



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



INFORME N° 15-2024-UNACH/UI/MAST

A : **Dr. Ing Elmer Natividad Chávez Vásquez.**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA y NELLY YDROGO BAUTISTA.

FECHA : Colpa Matara, 13 de marzo del 2024.

REFERENCIA: i) Envío de tesis en digital en su versión final
ii) CARTA N° 09 - 2024 - EPIC - UNACH/ENCHV / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) Carta N 14-2024-UNACH-LAMC / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) CARTA N° 06-2024-UNACH/MAST / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA y NELLY YDROGO BAUTISTA**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157792

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 13 de marzo del 2024.

C.O. N° 15-2024-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA y NELLY YDROGO BAUTISTA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 17% excluyendo citas, bibliografía y fuentes que tengan menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.


Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
13	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
14	www.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
19	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	

<1 %

21

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

22

www.redalyc.org

Fuente de Internet

<1 %

23

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

www.dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

25

www.iagua.es

Fuente de Internet

<1 %

26

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

27

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

<1 %

28

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

29

CESEL S A. "EIA-D del Proyecto Enlace 500 kV Nueva Yanango - Nueva Huánuco y Subestaciones Asociadas-IGA0011521", R.D. N° 00085-2020-SENACE-PE/DEIN, 2021

Publicación

<1 %

30	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	<1 %
31	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	www.bergara.eus Fuente de Internet	<1 %
34	www.scilit.net Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	investigacion.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
38	revistas.ufps.edu.co Fuente de Internet	<1 %
39	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
40	1library.co Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.upn.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

42

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

43

Submitted to Universidad San Francisco de Quito

Trabajo del estudiante

<1 %

44

dataonline.gacetajuridica.com.pe

Fuente de Internet

<1 %

45

eprints.ucm.es

Fuente de Internet

<1 %

46

open_jicareport.jica.go.jp

Fuente de Internet

<1 %

47

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

48

repositorio.unphu.edu.do

Fuente de Internet

<1 %

49

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

50

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

51

guamanpoma.org

Fuente de Internet

<1 %

52

repositorio.espe.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

53

repository.eia.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

54

revistas.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

55

rua.ua.es

Fuente de Internet

<1 %

56

Submitted to Dumfries and Galloway College

Trabajo del estudiante

<1 %

57

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

58

sli.uvigo.es

Fuente de Internet

<1 %

59

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

60

Submitted to Universidad Industrial de Santander UIS

Trabajo del estudiante

<1 %

61

Submitted to aesanlucas

Trabajo del estudiante

<1 %

62

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

63

www.bvsde.paho.org

Fuente de Internet

<1 %

64

www.gov.br

Fuente de Internet

<1 %

65

Richard Schofield. "Locating the channel and other tales from the river bank: constants and change in river boundary delimitation", Water International, 2022

Publicación

<1 %

66

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

67

Submitted to Universidad de San Martín de Porres

Trabajo del estudiante

<1 %

68

cybertesis.uni.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

69

repositorio.undac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

70

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

71

BISA INGENIERIA DE PROYECTOS S.A.. "EIA-SD para el Proyecto Explotación de Calizas Acumulación Puno-IGA0017792", R.D. N° 461-2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2022

Publicación

<1 %

72

BISA INGENIERIA DE PROYECTOS S.A.. "Plan de Cierre de Minas Detallado para la Cantera Azul-IGA0014145", R.D. N° 352-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2021

Publicación

<1 %

73

Submitted to Consorcio CIXUG

Trabajo del estudiante

<1 %

74

Submitted to Instituto Universitario de Investigación Ortega y Gasset

Trabajo del estudiante

<1 %

75

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Trabajo del estudiante

<1 %

76

Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Trabajo del estudiante

<1 %

77

Submitted to Universidad Tecnica De Ambato-
Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE

Trabajo del estudiante

<1 %

78

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "ITS del Proyecto Mejora Tecnológica en la Producción de Clínker-IGA0018510", R.D. N° 00214-2022-PRODUCE/DGAAMI, 2022

Publicación

<1 %

79

bibliotecadigital.udea.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

80	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
81	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
82	www.ieo.es Fuente de Internet	<1 %
83	CESEL S A. "EIA-SD del Proyecto Línea de Transmisión en 220 kV S.E. Carabayllo - S.E. Nueva Jicamarca-IGA0003081", R.D. N° 352-2013-MEM/AAE, 2020 Publicación	<1 %
84	dbpedia.org Fuente de Internet	<1 %
85	inis.iaea.org Fuente de Internet	<1 %
86	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
87	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
88	revistabionatura.com Fuente de Internet	<1 %
89	revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
90	www.enfoquederecho.com Fuente de Internet	<1 %

91	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
92	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
93	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
94	es.yagkai.com Fuente de Internet	<1 %
95	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
96	public.wmo.int Fuente de Internet	<1 %
97	repositorio.udaff.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
98	repositorio.unid.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
99	revistas.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
100	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
101	www.car.gov.co Fuente de Internet	<1 %
102	www.derechos.org.ve Fuente de Internet	<1 %

103

www.mdpi.com

Fuente de Internet

<1 %

104

www.risolidaria.org

Fuente de Internet

<1 %

105

www.semanticscholar.org

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Análisis de susceptibilidad a inundaciones para la delimitación de la faja marginal, quebrada Colpamayo, sectores urbanos 1, 2 y 9 Chota, 2022

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA

NELLY YDROGO BAUTISTA

Asesor:

Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Chota – Perú

2024

**ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES
PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL,
QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y
9 CHOTA, 2022**

POR:

SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA

NELLY YDROGO BAUTISTA

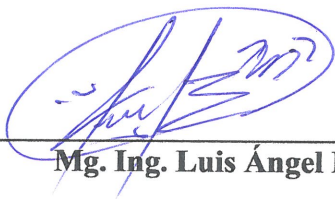
**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



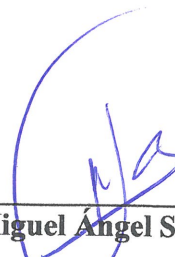
Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez

PRESIDENTE



Mg. Ing. Luis Ángel Mozo Cruz

SECRETARIO



Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos en la sala de docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería del Campus Universitario- Colpamatara, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Shoany Medalith Cieza Pereyra y Nelly Ydrogo Bautista**, denominado: “ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 y 9 CHOTA, 2022”; escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

16 (DIECISEIS)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo., en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 20 de marzo del 2024

Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
PRESIDENTE

Mg. Luis Angel Mozo Cruz
SECRETARIO

Mg. Miguel Ángel Silva Tarrillo
VOCAL

Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

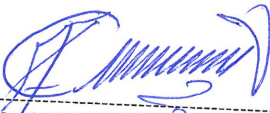
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: “ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 y 9 CHOTA, 2022”; presentado por los Bachilleres: Shoany Medalith Cieza Pereyra y Nelly Ydrogo Bautista, sustentada el día de 20 de marzo del 2024, por Resolución de Coordinación N°073-2024-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 22 de marzo del 2024



Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
PRESIDENTE



Mg. Luis Ángel Mozo Cruz
SECRETARIO



Mg. Miguel Ángel Silva Tarrillo
VOCAL



Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios primeramente por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, por darme la fortaleza para continuar siempre y lograr mis objetivos.

A mis padres Cesar y Consuelo, por el amor y apoyo que me han brindado siempre, por haberme guiado por el buen camino y hacer de mí una persona capaz de lograr sus objetivos y sobresalir a pesar de las adversidades que se presentan en el camino.

A mis hermanos Idelso, Nancy, Gladys y Nery por su constante apoyo que me han brindado desde siempre; ya que son ellos la fuerza y la razón que me impulsa a seguir adelante y lograr todas mis metas planteadas.

A mí compañera de tesis, por la paciencia y apoyo para lograr la culminación de este proyecto.

NELLY YDROGO BAUTISTA

A Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fueras para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

A mis padres Manuel y Lucy quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía y buenos valores. Es un orgullo y privilegio ser su hija, sin su apoyo nada hubiese sido posible.

A mis hermanos Herlin, Dorely, Sintia, Pamela y Layla; por estar siempre presentes en mi vida con su apoyo absoluto, dándome fuerzas para seguir adelante.

A mi tía Sonia Pereyra Vásquez por su apoyo incondicional y por siempre estar pendiente de mí.

A mi compañera de tesis, por su esfuerzo, dedicación y comprensión durante el desarrollo de este proyecto.

A mis familiares y amigos, quienes de una u otra manera fueron partícipes de este proceso.

SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han hecho posible la culminación de esta tesis.

En primer lugar, agradecemos a Dios por habernos brindado la fuerza y la sabiduría necesarias para llevar a cabo este proyecto de investigación. Su guía incondicional nos ha permitido superar cualquier obstáculo que se ha presentado en el camino.

Nos gustaría extender nuestro más profundo agradecimiento al Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro, nuestro asesor, por su valiosa orientación, experiencia y dedicación. Su apoyo constante y sus conocimientos han sido fundamentales para el éxito de este trabajo. Estamos realmente agradecidas por toda la paciencia y el tiempo que ha invertido en nosotros.

Además, nos gustaría expresar nuestro agradecimiento a todos los habitantes de los sectores urbanos 1, 2, 3 y 9 que colindan con la quebrada Colpamayo. Su cooperación y participación activa en este estudio han sido indispensables. Gracias por abrirnos las puertas de sus hogares y compartir su conocimiento y experiencias con nosotros. Estamos muy agradecidas por su amabilidad y disposición en ayudarnos a recopilar la información necesaria.

Sin su apoyo, este proyecto no habría sido posible. Estamos profundamente agradecidas y esperamos que este trabajo pueda ser de utilidad para la comunidad en general.

