos hietogramas se dividen en cuatro tipos distintos de tormentas que duran veinticuatro horas, y se etiquetan como I, IA, II y III.. Los tipos I y IA se asocian a zonas con veranos secos e inviernos húmedos, siendo las tormentas de tipo IA las menos intensas de los tres tipos de tormentas. El tercer tipo, en cambio, se asocia a las tormentas tropicales, que se distinguen por la presencia de importantes cantidades de precipitación en un lapso de veinticuatro horas. En conclusión, las tormentas de tipo II son las que se caracterizan por una corta duración y una gran intensidad. Este tipo de tormentas es indicativo del resto de Estados Unidos.

Tabla 7*Distribución de lluvia SCS*

Tiempo (h)	t/24	Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo III
0.0	0	0	0	0	0
2.0	0.0083	0.0350	0.0500	0.0220	0.0200
4.0	0.1670	0.0760	0.1160	0.0480	0.0430
6.0	0.2500	0.1250	0.2060	0.0800	0.0720
7.0	0.2920	0.1560	0.2680	0.0980	0.0890
8.0	0.3330	0.1940	0.4250	0.1200	0.1150
8.5	0.3540	0.2190	0.4800	0.1330	0.1300
9.0	0.3750	0.2540	0.5200	0.1470	0.1480
9.5	0.3960	0.3030	0.5500	0.1630	0.1670
9.8	0.4060	0.3620	0.5640	0.1720	0.1780
10.0	0.4170	0.5150	0.5770	0.1810	0.1890
10.5	0.4380	0.5830	0.6010	0.2040	0.2160
11.0	0.4580	0.6240	0.6240	0.2350	0.2500
11.5	0.4790	0.6540	0.6450	0.2830	0.2980
11.8	0.4900	0.6690	0.6550	0.3570	0.3390
12.0	0.5000	0.6820	0.6640	0.6630	0.5000
12.5	0.5210	0.7060	0.6830	0.7350	0.7020
13.0	0.5420	0.7270	0.7010	0.7720	0.7510
13.5	0.5630	0.7480	0.7190	0.7990	0.7850
14.0	0.5830	0.7670	0.7360	0.8200	0.8110
16.0	0.6670	0.8300	0.8000	0.8800	0.8860
20.0	0.8330	0.9230	0.9060	0.9520	0.9570
24.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Figura 12*Hietogramas de lluvias de 24 horas de SCS*

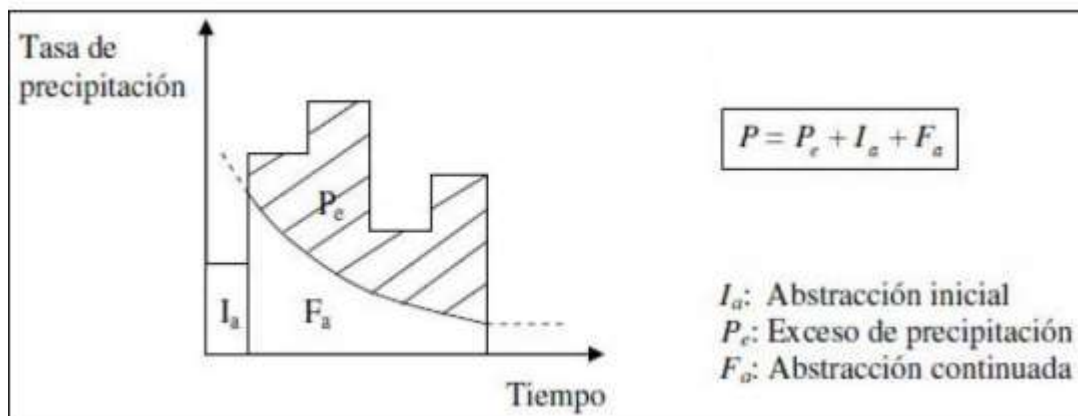
2.2.14 Modelo SCS para abstracciones

Se expresa en función de numerosos elementos, entre ellos la precipitación acumulada total, el tipo de cobertura del suelo, el uso del suelo y el estado de humedad en el momento de la medición. Este método se desarrolló para cumplir el objetivo de estimar la precipitación efectiva que se expresa en función de numerosos elementos, entre ellos la precipitación acumulada total. Este método se desarrolló para cumplir el objetivo de estimar la precipitación efectiva:

Hay dos componentes principales que pueden descomponerse en precipitación total (P) según el principio de conservación de la masa. Estos componentes son la cantidad de precipitación que penetra en el suelo y la parte de precipitación que se convierte en escorrentía directa. El gráfico muestra un hietograma que ilustra cómo hacerlo.

Figura 13

Variables del metodo para abstracciones del SCS



Establecer una relación entre dos cantidades reales y dos cantidades potenciales es una etapa necesaria del planteamiento. Dicho de otro modo, la cantidad de agua que es capaz de penetrar en el suelo de infiltración del suelo, pero la cantidad de precipitación que es capaz de superar esa capacidad está proporcionalmente ligada a la cantidad de agua que es capaz de provocar escorrentía.

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

$$I_a = 0.2S$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Existe la posibilidad de que el procedimiento de determinación del valor experimental de la variable S resulte difícil y lleve mucho tiempo. Por este motivo, el Servicio de Conservación del Suelo (SCS) tomó la decisión de expresarla como un porcentaje proporcional a la capacidad de infiltración máxima y mínima del suelo. Por lo tanto, se estableció una fórmula modificada de S, que incluía la introducción de una nueva

variable que se denomina número de curva (CN). Este método es el que se utiliza en la práctica. En el momento en el que el suelo está totalmente saturado o impermeable, el valor de CN es igual a 100. Esto indica que toda la precipitación que se ha producido en el suelo ha sido de un valor igual a 100. Esto indica que toda la precipitación que cae se transforma en escorrentía. En cambio, si CN es exactamente igual a cero, significa que cada gota de precipitación penetra en el suelo.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Al tratar estas curvas, uno de los aspectos más importantes que hay que tener en cuenta es el estado de humedad del suelo antes de que se produzcan las precipitaciones. Esto se debe a que la condición de humedad del suelo tiene un gran impacto en cómo se comporta. Existen tres categorías principales que se utilizan para clasificar las condiciones de humedad: condiciones secas, que se denotan con el símbolo, que se denotan con el símbolo $CN(III\sim)$. El análisis puede modificarse para reflejar tanto las condiciones húmedas como las secas, dependiendo de las circunstancias específicas, y los datos que se consideran en condiciones normales pueden actualizarse en consecuencia. Para lograrlo, se han determinado ratios particulares que corresponden a cada una de estas condiciones:

$$CN(I) = \frac{4.2 CN (II)}{10 - 0.058 CN (II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 CN (II)}{10 + 0.13 CN (II)}$$

Tabla 8

Rangos para la clasificación de las condiciones de humedad

Grupo AMC	Lluvia total de 5 días (pulgadas)	
	Estación inactiva (seca)	Estación activa (de crecimiento)
I	<0.5	<1.4
II	0.5 a 1.1	1.4 a 2.1
III	sobre 1.1	sobre 2.1

Como puede verse en el cuadro 9, el SCS se encargó de tabular los valores correspondientes al número de curva. Para ello se tuvo en cuenta tanto el tipo de suelo como el uso del suelo. A partir de estos datos es posible calcular un CN compuesto. Este CN tiene en cuenta las propiedades individuales de los numerosos tipos de suelo, así como los usos del suelo que corresponden a cada tipo de suelo, para llegar a un resultado que sea representativo.

2.2.15 Tiempo de concentración(tc)

El tiempo de concentración es la cantidad de tiempo que debe transcurrir para que una sola gota de agua viaje desde la posición de la cuenca más alejada hasta el lugar donde se mide. En el contexto de la investigación y comprensión, este parámetro es de suma importancia porque desempeña un papel significativo en el proceso.

2.2.16 Estimación de caudales

Una vez que se dispone de un número adecuado de registros de aforos en la cuenca o tramo que se investiga., entre otras, este enfoque permite estimar los caudales para una variedad de periodos de retorno previamente determinados.

La información sobre precipitaciones se utiliza como fuente principal de datos de entrada para la cuenca, lo que da lugar a la generación de un caudal, en situaciones en las que no se puede acceder a los registros de aforos. En la cuenca se produce un proceso de humedecimiento progresivo como consecuencia de una tormenta. Una parte de la precipitación es absorbida por la tierra, mientras que el componente restante contribuye a la creación del caudal superficial.

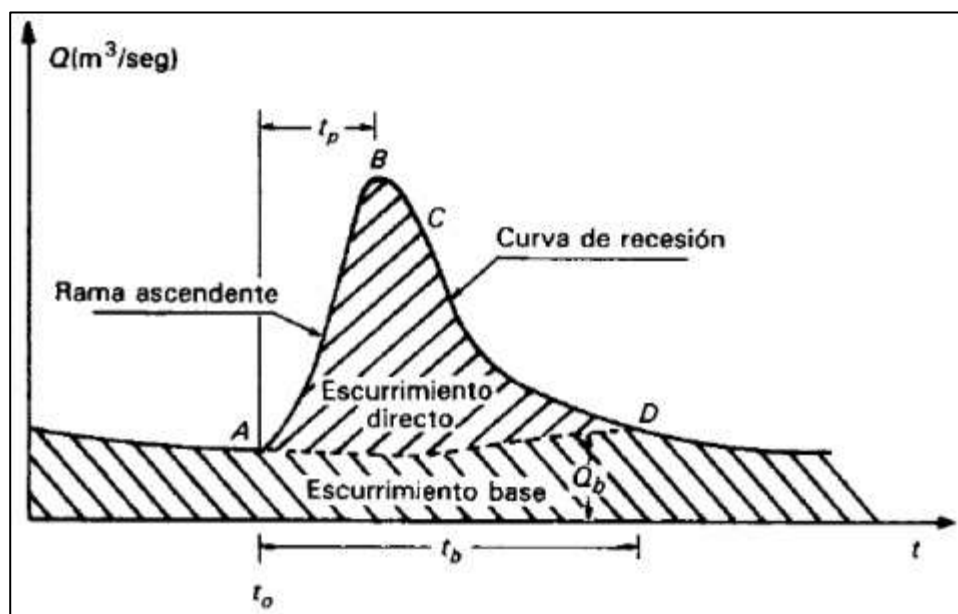
a) Hidrograma

El término «hidrograma» se refiere a un tipo específico de gráfico que se utiliza para representar información relativa a la hidrología durante un periodo de tiempo en un punto concreto de un arroyo. Una zona contribuyente que se denomina cuenca hidrográfica

queda definida por el segmento del hidrograma que permite realizar mediciones o cálculos. En el transcurso de una tormenta, un hidrograma típico constará de las siguientes características o componentes: (AB) una fase ascendente, (B) una sección de cresta máxima o meseta, y (BD) una fase descendente, que también se denomina curva de recesión.

Figura 14

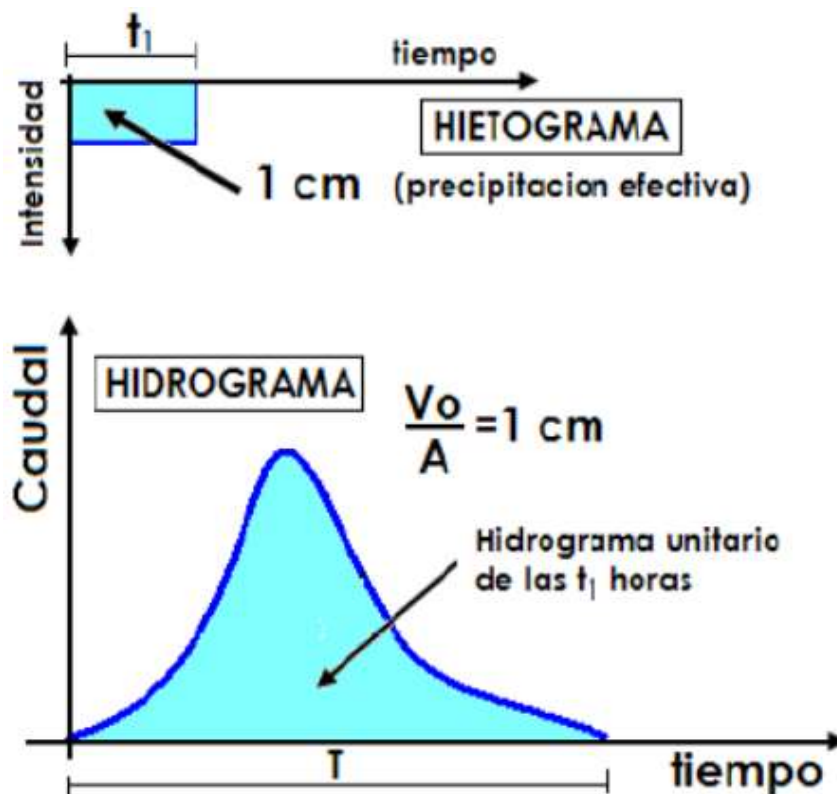
Componentes del hidrograma aislado de una tormenta



b) Hidrograma unitario

Para el propósito de esta discusión, el hidrograma unitario se define como el hidrograma que representa el escurrimiento directo que es producido por un centímetro o un milímetro de precipitación neta. Esta escorrentía se distribuye uniformemente por la zona de drenaje y se mantiene a un ritmo constante durante un período de tiempo determinado, como un milímetro durante una hora. Este tipo de método suele utilizarse en cuencas cuyo tamaño oscila entre pequeño y mediano. Esto se debe a que las características del área de drenaje son adecuadas para su aplicación, lo que permite una estimación precisa de la respuesta hidrológica en condiciones de precipitación uniforme.

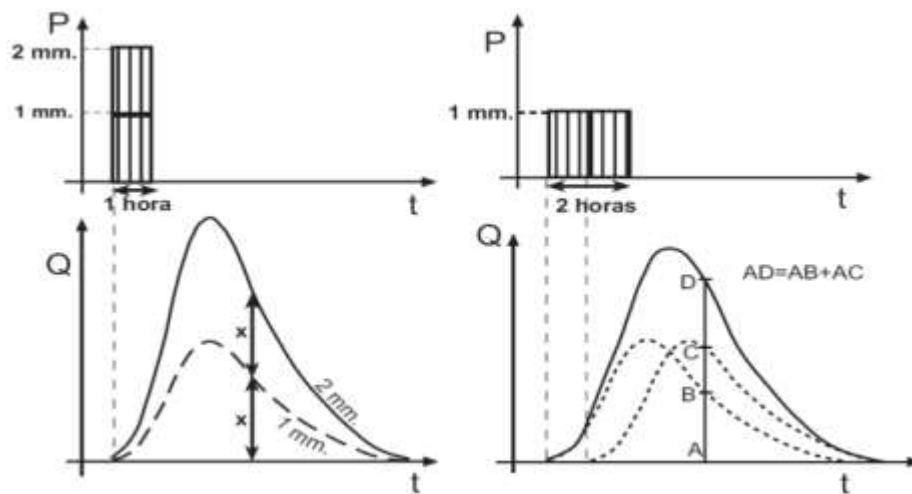
Figura 15

Hidrograma unitario

Entonces es posible elaborar el hidrograma que corresponde a cada evento pluviométrico. Así ocurre en la práctica. En el caso de que se registre una precipitación de 2 milímetros de intensidad en el transcurso de una hora, por ejemplo, la técnica consiste en multiplicar por dos los valores de las ordenadas de cada punto del hidrograma unitario. De forma similar, si la cuenca tiene un tamaño de 1 milímetro y se extiende durante un periodo de dos horas, el método para construir el hidrograma que se produce requiere la creación de dos hidrogramas unitarios. Estos hidrogramas deben desplazarse una hora en la dirección horizontal y, a continuación, deben sumarse las ordenadas de sus respectivos puntos. Utilizando este método, el hidrograma unitario puede modificarse para adaptarse a diversas circunstancias receptoras, lo que permite determinar la respuesta hidrológica de la cuenca.

Figura 16

Principio de proporcionalidad y superposición del hidrograma unitario



2.2.17 Modelo hidrológico en HEC-HMS

Con el fin de replicar y analizar una cuenca después de un evento de precipitación, como una tormenta, se ha construido este modelo, que se especializa en el vínculo entre precipitación y escorrentía. El objetivo de este modelo es reproducir y analizar el mismo hidrograma. Gracias a su capacidad de modelización, es capaz de realizar extensas simulaciones, que contribuyen a la comprensión y prevención de los comportamientos hidrológicos en diversas situaciones meteorológicas.

2.2.18 Modelo hidráulico en HEC-RAS

Para realizar un cálculo para el estado estacionario, es necesario disponer de ciertos elementos, las condiciones límite (que pueden ser un flujo subcrítico aguas abajo o un flujo supercrítico aguas arriba, o ambos, lo que da lugar a un flujo mixto). Una vez finalizada la recopilación de estos datos, se procede a la construcción del proyecto, que comprende la definición de la geometría del canal, la recopilación de datos de caudal y la simulación del modelo. Al final, el estudio se cierra con la identificación de las partes que pueden sufrir desbordamientos.



2.2.19 (SIG) Sistema de información geográfica

Es un sistema integrado formado por un conjunto de componentes que incluyen datos, recursos humanos, técnicas, software y hardware. Tiene capacidad para reunir, organizar, gestionar, almacenar y analizar información referenciada espacialmente. Por otra parte, (SIG) permite obtener una evaluación más precisa de los fenómenos hidrometeorológicos y responder a ellos con mayor eficacia. Esto se debe a que dicha combinación hace posible combinar datos geográficos con el comportamiento de las masas de agua, produciendo así un entorno físico y situacional que imita con mayor precisión la realidad.

a) Extensión HEC-GEOHMS

Los usuarios pueden visualizar fácilmente datos geográficos, documentar las sus características e identificar subcuencas y caudales con la ayuda de esta aplicación, que es HEC-GEOHMS permite generar las entradas hidrológicas necesarias para HEC-HMS de manera eficiente. Esto se consigue mediante el uso de sus interfaces, menús y herramientas. Dicho de otro modo, esta extensión especializada para la modelización hidrológica geoespacial proporciona una completa colección

b) Extensión HEC-GEORAS

Está dirigida principalmente a elementos hidrológicos, y permite la producción y mantenimiento de cartografía relevante para el estudio de la hidrología. Tras la generación de esta cartografía, es posible importarla a HEC-RAS de manera eficaz para que pueda ser utilizada para la modelización y el análisis hidrológico. La capacidad de este programa para generar archivos. La delineación precisa de los bordes del canal, la identificación de las zonas de flujo y el desarrollo de trazados longitudinales y transversales son sólo algunas de las características cruciales que se hacen factibles como resultado de esto.



2.3 Marco conceptual

a. Desastre

Cuando una comunidad se ve afectada por repercusiones como la pérdida de vidas humanas, daños materiales, perjuicios económicos y medioambientales, y todas estas cosas que impiden el desarrollo normal de sus actividades cotidianas, se habla de suceso. Se considera que un suceso es una circunstancia que tiene lugar en un momento y lugar determinados.

b. Inundaciones

Cuando las precipitaciones de gran intensidad o durante un periodo prolongado superan la capacidad del suelo para absorber el agua, se sobrepasa el volumen máximo que el río es capaz de transportar. Esto provoca el desbordamiento del cauce principal, lo que a su vez causa inundaciones en las zonas próximas al río. Cuando se produce una situación como ésta, se producen graves daños que repercuten no sólo en el ámbito social, sino también en las esferas medioambiental y económica.

c. Hidrología

El estudio del agua, incluida su presencia, flujo y distribución por la superficie de la Tierra, es el objetivo principal de la disciplina de las ciencias naturales conocida como hidrología. En este campo de estudio no sólo se investigan las propiedades químicas y físicas del agua, sino también las formas en que el agua interactúa con su entorno, incluidos los organismos vivos.

d. Precipitación

La superficie del planeta en diversas formas, tanto líquidas como sólidas, se denomina precipitación. Algunos ejemplos de precipitación son la lluvia, la llovizna, la nieve y el granizo. La aparición de este fenómeno tiene lugar cuando una masa de aire saturada de humedad se eleva en la atmósfera y pasa por un proceso de enfriamiento.

e. Cuenca hidrográfica

Cuando la precipitación es la fuente del agua que alimenta una cuenca hidrográfica, se habla de cuenca hidrográfica. En un lugar determinado, pueden liberarse el exceso de agua y los materiales sólidos que arrastra el flujo de agua en esta región.

f. Peligro o amenaza

Cuando hablamos de riesgo, nos referimos a la probabilidad de que un fenómeno, ya sea de origen natural o provocado por la actividad humana, se produzca en un lugar determinado, en un momento concreto y con un grado de intensidad determinado. El medio ambiente, las comunidades humanas y las infraestructuras pueden sufrir el impacto negativo de estos acontecimientos, que pueden ser bastante devastadores.

g. Vulnerabilidad

Cuando no se ha realizado una inversión adecuada en aspectos previos como los factores sociales, económicos y medioambientales, que son vitales para minimizar el impacto de un posible riesgo, esta condición de vulnerabilidad puede aumentar. Esto se debe a que estas condiciones son esenciales para reducir el impacto de un riesgo potencial.

h. Tirante

Esta medición es necesaria para comprender las características del movimiento del agua dentro de un canal. También puede influir en el análisis de la capacidad de transporte, la velocidad de la corriente y la interacción con el entorno del canal.

i. Modelo hidrológico

Es fundamental disponer de este tipo de instrumentos para conocer más a fondo la forma en que los distintos componentes de la cuenca interactúan entre sí y la manera en



que las precipitaciones, que sirven de entrada al sistema, se transforman en escorrentía, que se visualiza a través de un hidrograma

j. Modelo hidráulico

Con el fin de mejorar el estudio y la predicción de cómo se distribuye y se mueve el agua en los entornos naturales, el objetivo principal de estos modelos es ofrecer información detallada sobre los cauces fluviales como en las extensas zonas inundables. Esta información puede ser beneficiosa de varias maneras.

k. Medidas estructurales

Las medidas estructurales se componen de construcciones físicas y obras de infraestructura que se desarrollan mediante el uso de técnicas de ingeniería con la intención de garantizar la resistencia y resiliencia de las estructuras. De este modo, se reduce la influencia de las inundaciones en la zona afectada.

l. Medidas no estructurales

Los actos denominados no estructurales son aquellos que no requieren el desarrollo de infraestructuras físicas, sino que se basan en la utilización de información y la aplicación de medidas para mitigar el impacto de las catástrofes naturales.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental

Este diseño no experimental es un enfoque en el que el investigador observa y analiza fenómenos o variables tal como ocurren en la realidad, sin manipularlas ni intervenir directamente. En este tipo de diseño, se busca comprender relaciones, asociaciones o comportamientos en las variables de estudio, basándose en datos recogidos en su contexto natural. Este diseño es común en estudios descriptivos y correlacionales, donde el objetivo es observar y analizar sin alterar las condiciones, proporcionando información útil sobre patrones, tendencias o asociaciones que existen en la población o el fenómeno. (Amorós Morote & Bendezú Ulloa, 2019)

3.2 Método de la investigación

El método de la investigación es científico

El método de investigación científica es un proceso sistemático utilizado para generar conocimiento objetivo y confiable mediante la observación. Este método sigue una serie de pasos que ayudan a responder preguntas o resolver problemas, y se basa en la verificación empírica de los resultados para asegurar su validez y reproducibilidad. (Reyes, 2022)



3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es descriptivo

Este nivel se enfoca en detallar y caracterizar fenómenos, situaciones o variables tal como se presentan, sin explorar relaciones de causalidad entre ellas. Este nivel de investigación busca responder preguntas como “qué”, “cómo” y “quién”, proporcionando una visión clara y completa de las características fundamentales de los objetos o eventos estudiados. (Reyes, 2022)

3.3.2 Tipo de la investigación

El tipo de la investigación es aplicada

La investigación aplicada es un tipo de estudio orientado a resolver problemas prácticos o satisfacer necesidades específicas en un contexto real. se enfoca en la utilización directa de los resultados para mejorar procesos, desarrollar tecnologías, formular políticas o resolver situaciones específicas (Gomez Rojas, 2020)

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

La población correspondiente a este estudio incluye a todos los habitantes, infraestructuras, terrenos agrícolas y áreas urbanas ubicadas en las márgenes del río Ramis dentro de la provincia de Huancané. Esto abarca tanto a las comunidades residenciales que se encuentran en zonas de riesgo de inundación como a los elementos expuestos, como viviendas, carreteras, escuelas y terrenos productivos que podrían verse afectados por eventos de crecidas. Esta delimitación permite analizar de manera integral el impacto de las inundaciones y desarrollar estrategias de mitigación efectivas que protejan tanto a la población como a los bienes materiales de la región (Ojeda, 2020)

3.4.2 Muestra

La muestra correspondiente a este estudio estaría conformada por un conjunto representativo de puntos críticos en las márgenes del río Ramis en la provincia de Huancané, seleccionados en función de factores como la densidad poblacional, la cercanía al cauce del río, el historial de inundaciones, y la presencia de infraestructura clave (viviendas, vías de comunicación, instalaciones públicas y terrenos agrícolas). Estos puntos servirán para recopilar datos específicos sobre la topografía, niveles de riesgo y patrones de flujo durante eventos de crecida, permitiendo un análisis detallado y preciso que respalde las estrategias de mitigación propuestas (Ojeda, 2020).