¡Muchas gracias a todos!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Justificación	19
1.4. Delimitación de la investigación.....	20
1.5. Limitaciones.....	21
1.6. Objetivos	22
1.6.1. Objetivo general.....	22
1.6.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes	23
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.1.3. Antecedentes regionales	29
2.2. Bases teórico – científicas	31
2.2.1. Gestión de recursos hídricos	31
2.2.2. Capacidad de carga hidráulica del cauce	32
2.2.3. Teoría prospectiva para eludir la susceptibilidad frente a inundaciones	33
2.2.4. Predicción de inundaciones: Modelación hidráulica	35
2.3. Marco conceptual	37
2.3.1. Río y/o quebrada.....	37
2.3.2. Inundación fluvial	39
2.3.3. Estudio hidrológico e hidráulico de un río para modelar la inundación fluvial .	40
2.3.4. Susceptibilidad a inundaciones fluviales	51
2.3.5. Fajas marginales	56

2.4. Hipótesis	63
2.5. Operacionalización de variables	63
2.5.1. Variable independiente: Susceptibilidad a inundaciones.....	63
2.5.2. Variable dependiente: Delimitación de la faja marginal	63
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	66
3.1. Tipo y nivel de investigación	66
3.2. Diseño de investigación	67
3.3. Métodos de investigación	70
3.4. Población, muestra y muestreo	71
3.4.1. Población	71
3.4.2. Muestreo	72
3.4.3. Muestra	73
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	74
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	74
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	75
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	77
3.6.1. Proceso de obtención de los datos	77
3.6.2. Procesamiento de datos.....	110
3.6.3. Análisis de datos	111
3.7. Aspectos éticos	111
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	112
4.1. Descripción de resultados	112
4.1.1. Susceptibilidad a inundaciones fluviales	112
4.1.2. Delimitación de la faja marginal.....	122
4.2. Contrastación de hipótesis	141
4.3. Discusión de resultados	143
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
5.1. Conclusiones	147
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	148

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	149
CAPÍTULO VII. ANEXOS	161
Anexo A. Matriz de consistencia.....	161
Anexo B. Panel fotográfico	162
Anexo C. Determinación del coeficiente de Manning	172
Anexo D. Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Colpamayo	177
Anexo E. Estudio hidrológico	178
Anexo F. Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2016)	179
Anexo G. Planos	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Periodo De Retorno según Fuente Hidrográfica y Proyectos u Obras	45
Tabla 2 Nivel de Susceptibilidad a Inundación Fluvial.....	51
Tabla 3 Pendiente	52
Tabla 4 Geomorfología	52
Tabla 5 Vegetación y/o Uso del Suelo	53
Tabla 6 Morfometría del Cauce.....	54
Tabla 7 Geología	54
Tabla 8 Nivel de Inundación Fluvial según Tiempo de Retorno (Tr) en Años	55
Tabla 9 Ancho Mínimo de Faja Marginal en Cuerpos de Agua.....	58
Tabla 10 Matriz de Operacionalización de Variables	64
Tabla 11 Tipo de investigación según los principales criterios.....	67
Tabla 12 Coordenadas UTM del Tramo de la Quebrada Colpamayo, Chota.....	71
Tabla 13 Coordenadas UTM de los BMS en la Quebrada Colpamayo.....	77
Tabla 14 Parámetros Geomorfológicos de la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo	82
Tabla 15 Número de Curva para la Cuneca en Condiciones Húmedas.....	84
Tabla 16 Ubicación Geográfica de la Estación Meteorológica Chota.....	85
Tabla 17 Data de la Estación Meteorológica Chota: Precipitación Máxima en 24 horas de 1971 a 2021.....	86
Tabla 18 Precipitación Máxima 24 horas Histórica y Corregida	88
Tabla 19 Precipitación Máxima 24 horas Transpuesta a la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo	89
Tabla 20 Valores Delta Teórico y Delta Tabular de las Precipitaciones.....	90
Tabla 21 Precipitaciones Máximas por Periodo de Retorno (años) para la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	91
Tabla 22 Caudales Máximos de acuerdo con el Periodo de Retorno en Años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	95
Tabla 23 Ponderación y Valoración de las Dimensiones, Parámetros e Indicadores para Determinar la Susceptibilidad Frente a Inundaciones Fluviales de la Quebrada Colpamayo de acuerdo a CENEPRED (2015).....	103
Tabla 24 Nivel de Susceptibilidad a Inundaciones Fluviales en la Quebrada Colpamayo	113
Tabla 25 Condicionantes en la Quebrada Colpamayo	115
Tabla 26 Pendiente en la Quebrada Colpamayo.....	116
Tabla 27 Geomorfología en la Quebrada Colpamayo.....	117
Tabla 28 Vegetación y/o Uso del Suelo en la Quebrada Colpamayo.....	118

Tabla 29 Morfometría en la Quebrada Colpamayo	119
Tabla 30 Geología en la Quebrada Colpamayo.....	120
Tabla 31 Nivel de Inundación Fluvial en la Quebrada Colpamayo	121
Tabla 32 Porcentaje de Afectación por Desborde de la Quebrada Colpamayo.....	122
Tabla 33 Áreas de Inundación por Sectores por los que pasa la Quebrada Colpamayo	122
Tabla 34 Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo en el Sector 1, Lado Derecho	134
Tabla 35 Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo en el Sector 2, Lado Derecho	134
Tabla 36 Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo en el Sector 3, Lado Derecho	134
Tabla 37 Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo en el Sector 9, Lado Izquierdo.....	135
Tabla 38 Tramos en los que No se Puede Delimitar la Faja Marginal y Debe Construirse Defensas Ribereñas.....	139
Tabla 39 Prueba T-Student para Susceptibilidad a Inundación Fluvial	141
Tabla 40 Prueba T 2 Muestras para Susceptibilidad a Inundación Fluvial	142
Tabla 41 Coeficiente de Manning por Tramos para Obtener el Coeficiente Manning Promedio	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) Orientados a los Objetivos de Desarrollo.....	31
Figura 2 Sección Transversal Irregular Típica de un Río	32
Figura 3 Gestión prospectiva del riesgo de desastres.....	33
Figura 4 Interrelación ente Planificación Estratégica, Sistémica y Prospectiva	34
Figura 5 Sistema de la Planificación Estratégica, Sistémica y Prospectiva	34
Figura 6 Modelo de Simulación Hidráulica con HEC-RAS	36
Figura 7 Tipos de Ríos	37
Figura 8 Partes de un Río en Relación a la Cuenca de la que Forma Parte	38
Figura 9 Representación Gráfica de una Inundación Fluvial	39
Figura 10 Partes de una cuenca.....	40
Figura 11 Tipos de Formas de las Curvas Hipsométricas que se Pueden Encontrar en una Cuenca	42
Figura 12 Representación de la Precipitación en un Hietograma	46
Figura 13 Hidrograma Unitario para Estimar Caudales Máximos.....	48
Figura 14 Representación Gráfica del Proceso de Simulación Hidráulica para determinar Áreas de Inundación Fluvial.....	49
Figura 15 Representación Gráfica de la Morfometría de los Ríos según Rosgen, 1996.....	53
Figura 16 Representación Gráfica de las Fajas Marginales	56
Figura 17 Longitud Mínima para la Delimitación de la Faja Marginal	56
Figura 18 Tiempo de Retorno de Acuerdo al Uso Colindante.....	57
Figura 19 Representación de la Identificación de Huellas Máximas	58
Figura 20 Mínimo Ancho de Faja Marginal.....	59
Figura 21 Importancia de la Delimitación de Fajas Marginales	60
Figura 22 Actividades No Permitidas en la Faja Marginal	62
Figura 23 Diseño de Investigación: Descriptivo Causal Simple.....	69
Figura 24 Mapa de Ubicación de la Quebrada Colpamayo en Chota	71
Figura 25 Plano de Sectores de la Ciudad de Chota por los que pasa la Quebrada Colpamayo.....	72
Figura 26 Plano del Área de Estudio en el Recorrido de la Quebrada Colpamayo en la Ciudad de Chota	73
Figura 27 Toma de Coordenadas del BM en la Quebrada Colpamayo Durante el Levantamiento Topográfico.....	79
Figura 28 Ubicación Política de la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	80
Figura 29 Delimitación de la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	81

Figura 30 Curva Hipsométrica y Gráfico de Frecuencias de la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo	83
Figura 31 Número de Curva para la Cuenca en Condiciones Húmedas	84
Figura 32 Ubicación de la Estación Chota, Distrito de Chota.....	85
Figura 33 P _{máx} 24 horas (1971-2021) en la Estación Chota.....	86
Figura 34 Análisis de Datos Atípicos (Outliers) de las Precipitaciones Máximas de la Estación Chota	87
Figura 35 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 10 años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	92
Figura 36 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 50 años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	92
Figura 37 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 100 años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	93
Figura 38 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 200 años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	93
Figura 39 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 500 años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	94
Figura 40 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)	94
Figura 41 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 10 Años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo	95
Figura 42 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 50 Años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo	96
Figura 43 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 100 Años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	96
Figura 44 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 200 Años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	97
Figura 45 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 500 Años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo.....	97
Figura 46 Modelo HEC-RAS 6.1 del Cauce de la Quebrada Colpamayo	98
Figura 47 Ingreso del Hietograma Unitario al Modelo HEC-RAS	99
Figura 48 Malla para Colocar el Hidrograma de Entrada y las Condiciones de Salida	99
Figura 49 Llanura de Inundación Tr 10 años, Quebrada Colpamayo	100
Figura 50 Llanura de Inundación Tr 50 años, Quebrada Colpamayo	100
Figura 51 Llanura de Inundación Tr 100 años, Quebrada Colpamayo	101
Figura 52 Llanura de Inundación Tr 200 años, Quebrada Colpamayo	101
Figura 53 Llanura de Inundación Tr 500 años, Quebrada Colpamayo	101

Figura 54 Visitas de Campo en la Quebrada Colpamayo para Definir la Vegetación y/o Uso del Suelo en el Área de Influencia	105
Figura 55 Visitas de Campo en la Quebrada Colpamayo para Definir su Morfometría en Tramos Rectos y Tramos Meandriiformes	106
Figura 56 Visitas de Campo en la Quebrada Colpamayo para Definir el Tipo de Rocas Presentes por Inspección Visual.....	107
Figura 57 Verificación del Nivel de Agua o Huella Hídrica Observable en Diferentes Puntos de la Quebrada Colpamayo	108
Figura 58 Forma en la que se Plantea la Delimitación de la Faja Marginal en Planta y Elevación de Acuerdo al ANA-2017	110
Figura 59 Nivel de Susceptibilidad a Inundaciones Fluviales en la Quebrada Colpamayo	114
Figura 60 Condicionantes en la Quebrada Colpamayo	115
Figura 61 Pendiente en la Quebrada Colpamayo	116
Figura 62 Geomorfología en la Quebrada Colpamayo	117
Figura 63 Vegetación y/o Uso del Suelo en la Quebrada Colpamayo	118
Figura 64 Morfometría en la Quebrada Colpamayo	119
Figura 65 Geología en la Quebrada Colpamayo	120
Figura 66 Nivel de Inundación Fluvial en la Quebrada Colpamayo	121
Figura 67 Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 10 años .	123
Figura 68 Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 50 años .	123
Figura 69 Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 100 años	124
Figura 70 Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 200 años	124
Figura 71 Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 500 años	125
Figura 72 Sección Transversal Km 0+040 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años.....	125
Figura 73 Sección Transversal Km 0+580 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años.....	126
Figura 74 Sección Transversal Km 1+340 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años.....	126
Figura 75 Sección Transversal Km 1+640 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años.....	127
Figura 76 Sección Transversal Km 2+000 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años.....	127
Figura 77 Sección Transversal Km 2+220 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años.....	128
Figura 78 Sección Transversal Km 2+700 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años.....	128
Figura 79 Huellas Hídricas Superpuestas en la Quebrada Colpamayo	129
Figura 80 Huella Hídrica Máxima, Imagen Satelital del 17/05/2011, Quebrada Colpamayo	130
Figura 81 Huella Hídrica Máxima, Imagen Satelital del 21/06/2015, Quebrada Colpamayo	130
Figura 82 Huella Hídrica Máxima, Imagen Satelital del 31/10/2017, Quebrada Colpamayo	131
Figura 83 Huella Hídrica Máxima, Imagen Satelital del 04/08/2019, Quebrada Colpamayo	131
Figura 84 Huella Hídrica en la Quebrada Colpamayo de Acuerdo a la Imágenes Satelitales del año 2011, 2015, 2017 y 2019	132

Figura 85 Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo, para Tr 100 años	135
Figura 86 Primer Tramo de la Delimitación de la Faja Marginal en la Quebrada Colpamayo	136
Figura 87 Segundo Tramo de la Delimitación de la Faja Marginal en la Quebrada Colpamayo	136
Figura 88 Tramo de Mayor Inundación de la Delimitación de la Faja Marginal en la Quebrada Colpamayo	137
Figura 89 Tramo de Menor Inundación de la Delimitación de la Faja Marginal en la Quebrada Colpamayo	137
Figura 90 Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo	138
Figura 91 Faja Marginal Considerando el Uso Actual del Suelo.....	140
Figura 92 Correlación entre Susceptibilidad y Faja Marginal	142

RESUMEN

Las inundaciones fluviales ocurren durante épocas de avenidas, las que afectan a viviendas y/o zonas agrícolas, tal como ocurre en las inmediaciones del cauce de la quebrada Colpamayo; por lo que, el objetivo general ha sido: “Analizar la susceptibilidad a inundaciones para delimitar la faja marginal desde la parte baja de la quebrada Colpamayo cuyo cauce natural atraviesa los sectores de ampliación urbana 1, 2 y 9 de la ciudad de Chota, aplicando la normatividad vigente del CENEPRED y de Fajas marginales Resolución Jefatural N°332-2016-ANA”. Se realizó el levantamiento topográfico utilizando GPS Diferencial de una faja de 50 metros donde se realizó el modelamiento de áreas de inundación en el software HEC RAS 6.1 y además se determinó la susceptibilidad con la metodología CENEPRED, estimándose para la quebrada Colpamayo una alta a muy alta susceptibilidad (23.85% y 15.77%) a inundaciones fluviales donde de un área de 36.58 ha, el 20.68% se vería afectada. La faja marginal para la quebrada Colpamayo cumple con la normatividad vigente según la Resolución Jefatural N°332-2016-ANA. En caso de desborde para un tiempo de retorno de 100 años, el 16.46% de la superficie (36.58 ha) sería afectada, lo que requeriría un ancho libre que varía de 4.17 m a 51.31 m en diferentes puntos de la quebrada. Sin embargo, cabe mencionar que existen edificaciones construidas que limitan la delimitación libre de la faja marginal. Por esta razón, se concluyó que con la elaboración de un nuevo mapa de faja marginal se pueden asumir medidas de mitigación, tarea de funcionarios y gobernantes de la municipalidad distrital de Chota.

Palabras clave: Inundación fluvial, norma CENEPRED, modelamiento hidráulico HEC-Ras.

ABSTRACT

Fluvial floods occur during periods of flooding, which affect homes and/or agricultural areas, as occurs in the vicinity of the Colpamayo stream bed; therefore, the general objective has been: "Analyze the susceptibility to flooding to delimit the marginal strip from the lower part of the Colpamayo creek whose natural channel crosses the sectors of urban expansion 1, 2 and 9 of the city of Chota, applying the current regulations of CENEPRED and Marginal strips Jefatural Resolution N°332-2016-ANA". A topographic survey was carried out using Differential GPS of a 50-meter strip where the modeling of flood areas was performed in the HEC RAS 6.1 software and also the susceptibility was determined with the CENEPRED methodology, estimating for the Colpamayo creek a high to very high susceptibility (23.85% and 15.77%) to fluvial flooding where from an area of 36.58 ha, 20.68% would be affected. The marginal strip for the Colpamayo stream complies with current regulations according to Resolution No. 332-2016-ANA. In case of overflow for a return time of 100 years, 16.46% of the surface area (36.58 ha) would be affected, which would require a clear width that varies from 4.17 m to 51.31 m at different points of the creek. However, it is worth mentioning that there are existing buildings that limit the free delimitation of the marginal strip. For this reason, it was concluded that with the preparation of a new marginal strip map, mitigation measures can be taken, a task for officials and governors of the district municipality of Chota.

Keywords: River flooding, precipitation, slope, land use.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Las inundaciones fluviales son eventos naturales que ocurren cuando los niveles de agua de un río o quebrada exceden su capacidad de almacenamiento y se desbordan hacia las áreas circundantes (Ariyani et al., 2023). Estos eventos pueden ocasionar daños significativos en infraestructuras, viviendas y terrenos, así como poner en peligro la vida de las personas (Cieśliński et al., 2024).

La delimitación de la faja marginal es una medida preventiva que busca proteger las áreas más cercanas a las quebradas de posibles inundaciones futuras (Peña-Ricaldi & Mogrovejo-Gutierrez, 2023). Esta faja se establece en base al modelamiento hidrológico y análisis de la susceptibilidad a inundaciones fluviales (Ccopi-Trucios et al., 2023). La modelación hidrológica permite simular el comportamiento de una quebrada frente a diferentes escenarios de lluvia (Wang et al., 2023), brindando información precisa sobre los niveles de inundación (Yáñez-Morroni et al., 2023); y el análisis de susceptibilidad tiene como objetivo identificar las zonas más propensas a sufrir inundaciones fluviales (Miranda et al., 2023) de acuerdo a la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

En Perú, las inundaciones fluviales han sido un problema recurrente, especialmente en la región altoandina (Ccopi-Trucios et al., 2023). Pero durante el fenómeno del Niño ocurrido entre los años 2016-2017, esta problemática se agravó significativamente, provocando severas consecuencias para la población y las infraestructuras de estas zonas (Yglesias-González et al., 2023). Cajamarca fue

uno de los más afectados durante este periodo, y fue declarado en estado de emergencia por del Centro de Operaciones y Emergencia Nacional (COEN).

Ante estos eventos naturales, el país no se queda paralizado. Al contrario, la Ley de Recursos Hídricos N° 029338 establece que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es responsable de divulgar planes integrales de monitoreo de avenidas, así como de prevenir daños causados por inundaciones u otros efectos del agua. Estas medidas promueven la coordinación institucional, operativa y estructural necesaria. Además, la Ley N° 27867 otorga a los Gobiernos regionales la responsabilidad de dirigir, ejecutar, formular, administrar y evaluar las políticas en Defensa Civil. Con base en esta legislación, se aprueba la Ley N° 029664, que crea el SINAGERD, un sistema nacional que integra a los Gobiernos Regionales y Locales, quienes se encargan de gestionar los procedimientos relacionados con la gestión de riesgos de desastres en sus localidades.

Por tanto, la reducción de la susceptibilidad frente a inundaciones fluviales es una de las principales preocupaciones de los entes gubernamentales (Ashraf et al., 2023). Tal es el caso, de la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH) que, pese a sus esfuerzos por reducir el impacto de las fuertes precipitaciones en el área urbana, siguen presentándose numerosas y frecuentes inundaciones fluviales, que afectan a los pobladores y a la infraestructura existente, así lo muestran reportes del Instituto Nacional de defensa civil (INDECI, 2009; INDECI, 2015; INDECI, 2015; INDECI, 2021; INDECI, 2022), Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017) y noticias locales (Asencio, 2013); además según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018), el río Chotano y la quebrada Colpamayo forman parte de los puntos críticos con riesgo a inundación fluvial, pero aun así no tienen delimitada su faja marginal.

Habiendo indagado en las distintas instituciones como la Municipalidad Provincial y la Autoridad Local de Agua (ALA) de la ciudad de Chota, se encontró que no se cuenta con estudios terminados, solo programados para hacer frente a inundaciones fluviales. Uno de los estudios programados, cuyo desarrollo no ha iniciado, es el de la faja marginal en la quebrada Colpamayo, la cual atraviesa los sectores 1, 2 y 9. Es por ello, que los técnicos de estas instituciones expresaron que sería oportuno llevar a cabo una investigación a nivel de Tesis para consolidar esta información. Esto es especialmente importante debido a que cerca del cauce de la quebrada Colpamayo hay viviendas construidas con material noble, las cuales durante el año 2022 fueron afectadas por las fuertes lluvias inusuales (INDECI, 2022), constatando así el alto riesgo de las viviendas construidas cerca de la ribera de la quebrada, así como la posibilidad de desbordamientos e inundaciones en zonas agrícolas aledañas a la quebrada Colpamayo.

Por lo tanto, bajo estos argumentos técnicos bibliográficos, se plantea analizar la susceptibilidad a inundaciones que se presentan en las partes bajas de los sectores urbanos 1;2 y 9 de la ciudad de Chota para delimitar la faja marginal en la quebrada Colpamayo, teniendo en cuenta la aplicación del reglamento instaurado en la Resolución Jefatural N°0332-2016-ANA, con modificaciones en los artículos 1, 2 y 16 establecidas en la Resolución Jefatural N°201-2017-ANA), constituyéndose este estudio como un aporte institucional universitario a la comunidad chotana, quedando el compromiso de los investigadores para derivar estos resultados a dichas instituciones.

1.2. Formulación del problema

¿Qué tan susceptible a inundaciones fluviales son los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la ciudad de Chota dentro de la delimitación de la faja marginal en la quebrada Colpamayo?

1.3. Justificación

Los motivos que llevaron a elegir este tema como objeto de estudio fueron la recurrente presencia de inundaciones en la quebrada Colpamayo en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota. Estas inundaciones han generado diversos daños materiales en viviendas, por lo que era necesario realizar un análisis de susceptibilidad a inundaciones para delimitar de manera más precisa el área afectada.

El aporte teórico de esta investigación consiste en identificar y analizar la susceptibilidad a inundaciones para la delimitación de la faja marginal de la quebrada Colpamayo en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota. Esto ha permitido generar información científica y técnica sobre las áreas más vulnerables a inundaciones, contribuyendo a la toma de decisiones en la planificación urbana y la gestión del riesgo de desastres. Aunque se tiene conocimiento general de las zonas propensas a inundaciones en el distrito, no se contaba con un análisis más específico de la faja marginal de la quebrada Colpamayo en estos sectores.