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

- Modelación hidrológica e hidráulica
- Sistemas de información geográfica (SIG)
- Análisis de datos históricos de inundación
- Levantamiento topográfico

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

- Software de modelación hidráulica
- Software de SIG
- Estaciones hidrometeorológicas
- Equipos de fotogrametría
- GPS y equipos de topografía

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

- **Pruebas de Calibración de Modelos Hidráulicos:** Los modelos empleados, como HEC-RAS, serán validados mediante la comparación con datos históricos de eventos de inundación en el río Ramis. Se realizarán pruebas de sensibilidad y calibración para ajustar los parámetros del modelo y asegurar que las simulaciones representen de manera precisa las condiciones reales (Suárez P. et al., 2022)
- **Validación de Datos Topográficos:** Los datos levantados mediante GPS, drones o equipos topográficos serán comparados con datos de referencia (como cartas topográficas oficiales) para verificar su precisión. Cualquier discrepancia será corregida antes de incluir estos datos en el análisis (Suárez P. et al., 2022)
- **Verificación de Datos Hidrometeorológicos:** Los datos obtenidos de estaciones hidrometeorológicas serán contrastados con registros históricos y datos de otras estaciones de la región para validar su consistencia y precisión. En caso de variaciones significativas, se realizarán ajustes en los parámetros del modelo (Suárez P. et al., 2022)

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

- **Uso de Software Estándar y Aprobado:** Herramientas como HEC-RAS y ArcGIS son ampliamente reconocidas y utilizadas en estudios hidráulicos e hidrológicos, lo cual garantiza que el software empleado cumple con altos estándares
- **Pruebas Repetidas y Consistencia de Resultados:** Se realizarán simulaciones en diferentes escenarios y condiciones iniciales para evaluar la consistencia de los resultados. La repetición de pruebas asegura que los instrumentos proporcionen resultados confiables ante variaciones en los datos de entrada.



- **Calibración Regular de Equipos de Medición:** Los equipos GPS, drones y estaciones hidrometeorológicas serán calibrados periódicamente para mantener su precisión y asegurar que los datos recolectados sean confiables.
- **Capacitación del Personal en el Uso de Instrumentos:** El personal encargado de la recolección y procesamiento de datos estará capacitado en el uso de cada herramienta, minimizando errores de manejo que puedan afectar la calidad de los datos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados de la investigación

Ubicación de la zona de estudio

El río Ramis se encuentra en el departamento de Puno, en la región sur del Perú, y atraviesa las provincias de Azángaro y Melgar. Es un afluente del lago Titicaca. Geográficamente, la cuenca del río Ramis se encuentra en el intervalo de coordenadas que va de $14^{\circ}03'26.6''$ a $15^{\circ}27'33.7''$ de latitud sur y de $69^{\circ}25'26.4''$ a $71^{\circ}07'4.7''$ de longitud oeste. Su superficie de drenaje es de aproximadamente 14,704.30 km².

La cuenca del río Ramis se abastece de agua a través de las precipitaciones y el escurrimiento superficial. Sin embargo, la demanda de agua en la zona es mayor que la oferta durante los meses de agosto a noviembre.

Figura 17

Ubicación de la zona de estudio



Tabla 9*Estaciones hidrométricas*

n° estación	latitud	longitud	altitud (m.s.n.m)	tipo 1	tipo 2	cuenca
1	-11.9299	-76.689667	867	convencional	hidrométrica	cuenca Ramis
2	-12.0128	-76.894556	395	convencional	hidrométrica	cuenca Ramis

4.1.1 Cuantificación de las máximas avenidas para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS

Preparación de la información hidrológica

Tabla 10*Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Ramis*

Parámetros geomorfológicos		
Descripción de la subcuenca Ramis - Huancane	Valor	Unidades
Area (A)	267.6	km ²
Perímetro (P)	92.5	km ²
Coordenada del centroide	305437.2 8674763.9	m
índice gravelius (Kc)	1.58	adimensional
Longitud del cauce principal (Lc)	46.12	km ²
Factor de forma(F)	0.13	adimensional
Pendiente de la cuenca (S)	21.78	%
Pendiente de la red hídrica	225.00%	%
Tiempo de concentración (Lc)	327.05	min
Altitud media de la cuenca	995.95	m.s.n.m
Densidad de drenaje (D)	0.84	km/km ²

Análisis de consistencia-curva doble masa

Antes de la aplicación, los datos obtenidos de la recepción se sometieron a un proceso de comprobación de la coherencia utilizando el enfoque de la curva de doble

masa. La finalidad de este proceso era descubrir y corregir cualquier posible incoherencia o error que presentaran los datos.

Se realizó un análisis de doble curva de masas en un total de cinco estaciones pluviométricas, y estas estaciones se dividieron en dos grupos en función de su proximidad geográfica y de su altura. Por lo tanto, se prepararon dos grupos separados: el primer grupo, que se denominó grupo 1, estaba formado por las estaciones Ramis 1, Ramis 2 y Puente Ramis, mientras que el segundo grupo, que se denominó grupo 2, estaba formado por las estaciones de Huancané. El estudio se llevó a cabo trazando la precipitación anual acumulada de la estación de referencia y de cada una de las estaciones de los grupos en función del tiempo. Esto se hizo con el fin de llevar a cabo el análisis que permite el enfoque de la curva de doble masa. Al observar estos gráficos, se aprecia que las líneas tienen una forma irregular. Los datos de la estación de referencia se aproximaban a una línea recta y mostraban una magnitud (R) cercana a 1, lo que sugiere una mayor fiabilidad en comparación con los datos de las demás estaciones. Estos datos hicieron que la estación de referencia destacara, ya que presentaba un comportamiento más coherente.

Figura 18

Estudio de doble masa correspondiente al grupo 1.

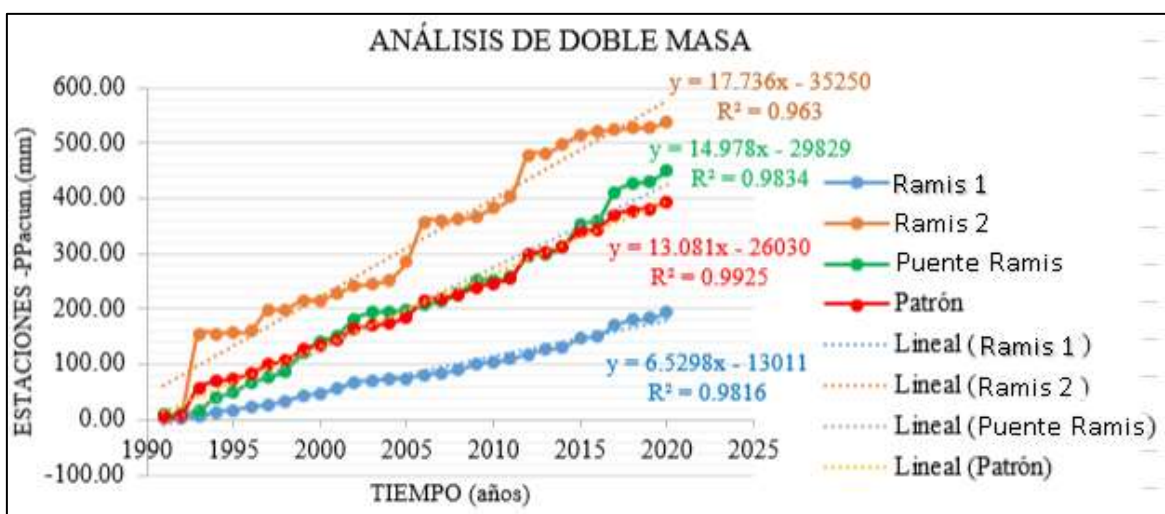


Figura 19

Estudio de doble masa correspondiente al grupo 2

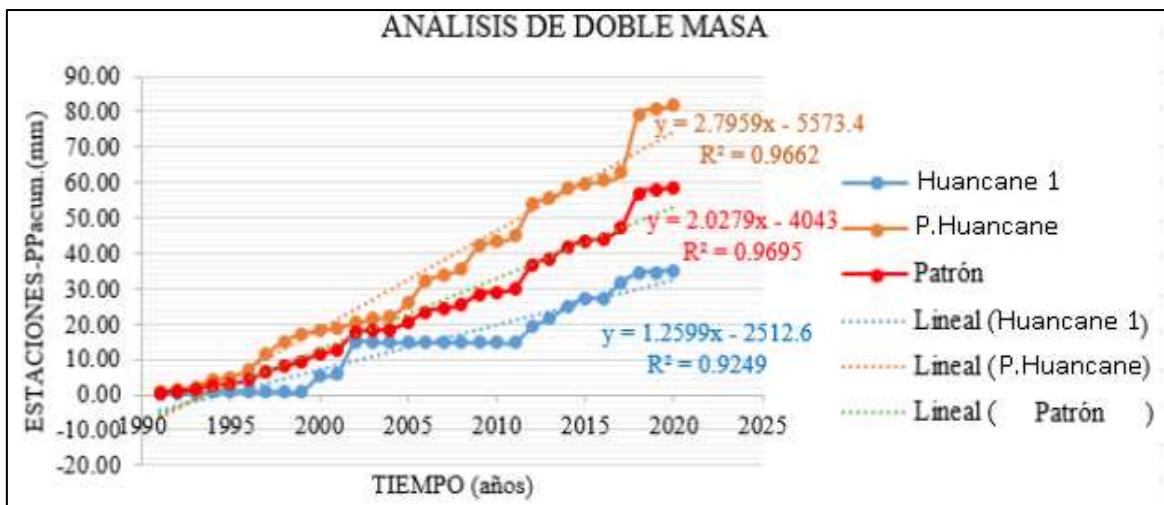


Figura 20

Gráfico de doble masa entre la estación patrón y la estación Ramis 1 sin ajustes – grupo 1.

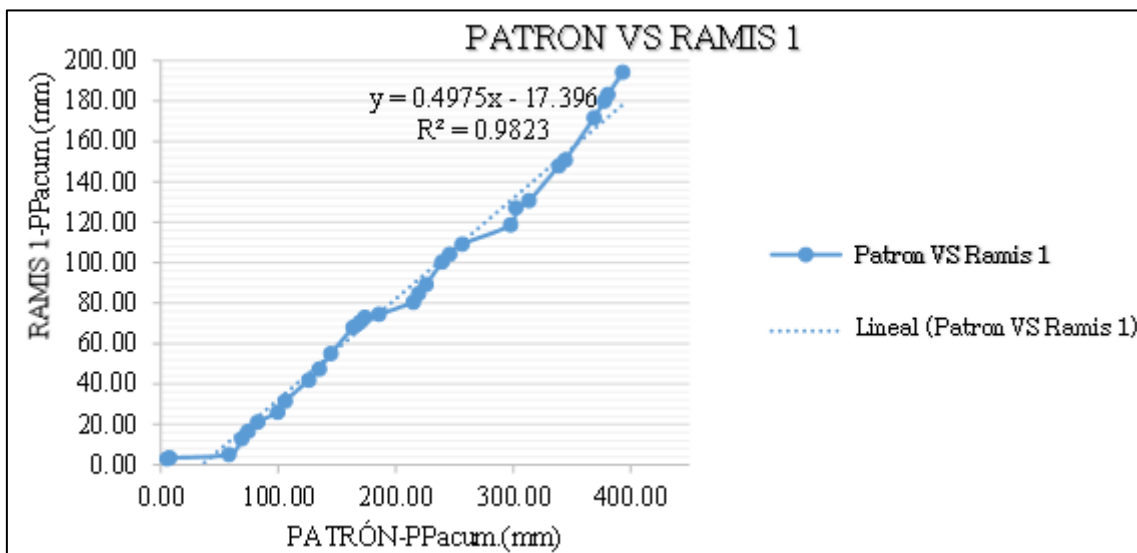


Figura 21

Gráfico de doble masa ajustado entre la estación patrón y la estación Ramis 1 – grupo 1.

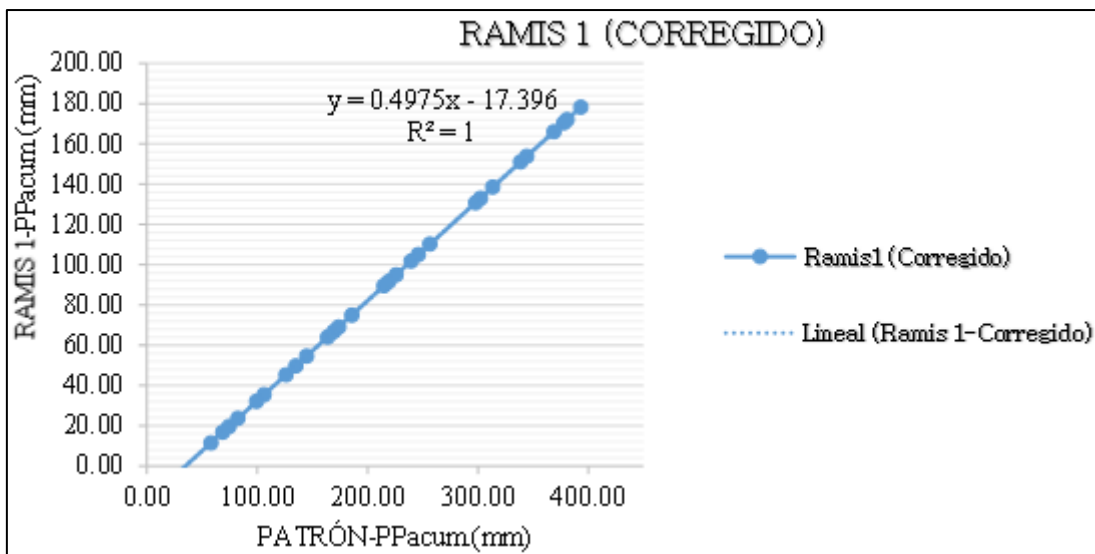


Figura 22

Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Ramis 2 sin ajuste – grupo 1.

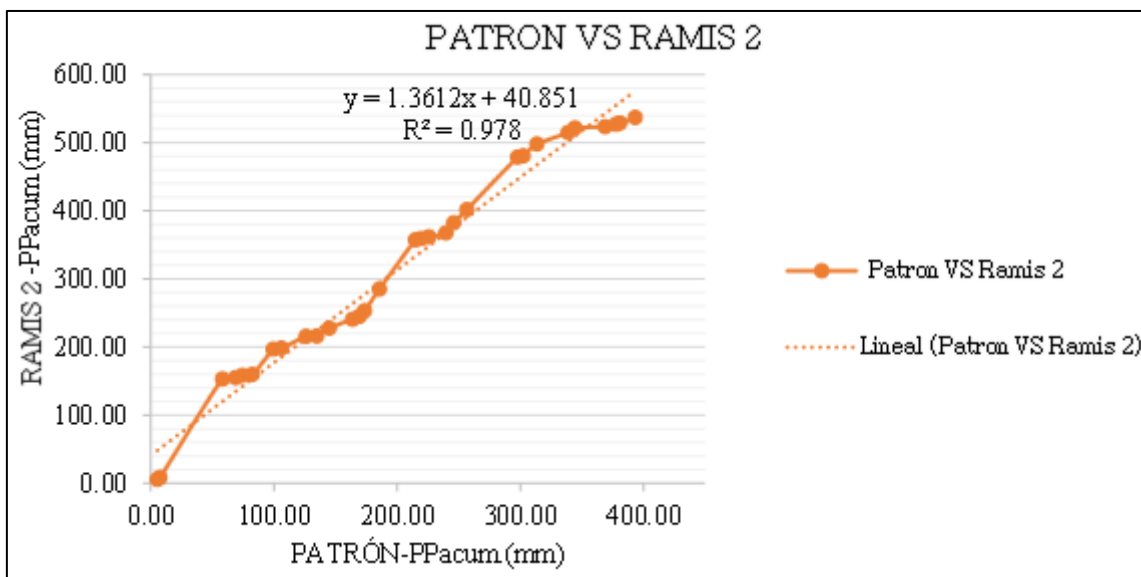


Figura 23

Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Ramis 2 ajustada – grupo 1.

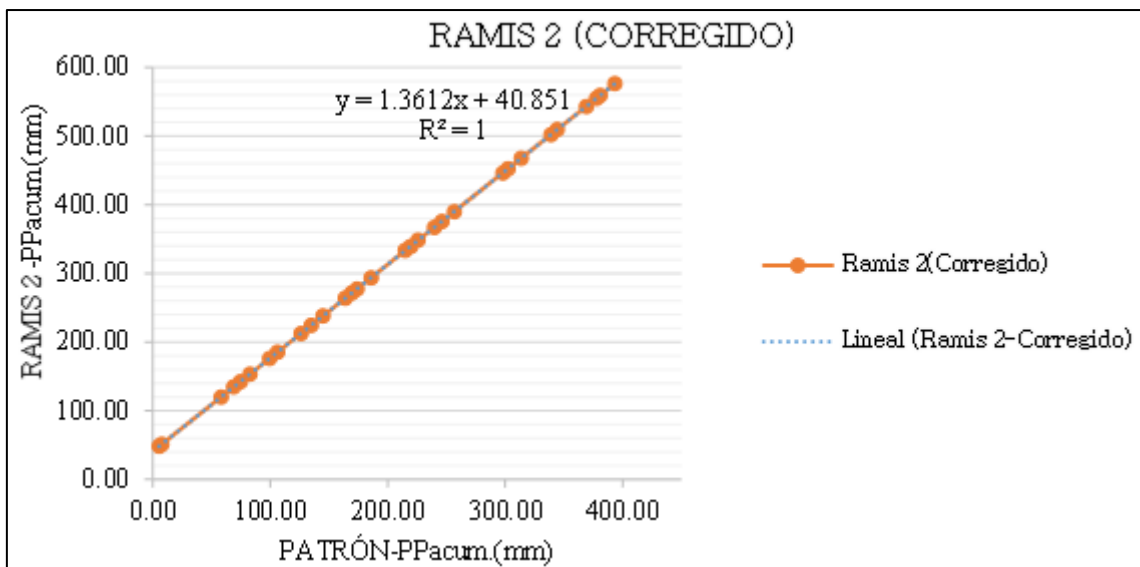


Figura 24

Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Puente Ramis sin corrección – grupo 1.

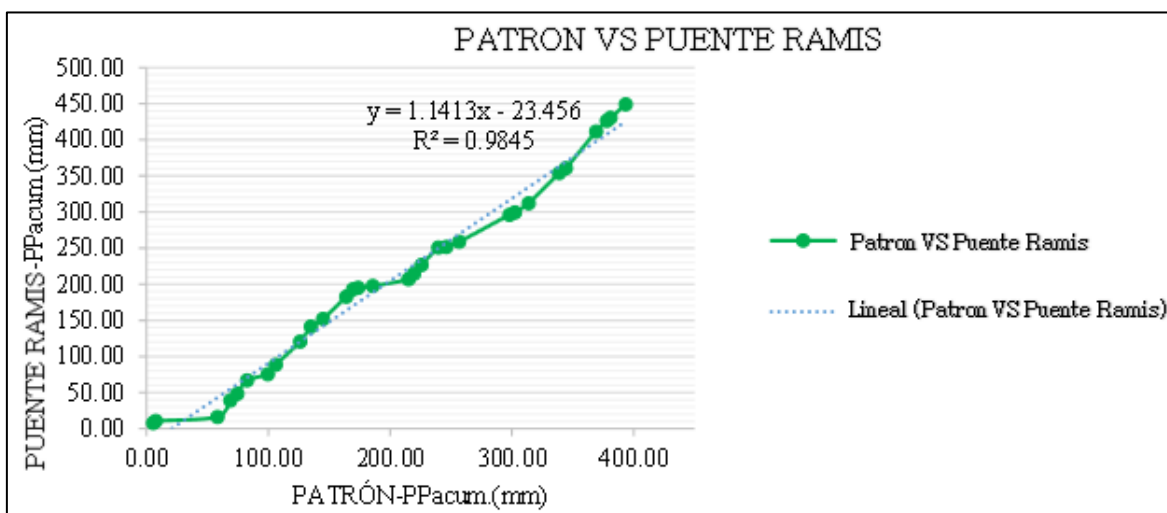


Figura 25

Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Puente Ramis corregida – grupo 1.