La investigación se apoyó en teorías y conceptos reconocidos en el campo de la hidrología y la ingeniería de inundaciones, como la evaluación de la vulnerabilidad, la capacidad de carga hidráulica del cauce y la modelación hidráulica. Estos fundamentos teóricos fueron aplicados para el análisis de la susceptibilidad a inundaciones en la zona de estudio en conjunto con la metodología CENEPRED (2015). Así mismo, esta investigación incrementó el

conocimiento científico al proporcionar datos actualizados y detallados sobre la susceptibilidad a inundaciones en la faja marginal de la quebrada Colpamayo en los sectores urbanos analizados. Esto permitió identificar áreas de mayor riesgo y proporcionar información que puede ser utilizada por las autoridades locales para mejorar la planificación urbana y la gestión del riesgo de desastres.

Los favorecidos directos serán los habitantes de los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota, quienes se beneficiarán al contar con información detallada sobre las zonas de mayor susceptibilidad a inundaciones fluviales en la quebrada Colpamayo. Esto les permitirá tomar medidas de prevención y preparación adecuadas, así como contar con una planificación urbana más segura y resiliente. También se verán beneficiadas las autoridades locales y los responsables de la gestión del riesgo, quienes podrán contar con datos precisos para tomar decisiones informadas y eficientes en cuanto a la prevención y respuesta frente a inundaciones, además de que, resuelve el problema de la delimitación de la faja marginal de la quebrada Colpamayo en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota con el fin de determinar las zonas más propensas a inundaciones.

1.4. Delimitación de la investigación

La presente investigación se centra sobre la base de identificar y analizar la susceptibilidad a inundaciones que pueden ocurrir en las partes bajas de los sectores 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota, especialmente considerando la delimitación de la faja marginal de acuerdo con la normatividad vigente. De esta manera, el estudio se centra sobre 36.58 ha que representa el área de influencia a lo largo 2.73 km de la quebrada Colpamayo, desde su nacimiento hacia la parte más alta, conforme a resultados del levantamiento topográfico realizado con GPS Diferencial CHCNAV i90 IMU-RTK. Por lo tanto, la población de estudio se

centró sobre la base de las viviendas que están construidas en las márgenes de la quebrada hasta una distancia aproximada de 50 metros a partir de su eje en cada margen, reiterando que esta quebrada atraviesa la ciudad de Chota a lo largo de los sectores 1, 2, 3 y 9, especificando que este trabajo se realizó el año 2022 y duró aproximadamente ocho meses de trabajo de campo y el resto correspondió a la redacción del informe final en aplicación a la metodología de la Norma del CENEPRED.

1.5. Limitaciones

Una de las primeras limitaciones o dificultades está centrada en que no se está analizando la morfometría en sí de la quebrada Colpamayo, otras dificultades ha sido la cercanía de las viviendas a la ribera del cauce, influyendo en el levantamiento topográfico, así mismo, se espera que la información proporcionada por los habitantes que tiene sus viviendas cercanas a la quebrada, hayan sido de entera confianza.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Analizar la susceptibilidad a inundaciones para la delimitación de la faja marginal en la parte baja de la quebrada Colpamayo cuyo cauce natural atraviesa los sectores de ampliación urbana 1, 2 y 9 de la ciudad de Chota, aplicando la normatividad vigente.

1.6.2. Objetivos específicos

- Delimitar áreas susceptibles a inundaciones en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la Quebrada Colpamayo mediante aplicación del software HEC RAS 6.1, teniendo en cuenta el análisis de precipitaciones máximas de 24 horas, para períodos de retorno de 10, 100, 200 y 500 años.
- Delimitar la faja marginal en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la Quebrada Colpamayo, teniendo en cuenta la normatividad vigente de Fajas marginales Resolución Jefatural N°332-2016-ANA y utilizando como Herramientas complementarias el software HEC RAS 6.1 y/o Google Earth 2023.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Ceragene et al. (2023) tuvieron como objetivo analizar el impacto de las inundaciones en Villahermosa (Tabasco, México) con una metodología para la construcción de mapas de riesgo de inundaciones a partir de un estudio hidráulico, análisis de índices de vulnerabilidad social, cálculo de índices de severidad y construcción de mapas de amenaza. Determinando que, las precipitaciones frecuentes provocan inundaciones del orden de 2 m, de acuerdo con observaciones anuales realizadas en Villahermosa. Las precipitaciones más extremas pueden provocar inundaciones superiores a los 4 m en zonas marginadas de la ciudad. Siendo, las zonas de mayor riesgo tramos cercanos a los ríos que atraviesan la ciudad, y el daño económico estimado es superior a los USD 14 millones.

Scholfield (2022) tuvo como objetivo indagar cuatro estudios operativos de fajas marginales implementadas en los ríos Shatt al-Arab (Irán/Irak); Jordania (Israel/Jordania); Chobe (Botswana/Namibia); y Bahr al-Arab (Sudán del Sur/Sudán). El tipo de investigación fue analítica, documental, donde llegaron a los siguientes resultados: los límites fluviales de los ríos Shatt y Jordan son diseñados desde una perspectiva legal y regional (se delimitan las áreas de inundación y se define la faja marginal sin considerar el uso del suelo, sino simplemente respetando las normas actuales) por el contrario los límites fluviales de Israel y Jordania se diseñan por mutuo acuerdo territorial (la delimitación de la faja marginal toma en cuenta el uso actual del suelo, proponiendo defensas ribereñas en aquellas secciones con edificaciones construidas con anterioridad).

Nkeki et al. (2022) propusieron un enfoque híbrido de mapeo del riesgo de inundaciones y realizar una evaluación de la susceptibilidad de la infraestructura urbana en Ona River Basin, Nigeria. El tipo de investigación fue descriptiva no experimental, donde la muestra estuvo conformada por toda la cuenca del río Ona. Determinaron que, el 48.2% de la cuenca del río Ona está expuesta a inundaciones de moderada a muy alta susceptibilidad; además las zonas con alta densidad de edificios, redes de carreteras y ferrocarriles son zonas vulnerables a inundación fluvial. Concluyeron que, las autoridades pertinentes deben implementar modelos de gestión de inundaciones y definir prioridades para la alerta temprana y la preparación contra riesgos de inundaciones catastróficas.

Das & Scaringi (2021) tuvieron como objetivo analizar las tendencias de descarga de lluvias, factores de control y mapeo de su susceptibilidad para la cuenca Mahi en la India. El tipo de investigación fue descriptiva correlacional no experimental, donde la población estuvo conformada por toda la cuenca de Mahi y la muestra por todos los ríos. Llegando a determinar que, en la mayoría de los ríos la precipitación y los caudales disminuyen a lo largo de su cauce debido a la tendencia climática general de la zona considerando que en las partes medias abajo de la cuenca el clima es más cálido. En conclusión, a menor altura y a clima más cálido la precipitación y el caudal de los ríos son más bajos, por ende, las inundaciones fluviales también tienen menor intensidad.

Chakraborty et al. (2021) tuvieron como objetivo determinar las zonas susceptibles a inundaciones en la cuenca del río Kangsabati en la India. Aplicaron tres modelos de análisis de la susceptibilidad: la optimización de enjambre de partículas (PSO), una red neuronal artificial (ANN) y una red neuronal profunda (DLNN). Determinando que la susceptibilidad a inundaciones en la cuenca del río

Kangsabati era alta en los tres casos, pero variaban las áreas de inundación, siendo así, en base a ello, estimaron que la eficiencia era 0.914 para el modelo ANN; 0.920 para el modelo DLNN y 0.942 para el modelo PSO. Por lo que, concluyeron que, el modelo PSO tiene mejor rendimiento, siendo aplicable para mapear la susceptibilidad a inundaciones de la parte oriental de la India.

García et al. (2021) tuvieron como objetivo estimar la susceptibilidad con respecto a las inundaciones por acción de desborde pluvial considerando los factores meteorológicos en promedio en la cuenca inferior de Río Negro, Argentina. La metodología empleada fue del tipo aplicada empleando una evaluación multicriterio por medio de la suma de ponderación de las variables. Determinaron que el territorio tiene susceptibilidad de baja o media respecto a un 46.7% de toda su área (1,321.6 km²). Asimismo, que la probabilidad de inundaciones es más notoria en zonas de pendientes con topografía del 1% junto con un deficiente drenaje de suelo. Como conclusión determinaron que las localidades de Primera Angostura, Zanjón de Oyuela y La Boca junto con la ciudad de Viedma son áreas con susceptibilidad a inundación elevada.

Talukdar et al. (2020) tuvieron como objetivo predecir e identificar los sitios de inundación o zonas susceptibles a inundaciones en la cuenca del río Teesta en Bangladesh mediante el empleo de novedosos algoritmos de aprendizaje automático conjunto de última generación. El tipo de investigación fue descriptiva no experimental, donde la muestra estuvo conformada por 413 puntos de inundaciones actuales y anteriores. Determinando que las áreas de más de 800 km son zonas de muy alta susceptibilidad a inundaciones. Concluyeron que, los resultados obtenidos ayudaran a las autoridades regionales y locales para que formulen políticas que mitiguen los riesgos relacionados con las inundaciones.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Yuli-Posadas et al. (2023) tuvieron como objetivo identificar áreas de la subcuenca del Río Cunas en el municipio de Junín que son vulnerables a inundaciones. El tipo de investigación fue descriptiva, no experimental y la muestra estuvo conformada por la subcuenca del río Cunas. Deducieron que es posible que se produzcan inundaciones moderadas en tres zonas con importantes centros de población, por lo que, la susceptibilidad a inundaciones fluviales es alta. Siendo así concluyeron que, se deben plantear estrategias para reducir o controlar la inundación a fin de que no afecte al área urbana.

Salazar (2023) utilizó la metodología CENEPRED-2014 para evaluar el riesgo de inundación en el asentamiento humano Tacala de Piura. Para ello, empleó el software ArcGIS 10.5 para generar y presentar mapas que mostraran los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo en la zona. El autor determinó que el peligro de inundación era muy alto en un 0.07% de los 284 lotes analizados, alto en un 19.51% y medio en un 80.42%, no había ningún lote en bajo nivel de peligro. Estos resultados indican que la zona presenta un riesgo significativo de inundación. Sin embargo, concluyó que el riesgo total es considerado como alto y medio, pero debido a la frecuencia elevada de las inundaciones en la zona, este riesgo resulta inaceptable. Por lo tanto, recomendó la implementación de medidas y actividades inmediatas para gestionar y mitigar el riesgo de inundación en el asentamiento humano Tacala de Piura.

Zereceda & Paredes (2022) tuvieron como objetivo realizar un estudio de demarcación de límites en un valle cercano a la Asociación Señora de los Milagros. Distrito de Alabama, Condado y Distrito de Arequipa. El tipo de investigación fue descriptivo, no experimental y como resultados determinaron

que la franja ribereña está compuesta por material arenoso, por lo que, el ancho mínimo de la franja ribereña es de 3.0 m y el ancho máximo es de 8.0 m. Concluyeron que, la delimitación de áreas limítrofes es el punto de partida para la evaluación de la gestión de riesgos, por lo que este estudio debe tenerse en cuenta cuando se realiza la evaluación de riesgos (EVAR).

Castillo (2022) tuvo como objetivo delinear la sección del río Mantaro entre el puente Stuart y el Puente Breña en Junín comparando los límites del diseño Cruickshank-Berezovsky y los resultados obtenidos utilizando el software HEC-RAS. La investigación fue de tipo descriptivo no experimental, la muestra estuvo compuesta por 25 secciones del río Mantaro. Determinó que el esquema numérico de Kruickshank-Berezovsky está estrictamente limitado por la pendiente del río, ya que el esquema no converge para valores de pendiente mayores a 0.0024, así mismo, durante este proceso se puede observar que la magnitud del error de profundidad aumenta con el aumento del valor de la pendiente, lo que fija la pendiente recomendada para el esquema numérico igual a 0.0007. Así mismo, determinó que, el ancho de la faja marginal variaba de 4.37 m (sección 10) a 7.27 m (sección 1). Concluyó con la delimitación de la faja marginal en un plano.

Choque et al. (2020) tuvieron como objetivo identificar la zona marginal del río Caplina en los distritos de Pakyan y Karan mediante modelado hidráulico. El tipo de investigación fue explicativo retrospectivo teniendo cinco estaciones de muestreo del río Caplina, se utilizó como instrumentos fichas de campo y Sistema de Información Geográfico (SIG). Donde determinaron que con un tiempo de retorno de 25 años, el área total inundada era 267.09 m², profundidad máxima del agua 1.17 m, velocidad máxima de la corriente 4.22 m/s. En escenario de retorno a 50 años, el área total inundada era 388 m², zona límite 1.33, caudal máximo

44.55 m/s. En el escenario de retorno de 100 años, el caudal máximo es de 47.01 m³/s, el área inundada es de 653.83 m², la altitud del agua en la zona extrema es de 1.41 m, la velocidad máxima del flujo es de 4.87 m/s. Concluyeron que, la franja limítrofe y la profundidad del flujo de agua es mayor al aumentar el tiempo de retorno, pero con el TR de 100 años delimitaron la faja marginal.

Coaquira & Santos (2020) tuvieron como objetivo utilizar un modelo hidráulico para delimitar el Río Seco en Tacna. El tipo de investigación fue de nivel aplicada de nivel innovativa, la muestra está conformada por los principales tramos del Río Caplina, donde determinaron que, el ancho del lado derecho de la zona extrema era 30 m, ancho del lado izquierdo 10 m, tiempo de retorno 100 años, caudal 91.30 m³/s. En conclusión, es un flujo normal en la orilla del río y los residentes no correrán peligro de inundación fluvial.

Choque & Mamani (2020) tuvieron como objetivo desarrollar el modelamiento para delimitar las fajas marginales del río Caplina en los distritos de Pachía – Calana. Como metodología emplearon una investigación del nivel descriptivo, utilizaron la data pluviométrica de los 60 últimos años de la estación Calientes y lo procesaron en el programa Hidroesta para estimar los caudales máximos. Determinaron que el área de estudio es vulnerable con respecto a los riesgos de inundación, se reportaron caudales de 26 y 33 m³/s, lo cual origina un deterioramiento de las bocatomas Calientes y Challata, y con ello otros impactos negativos como las colmataciones de obra de encauzamientos respecto al Río analizado y la inundación de zonas de medio agrícola para las zonas de Calana y Pachía. Concluyeron que, el ancho promedio de faja marginal era 30 m tomada su medición desde la ribera del río Caplina en los dos márgenes siguiendo la normativa correspondiente para su delimitación.

2.1.3. Antecedentes regionales

Muñoz & Yamunaque (2023) tuvieron como objetivo determinar el nivel de riesgo de inundación de ríos en la región de Magllanal de Jaén. El tipo de investigación fue básica no experimental donde se utilizó el método CENEPRED-2014. Determinaron que el nivel de amenaza era moderado, pero el nivel de vulnerabilidad era alto, mientras que el riesgo a inundación era muy alto en el 1.47% (1 lote), alto en el 69.12% (47 lotes) y medio en el 29.41% (20 lotes) de los lotes. Concluyeron que los niveles de riesgo de inundaciones de los ríos son altos y por ello, sugirieron medidas estructurales y no estructurales apropiadas y planes efectivos para controlar el riesgo de inundaciones de los ríos.

Herrera (2023) tuvo como objetivo evaluar el nivel de riesgo de inundaciones de las casas construidas en el lecho del río San Lucas en Cajamarca. La investigación fue analítica no experimental, cuyos resultados arrojaron que el porcentaje de peligro alto fue del 3.33% y muy alto en el 96.67%, mientras que, el porcentaje de vulnerabilidad muy alto fue del 36.67% y muy alta en el 63.33%, por lo que, concluyó que, el porcentaje de riesgo extremadamente alto fue de 53.33% (16 hogares) con un nivel de riesgo de 0.085 a 0.201, mientras que el 46.67% (14 hogares) se encuentra en el grupo de riesgo alto, con un 0.023 a 0.085. Por tanto, es evidente que el nivel de riesgo de inundaciones en 2019 para las residencias ubicadas en la zona del río San Luca-Lucmacucho es muy alto.

Yrigoin & Vásquez (2022) tuvieron como objetivo evaluar el riesgo de inundaciones de la ciudad de Lajas debido al desbordamiento del río Jalqueño. El tipo de investigación fue cuantitativa utilizando como método CENEPRED-2014, para evaluar 23.10 ha en las que habitan 386 familias. Se tuvo como resultados que, el peligro era alto en el 23.1% y muy alto en el 32.4%; mientras que, el nivel

de vulnerabilidad era 49.7% (alto), por lo que, el nivel de riesgo de inundación de ríos era alto en el 48.7%. En conclusión, los residentes y la infraestructura urbana corren el riesgo de inundación por desborde del río Jalqueño y son socialmente vulnerables, especialmente en áreas a menos de 20 metros de la orilla del río.

En Chota Ticlla (2022) determinó el riesgo de inundación en un área de 18.59 ha por desborde de la quebrada San Mateo utilizando la metodología CENEPRED (2015), para ello, realizó el levantamiento topográfico de 1.3 km, y utilizó los datos de la estación meteorológica Chotano Lajas, para analizar los caudales máximos y definir las áreas de inundación para Tr de 25 y 100 años siendo, 2.59 ha y 3.13 ha, así mismo aplicó un cuestionario a 173 personas, una por cada vivienda aledaña al cauce, determinando que, el peligro era medio en el 52.24% del área, pero la vulnerabilidad era muy alta en 119 lotes, por lo que, concluyó que, el riesgo era alto en 6.15 ha.

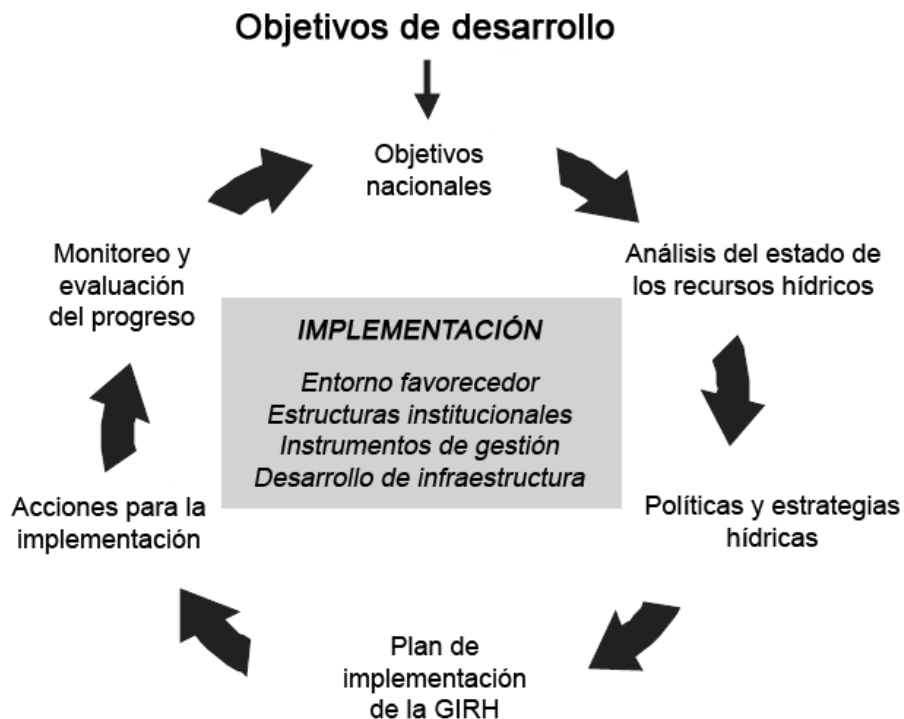
En Cajamarca, Cruzado & Gonzales (2020) tuvieron como objetivo caracterizar geológica, geomorfológica y geodinámicamente la quebrada Calispuquio para identificar zonas de desborde, en 6.22 km, para ello en campo por los buzamientos y conocimiento fisiológico del suelo fueron definiendo zonas geológicas, determinando que, estaba formada por depósitos sedimentarios de las formaciones Farrat e Inca, así como, Volcánico Huambos, mientras que, la geomorfología está formada por laderas de colina media, fondo de valle aluvial y lagunar. En cuanto a la población los niños desde los 6 a 10 años ayudan en actividades agrícola ganaderas, y labores domésticas, el ingreso familiar promedio mensual es de 700 soles, y no existe un sistema de drenaje pluvial, por lo que, concluyeron que, la colmatación del cauce en épocas de lluvia podría generar inundaciones en el área, ante una población expuesta.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Gestión de recursos hídricos

La gestión de recursos hídricos es fundamental en la prevención y mitigación de inundaciones. La adopción de un enfoque integral, la colaboración entre diferentes actores y la implementación de estrategias efectivas son clave para una gestión adecuada de los recursos hídricos (ONU, 2009) . Según la Ley de Recursos Hídricos núm. 29338 Artículo 15 Se faculta a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) a desarrollar normas y procedimientos para lograr una gestión sustentable e integrada de los recursos hídricos. La agencia es responsable de implementar medidas de control, gestión, seguimiento e inspección para proteger y preservar cada fuente natural de agua, infraestructura hídrica y recursos naturales. (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

Figura 1 *Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) Orientados a los Objetivos de Desarrollo*



Nota: (ONU, 2009).