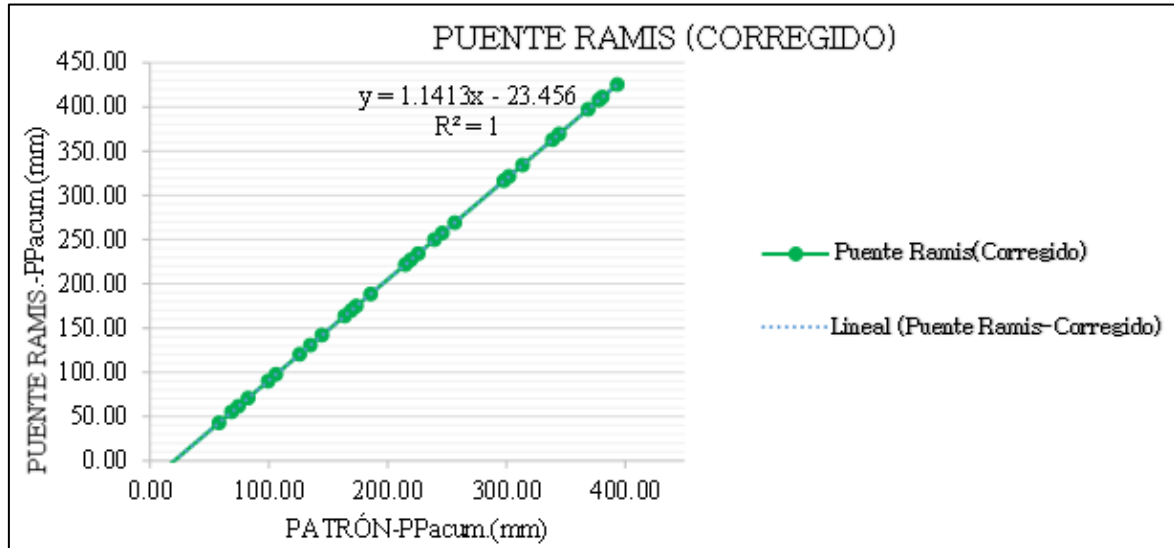


Figura 26

Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Huancane 1 sin corregir – grupo 2.

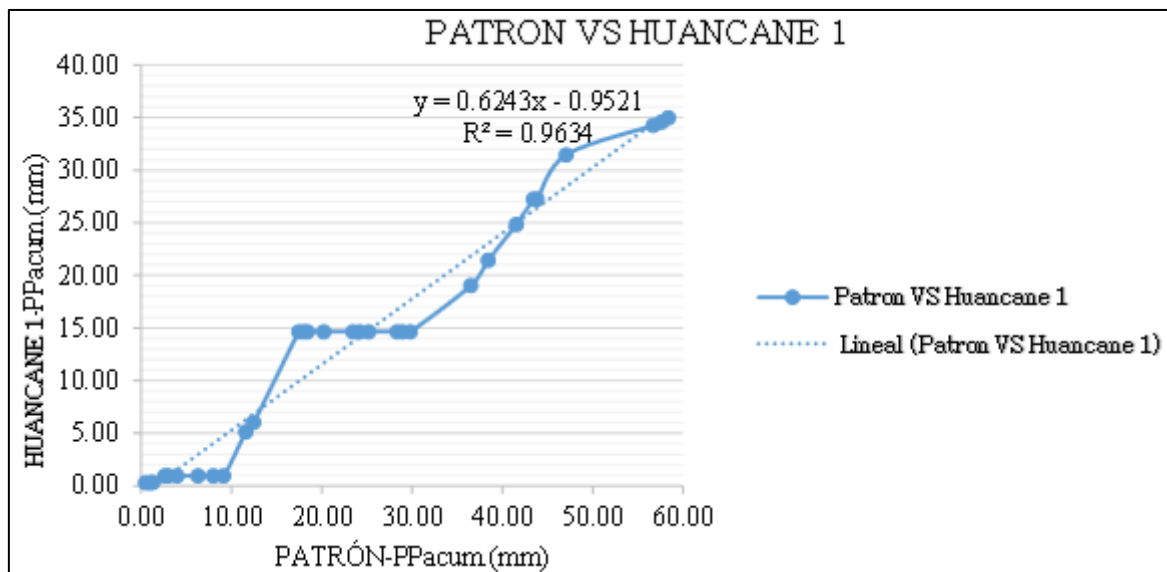


Figura 27

Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Huancane 1 corregida – grupo 2.

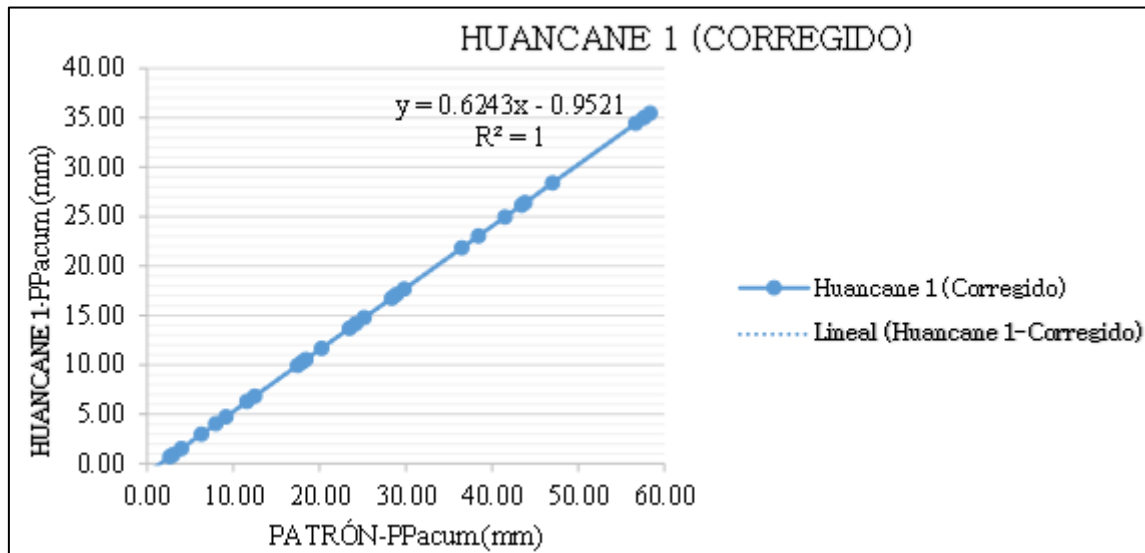


Figura 28

Curva de doble masa entre la estación patrón y la estación Puente Huancane sin corrección – grupo 2.

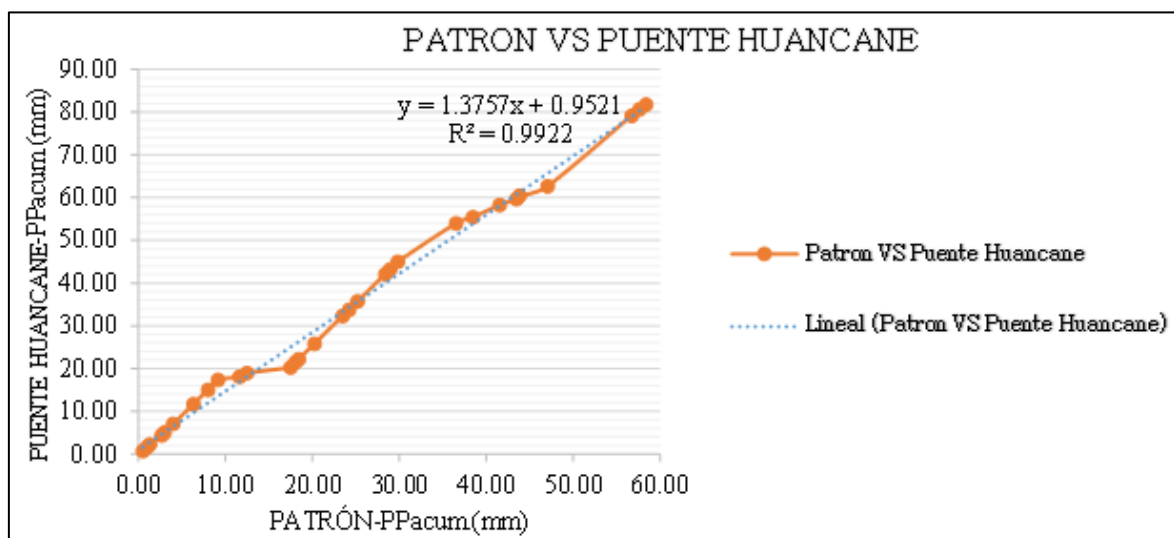
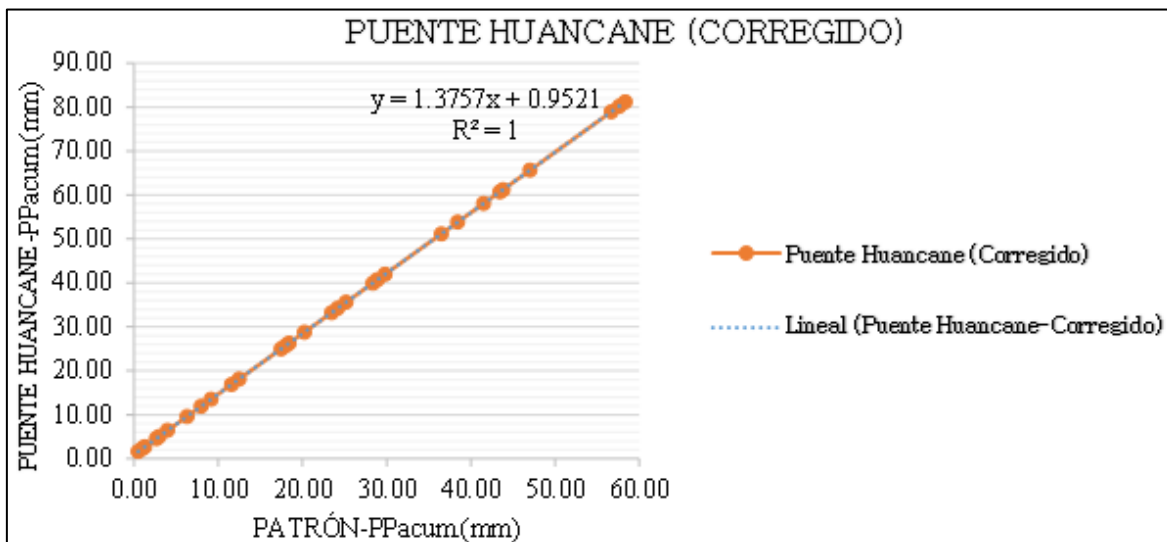


Figura 29

Curva de doble masa comparativa entre la estación patrón y la estación Puente

Huancane corregida – grupo 2.



Distribución probabilística

Para estimar la variable hidrológica, que puede ser la precipitación máxima anual en un período de 24 horas o el caudal máximo, para cada uno de los períodos de retorno de las cinco estaciones pluviométricas y las dos estaciones hidrométricas, se realizó primero una evaluación del comportamiento de los datos. Esta evaluación se realizó para determinar el comportamiento de los datos. La distribución Log-Pearson tipo III se muestra en las tablas para las estaciones Ramis 2, Huancane 1 y Puente Huancane. Las figuras, por su parte, demuestran que la distribución teórica Log-Pearson tipo III proporciona una correspondencia más exacta y adecuada en comparación con la distribución.

Tabla 11

Análisis basado en la distribución Log-Pearson Tipo III para los datos de la estación

Ramis 2.

Distribución teórica - estación ramis 2 – tipo III					
M	P máx (24h)	Weibull	G(y)ordinario	Delta	
1	2.9	0.0333	0.0141	0.0192	
2	4.1	0.0667	0.0516	0.0151	
3	5.9	0.1000	0.1337	0.0337	
4	6.1	0.1333	0.1445	0.0112	
5	6.2	0.1667	0.1500	0.0167	
6	7.5	0.2000	0.2221	0.0221	
7	7.6	0.2333	0.2271	0.0062	
8	7.6	0.2667	0.2276	0.0391	
9	8.7	0.3000	0.2856	0.0144	
10	8.9	0.3333	0.2948	0.0385	
11	9.0	0.3667	0.3018	0.0649	
12	11.1	0.4000	0.4058	0.0058	
13	12.0	0.4333	0.4484	0.0151	
14	12.0	0.4667	0.4486	0.0181	
15	13.5	0.5000	0.5106	0.0106	
16	14.2	0.5333	0.5371	0.0038	
17	14.5	0.5667	0.5483	0.0184	
18	15.1	0.6000	0.5687	0.0313	
19	16.2	0.6333	0.6036	0.0297	
20	17.1	0.6667	0.6308	0.0359	
21	18.7	0.7000	0.6727	0.0273	
22	23.1	0.7333	0.7609	0.0276	
23	25.8	0.7667	0.8023	0.0356	
24	27.2	0.8000	0.8195	0.0195	
25	33.5	0.8333	0.8783	0.045	
26	34.3	0.8667	0.8843	0.0176	
27	39.8	0.9000	0.9151	0.0151	
28	56.3	0.9333	0.9623	0.029	
29	68.9	0.9667	0.9777	0.011	
Δ teórico	0.0649	Si se tiene en cuenta un umbral de significación del 5%, los valores obtenidos demuestran un ajuste aceptable a la distribución Log-Pearson Tipo III.			
Δ tabular	0.2525				

Tabla 12

Aplicación de la distribución Log-Pearson Tipo III en los datos registrados en la estación Huancane 1.

DISTRIBUCIÓN TEÓRICA - ESTACIÓN HUANCANE 1-Tipo III				
m	P máx (24h)	Weibull	G(Y) Ordinario	Delta
1	0.2	0.033	0.0510	0.018
2	0.2	0.067	0.0620	0.005
3	0.2	0.1	0.076	0.024
4	0.3	0.133	0.099	0.035
5	0.3	0.167	0.123	0.04
6	0.3	0.2	0.153	0.05
7	0.3	0.233	0.1697	0.064
8	0.5	0.267	0.2684	0.0017
9	0.5	0.3	0.2763	0.0237
10	0.6	0.333	0.3442	0.0109
11	0.6	0.3667	0.3514	0.0153
12	0.6	0.4	0.3608	0.0392
13	0.6	0.4333	0.3948	0.0385
14	0.6	0.4667	0.397	0.0697
15	0.7	0.5	0.4588	0.0412
16	0.8	0.5333	0.5296	0.0037
17	1.1	0.5667	0.627	0.0603
18	1.1	0.6	0.6521	0.0521
19	1.2	0.6333	0.6739	0.0406
20	1.2	0.6667	0.6768	0.0101
21	1.4	0.7	0.7397	0.0397
22	1.5	0.7333	0.7617	0.0284
23	1.9	0.7667	0.8278	0.0611
24	2	0.8	0.8331	0.0331
25	2	0.8333	0.8374	0.0041
26	2	0.8667	0.8393	0.0274
27	3.1	0.9	0.9213	0.0213
28	4.2	0.9333	0.9549	0.0216
29	6	0.9667	0.9789	0.0122
Δ teórico	0.0697	Si se tiene en cuenta un umbral de significación del 5%, los valores obtenidos demuestran un ajuste aceptable a la distribución Log-Pearson Tipo III.		
Δ tabular	0.2525			

Tabla 13

Aplicación de la distribución Log-Pearson tipo III en los datos de la estación Puente Huancané.

DISTRIBUCIÓN TEÓRICA - ESTACIÓN PUENTE HUANCANE				
DISTRIBUCIÓN LOG-PEARSON TIPO III				
m	P _{máx} (24h) mm	Weibull	G(Y) Ordinario	Delta
01	0.40	0.033	0.051	0.017
02	0.50	0.067	0.062	0.004
03	0.50	0.10	0.076	0.023
04	0.60	0.133	0.099	0.034
05	0.60	0.167	0.123	0.04
06	0.70	0.2	0.153	0.04
07	0.80	0.233	0.169	0.063
08	1.0	0.2667	0.268	0.0017
09	1	0.3	0.2763	0.0237
10	1.2	0.3333	0.3442	0.0109
11	1.2	0.3667	0.3514	0.0153
12	1.3	0.4	0.3608	0.0392
13	1.4	0.4333	0.3948	0.0385
14	1.4	0.4667	0.397	0.0697
15	1.6	0.5	0.4588	0.0412
16	1.9	0.5333	0.5296	0.0037
17	2.3	0.5667	0.627	0.0603
18	2.5	0.6	0.6521	0.0521
19	2.6	0.6333	0.6739	0.0406
20	2.7	0.6667	0.6768	0.0101
21	3.2	0.7	0.7397	0.0397
22	3.4	0.7333	0.7617	0.0284
23	4.3	0.7667	0.8278	0.0611
24	4.3	0.8	0.8331	0.0331
25	4.4	0.8333	0.8374	0.0041
26	4.5	0.8667	0.8393	0.0274
27	6.9	0.9	0.9213	0.0213
28	9.2	0.9333	0.9549	0.0216
29	13.3	0.9667	0.9789	0.0122
Δ teórico	0.0697	Si se tiene en cuenta un umbral de significación del 5%, los valores obtenidos demuestran un ajuste aceptable a la distribución Log-Pearson Tipo III.		
Δ tabular	0.2525			

Figura 30

Calibración de la distribución teórica con respecto a los datos empíricos registrados en la estación Ramis 2.

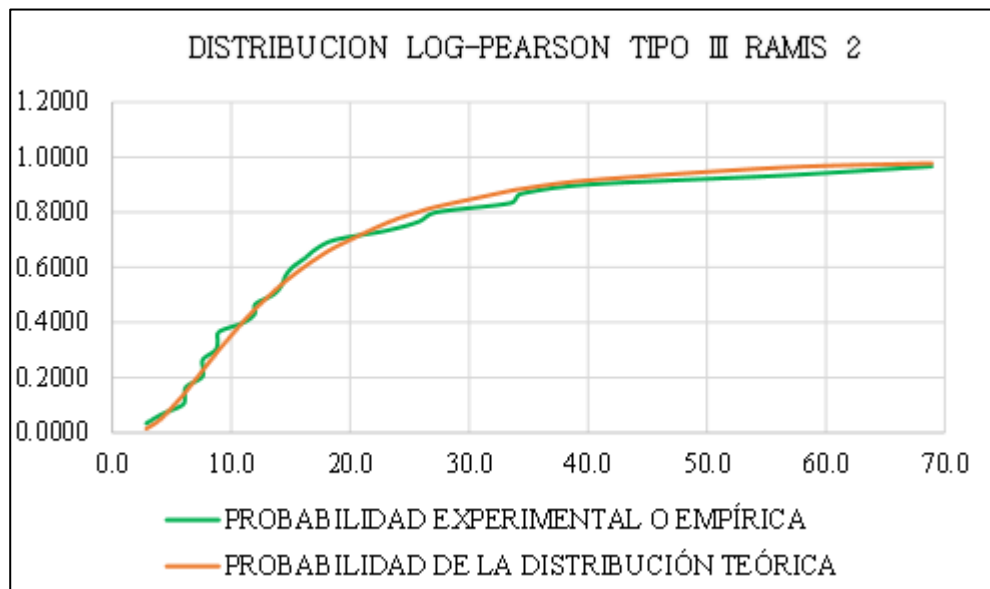


Figura 31

Calibración de la distribución teórica en relación con los datos empíricos obtenidos de la estación Huancané 1.

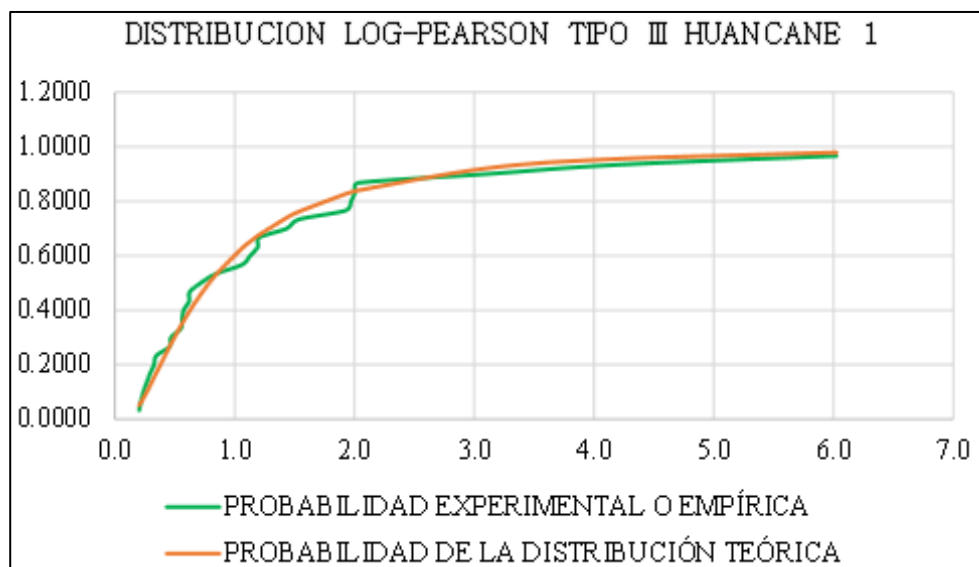
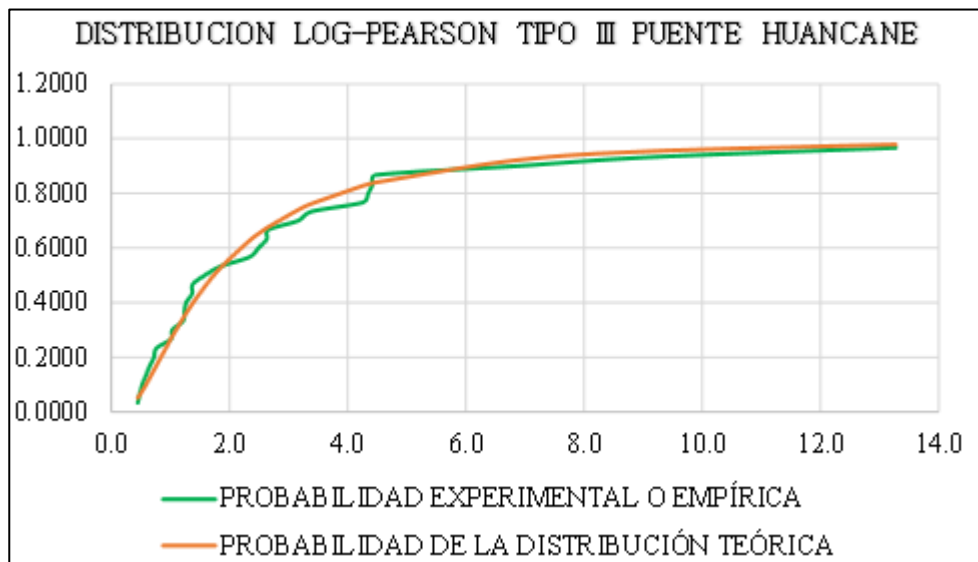


Figura 32

Adaptación de la distribución teórica a los datos empíricos registrados en la estación Puente Huancané.