2.2.2. Capacidad de carga hidráulica del cauce

La capacidad de carga hidráulica del cauce se define como la cantidad de agua que un cauce puede transportar sin desbordarse o causar daños a su entorno. La capacidad de carga hidráulica se puede calcular mediante fórmulas y análisis hidráulico. Una de las fórmulas más utilizadas es la fórmula de Einstein-Brown, que relaciona la velocidad del agua con el tamaño de las partículas de sedimento y la densidad del agua (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2023).

$$\phi = f\left(\frac{1}{\varphi}\right) \quad (1)$$

$$\phi = \frac{qbv}{\gamma_s \times k \times \left(g \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma - 1}\right) \times d^3\right)^{1/2}} \quad (2)$$

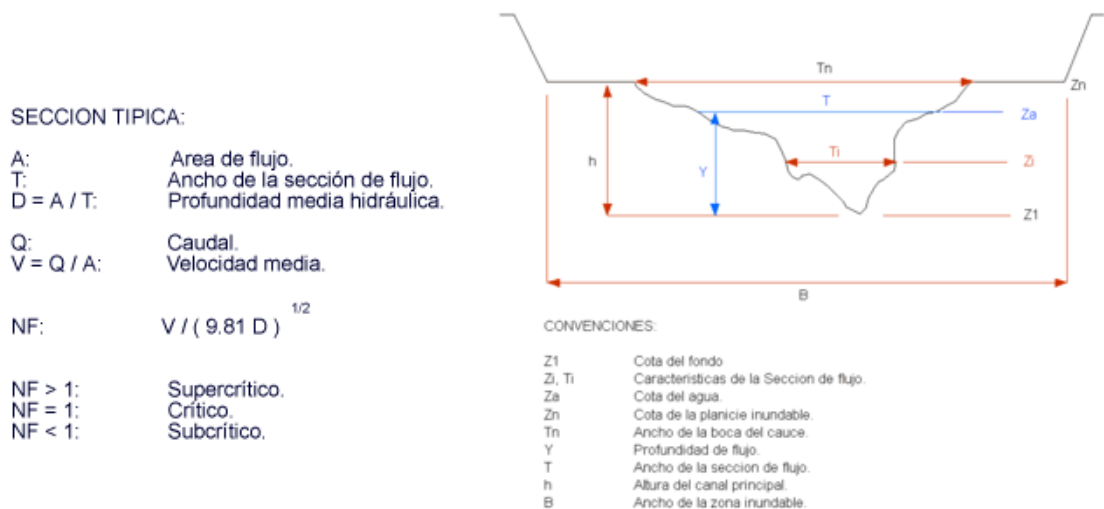
$$\frac{1}{\phi} = \frac{\tau}{(\gamma_s - \gamma)d} \quad (3)$$

$$k = \left[\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{g \times d^3 \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma - 1}\right)} \right]^{1/2} - \left[\frac{36v^2}{g \times d^3 \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma - 1}\right)} \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$\phi = \frac{qbw}{k \times [g \times (\gamma_s - \gamma) \times d^3]^{1/2}} \quad (5)$$

Donde qbv y qbw son las descargas en volumen y en peso respectivamente. El valor de d50 puede ser usado como d en la fórmula de Einstein-Brown.

Figura 2 Sección Transversal Irregular Típica de un Río

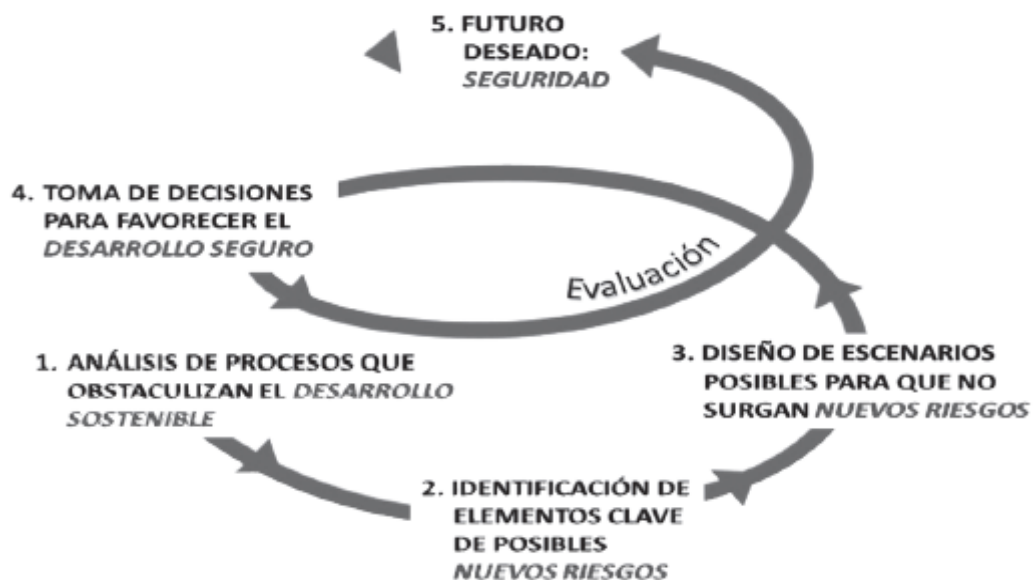


Nota: (Silva, 2003).

2.2.3. Teoría prospectiva para eludir la susceptibilidad frente a inundaciones

Esta teoría muestra un fuerte interés en la percepción del riesgo, incluyendo la valoración subjetiva de la probabilidad de que un determinado tipo de desastre ocurra. Según esta teoría, los individuos no evalúan los resultados de forma objetiva, sino que se guían por sus percepciones subjetivas de las ganancias y pérdidas potenciales (Douglas & Wildavsky, 1982). En este sentido, la teoría prospectiva se presenta como un enfoque prometedor para abordar el riesgo de desastres, como la susceptibilidad frente a inundaciones.

Figura 3 Gestión prospectiva del riesgo de desastres



Nota: (Palma-DeCuevas, 2016).

Uno de los principales pilares de la teoría prospectiva es la noción de “encuadres”. Los marcos son la forma en que se presenta la información y pueden influir en las decisiones que se toman (Kahneman & Tversky, 1987). En el contexto de las inundaciones, los marcos pueden jugar un papel fundamental en la percepción de riesgo y la adopción de medidas preventivas. Por ejemplo, un marco que resalte las consecuencias negativas de las inundaciones puede motivar a las personas a tomar medidas de preparación y mitigación (Fig. 4).

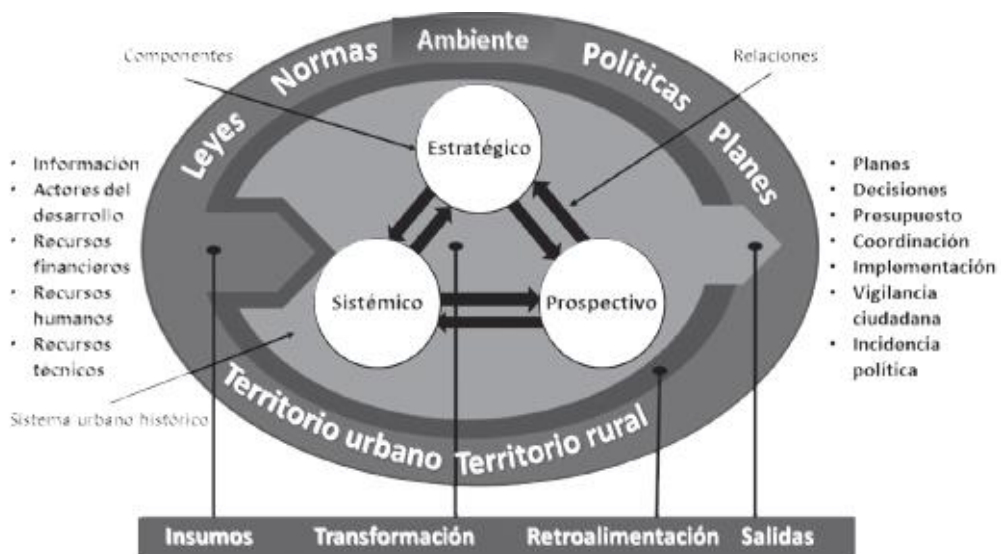
Figura 4 Interrelación ente Planificación Estratégica, Sistémica y Prospectiva



Nota: (Palma-DeCuevas, 2016).

Otro aspecto relevante de la teoría prospectiva en el contexto de las inundaciones es la forma en que los individuos evalúan la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos. Según la literatura, las personas tienden a subestimar la probabilidad de eventos raros pero catastróficos, como las inundaciones (Buzai, 2021). Esta tendencia puede llevar a una falta de preparación y a una mayor vulnerabilidad frente a estas situaciones. Por lo tanto, es esencial educar a las comunidades sobre la frecuencia y magnitud potencial de las inundaciones, así como fomentar la planificación y la participación activa de los residentes en medidas de prevención y planificación (Fig. 5).

Figura 5 Sistema de la Planificación Estratégica, Sistémica y Prospectiva



Nota: (Palma-DeCuevas, 2016).

2.2.4. Predicción de inundaciones: Modelación hidráulica

La predicción de inundaciones es crucial para minimizar el impacto de estos eventos naturales en las comunidades vulnerables. La modelación hidráulica permite predecir de manera precisa las áreas que están en riesgo de inundación, es un proceso que utiliza modelos matemáticos para simular el flujo del agua y predecir cómo se propagará en un sistema de drenaje; esta técnica permite evaluar diferentes escenarios y analizar el impacto de las inundaciones en las áreas inundables (Fernández et al., 2018).

Existen diferentes tipos de modelos hidráulicos utilizados en la predicción de inundaciones. Uno de los modelos más comunes es el modelo unidimensional, que divide el flujo de agua en una sola dirección, a lo largo de una línea de estudio. Este tipo de modelo es eficaz para zonas con un sistema de drenaje simple. Por otro lado, los modelos bidimensionales son más precisos y se utilizan para simular el flujo de agua en planicies de inundación y zonas costeras. Estos modelos consideran tanto la dirección longitudinal como la transversal del flujo de agua (Cea & Bladé, 2008).

La entrada de datos en un modelo hidráulico es crítica para obtener resultados precisos. La topografía y la rugosidad del terreno, así como la precipitación y los caudales de entrada, son algunos de los datos necesarios para calibrar correctamente los modelos. Estos datos pueden obtenerse a través de estaciones meteorológicas, mediciones de campo, imágenes satelitales u otros modelos de simulación hidrológica (Cea & Bladé, 2008).