Kolmogorov – Smirnov : Prueba de bondad de ajuste

Para establecer qué distribución de probabilidad teórica se ajusta mejor a los datos de precipitación máxima en 24 horas o de caudal máximo de cada una de las estaciones seleccionadas, se realizó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Como resultado de este estudio, se descubrió que todas las distribuciones de probabilidad teóricas podían satisfacer la condición de ajuste a un nivel de significación de 0,05 (con una probabilidad del 95%).

Tabla 14

Prueba de bondad de precipitaciones máximas en 24 horas estación Ramis 1, Ramis 2 y puente Ramis

Estación Ramis 1, Ramis 2 y puentes Ramis			
δ teórico	Δ tabular	condición	distribuciones
0.1941	0.2525	se ajusta	distribución normal:
0.0742	0.2525	se ajusta	distribución log-normal dos parámetros:
0.071	0.2525	se ajusta	distribución log-normal tres parámetros:

0.1016	0.2525	se ajusta	distribución gamma dos parámetros:
0.1013	0.2525	se ajusta	distribución gamma tres parámetros:
0.0649	0.2525	se ajusta	distribución log-pearson tipo iii:
0.1251	0.2525	se ajusta	distribución gumbel:
0.2525	0.2525	se ajusta	distribución log-gumbel:

Figura 33

Precipitaciones máximas 24 horas - Ramis

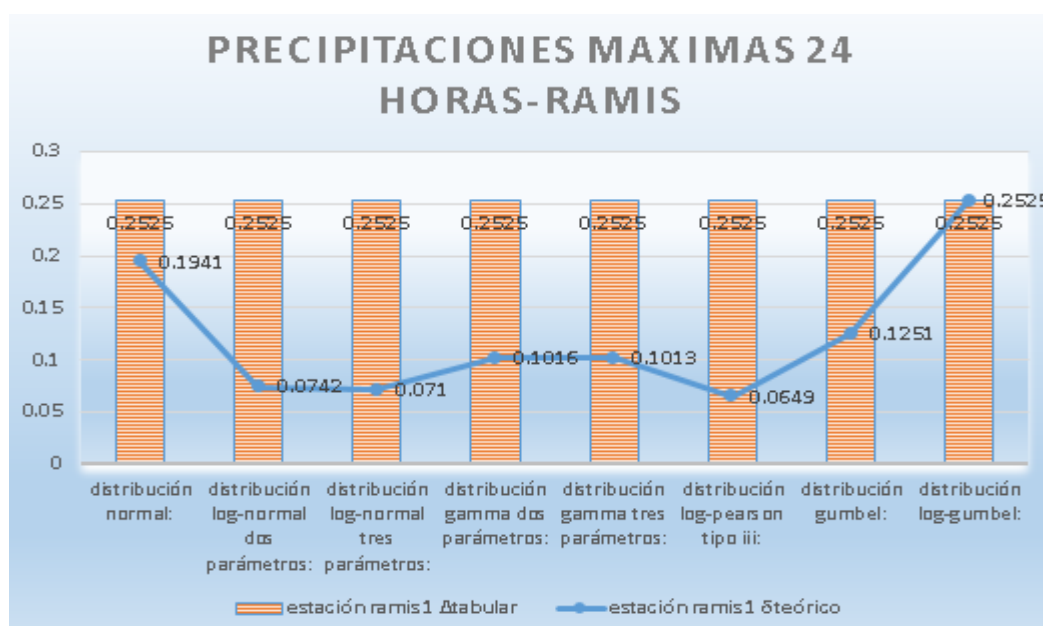


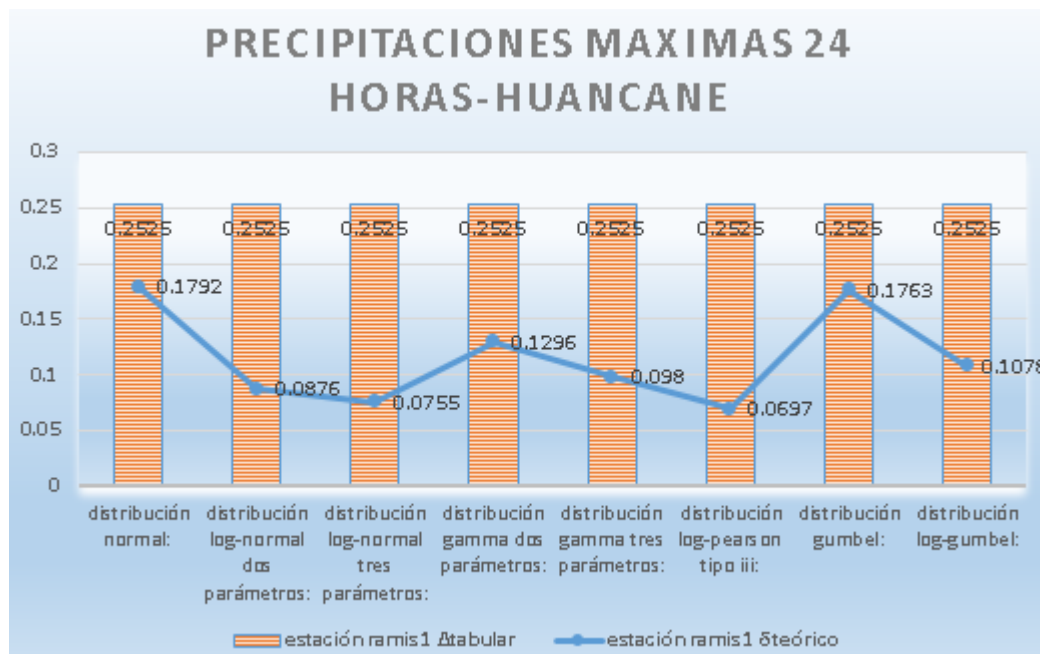
Tabla 15

Prueba de bondad de precipitaciones máximas en 24 horas estación Huancane 1 y puente Huancane

Huancané 1			
δteórico	Δtabular	condición	distribuciones
0.1792	0.2525	se ajusta	distribución normal:
0.0876	0.2525	se ajusta	distribución log-normal dos parámetros:
0.0755	0.2525	se ajusta	distribución log-normal tres parámetros:
0.1296	0.2525	se ajusta	distribución gamma dos parámetros:
0.098	0.2525	se ajusta	distribución gamma tres parámetros:
0.0697	0.2525	se ajusta	distribución log-pearson tipo iii:
0.1763	0.2525	se ajusta	distribución gumbel:
0.1078	0.2525	se ajusta	distribución log-gumbel:

Figura 34

Precipitaciones máximas 24 horas – Huancane



1. Selección de periodo de retorno

En el presente análisis, cuyo objetivo es identificar lugares propensos a inundaciones, se utilizaron valores de periodos de retorno. Estos valores se establecieron de acuerdo con la tabla que fue proporcionada por el MTC (2018) con el propósito de planificar y diseñar defensas fluviales. Para efectos de la estimación de estos periodos, se tendrán en cuenta las estadísticas correspondientes a una vida útil de cuarenta años y un riesgo permitido del veinticinco por ciento, lo que finalmente resultará en un plazo de retorno de cien años. Sin embargo, para examinar diversos escenarios de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios, se decidió incorporar periodos de retorno adicionales de 10, 25, 50 y 100 años. Esto se hizo con el fin de llevar a cabo un examen más completo y exhaustivo de los posibles riesgos de inundación.

2. Cálculo de las precipitaciones máximas asociadas a diversos periodos de retorno.

A partir de los cinco estados pluviométricos elegidos, se realizó el cálculo de los niveles máximos de precipitación durante un periodo de veinticuatro horas para diversos periodos de retorno, concretamente diez, veinticinco, cincuenta y cien años. Este análisis se llevó a cabo mediante el programa Hidroesta, el cual utilizó la distribución Log-Pearson tipo III, la cual se determinó como la más adecuada para adaptarse a las estadísticas observadas. Además, se aplicó un coeficiente de corrección de 1,13, que es un método que se utiliza para alterar los datos obtenidos de las estaciones que registran las precipitaciones diariamente. En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos con esta operación.

Tabla 16

Valores máximos de precipitación acumulada en un lapso de 24 horas correspondientes a periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

La mayor cantidad de precipitación que puede esperarse en un solo día (en milímetros) para muchos periodos de retorno.						
T (años)	P	Distribución Log-Pearson tipo III				
		Ramis 1	Ramis 2	Puente Ramis	Huancane 1	Puente Huancane
10	0.100	15.22	41.65	34.93	3.06	6.76
25	0.040	22.69	62.09	52.06	5.02	11.05
50	0.020	29.58	80.94	67.87	6.97	15.37
100	0.010	37.72	103.2	86.54	9.45	20.83

Histograma de diseño

Continuamos con la elaboración de histogramas de diseño, que son representaciones temporales de las precipitaciones máximas, una vez recopilada la información sobre las precipitaciones máximas en un periodo de 24 horas para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Estos histogramas muestran la distribución temporal de las precipitaciones máximas. Para llevar a cabo este proceso, se ha utilizado el método

que figura en el apartado 3.2.14.2. Las tormentas de diseño que se establecieron de acuerdo con la técnica de la NRCS sirven de base para este procedimiento. Para determinar la distribución del volumen del calentador, se utilizó el cálculo de la curva de tipo IA. Este cálculo consiste en obtener el producto de la profundidad total de la tormenta por el factor correspondiente en el eje vertical (P_t/P_{24}) para cada intervalo de tiempo dado. Esto se hizo para determinar la distribución del volumen de precipitación. En total se construyeron doce hietogramas, que se ilustran en las figuras siguientes.

Figura 35

Histogramas de diseño para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años correspondientes a la estación Ramis 2.

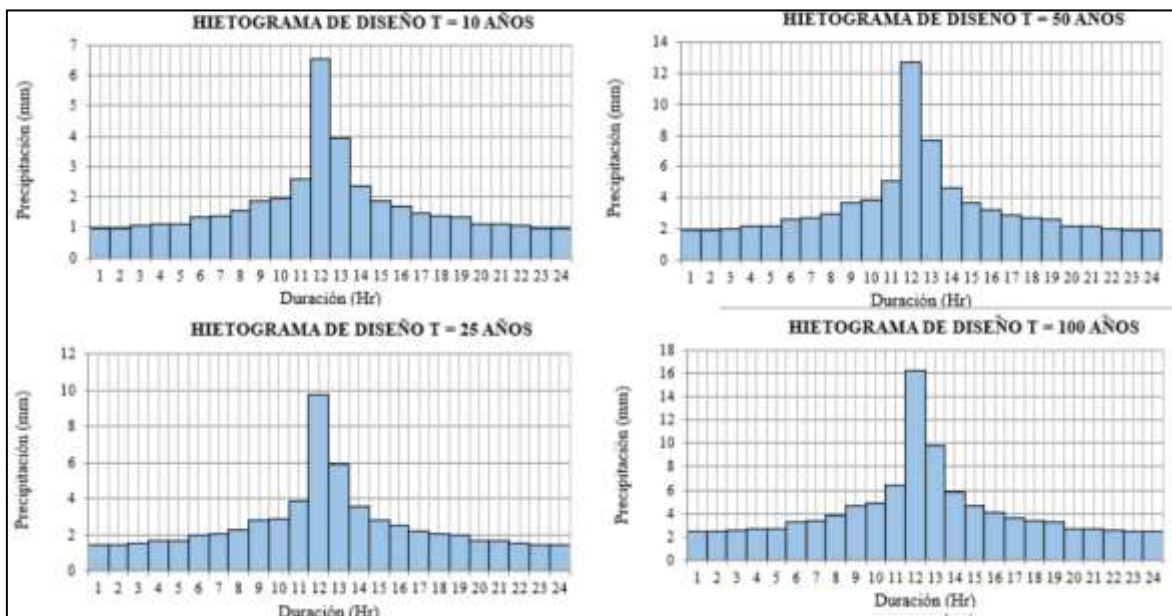


Figura 36

Histogramas de diseño para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años de la estación Huancané 1.

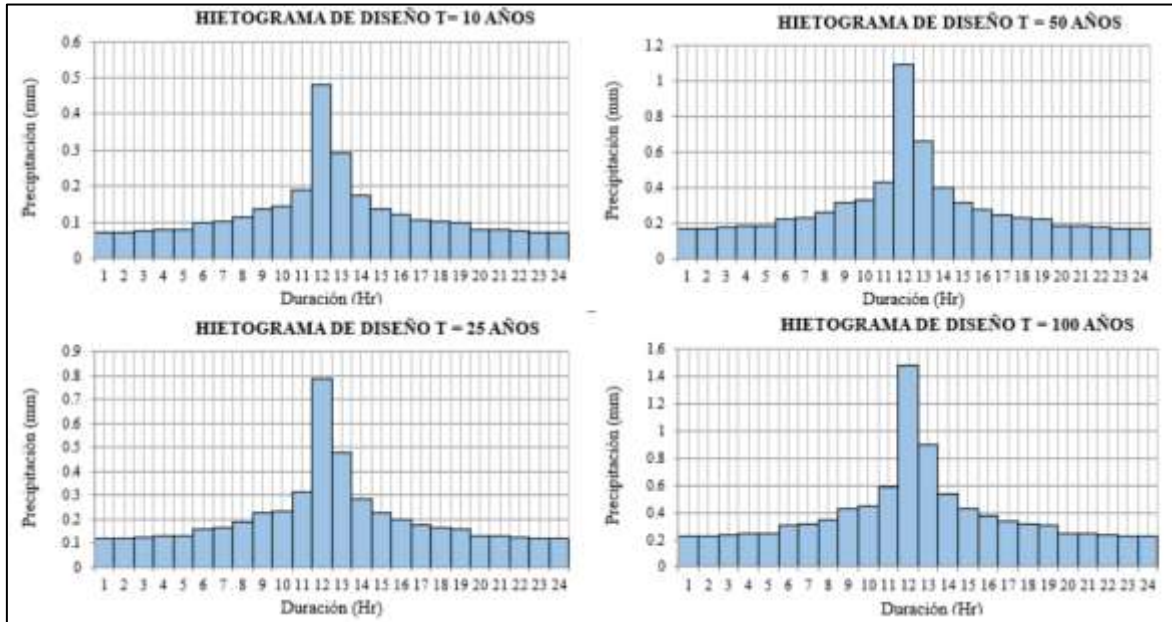
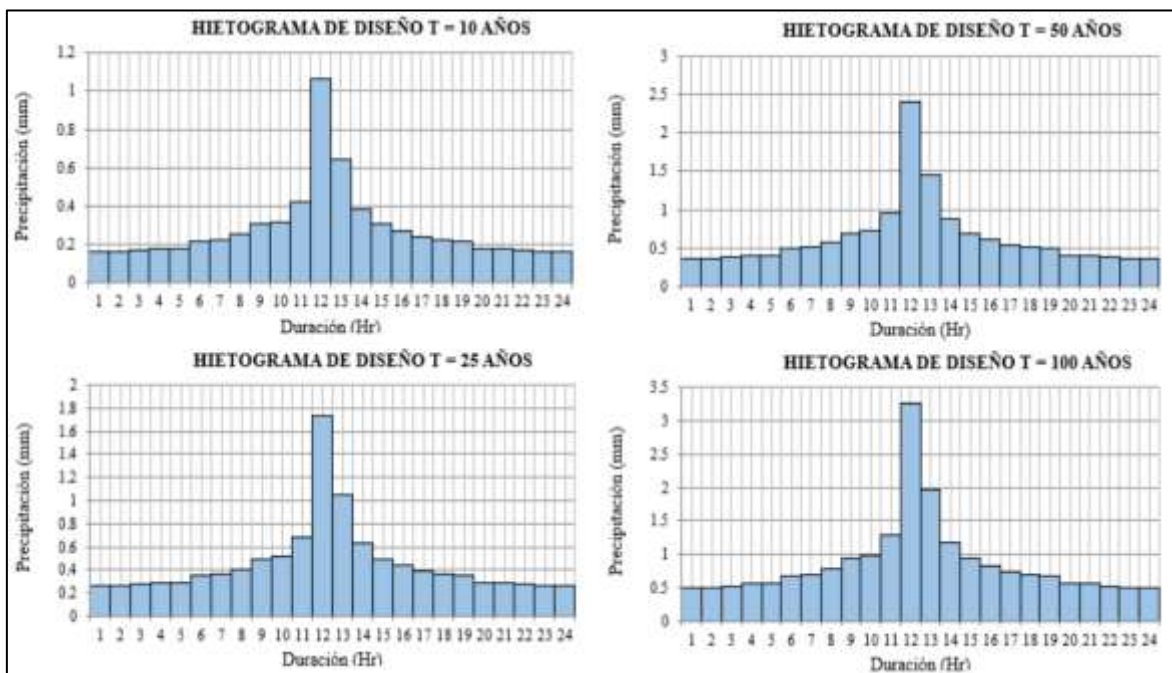


Figura 37

Histogramas de diseño correspondientes a los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años para la estación Puente Huancané.



Caudales máximos instantáneos**Tabla 17***Caudales instantáneos máximos registrados en la estación Puente Ramis.*

Nº	Año	Puente Huancane	Puente Ramis	Nº	Año	Puente Huancane	Puente Ramis
		Qmax instantáneo (m3/s)	Qmax instantáneo (m3/s)			Qmax instantáneo (m3/s)	Qmax instantáneo (m3/s)
1	1940	320.7	355.6	42	1981	272.2	301.8
2	1941	409.5	454.1	43	1982	91	100.9
3	1942	397.9	441.2	44	1983	261.4	289.9
4	1943	328.9	364.7	45	1984	130.4	144.6
5	1944	163.8	181.6	46	1985	148.7	164.9
6	1945	119.1	132	47	1986	206.9	229.4
7	1946	233.1	258.5	48	1987	212.3	235.4
8	1947	163.8	181.6	49	1988	104.6	116
9	1948	163.8	181.6	50	1989	73.3	81.2
10	1949	136.1	150.9	51	1990	50.2	55.7
11	1950	124.1	137.6	52	1991	84.4	93.6
12	1951	398.2	441.5	53	1992	41.4	45.9
13	1952	206.6	229.1	54	1993	144.3	160
14	1953	220.5	244.5	55	1994	168.8	187.2
15	1954	254.5	282.2	56	1995	76	84.3
16	1955	403.2	447.1	57	1996	137.3	152.2
17	1956	195.3	216.6	58	1997	97.5	108.1
18	1957	126	139.7	59	1998	152	168.5
19	1958	125.7	139.4	60	1999	158.1	175.3
20	1959	220.5	244.5	61	2000	136.8	151.7
21	1960	97.5	108.1	62	2001	136.9	151.8
22	1961	88.8	98.5	63	2002	95.9	106.3
23	1962	106	117.5	64	2003	162	179.7
24	1963	116.2	128.8	65	2004	98.2	108.9
25	1964	99.3	110.1	66	2005	86.5	95.9
26	1965	136.2	151	67	2006	115.4	128
27	1966	126.8	140.6	68	2007	135.4	150.2
28	1967	126.6	140.4	69	2008	104.9	116.3
29	1968	58.5	64.8	70	2009	149.7	166
30	1969	102.6	113.7	71	2010	107	118.7
31	1970	199.1	220.8	72	2011	105.1	116.5
32	1971	175.1	194.2	73	2012	131.8	146.2
33	1972	264.6	293.4	74	2013	165.1	183
34	1973	144.9	160.7	75	2014	122.2	135.5
35	1974	99.7	110.5	76	2015	116.4	129.1
36	1975	181.4	201.2	77	2016	100.4	111.4

37	1976	146.2	162.1	78	2017	159.4	176.7
38	1977	204.1	226.3	79	2018	83.3	92.4
39	1978	190.3	211	80	2019	78.9	87.5
40	1979	181.4	201.2	81	2020	86.7	96.1
41	1980	115.3	127.8				

Para realizar el cálculo de los caudales máximos instantáneos anuales correspondientes a las estaciones de Puente Huancane y Puente Ramis, se utilizaron diferentes distribuciones teóricas de probabilidad. Estas distribuciones fueron Normal, Log-Normal de dos y tres parámetros, Gamma de dos y tres parámetros, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III, Gumbel y Log-Gumbel. Se utilizó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para determinar cuál de estas distribuciones proporcionaba la representación más exacta de los datos de flujo máximo. Los resultados del estudio sugirieron que la distribución de probabilidad Log-Pearson tipo III presentaba la mejor correspondencia. Esto se debió al hecho de que el delta teórico era inferior al delta tabular ($\Delta_{\text{teórico}} < \Delta_{\text{tabular}}$), como puede observarse en la tabla siguiente. Se continuó con la estimación de los caudales máximos instantáneos de diseño que corresponden a diversos periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Para ello se utilizó la distribución Log-Pearson tipo III, que resultó ser la más adecuada para representar los datos observados. Para llevar a cabo este análisis se utilizó un software llamado Hidroesta, que simplificó el cálculo de estos flujos. A continuación, se presenta una tabla con los resultados obtenidos con este método.