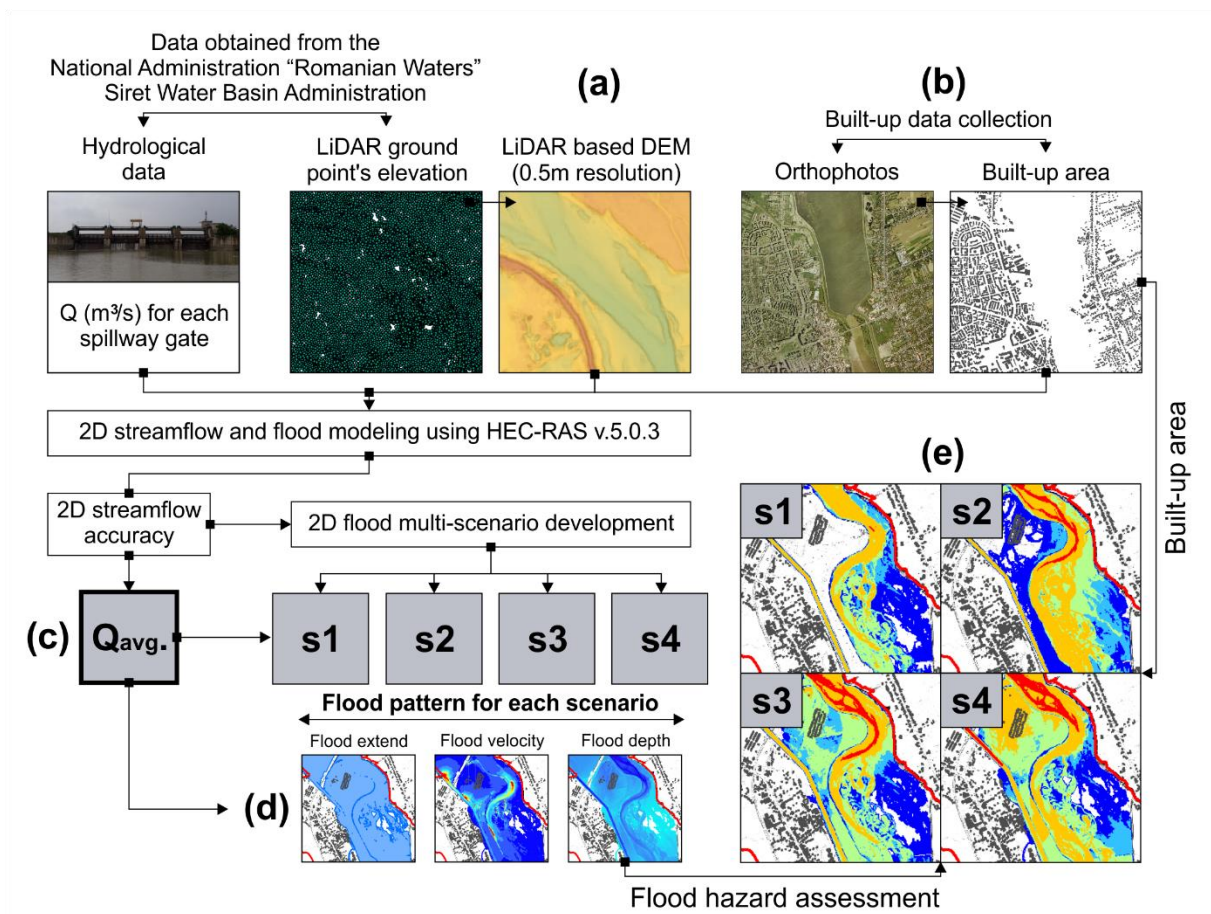
La validación de los modelos hidráulicos es una etapa crucial en el proceso de predicción de inundaciones. La comparación de los resultados de la modelación con datos reales de inundaciones pasadas permite evaluar la precisión del modelo

y corregir posibles errores. La validación de los modelos hidráulicos se realiza comparando las alturas de inundación simuladas con las alturas de inundación medidas durante eventos reales. Esto permite evaluar la capacidad del modelo para predecir la extensión de las inundaciones (Rifo, 2023).

Por tanto, la modelación hidráulica es una herramienta esencial para la predicción de inundaciones. A través de modelos matemáticos, se simula el flujo del agua y se pueden predecir las áreas en riesgo de inundación. La precisión de los resultados depende de la calidad de los datos ingresados y de la validación del modelo. Esta técnica es fundamental para desarrollar medidas de mitigación y minimizar el impacto de las inundaciones en las comunidades vulnerables.

Figura 6

Modelo de Simulación Hidráulica con HEC-RAS



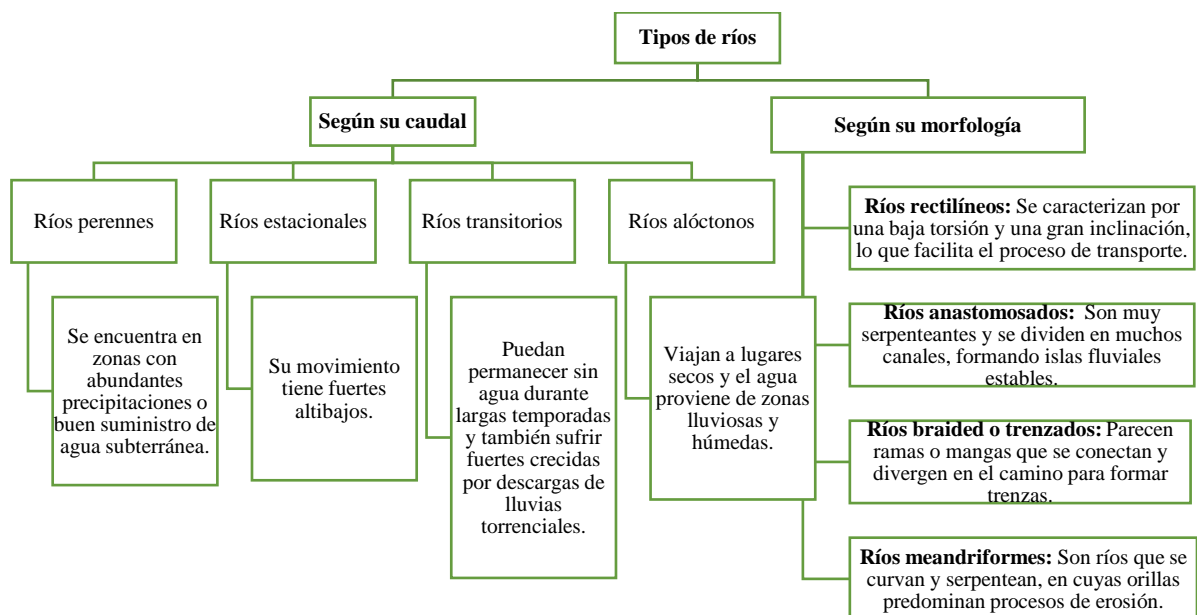
Nota: (Mihu-Pintilie et al., 2019).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Río y/o quebrada

Las quebradas son cauces angostos e irregulares que forma un camino de drenaje irregular en un talud submarino. Suele referirse a pequeñas depresiones formadas por las aguas de drenaje en los valles (Sarmiento, 2020). Según Andia (2020) las quebradas son cuerpos de agua de forma irregular, caracterizados por pendientes pronunciadas y flujos naturales. Suelen ser pequeños y poco profundos, con corrientes constantes o intermitentes, algunas con turbulencias y afluentes más grandes como ríos u océanos. Mientras que, el río es un ecosistema fluvial en el que aparece el biotopo con tres elementos fundamentales: el cauce, la ribera y la llanura de inundación, y la biota, acuática y terrestre. El río es un sistema con dimensión longitudinal, quizás la más aparente, pero también con dimensión transversal y en profundidad, cuando el río se conecta con el acuífero. El río es un corredor de agua y sedimentos en el que se produce una interacción dinámica y permanente de elementos abióticos y bióticos (Fernández J. A., 2003).

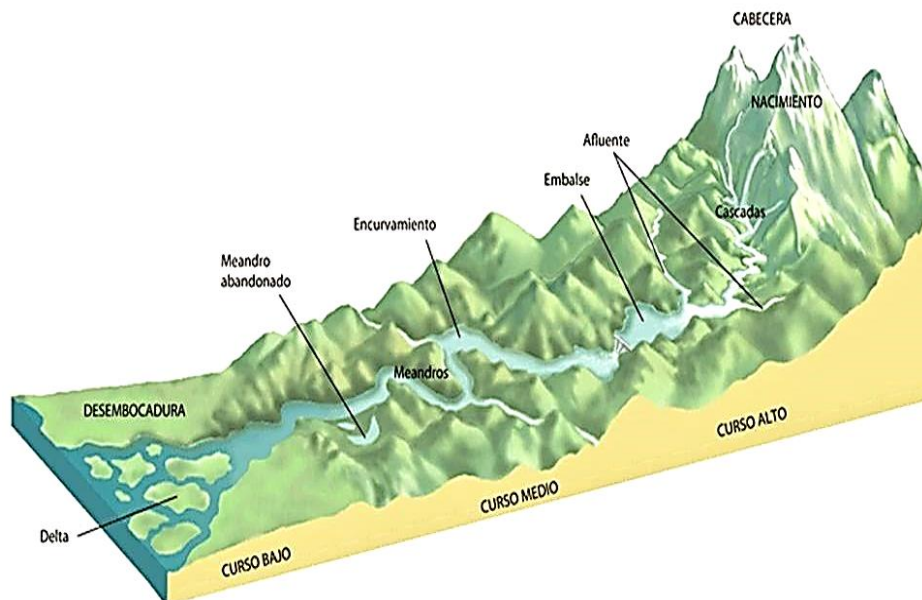
Figura 7 Tipos de Ríos



Nota: Márquez (2021).

Según Valdivielso (2024) las partes de un río son curso superior, medio e inferior. El curso superior es la parte donde se origina un río, dando la apariencia de un arroyo; esta es una zona con alta erosión y alta capacidad de tránsito. El curso medio es donde el río se ensancha y disminuye de pendiente; se caracteriza por actividades de erosión, transporte y sedimentación. En el curso inferior los sedimentos que transporta se van depositando y a medida que el río discurre puede formar un estuario o delta formado por grandes depósitos aluviales.

Figura 8 Partes de un Río en Relación a la Cuenca de la que Forma Parte



Nota: (Romero, 2018).