Tabla 18

caudales punta instantáneos en las estaciones de Puente Ramis y Puente Huancané, se realizó el cálculo de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

Estación Puente Ramis			
Δ teórico	Δ tabular	Condición	Distribuciones
0.158	0.151	no se ajusta	distribución normal:
0.063	0.151	se ajusta	distribución log-normal dos parámetros:
0.068	0.151	se ajusta	distribución log-normal tres parámetros:
0.094	0.151	se ajusta	distribución gamma dos parámetros:

0.988	0.151	no se ajusta	distribución gamma tres parámetros:
0.050	0.151	se ajusta	distribución log-pearson tipo iii:
0.087	0.151	se ajusta	distribución gumbel:
0.056	0.151	se ajusta	distribución log-gumbel:

Tabla 19

Caudales máximos instantáneos de diseño correspondientes a los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años.

Caudal máximo (m ³ /s) para diferentes periodos de retorno			
Distribución Log-Pearson tipo III			
T (años)	P	Puente Huancane	Puente Ramis
10	0.1	95.250	105.210
25	0.04	100.145	115.230
50	0.02	102.652	135.010
100	0.01	113.412	150.210

4.1.2 Estimación de las áreas de inundación como consecuencia del desborde del rio Ramis para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS

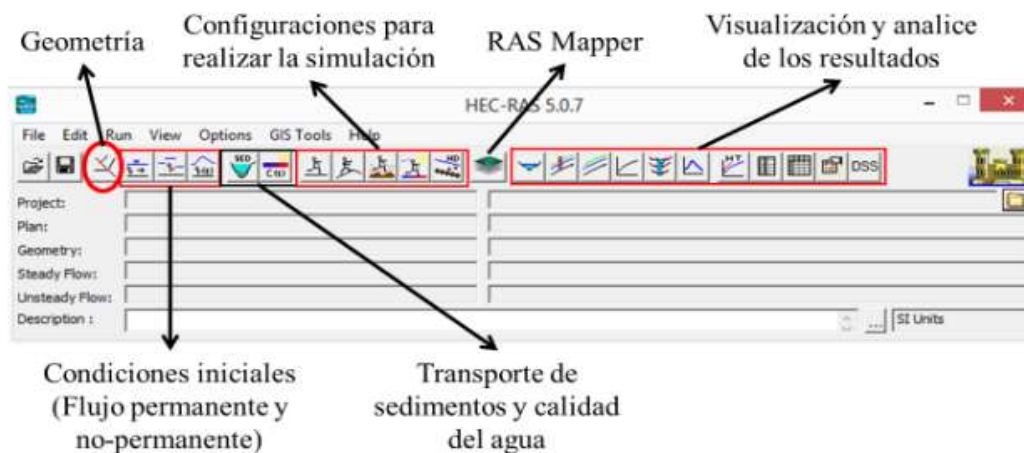
Modelamiento hidráulico en HEC-RAS

A. Creación del proyecto (New proyect)

Cuando se inició el programa HEC-RAS, se desarrolló un nuevo proyecto para conservar los archivos de entrada y los resultados de la simulación. Para llevar a cabo este procedimiento, es necesario seleccionar la opción «Archivo/Nuevo proyecto» del menú principal. Esto dio lugar a la aparición de una ventana emergente, que permitía al usuario introducir el nombre del proyecto y especificar el lugar donde se guardarían los datos. Además, se completó la configuración del sistema de unidades, y se seleccionó el sistema internacional (SI) como sistema a utilizar en el proyecto.

Figura 38

Ventana HEC-RAS



B. Geometría del cauce

Lo primero que había que hacer en RAS Mapper era determinar el sistema de coordenadas proyectado.

Después, se pasó al siguiente paso, que era el diseño de la geometría del modelo. Para ello, comenzó a dibujar seleccionando la opción «Geometrías /Añadir nueva geometría» dentro de RAS Mapper. A continuación, procedió a dibujar de izquierda a derecha, pasando de la zona aguas arriba a la zona aguas abajo. En el curso de este procedimiento, se delinearon el canal del río, las líneas de las orillas y las secciones transversales.

Por último, las secciones transversales se elaboraron utilizando la herramienta «Secciones transversales», que establecía una anchura de sesenta a doscientos metros e intervalos de veinte metros por sección. Para poder utilizar en el futuro la geometría desarrollada, se guardó en el RAS Mapper y se incorporó al modelo hidráulico primario. Para abrir la geometría que se había creado anteriormente en RAS Mapper, se seleccionó en HEC-RAS la opción «Archivo/Abrir geometría». En cuanto se entró en la sección «Geometric Data/Cross Sections», se examinaron todas y cada una de las secciones transversales y se rectificaron las inexactitudes que se descubrieron.

De manera similar, los valores del coeficiente de rugosidad de Manning se asignaron a la región de investigación después de tomar en consideración las características físicas que se encontraron en el canal y de acuerdo con las inspecciones de campo. A continuación, se explica cómo se definieron estos valores: se utilizó un valor de $n=0,050$ para las orillas derecha e izquierda del canal, pero se asignó un coeficiente de $n=0,025$ para el canal propiamente dicho. En concreto, esto se logró utilizando el enfoque «Datos geométricos/Tablas/Valores de los canales».

Además, los coeficientes de contracción y expansión del flujo se añadieron al cálculo de las pérdidas de energía que se producían en las zonas de transición entre secciones vecinas. Esto se hizo de acuerdo con la secuencia «Datos geométricos/Sección transversal/Coefficiente de dilatación continuo». Se demostró que el desplazamiento era gradual, lo que llevó a establecer un coeficiente de contracción de 0,10 y un coeficiente de dilatación de 0,30. Esto concordaba con el hecho de que no se habían encontrado obstáculos significativos en el canal en este caso concreto

Figura 39

Representación del modelo digital del terreno incorporado en RAS Mapper

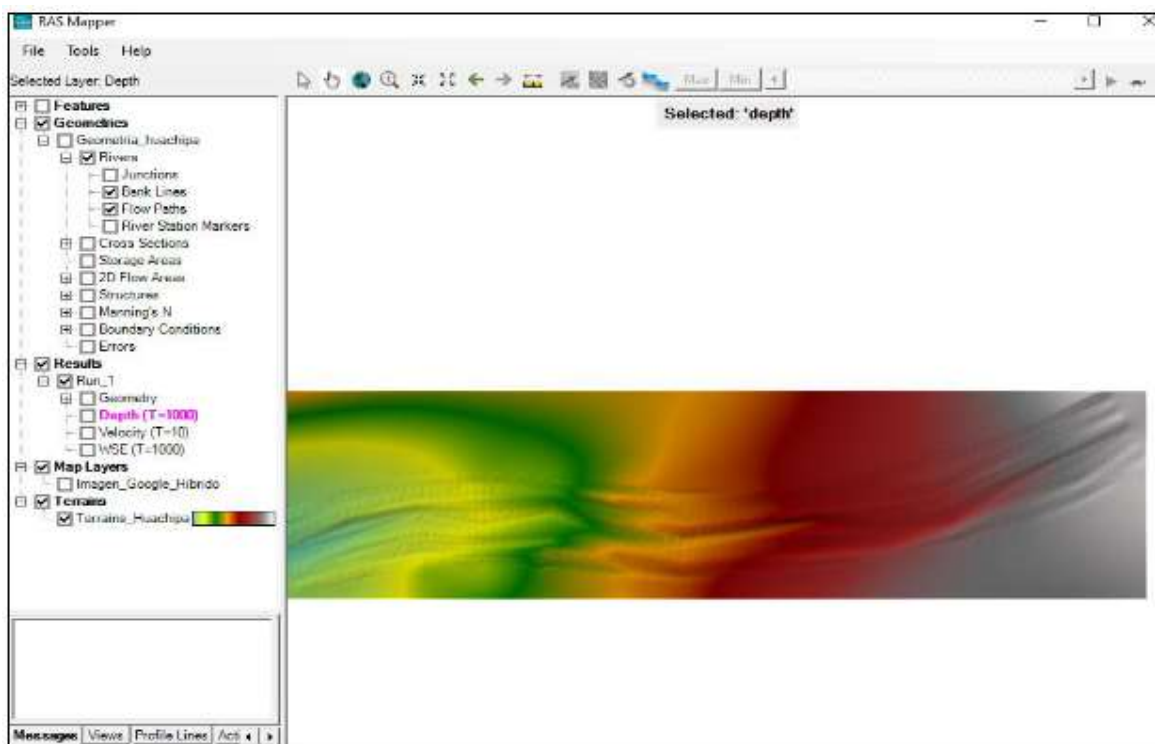


Figura 40

Incorporando la geometría en HEC-RAS

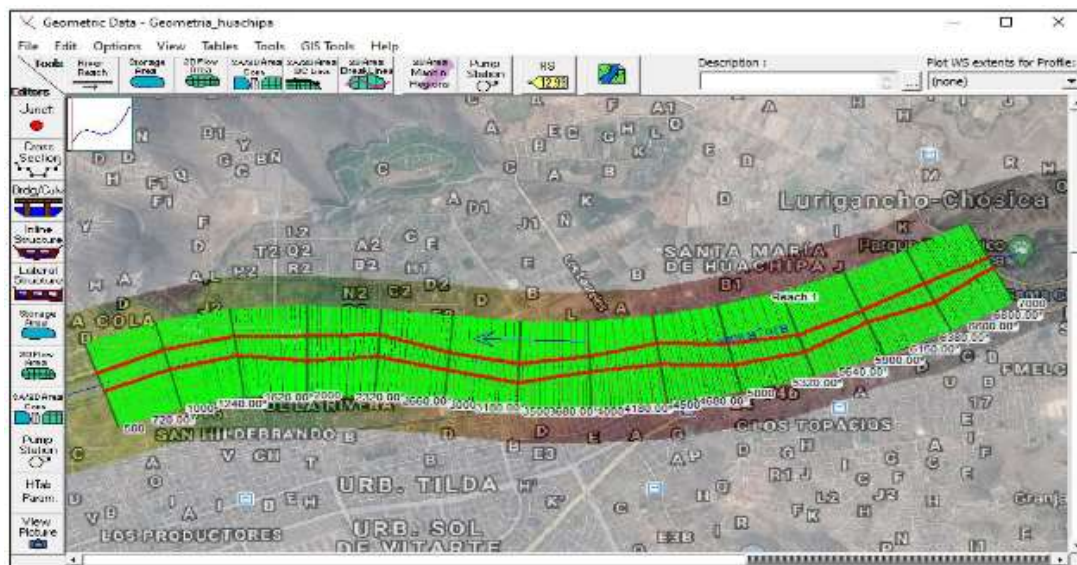


Tabla 20

Parámetros de los coeficientes de contracción y expansión

Descripción de la Transición	Coefficiente de contracción	Coefficiente de Expansión
Pérdidas sin transición	0	0
Transición gradual	0.1	0.3
Expansión típica en puentes	0.3	0.5
Transición abrupta (alcantarillas)	0.6	0.8

C. Datos de flujo permanente

De manera similar, se crearon condiciones de contorno en las zonas aguas arriba y aguas abajo de la porción del río Rímac que estaba siendo analizada. Para ello se utilizó la herramienta «Reach boundary conditions» y se seleccionó la opción «Normal depth». Se determinó que los valores de pendiente para la parte aguas arriba eran de 0,011 metros por metro, mientras que los valores de pendiente para la sección aguas abajo eran de 0,014 metros por metro. La tabla siguiente presenta los resultados de los caudales máximos y las condiciones límite que se determinaron.

Figura 41

Especificación de los caudales máximos y las condiciones de contorno en HEC-RAS

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates					
River	Reach	RS	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500	T=1000	
1 Rio_RImac	Reach 1	7000	285.92	364.08	426.48	511.56	671.22	757.34	

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Rio	Reach 1	all	Normal Depth S = 0.011	Normal Depth S = 0.014

D. Simulación del modelo

Al final, se escogió la geometría del modelo, se estableció el flujo en régimen permanente y se escogió el régimen mixto seleccionando la opción que decía «Realizar una simulación de flujo permanente». A continuación, se realizó la simulación del modelo hidráulico seleccionando la opción «calcular» (véase la Figura 66 para una explicación más detallada). La siguiente es una lista de los datos que se obtuvieron: la descarga fluctuó en un rango de 1.001.94 metros, 1.13-2.12 metros, 1.22-2.25 metros, 1.33-2.42 metros, 1.51-2.69 metros, y 1.62-2.83 metros para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 500, 500 años, y 1000 años, respectivamente.

Sin embargo, las velocidades tienen valores que oscilan entre 3,03-5,42 metros por segundo, 3,39-5,82 metros por segundo, 3,60-6,10 metros por segundo, 3,80-6,42 metros por segundo y 4,23-6,93 metros por segundo. Los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 años tienen cada uno una velocidad de 4,43-7,17 metros por segundo, correspondientemente; Pudimos construir una representación tridimensional del río Ramis

que correspondía a la parte que se estaba investigando. Esta imagen destacaba las secciones que indicaban el riesgo de desbordamiento tanto en el lado derecho como en el izquierdo del río, además de otros datos hidráulicos pertinentes. Los datos recibidos de HEC-RAS se exportaron a ArcGIS para construir polígonos que representarían las zonas propensas a inundarse. De este modo, el proceso concluyó con éxito. Este proceso se llevó a cabo seleccionando la opción «Archivo/Exportar datos SIG», lo que dio lugar a la apertura de una ventana de configuración. Los perfiles que se iban a exportar se eligieron haciendo clic en el botón «Seleccionar perfil para exportar» dentro de la misma. Estos perfiles eran T10, T25, T50, T100, T500 y T1000. A continuación, se activaron las opciones «Estaciones de banco» y «Velocidad» y, por último, se finalizó la exportación pulsando el botón «Exportar datos».

Figura 42

Profundidades de flujo correspondientes a cada periodo de retorno a lo largo del tramo del Puente Ramis.

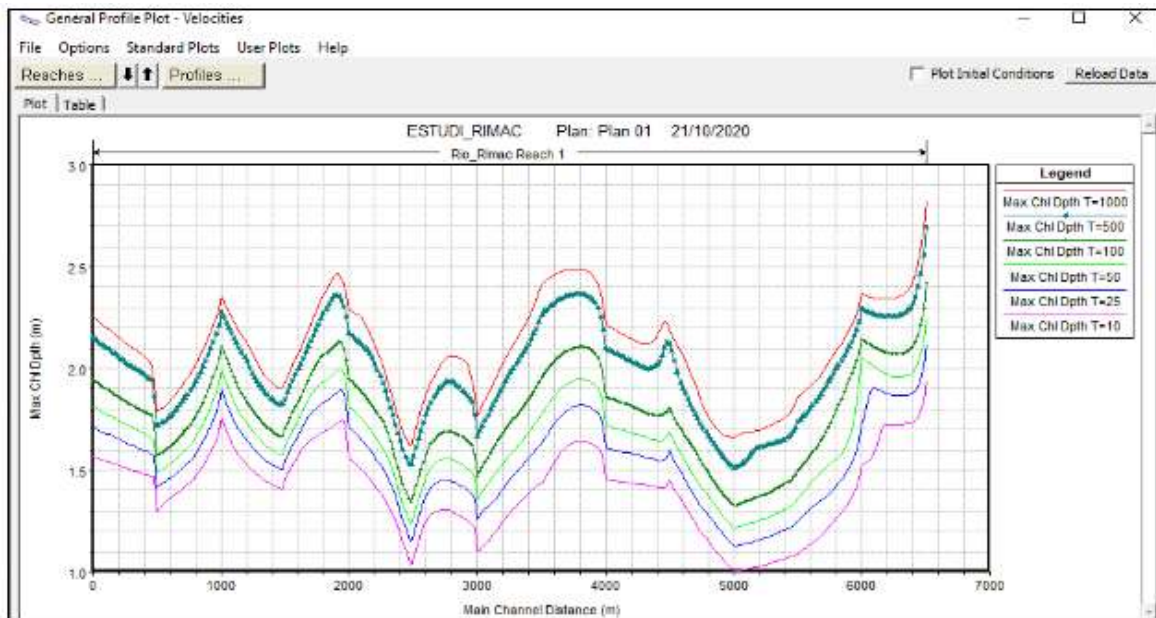


Figura 43

Velocidades del flujo asociadas a cada periodo de retorno a lo largo del tramo correspondiente al Puente Ramis

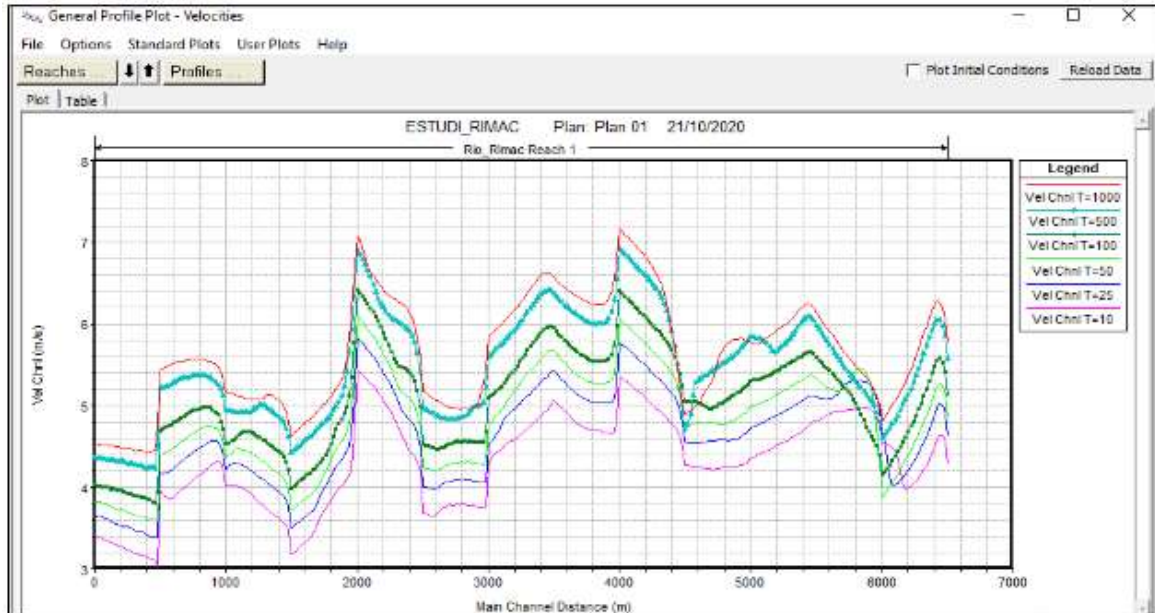
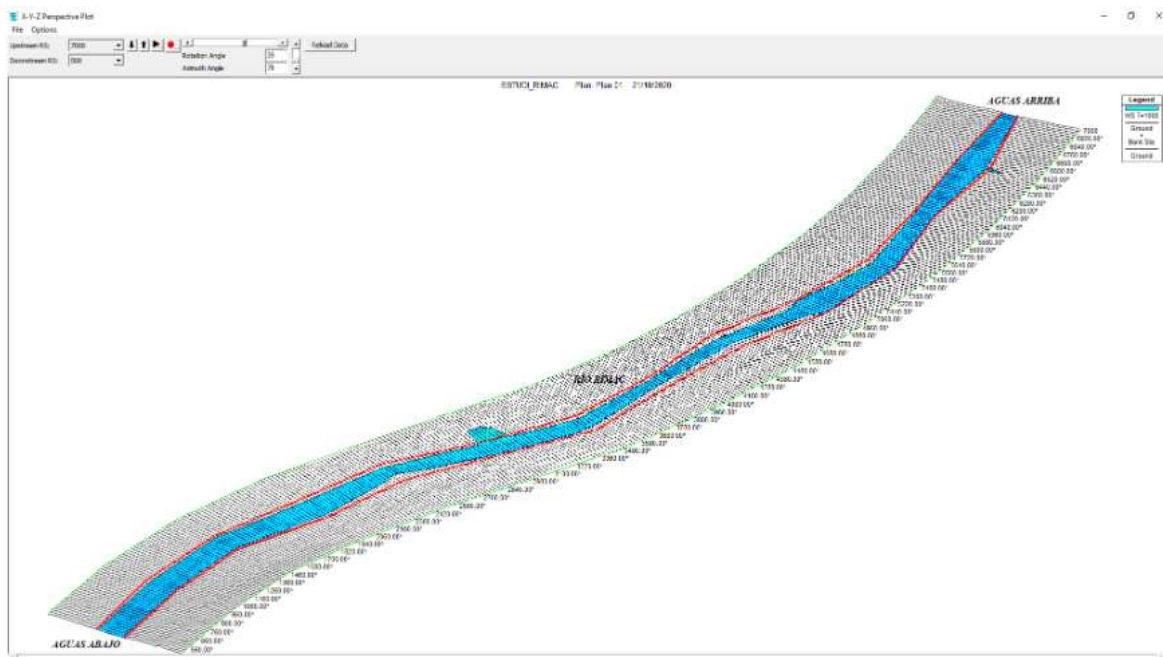


Figura 44

Vista tridimensional del río Ramis correspondiente a un periodo de retorno de T=1000 años

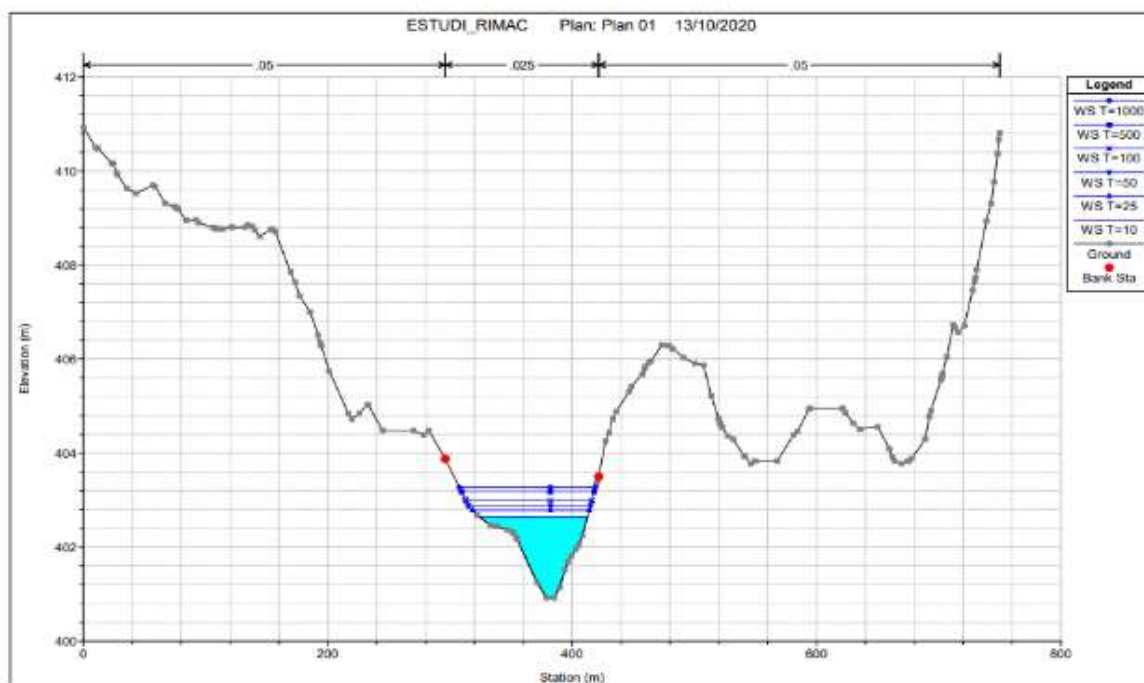


Identificación de las secciones de desborde

Se realizó un análisis de las 325 secciones transversales, que se trazaron a intervalos de 20 m para lograr un mayor nivel de detalle a lo largo de los 6,5 km del curso del río, con el fin de identificar las secciones del río Ramis que podrían verse afectadas por desbordamientos y presentar un riesgo de inundación en eventos de inundación máxima con periodos de retorno de 10, 25, 50, 50, 100, 500 y 1000 años. Para ello se determinaron los tramos del río que podrían verse afectados por desbordamientos y presentar riesgo de inundación. Con el uso de la función «Geometric Data/Crosssection» que se incluye en el programa HEC-RAS, se llevó a cabo este estudio, y se descubrió que había un total de siete secciones de desbordamiento para cada uno de los periodos de retorno que se analizaron. Los resultados que se adquirieron son completos, incluyendo los caudales y velocidades que se encontraron en cada una de las porciones que se identificaron.

Figura 45

Detección de la primera zona de desborde correspondiente a la Sección 6780



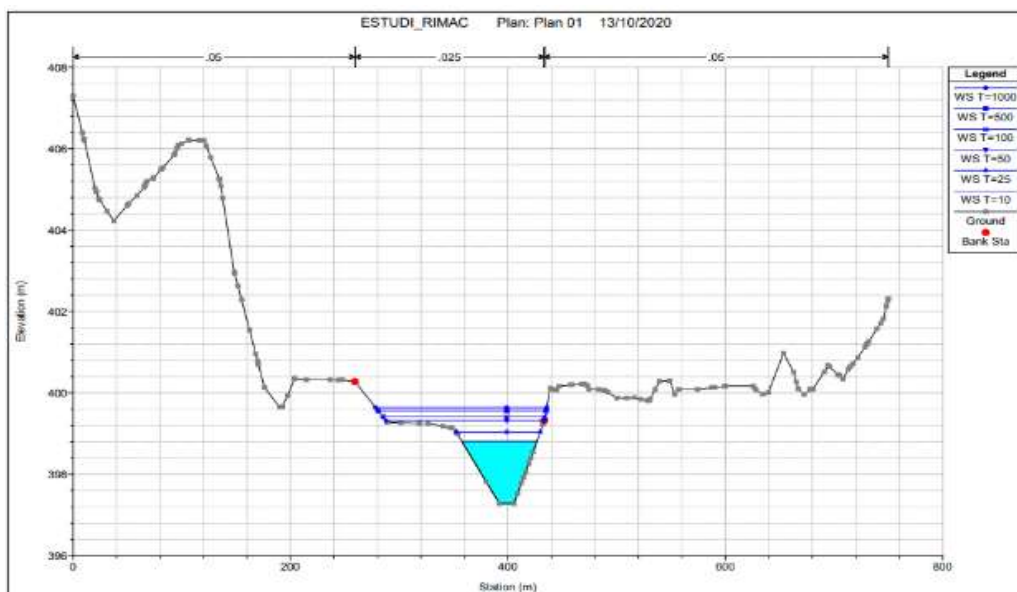
Como se ilustra en el gráfico, investigaciones posteriores revelaron que la porción 6520 del río Ramis, situada 460 metros aguas abajo, es la segunda porción del río susceptible de desbordarse. Debido al hecho de que el río se desborda por ambas orillas en esta parte,

la seguridad de las residencias que se encuentran cerca se pone en peligro, ya que pueden verse afectadas por la posibilidad de inundación.

Se determinó que la sección 6780, que corresponde a la primera sección de desbordamiento, se localizó comenzando en la zona aguas arriba y trabajando aguas abajo. Este tramo está situado a una distancia de doscientos metros, y como se puede observar en la imagen, el desbordamiento del río se produjo tanto en la margen derecha como en la margen izquierda del río. Es posible que las viviendas situadas en las proximidades del cauce se vean afectadas por la inundación provocada por esta circunstancia, lo que supone una grave amenaza para la seguridad de las mismas.

Figura 46

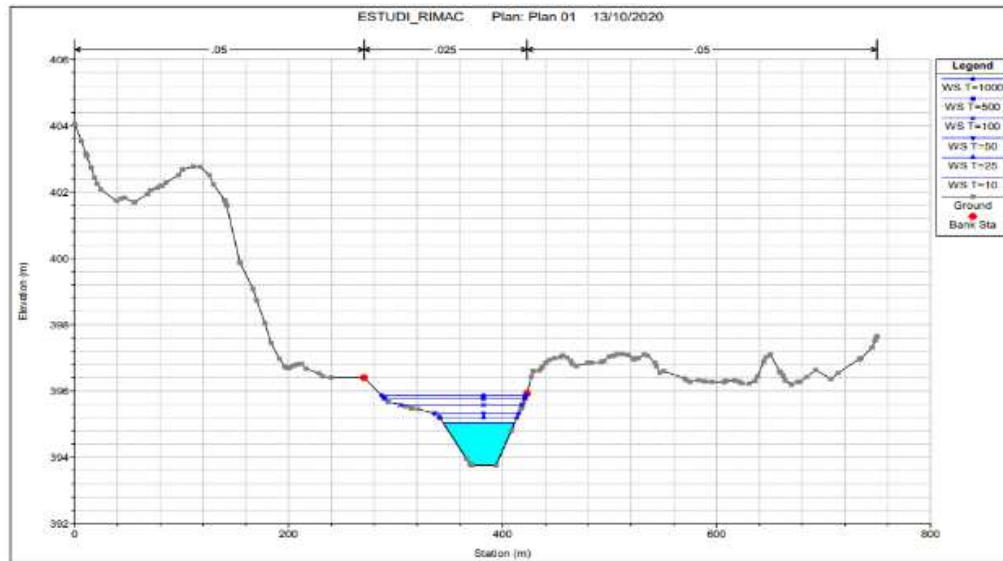
Detección de la segunda zona de desborde correspondiente a la Sección 6520.



Como puede verse en la figura, el tercer segmento del río Ramis que corre riesgo de desbordamiento está clasificado como segmento 6320. Este tramo está situado 661 metros aguas abajo. En este tramo concreto, el desbordamiento suele afectar a las regiones agrícolas situadas en la orilla derecha del río. Por otra parte, el desbordamiento supone un riesgo para la seguridad de las viviendas situadas cerca de la orilla izquierda. Por otro lado, el potencial de desbordamiento del río está presente en el cuarto tramo.

Figura 47

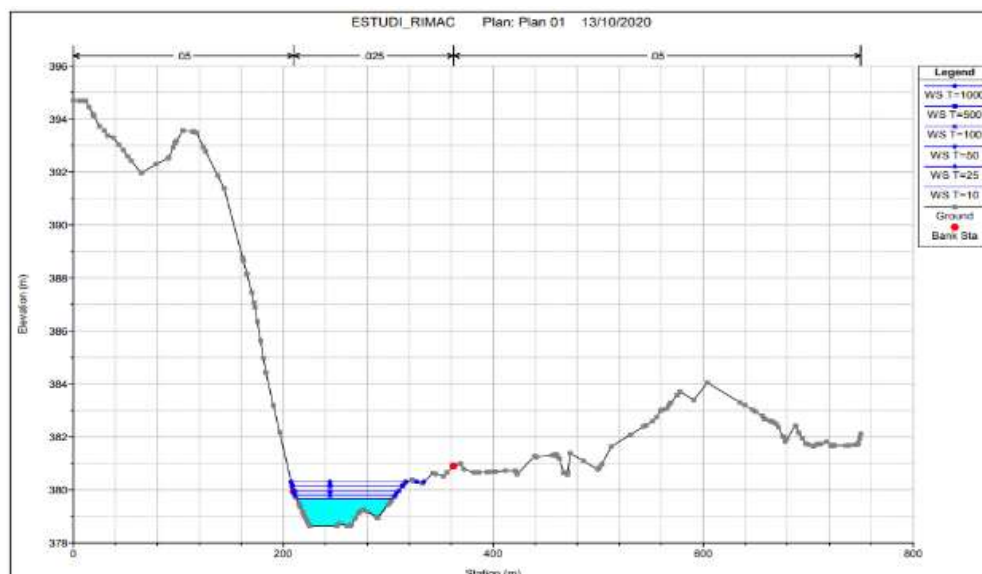
Localización de la tercera área de desborde correspondiente a la Sección 6320



Como se puede apreciar en la imagen adjunta, el tramo 5480, que es el cuarto tramo del río Rímac que tiene un potencial importante de desborde, se encuentra a 1508 metros aguas abajo. Con respecto a este tramo en particular, el desborde tiene un impacto sustancial en la margen izquierda del río, afectando principalmente la seguridad de las viviendas que se ubican en las inmediaciones, así como el camino de tierra que utilizan los pobladores de esta región.

Figura 48

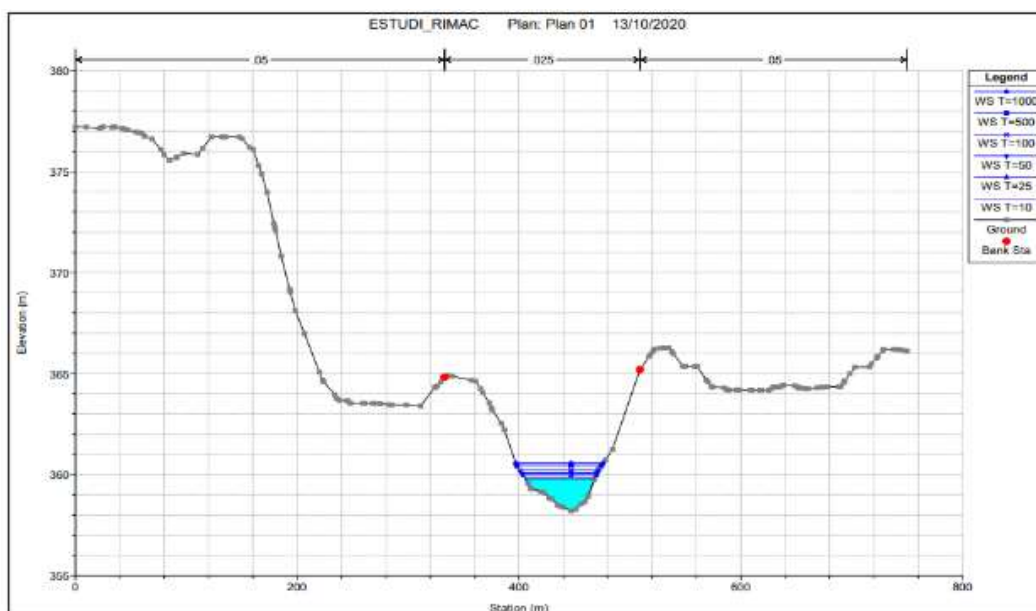
Detección de la cuarta área propensa a desbordamiento en la Sección 5480.



La quinta porción del río Ramis, designada como susceptible a desbordamientos (porción 4460), se encuentra a una distancia de 2540 metros aguas abajo, como se representa en la figura correspondiente a esta sección. La orilla derecha es la principal zona que se ve afectada por el desbordamiento del río en esta porción. Como consecuencia, se ponen en riesgo algunos tramos de la carretera que une Huancané con Juliaca, lo que podría retrasar el tránsito en esa región y comprometer la infraestructura vial.

Figura 49

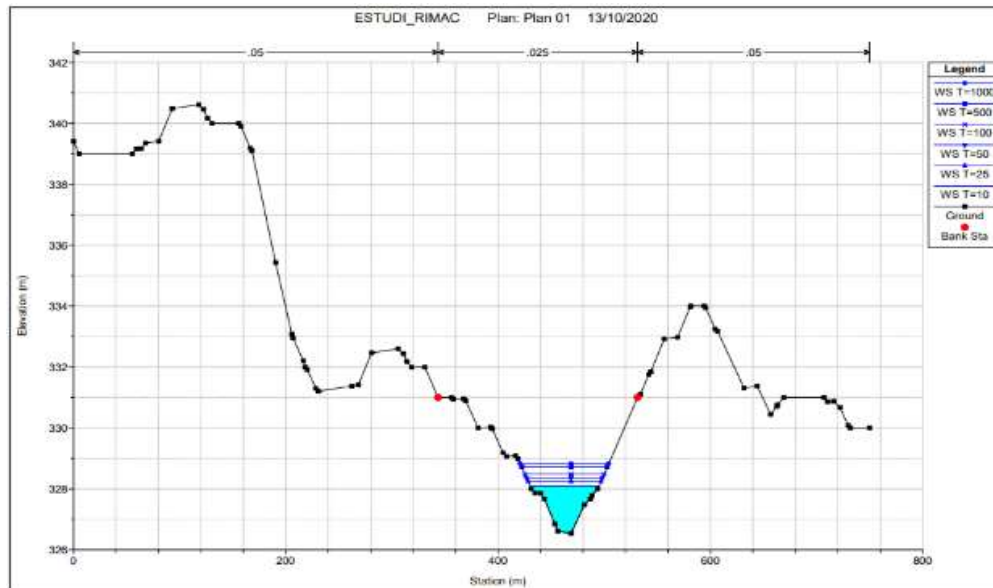
Detección de la quinta zona susceptible a desbordamiento en la Sección 4460



El tramo 2500, que es el sexto tramo del río Ramis reconocido como propenso a desbordamientos, se encuentra a una distancia de 4.512 metros aguas abajo, como se muestra en la figura adjunta. Tanto los peatones como los automóviles que transitan por esta vía se encuentran en peligro como consecuencia del desborde en la margen derecha en este tramo, lo que representa una severa amenaza a la seguridad de las personas y vehículos que circulan por la carretera que une Huancané y Juliaca.

Figura 50

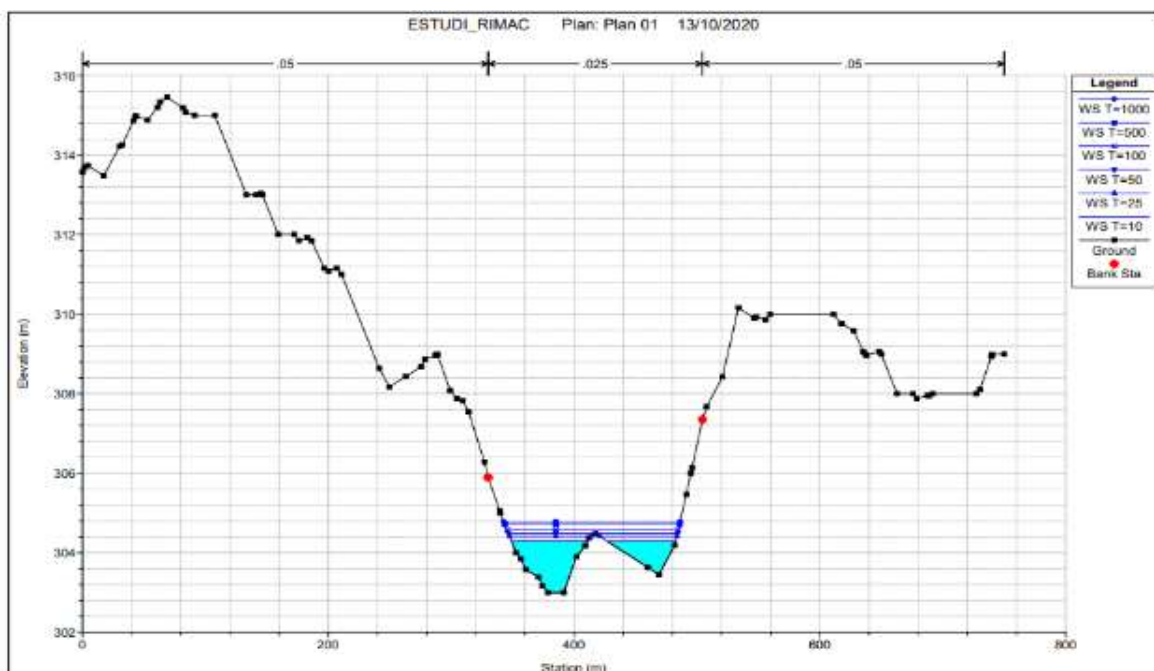
Detección de la sexta zona susceptible a desbordamiento en la Sección 2500



Al final, se identificó la séptima porción del río Ramis susceptible de posibles desbordamientos. Se encontró este segmento, que corresponde a la porción 1000. La figura que se ha presentado hace muy evidente que este trozo se encuentra a una distancia de 6027 metros aguas abajo.

Figura 51

Detección de la séptima área vulnerable a desbordamiento (Sección 1000)

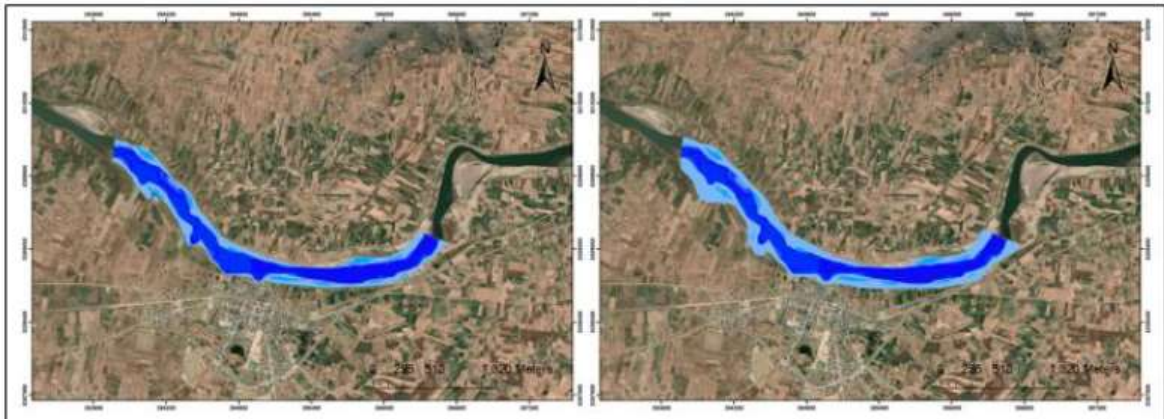


Simulación de inundación

En el proceso de análisis de los resultados obtenidos para los periodos de retorno de 50 y 100 años, es posible detectar claramente la variación de las zonas dañadas por las inundaciones. En el caso del tiempo de retorno de cincuenta años, la extensión de la zona inundable no es muy grande. En cambio, cuando se analizan los datos correspondientes al periodo de retorno de cien años, se observa un aumento significativo de la zona inundable. La figura siguiente ilustra esta situación.

Figura 52

Análisis comparativo de los periodos de retorno del río en el distrito de Taraco.



El caudal de diseño de 145.241 m³/s unido a un periodo de retorno de 50 años muestra que la ocurrencia probable de un evento de inundación cubriría un área de 26.313 hectáreas. Esto se debe a que el caudal de diseño está asociado a un periodo de retorno. Como se puede observar en la imagen inferior, esta circunstancia tendría un efecto inmediato y directo sobre tres viviendas y veintiocho terrenos agrícolas que se encuentran dentro de la zona inundable.

Figura 53

Intervalo de retorno de 50 años



El caudal de diseño que corresponde al periodo de retorno de 100 años es de 165.250 m³/s, lo que demuestra que la magnitud de la inundación en el distrito de Taraco es significativamente mayor en comparación con las inundaciones ocurridas durante el periodo de retorno de 50 años. La extensión del área inundada asciende a 40,688 hectáreas en este caso particular, y tiene un impacto en cinco residencias y sesenta y cinco áreas cultivadas dentro del pueblo. Según los resultados de esta investigación, las regiones más propensas a sufrir inundaciones son las que tienen gradientes topográficos considerables, como se ve en la figura.

Figura 54

Intervalo de retorno de 100 años





CONCLUSIONES

- C.1.** La estimación de las máximas avenidas para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años mediante la aplicación del modelado hidrológico HEC-HMS, se realizó tomando 5 estaciones de entre distrito de Huancane hasta el puente Ramis, se hizo el análisis de caudales máximos instantáneos en la estación del puente Ramis para 10, 25, 50 y 100, de 105.210m³/s, 115.230m³/s, 135.010m³/s, 150.210m³/s, respectivamente
- C.2.** El análisis realizado mediante modelización hidráulica con el software HEC-RAS, a partir de los resultados obtenidos de la simulación hidráulica con la versión 5.0.7 del citado programa, en un tramo del río Ramis para periodos de retorno de 50 y 100 años, reveló un caudal inestable con valores de 145,241 m³/s y 165.250 m³/s, respectivamente. Esto se descubrió en un segmento del río Ramis.



RECOMENDACIONES

- R.1.** La utilización de datos coherentes con las características reales de la zona de estudio, como la topografía y los valores de Manning, es algo que recomendamos hacer para obtener resultados más precisos y fiables. Las acciones asociadas a la identificación de riesgos se beneficiarán considerablemente de esta contribución a la planificación, gestión y supervisión de dichas actividades.
- R.2.** En las zonas propensas a las inundaciones y que cuentan con instalaciones rurales, se recomienda que las organizaciones pertinentes lleven a cabo campañas informativas y educativas para concienciar a la población sobre los factores que provocan las inundaciones y las implicaciones que tienen como fenómenos destructivos. Además, es de suma importancia que las autoridades responsables instalen medidas de protección en estas zonas y garanticen el respeto de la cuenca del río Ramis. Esto es necesario para prevenir y reducir los daños que puedan sufrir los habitantes como consecuencia de futuras inundaciones.



REFERENCIAS

- ANA (Autoridad Nacional del Agua) (2010). *Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac: Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac*. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/5>
- Aparicio, F. (1994). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Balderas, México: Limusa.
- Cacciuttolo, C. (2018). *Análisis de Consistencia de Datos de Precipitaciones Mapa de profundidad de inundación para periodo de retorno de 10 años y curvas IntensidadDuración-Frecuencia (IDF) [Diapositiva de Power Point]*. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú
- Cahuana, A., & Yugar, W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Hidrología CIV-223. (Tesis bachiller)*. Universidad Mayor de Simón, Cochabamba, Bolivia
- Carranza, J. (2014). *Evaluación de riesgos de desastres en el asentamiento humano San José del huito, de la ciudad de Jaén – Cajamarca ante peligro de inundación. (Tesis bachiller)*. Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/381>
- Chereque, W. T. (1989). *Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil*. Recuperado de: <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>
- Fattorelli, S., & Fernández, P. C. (2011). *Diseño Hidrológico*. Zaragoza, España: Editorial WASA-GN
- Chow, V. T., Maidment, D. R. & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá, Colombia: Editorial McGRAW-HILL
- Hermenejildo, A. (2015). *Modelo de Amenaza por Inundación en el manejo de Microcuencas de Drenajes a escala 1:25.000 Caso para el sector de Monte Sinaí-Ecuador, Ecuador. (Tesis bachiller)*. Recuperado de: <http://www.repositorio.usfq.edu.ec>



Hernández, R., Fenández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*, México: Editorial McGRAW-HILL

Horton, R.E. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology [Desarrollo erosivo de arroyos y sus cuencas de drenaje: enfoque hidrofísico de la morfología cuantitativa]* Boletín de la sociedad geológica de América p.275-370.

Hurtado, E. (2017). *Modelamiento hidráulico bidimensional del río Rímac en el sector Huachipa, tramo km.27+450 al km.28+525. (Tesis bachiller)*. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3051>

IGP (Instituto Geofísico del Perú) (2012). *Preparémonos ante ocurrencia de desastres en Carapongo*. Recuperado de: <https://repositorio.igp.gob.pe/>

Matías, L., Oropeza, O., Lugo, J., Cortez, M. y Jáuregui, E. (2003). *Análisis de las principales causas de las inundaciones de septiembre de 2003 en el sur del estado de Guanajuato, México*. Editorial, Scielo. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx>

Metzger, L. (2019). *Evaluación de zonas de inundación utilizando un modelo hidrológicohidráulico en Tumbes*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI. Dirección de hidrología -DHI. Diciembre 2019.

Sacaca Gemio, G. J. (2023). *Análisis hidrológico e hidráulico con fines de proponer la construcción defensa ribereña en el río Sandía Puno 2023*. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/145044>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE TESIS: "DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES DEL RIO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024"				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Como determinar las zonas inundables asistidos por computador y propuesta de mitigación de desastres en los márgenes del rio Ramis en la provincia de Huancane 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar las zonas inundables asistidos por computador y propuesta de mitigación de desastres en los márgenes del rio Ramis en la provincia de Huancane 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Las zonas inundables asistidos por computador y propuesta de mitigación de desastres en los márgenes del rio Ramis en la provincia de Huancane 2024.</p>	<p>Variable Independiente MODELO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO</p> <p>Dimensiones: <i>Estudio hidrológico</i> <i>Estudio hidráulico</i></p> <p>Indicadores: <i>Secciones transversales de desborde</i> <i>Precipitaciones de diseño en 24 horas</i> <i>Abstracciones iniciales</i> <i>Curva numero</i> <i>Topografía</i> <i>Coficiente de Manning</i></p> <p>Variable Dependiente CONCRETO CONVENCIONAL</p> <p>Dimensiones: <i>Zonas inundables</i> <i>Máximas avenidas</i> <i>Niveles de inundación</i></p> <p>Indicadores: <i>Pobladores</i> <i>Caudales máximos</i> <i>Área de inundación</i></p>	Fichas y Herramientas de Laboratorio
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Como cuantificar las máximas avenidas para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS?</p> <p>¿Como estimar las áreas de inundación como consecuencia del desborde del rio Ramis para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Realizar la cuantificación de las máximas avenidas para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS</p> <p>Realizar la estimación de las áreas de inundación como consecuencia del desborde del rio Ramis para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La cuantificación de las máximas avenidas para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS</p> <p>La estimación de las áreas de inundación como consecuencia del desborde del rio Ramis para periodos de retorno de 10,25,50 y 100 años, aplicando el modelamiento hidráulico con el software HEC-RAS.</p>		



REGISTRO HISTORICO
ESTACION RAMIS 2

Estacion: Ramis 2 Longitud: -69.761001 Dpto. Puno
 Parametro: Precipitacio maxima en 24 horas Latitud -15.330581 Prov. Huancane
 Codigo: 19582 Altitud: 3975 Dist. Huancane

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MÁX
1991	5.57	0.12	0.18	0	0	0	0	0	0	0.18	0	1.88	5.57
1992	2.92	0.1	1.75	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0.36	2.92
1993	144.7	0.02	0.63	0.61	0	0	0	0	0	0.2	0	1.21	144.74
1994	0	0.74	0.39	0.02	1.54	0	0	0	0	0	0	1.5	1.54
1995	3.5	0	0.9	0	0.9	0	0	0	0.2	0	2	0	3.5
1996	1.5	1.05	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.23	1.5
1997	5.13	0.52	37.11	1.95	0	0	0	0	0.01	0	0.57	0.23	37.11
1998	0.29	1.43	0.17	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0.17	0.69	1.43
1999	11.54	11.53	17.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27	17.46
2000	0.01	0.37	0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0.37
2001	11.5	0.44	0.04	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0.06	11.5
2002	13.23	7.08	2.14	0	0.54	0	0	0	0	0.04	0.15	0.05	13.23
2003	4.02	0.52	0.67	0	0	0	0	0	0	0.12	0	3.37	4.02
2004	8.42	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0.04	0	1.23	8.42
2005	31.93	0.05	15.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0.34	31.93
2006	4.01	0.54	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.4	72.22	72.22
2007	1.67	0.1	0.48	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0.51	1.27	1.67
2008	0	1.04	2.56	0	0	0	0	0	0	0.05	0.61	0.25	2.56
2009	0.11	5.78	0.04	0.01	0	0	0	0	0	0	0.85	0.48	5.78
2010	14.94	0	2.93	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	14.94
2011	4.65	0.86	1.79	0	0	0	0	0	0	0	2.39	19.35	19.35
2012	1.09	1.99	0.38	0.01	0.63	0	0	0	0	0	0.43	77.12	77.12
2013	1.7	0.12	0.45	0	0.62	0	0	0	0	0	0	0.88	1.7
2014	17.34	0.13	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0.69	3.19	17.34
2015	16.7	1.49	0	0.02	0	0	0	0	0.02	0.05	0	0.43	16.7
2016	2.56	0.47	6.9	0.01	0	0	0	0	0	0.05	0	6.16	6.9
2017	0.02	2.12	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0	0.05	2.12
2018	0	1.46	3.48	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.74	3.48
2019	1.49	0.18	0.75	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0	0.09	1.49
2020	8.33	0.64	0.57	0.01	0.44	0	0	0	0	0.02	0	0.13	8.33



REGISTRO HISTORICO ESTACION PUENTE RAMIS													
Estacion: PUENTE RAMIS				Longitud: -69.761001				Dpto. Puno					
Parametro: Precipitacio maxima en 24 horas				Latitud -15.330581				Prov. Huancane					
Codigo: 19582				Altitud: 3975				Dist. Huancane					
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MÁX
1991	0.3	2.9	7.8	1	0.5	0	0	0	0	1	0	0.5	7.8
1992	0.3	2.9	1.5	0.3	0.8	0	0	0.4	0	0	0	1.4	2.9
1993	0	1.3	5.5	2.8	0	0	0	0	0.2	0	1.8	3	5.5
1994	22.7	9.7	5	2.5	0.4	0	0	0	1	0	0.4	2.3	22.7
1995	9.5	0.5	2.5	2	2.2	0	0	0	0.5	0.3	2.1	0	9.5
1996	6	8	18.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	18.4
1997	0.9	8.81	0	5.79	0	0	0	0	0	0	0	0.14	8.81
1998	5.19	12.9	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.9
1999	7.5	32.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.1
2000	20.7	8.1	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.7
2001	6.2	7.2	10.7	1	0	0	0	0	0	0	0.6	0	10.7
2002	1.6	30.7	1.6	0	0	0	0.6	0	0.5	0	0	0	30.7
2003	1.5	10.3	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	6.8	10.3
2004	0.8	0.6	1.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	2.1	2.1
2005	2.3	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	2.3
2006	9.4	9	6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9.4
2007	2.2	3	2.8	7.7	0	0	0	0	0	0	0	0	7.7
2008	7.3	12.1	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.1
2009	8.2	24.3	17.8	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	24.3
2010	0	0.3	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
2011	6.7	7	1	1.5	0	0	0	0	0	0	2.5	5.1	7
2012	6.4	14.8	4	37.4	0	0	0	0	0	1.5	0.5	0.9	37.4
2013	0	2.5	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1	3.5
2014	5.8	2.8	12.5	0.9	0	0	0	0	0	0	0	2.1	12.5
2015	2.5	15.1	41.8	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	41.8
2016	1	6.7	0.5	4	0	0	0	0	0	0	0	0.4	6.7
2017	50.8	15.3	40.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.8
2018	8.8	14.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	14.7
2019	3.13	4.46	1.99	0.23	0.7	0	0.16	0	0.02	0.01	0	0.09	4.46
2020	18.38	9.09	3.53	0.23	0	0	0	0	0.02	0	0	0.07	18.38



AÑO	ESTACIONES PLUVIOMETRICAS - DOBLE MASA - GRUPO 1						PROMEDIO	
	RAMIS 1		RAMIS 2		PUENTE RAMIS		PATRON	
	PP(mm)	PP acum.	PP(mm)	PP acum.	PP(mm)	PP acum.	PP(mm)	PP acum.
1991	3	3	5.57	5.57	7.8	7.8	5.46	5.46
1992	0.5	3.5	2.92	8.49	2.9	10.7	2.11	7.56
1993	1.6	5.1	144.74	153.23	5.5	16.2	50.61	58.18
1994	7.8	12.9	1.54	154.77	22.7	38.9	10.68	68.86
1995	3.8	16.7	3.5	158.27	9.5	48.4	5.6	74.46
1996	4.5	21.2	1.5	159.77	18.4	66.8	8.13	82.59
1997	4.9	26.1	37.11	196.88	8.81	75.61	16.94	99.53
1998	5.5	31.6	1.43	198.31	12.9	88.51	6.61	106.14
1999	10.4	42	17.46	215.77	32.1	120.61	19.99	126.13
2000	5.4	47.4	0.37	216.14	20.7	141.31	8.82	134.95
2001	7.6	55	11.5	227.64	10.7	152.01	9.93	144.88
2002	13	68	13.23	240.87	30.7	182.71	18.98	163.86
2003	2.5	70.5	4.02	244.89	10.3	193.01	5.61	169.47
2004	2.5	73	8.42	253.31	2.1	195.11	4.34	173.81
2005	1.5	74.5	31.93	285.24	2.3	197.41	11.91	185.72
2006	6.1	80.6	72.22	357.46	9.4	206.81	29.24	214.96
2007	4.1	84.7	1.67	359.13	7.7	214.51	4.49	219.45
2008	4.5	89.2	2.56	361.69	12.1	226.61	6.39	225.83
2009	11.2	100.4	5.78	367.47	24.3	250.91	13.76	239.59
2010	3.8	104.2	14.94	382.41	0.8	251.71	6.51	246.11
2011	5	109.2	19.35	401.76	7	258.71	10.45	256.56
2012	9.5	118.7	77.12	478.88	37.4	296.11	41.34	297.9
2013	8.5	127.2	1.7	480.58	3.5	299.61	4.57	302.46
2014	3.5	130.7	17.34	497.92	12.5	312.11	11.11	313.58
2015	17.2	147.9	16.7	514.62	41.8	353.91	25.23	338.81
2016	3	150.9	6.9	521.52	6.7	360.61	5.53	344.34
2017	20.9	171.8	2.12	523.64	50.8	411.41	24.61	368.95
2018	8.3	180.1	3.48	527.12	14.7	426.11	8.83	377.78
2019	3.18	183.28	1.49	528.61	4.46	430.57	3.04	380.82
2020	11.06	194.34	8.33	536.94	18.38	448.95	12.59	393.41
MÁX	20.9	194.34	144.74	536.94	50.8	448.95	50.61	393.41
MÍN	0.5	3	0.37	5.57	0.8	7.8	2.11	5.46



AÑO	ESTACIONES PLUVIOMETRICAS - DOBLE MASA - GRUPO 2				PROMEDIO	
	HUANCANE 1		PUENTE HUANCANE		PATRON	
	PP(mm)	PP acum.	PP(mm)	PP acum.	PP(mm)	PP acum.
1991	0.3	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5
1992	0	0.3	0.94	1.64	0.47	0.97
1993	0.05	0.35	0.6	2.24	0.33	1.3
1994	0.6	0.95	2.1	4.34	1.35	2.65
1995	0	0.95	0.7	5.04	0.35	3
1996	0	0.95	2	7.04	1	4
1997	0	0.95	4.6	11.64	2.3	6.3
1998	0	0.95	3.4	15.04	1.7	8
1999	0	0.95	2.3	17.34	1.15	9.15
2000	4.2	5.15	0.72	18.06	2.46	11.61
2001	0.9	6.05	0.87	18.93	0.89	12.49
2002	8.6	14.65	1.37	20.3	4.99	17.48
2003	0	14.65	1.05	21.35	0.53	18
2004	0	14.65	0.85	22.2	0.43	18.43
2005	0	14.65	3.62	25.82	1.81	20.24
2006	0	14.65	6.48	32.3	3.24	23.48
2007	0	14.65	1.47	33.77	0.74	24.21
2008	0	14.65	1.99	35.76	1	25.21
2009	0	14.65	6.32	42.08	3.16	28.37
2010	0	14.65	1.11	43.19	0.56	28.92
2011	0	14.65	1.8	44.99	0.9	29.82
2012	4.4	19.05	9	53.99	6.7	36.52
2013	2.4	21.45	1.46	55.45	1.93	38.45
2014	3.4	24.85	2.79	58.24	3.1	41.55
2015	2.4	27.25	1.43	59.67	1.92	43.46
2016	0	27.25	0.76	60.43	0.38	43.84
2017	4.2	31.45	2.23	62.66	3.22	47.06
2018	2.8	34.25	16.5	79.16	9.65	56.71
2019	0.31	34.56	1.53	80.69	0.92	57.63
2020	0.43	34.99	1.07	81.76	0.75	58.38
MÁX	8.6	34.99	16.5	81.76	9.65	58.38
MÍN	0	0.3	0.6	0.7	0.33	0.5



TESIS UANCV

ESTACION PUENTE RAMIS



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"
Puno

Estacion PUENTE RAMIS

Longitud: -69.7

Paramet CAUDALES MAXIMOS (M3/S)

Latitud -15.1

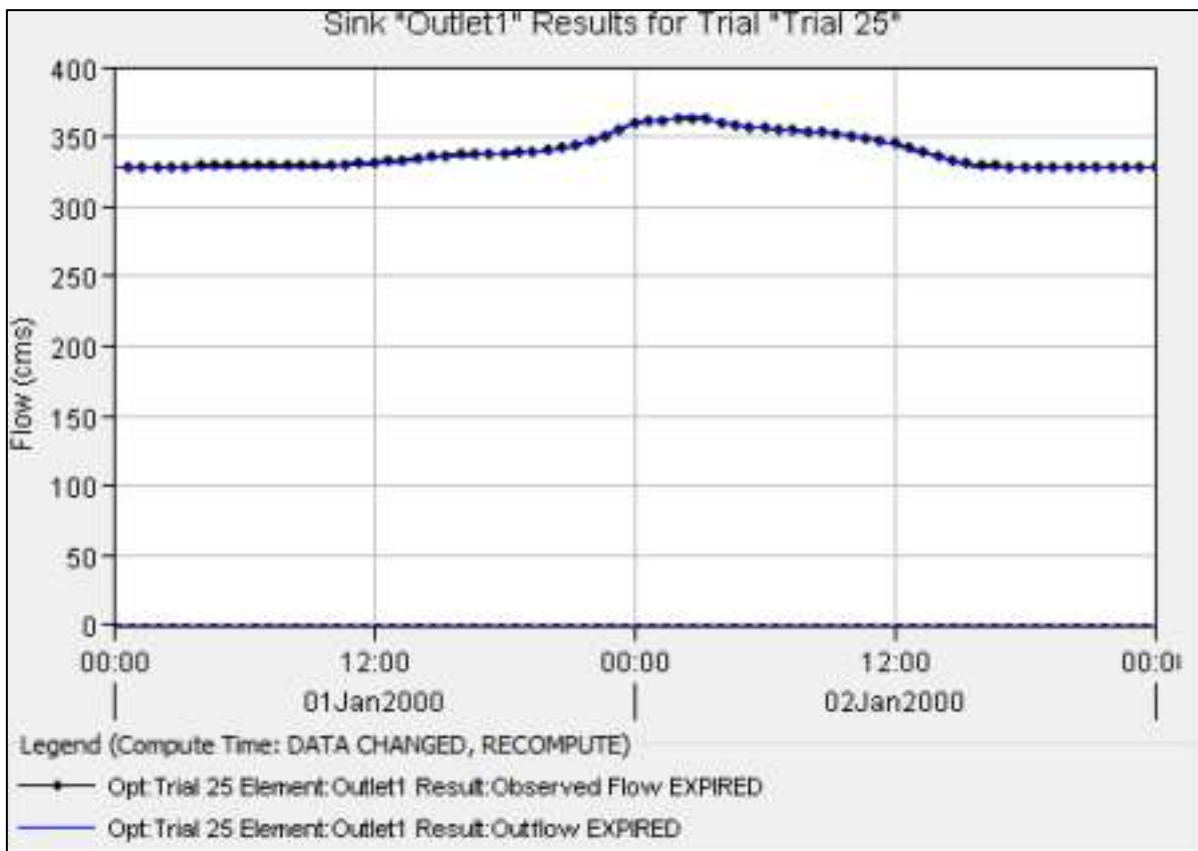
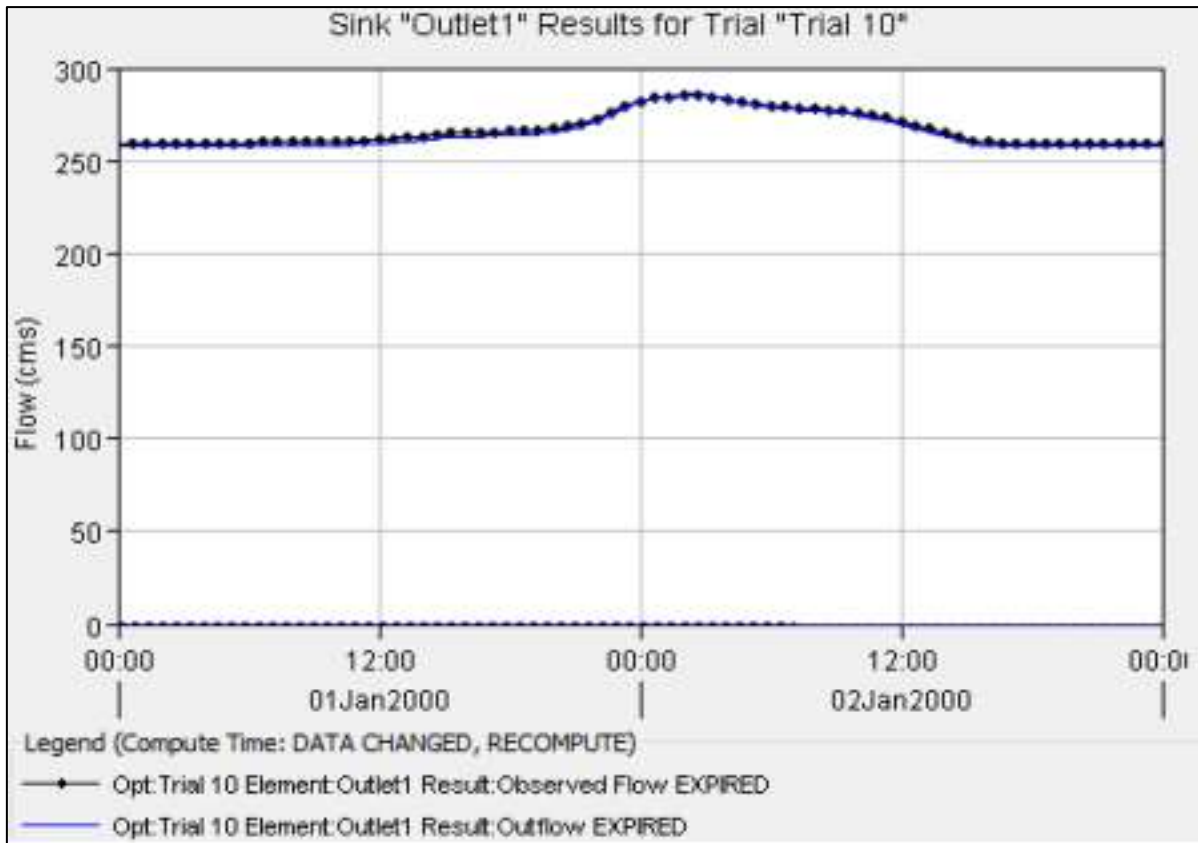
Prov. Huancane

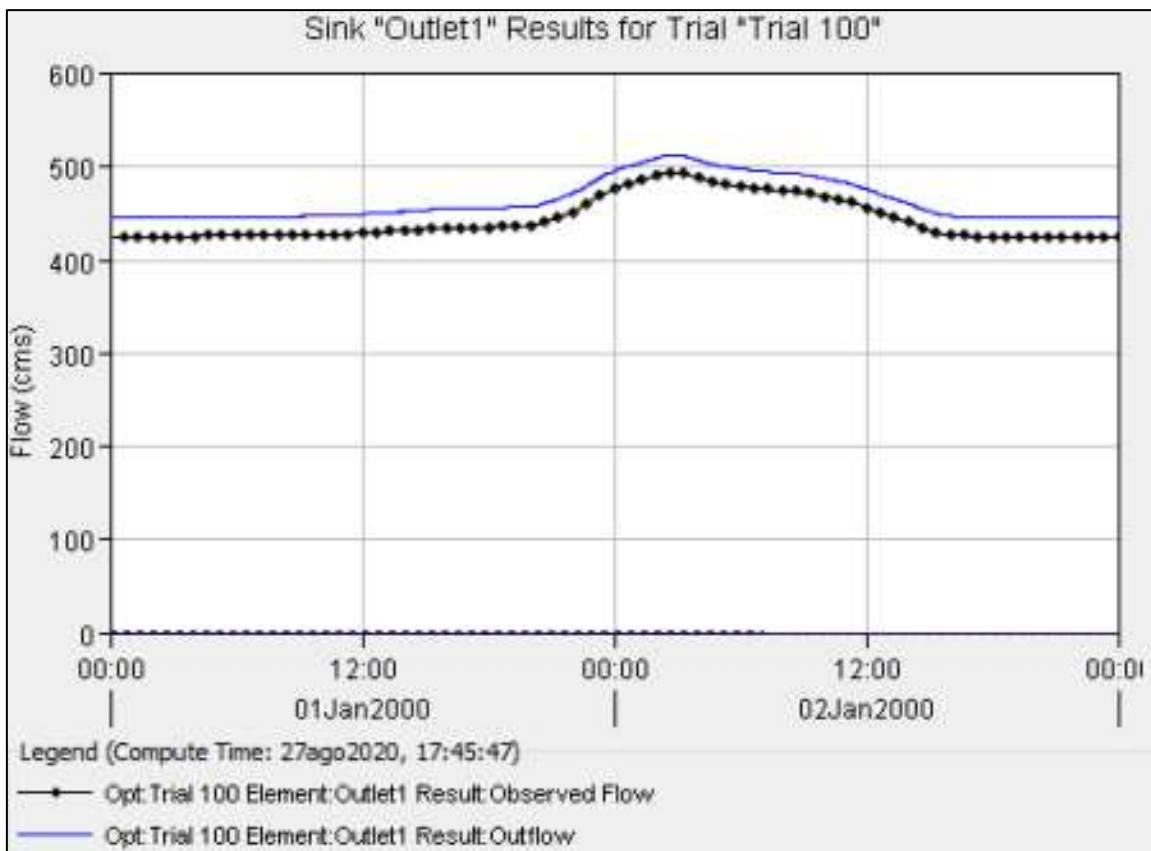
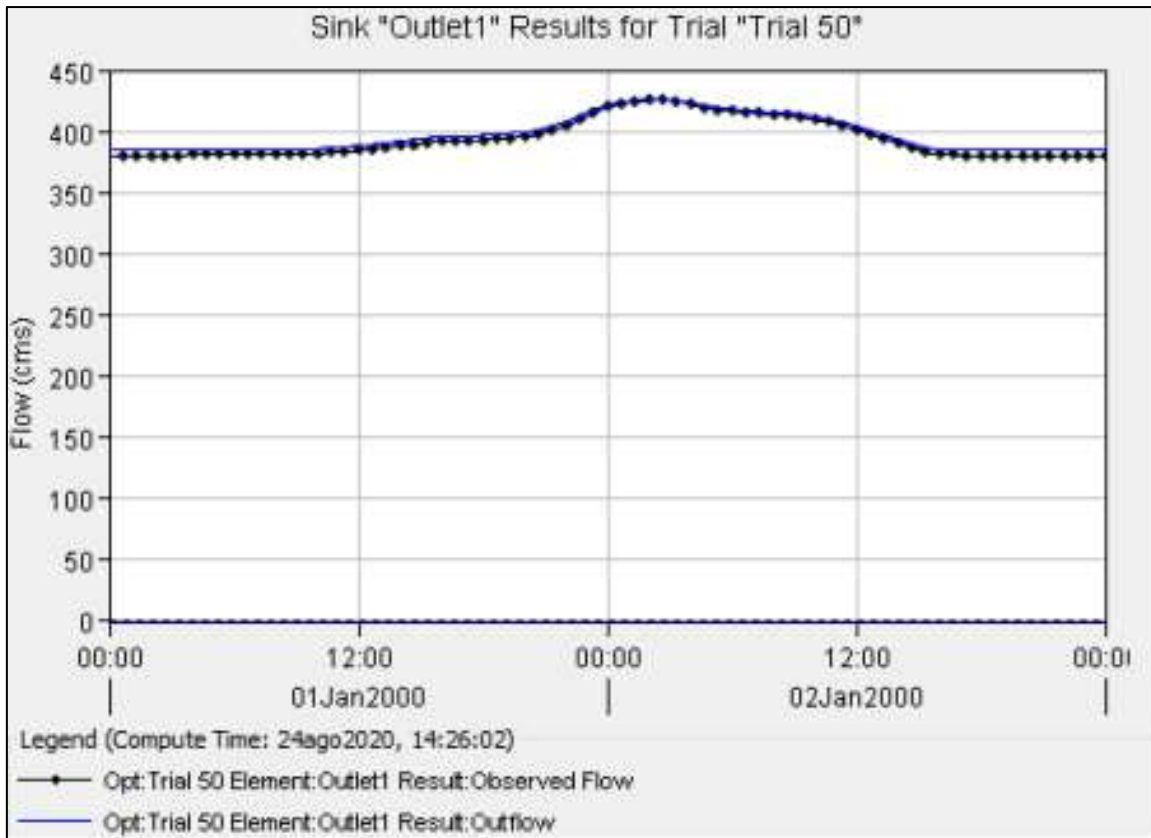
Codigo: 19582

Altitud: 3975

Dist. Huancane

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX
1940	96.6	57.5	254.5	70.8	23.11	14.18	13.05	13.05	13.05	13.05	16.23	22.27	254.5
1941	62.5	290.1	325	28.62	14.18	12.27	12.27	12.27	13.05	17.23	26.48	76.3	325
1942	184.6	315.8	125.5	42.6	28.05	14.52	13.84	13.84	13.05	13.05	13.05	27.48	315.8
1943	58.5	261	138	203	26.29	13.05	12.97	13.08	13.48	16.7	25	44.5	261
1944	71.9	130	127.3	38.5	24.7	15	13.04	13.05	13.03	14.5	14.3	18.5	130
1945	63.5	94.5	83.6	57.5	25	15.5	13.08	13	12.05	16	24.5	73.4	94.5
1946	134	105	185	113	35	17.5	14	13	14	15.5	32.4	53.6	185
1947	64	78.5	130	43	31	17	12	13.5	13.1	22	15.4	33	130
1948	130	90	128	62	33	23	18	14	13.15	51	34	22.6	130
1949	47	55.5	108	56.5	21	15	15.5	15.5	13.5	14.5	21	14	108
1950	80	98.5	79.5	55	33	17.5	14.8	13	13.5	13.5	18	58.5	98.5
1951	71	195	316	108	24	20	15.5	13.5	14.5	22.64	45	70	316
1952	115	132	164	109	24	19	17	14	18	15	33	45	164
1953	70	175	130	79	31	20	17	14.5	16.5	21	42	66	175
1954	72	202	180	42	36	20	16	15	14.5	18	36	28	202
1955	115	164	320	59	24	20.5	18	14.5	14.5	16	13.8	21	320
1956	39	142	155	68	21	15	12.7	13.2	14.8	13.8	12.4	13.1	155
1957	36.5	100	71	63	20	11.5	10.5	13.1	13.4	12.6	15.1	19	100
1958	40	99.8	94.8	27.9	16	11.25	12.15	11.2	12.5	15.9	16.62	14.3	99.8
1959	15.5	175	135	106	31	14.5	13.75	13.5	13.95	21.65	19.9	36.4	175
1960	60.9	69	77.4	28.1	21.4	14.1	13.85	15	14.3	16.8	18.2	16.85	77.4
1961	59.5	70.5	65.4	70.4	26.6	16.4	14.25	13.75	13.8	14.05	30.3	53.9	70.5
1962	84	76.6	84.1	49.7	28.15	15.3	15.25	16	15.1	14.95	16.3	29	84.1
1963	69.4	74	92.2	52.8	25.8	17.7	15.6	15.2	15.95	17.65	32.8	63.7	92.2
1964	26.7	78.8	72.5	77.3	31.8	17.7	15.6	16	16.45	16.95	18.2	21.74	78.8
1965	26.06	108.1	95.7	27	20.8	13.3	12.7	12.5	13.35	15.5	15.2	31.8	108.1
1966	72	54.09	100.6	30.2	24.9	15.8	17.7	14.6	15.8	30.6	27.8	42	100.6
1967	44.3	91.2	100.5	43.2	26.6	20.1	21.2	19.5	22.9	32.5	24.1	33.1	100.5
1968	39.9	30.1	46.4	35.5	18.9	17.3	15.6	18.9	16.75	21.8	35.8	39.4	46.4
1969	32.2	51	81.4	50.2	22.6	18.1	18.1	17.6	18.1	21.2	21.2	81.4	81.4
1970	158	58.2	88	57.7	41	23.7	20.8	19.2	22.8	22.2	19.4	55.8	158
1971	71	101	139	53.3	24.3	25.3	22.1	21.7	21.8	21.8	17.7	54.3	139
1972	93	138	210	119	38.6	19.2	18.2	17.3	15.3	20.4	20	45.1	210
1973	108	115	110	98.2	33.7	15.6	14.3	14.3	12.2	18.3	18	52.6	115
1974	59.5	67.7	79.1	49.2	19.8	14.2	11.4	15.1	19.2	17	17	15.1	79.1
1975	32.3	63.6	144	55.5	38.8	27.5	24.4	24.9	23.8	25.5	26.1	33.8	144
1976	69	116	91.1	51.1	26.1	22.8	18	18	19	19.4	21	23.4	116
1977	28.7	162	94	60	42.6	22.2	22.8	22.8	21.6	21	46.2	57.4	162
1978	98.8	151	61.3	46.2	21	20.4	20.4	19.9	18.5	20.4	22.2	51.1	151
1979	28.7	140.4	144	61.3	20.04	20.04	17.92	19.01	20	20.33	19.67	20.33	144
1980	91.5	40.11	82.4	85	20.51	20.51	18.4	19.05	21.65	23.94	28.56	29.4	91.5
1981	83	216	200	70.48	27.32	24.44	24	24	28.5	20.4	27.4	57	216
1982	57.5	72.2	65.2	58.4	41.4	38.5	32.55	35.1	27	30.4	47.8	33.6	72.2
1983	57.71	110.73	207.46	74.64	47.49	31.76	24.4	19.71	26.21	17.07	22.84	61.1	207.5
1984	39	103.5	82.8	50.7	28.7	38.08	33.6	31.04	27.84	31.92	42.56	72	103.5
1985	46.7	74	118	80	50.2	67.12	56.89	68.97	29.19	29	36.63	86.59	118
1986	164.18	154.51	158.35	98.19	113	32.06	29.35	34.1	26.19	26.19	26.43	54.96	164.2
1987	81.82	133.82	168.5	78.57	41.15	24.87	23.91	23.91	31.55	34.17	29.42	34.03	168.5
1988	57.77	67.63	43.4	83	35.4	24.52	31.4	36.68	23.6	25.28	22.4	58.56	83
1989	43.43	57.12	58.14	53.91	26.41	19.36	18.52	17.7	17.7	19.36	21.43	18.11	58.1
1990	35.12	21.02	26.82	18.92	16.86	15.02	13.9	11.1	13.9	31.95	38.58	39.84	39.8
1991	31.65	32.51	66.98	40.82	33.87	21.33	18.46	15.31	18.06	21.3	24.98	20.82	67
1992	27.52	25.57	32.88	24.72	16.29	14.85	16.38	15.18	15.51	17.3	13.63	16.88	32.9
1993	95.46	114.49	88.56	55.4	33.45	18.62	17.43	18.71	18.2	21.38	57.99	88.12	114.5
1994	85.11	133.96	132.45	76.39	47.29	27.13	25.65	24.91	24.79	28.44	25.97	36.11	134
1995	40.47	33.92	60.35	41.98	23.15	23.77	20.97	23.25	22.59	23.93	26.87	37.6	60.4
1996	81.32	108.93	80.36	69.79	26.88	28.24	31.5	26.18	25.25	22.91	20.83	30.74	108.9
1997	44.55	76.35	47.69	21.55	19.44	20.54	18.92	19.56	19.6	22.4	26.8	77.37	77.4
1998	109.17	120.61	92.06	74.15	50.94	29.66	27.87	24.53	27.36	31.64	32.13	32.44	120.6
1999	49.47	125.49	107.73	74.72	46.17	25.19	26.43	25.31	29.31	29.78	32.09	50.93	125.5
2000	76.65	93.88	108.58	87.77	49.92	28.91	25.37	23.9	23.7	30.68	26.84	64.59	108.6
2001	91.08	89.14	108.65	88.84	40.2	29.45	28.55	28.11	28.21	27.91	44.11	36.7	108.7
2002	41.67	65.49	76.08	65.83	29.05	21.73	22.7	23.87	29.12	31.95	43.25	45.41	76.1
2003	75.83	82.68	128.61	77.55	41.9	30.16	29.95	31.27	30.57	30.9	34.59	43.18	128.6
2004	34.92	77.95	54.58	45.28	23.99	23.99	23.26	23.11	26.05	26.7	49.79	58.63	77.9
2005	68.67	46.91	64.18	62.14	27.52	26.33	25.2	25.48	25.26	25.62	25.17	33.08	68.7
2006	55.55	80.03	91.61	82.12	34.72	25.73	24.54	24.29	23.45	22.55	22.84	55.85	91.6
2007	69.27	101.57	95.65	107.47	36.46	24.89	19.21	21.86	20.59	21.62	22	22.62	107.5
2008	55.9	83.24	61.81	36.2	21.37	26.35	24.77	26.91	22.94	26.01	25.59	51.05	83.2
2009	69.92	84.68	118.79	79.73	22.93	20.67	20.29	20.32	22.03	24.04	55.73	58.73	118.8
2010	78	84.79	84.96	65.48	31.91	25.74	24.66	24.17	25.89	23.85	24.6	42.83	85
2011	59.35	68.67	72.96	83.4	41.6	28.7	26	26.1	26.5	32.5	33.1	48.1	83.4
2012	50.1	104.61	79.95	77.35	52.11	28.76	29.47	29.69	27.49	30.95	51.13	95.35	104.6
2013	61.8	116.7	131	91.6	26.4	26	25.56	25.56	26.3	27.1	28.89	39.83	131
2014	50.14	91.05	96.99	49.58	34.31	22.84	22.85	23.53	24.3	25.9	31.9	50.8	97
2015	63.9	59.1	92.39	51.24	35.05	25.46	27.74	26.05	25.18	28.63	24.06	52.58	92.4
2016	32.48	79.7	77.6	39.9	25.9	23.1	26.61	22.67	25.04	24.01	25.05	21.64	79.7
2017	94.21	108.59	126.5	93.43	53.33	30.71	24.65	27.84	23.98	25.71	25.66	25.15	126.5
2018	48.95	38.99	66.1	51.23	46.16	22.59	23.14	25.71	21.87	22.25	22.33	24.91	66.1
2019	62.6	61.19	54.46	38.14	23.3	22.88	24.88	25.87	25.6	23.08	25.69	54.79	62.6
2020	40.13	57.71	53.08	46.48	35.79	24.22	21.89	20.84	19.21	20.87	25.49	68.79	68.8





Cross Section Output

File Type Options Help

River: Rio Profile: T=100

Reach Reach 1 RS: 6780.00* Plan: Run_1

Plan: Run_1 Rio RImac Reach 1 RS: 6780.00* Profile: T=100

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	404.25				
Vel Head (m)	1.25	Wt. n-Val.		0.025	
W.S. Elev (m)	402.99	Reach Len. (m)	20.33	20.00	19.68
Crit W.S. (m)	403.38	Flow Area (m2)		103.22	
E.G. Slope (m/m)	0.015388	Area (m2)		103.22	
Q Total (m3/s)	511.56	Flow (m3/s)		511.56	
Top Width (m)	103.27	Top Width (m)		103.27	
Vel Total (m/s)	4.96	Avg. Vel. (m/s)		4.96	
Max Chl Dpth (m)	2.07	Hydr. Depth (m)		1.00	
Conv. Total (m3/s)	4123.9	Conv. (m3/s)		4123.9	
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)		103.39	
Min Ch El (m)	400.92	Shear (N/m2)		150.64	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		746.61	
Frctn Loss (m)	0.31	Cum Volume (1000 m3)	0.00	645.92	0.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.03	662.31	0.05

Cross Section Output

File Type Options Help

River: Rio Profile: T=100

Reach Reach 1 RS: 5480.00* Plan: Run_1

Plan: Run_1 Rio RImac Reach 1 RS: 5480.00* Profile: T=100

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	381.39				
Vel Head (m)	1.41	Wt. n-Val.	0.050	0.025	
W.S. Elev (m)	379.98	Reach Len. (m)	20.96	20.00	19.00
Crit W.S. (m)	380.46	Flow Area (m2)	0.01	97.28	
E.G. Slope (m/m)	0.018051	Area (m2)	0.01	97.28	
Q Total (m3/s)	511.56	Flow (m3/s)	0.00	511.56	
Top Width (m)	100.65	Top Width (m)	0.25	100.40	
Vel Total (m/s)	5.26	Avg. Vel. (m/s)	0.21	5.26	
Max Chl Dpth (m)	1.34	Hydr. Depth (m)	0.02	0.97	
Conv. Total (m3/s)	3807.6	Conv. (m3/s)	0.0	3807.6	
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)	0.25	100.51	
Min Ch El (m)	378.64	Shear (N/m2)	3.75	171.33	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	0.77	900.96	
Frctn Loss (m)	0.36	Cum Volume (1000 m3)	0.00	514.75	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.00	522.91	

Cross Section Output

File Type Options Help

River: Rio Profile: T=100

Reach: Reach 1 RS: 4460.00* Plan: Run_1

Plan: Run_1 Rio RImac Reach 1 RS: 4460.00* Profile: T=100

E.G. Elev (m)	361.91	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.68	Wt. n-Val.		0.025	
W.S. Elev (m)	360.22	Reach Len. (m)	21.17	20.00	18.68
Crit W.S. (m)	360.74	Flow Area (m2)		89.01	
E.G. Slope (m/m)	0.015310	Area (m2)		89.01	
Q Total (m3/s)	511.56	Flow (m3/s)		511.56	
Top Width (m)	70.96	Top Width (m)		70.96	
Vel Total (m/s)	5.75	Avg. Vel. (m/s)		5.75	
Max Chl Dpth (m)	2.02	Hydr. Depth (m)		1.25	
Conv. Total (m3/s)	4134.3	Conv. (m3/s)		4134.3	
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)		71.14	
Min Ch El (m)	358.21	Shear (N/m2)		187.85	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		1079.58	
Frctn Loss (m)	0.30	Cum Volume (1000 m3)		419.66	
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		427.81	

Cross Section Output

File Type Options Help

River: Rio Profile: T=100

Reach: Reach 1 RS: 2500 Plan: Run_1

Plan: Run_1 Rio RImac Reach 1 RS: 2500 Profile: T=100

E.G. Elev (m)	330.58	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	2.10	Wt. n-Val.		0.025	
W.S. Elev (m)	328.49	Reach Len. (m)	19.24	20.00	20.75
Crit W.S. (m)	329.19	Flow Area (m2)		79.74	
E.G. Slope (m/m)	0.023662	Area (m2)		79.74	
Q Total (m3/s)	511.56	Flow (m3/s)		511.56	
Top Width (m)	74.77	Top Width (m)		74.77	
Vel Total (m/s)	6.42	Avg. Vel. (m/s)		6.42	
Max Chl Dpth (m)	1.95	Hydr. Depth (m)		1.07	
Conv. Total (m3/s)	3325.6	Conv. (m3/s)		3325.6	
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)		74.91	
Min Ch El (m)	326.54	Shear (N/m2)		247.02	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		1584.67	
Frctn Loss (m)	0.41	Cum Volume (1000 m3)		230.83	
C & E Loss (m)	0.12	Cum SA (1000 m2)		257.20	



Cross Section Output

File Type Options Help

River: Profile:

Reach: RS: Plan:

Plan: Run_1 Rio Rímac Reach 1 RS: 1000 Profile: T=100

Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	305.70		
Vel Head (m)	1.12		
W.S. Elev (m)	304.57		
Crit W.S. (m)	304.91		
E.G. Slope (m/m)	0.019169		
Q Total (m3/s)	511.56		
Top Width (m)	139.33		
Vel Total (m/s)	4.70		
Max Chl Dpth (m)	1.57		
Conv. Total (m3/s)	3694.9		
Length Wtd. (m)	20.00		
Min Ch El (m)	303.00		
Alpha	1.00		
Frctn Loss (m)	0.28		
C & E Loss (m)	0.10		
Wt. n-Val.		0.025	
Reach Len. (m)	19.16	20.00	20.86
Flow Area (m2)		108.93	
Area (m2)		108.93	
Flow (m3/s)		511.56	
Top Width (m)		139.33	
Avg. Vel. (m/s)		4.70	
Hydr. Depth (m)		0.78	
Conv. (m3/s)		3694.9	
Wetted Per. (m)		139.48	
Shear (N/m2)		146.80	
Stream Power (N/m s)		689.41	
Cum Volume (1000 m3)		64.85	
Cum SA (1000 m2)		66.16	



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 07-01-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: WILDER ADHERLY MAMANI CANO

Dirección: Jr. LAMPA 236 BELLAVISTA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71040272

Teléfono: 916 259 001 email: m4n1c1t021@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES ASISTIDO POR COMPUTADOR Y
PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LOS MÁRGENES
DEL RÍO RAMIS EN LA PROVINCIA DE HUANCANE 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ZONA INUNDABLE, HEC-RAS, HEC-HMS, MITIGACIÓN

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

07-01-2025

Fecha