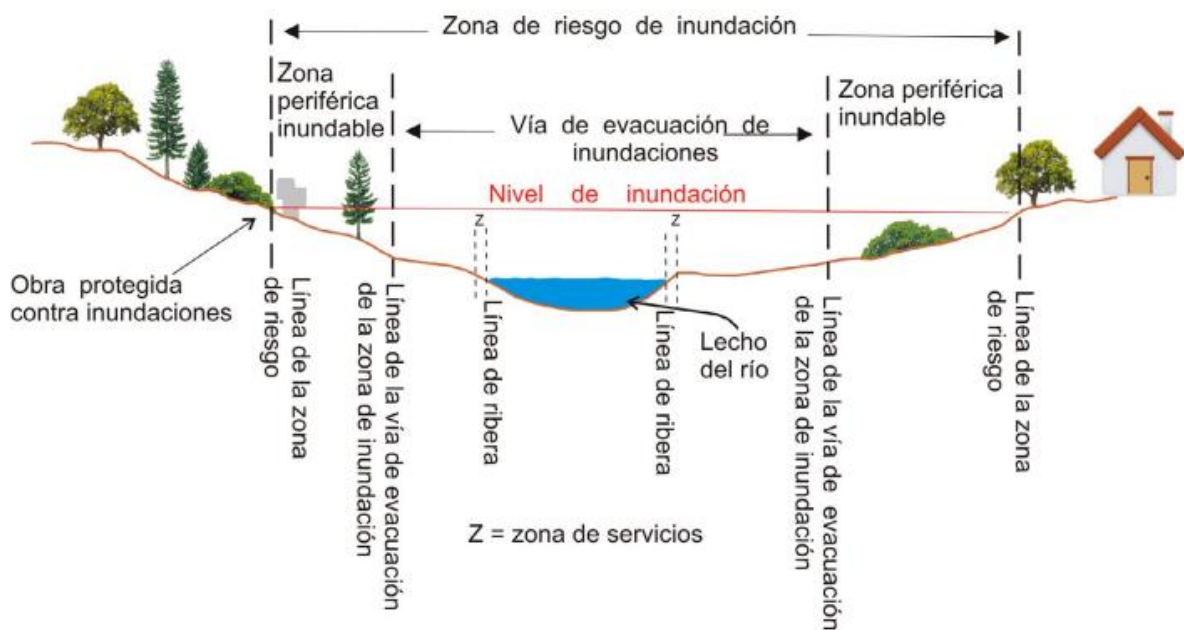
Así mismo, el río tiene elementos fundamentales como, el cauce, la ribera y la llanura (Fernández J. A., 2003). Hernández & Nélica (2018) sostienen que el cauce es un relieve formado y medido por un sistema fluvial para transportar eficientemente agua y flujos sólidos, generalmente suelen ser rectos o tortuosos, y presentan una cierta correspondencia que permite que por él pase su mayor caudal del año. Mientras que, la ribera es el área de un río, incluida entre el nivel más bajo del agua y el nivel alcanzado por inundación máxima o inundación normal (Ministerio de Agricultura (MINAGRI), 2012).

2.3.2. Inundación fluvial

Las inundaciones fluviales se producen cuando los ríos, arroyos o torrentes se desbordan y se extienden sobre áreas normalmente secas. Son un fenómeno natural y recurrente que puede tener graves consecuencias para las comunidades afectadas (CENEPRED, 2014). Cuba & Edwin (2021) argumentan que, las inundaciones de los ríos se producen cuando el río supera su pendiente máxima y mínima, es decir, cuando su caudal en el canal ya no pueda ser limitado, siendo así se originan por diversos motivos, como fenómenos naturales y precipitaciones.

Este tipo de eventos se producen frente a lluvias continuas o intensas, que exceden las capacidades de campos de los suelos, por lo que, el cauce principal se llega a desbordar y se inundan los sectores cercanos que colindan (CENEPRED, 2014). Estas inundaciones pueden provocar daños en viviendas, infraestructuras y el suministro de agua potable, pero para mitigar los riesgos asociados con las inundaciones fluviales, se deben implementar medidas de contención como la construcción de diques y la planificación del uso del suelo.

Figura 9 Representación Gráfica de una Inundación Fluvial



Nota: (Zapperi, 2018).

2.3.3. Estudio hidrológico e hidráulico de un río para modelar la inundación fluvial

2.3.3.1. Cuenca hidrográfica y sus propiedades geomorfológicas

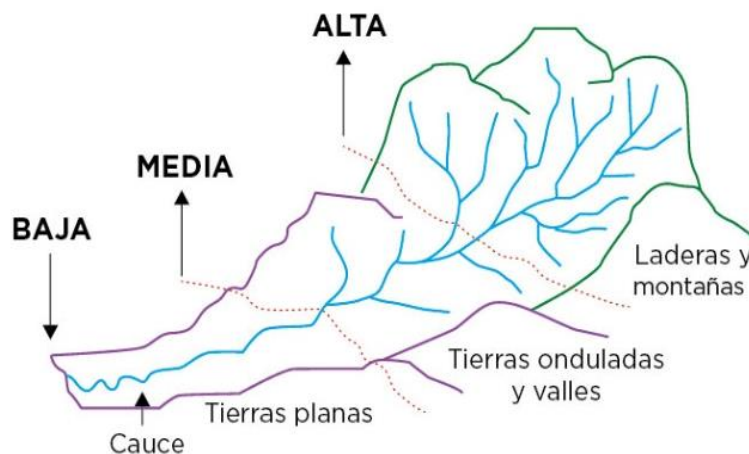
Una cuenca hidrográfica consiste la superficie donde las aguas por precipitaciones se juntan o convergen para dar forma a cursos de agua o también llamados divisorias, con dirección hacia un colector o punto en común llamado cauce o río principal (Puelles, 2015). Las cuencas se clasifican en: (Lux, 2016)

Cuencas principales (> 500 km²): Amplia área geográfica que recoge y drena las aguas superficiales hacia un curso de agua principal, como un río o lago.

Subcuencas (51 a 500 km²): Una subcuenca es una porción más pequeña de una cuenca más grande. Es una subdivisión de una cuenca y se caracteriza por tener su propio conjunto de afluentes y drenaje. La cual deriva hacia otras cuencas; las de orden primaria deriva hacia cuencas principales, y de orden secundario deriva hacia subcuencas siendo en cierta forma de manera sucesiva.

Microcuencas (< 50 km²): Una microcuenca es la porción más pequeña y localizada de una cuenca hidrográfica. Generalmente se refiere a una pequeña área geográfica que incluye un sistema de drenaje más pequeño, como arroyos o vertientes, que alimentan a un río o lago más grande.

Figura 10 Partes de una cuenca



Nota: (Departamento General de Irrigación, 2016).

De acuerdo a Guevara (2015), el análisis de una cuenca resulta importante por el hecho de que plantea establecer las propiedades geomorfológicas en función al aporte que manifiestan y el comportamiento hidrológico.

Área de la cuenca (A): Es la superficie que queda delimitada dentro del parteaguas (línea imaginaria que junta los puntos más elevados del terreno). Se expresa en km².

Ancho de la cuenca (w): Es la medida perpendicular respecto al eje mayor, cuyo valor depende de las relaciones entre las longitudes de las cuencas y su área. Se halla bajo la siguiente fórmula 1.

$$w = \frac{A}{L} \quad (6)$$

Perímetro de la cuenca (P): Son las longitudes totales del parteaguas, en otro término, al borde de las formas de las cuencas que se ha proyectado en función de un plano horizontal. Su expresión es en km.

Índice de capacidad (k): Son las relaciones por medio del área y el perímetro de las cuencas respecto a las escorrentías, correspondientes a las particularidades del hidrograma. Se halla bajo la siguiente ecuación 2.

$$k = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (7)$$

Factor de forma (F): Es la correspondencia por medio de la longitud de las cuencas y su ancho promedio. Se halla bajo la siguiente ecuación 3.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (8)$$

Pendiente de la cuenca (Sm): La pendiente de la cuenca se refiere a la inclinación del terreno en la superficie de una cuenca hidrográfica, que determina la velocidad y la dirección del flujo del agua. Es una medida de la inclinación del terreno a lo largo de la cuenca y se expresa comúnmente en porcentaje o en grados.

$$S_m = \frac{H}{L_m} \quad (9)$$

Es la relación entre el desnivel total (H), la cual se expresa en km, y el lado mayor del rectángulo equivalente (Lm), la cual se expresa en Km.

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i \quad (10)$$

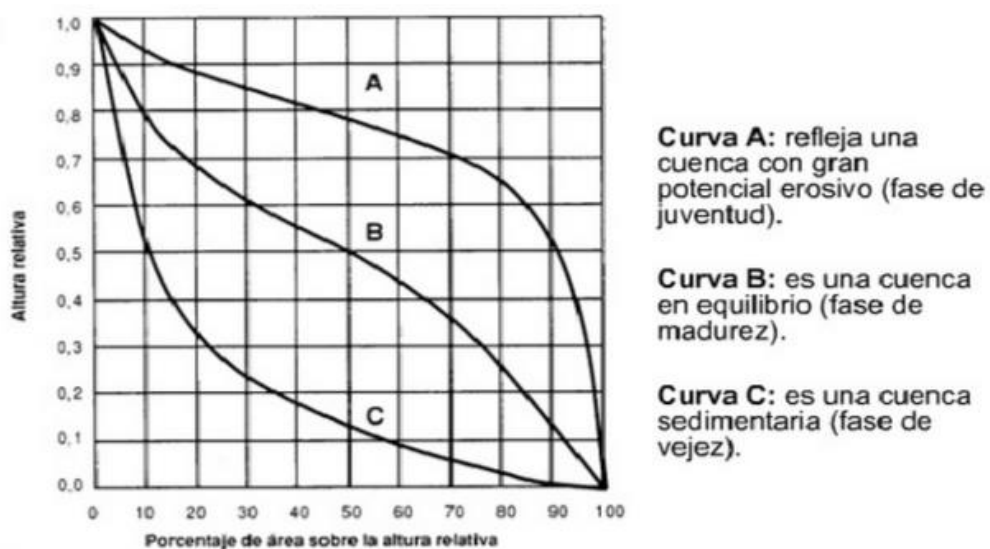
Donde, Sc es la pendiente de la cuenca, C es la equidistancia entre curvas de nivel, A es el área de la cuenca, li es la longitud de cada curva de nivel.

Altitud media de la cuenca: La altitud media de la cuenca es el promedio de las altitudes de todos los puntos dentro de dicha cuenca. Es una medida que describe la altura promedio del terreno dentro de la cuenca y se utiliza para entender mejor las características topográficas de la zona.

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i \times A_i \quad (11)$$

Donde, H es la altitud media en msnm, Hi es la altura del área acumulada Ai sobre la curva Hi, n es el número de áreas parciales, A es el área de la cuenca.

Figura 11 Tipos de Formas de las Curvas Hipsométricas que se Pueden Encontrar en una Cuenca



Nota: (Rojas, 2015).

Número de orden de la cuenca: Índice que se utiliza para clasificar y ordenar las cuencas hidrográficas según su tamaño y jerarquía. Se determina a través de la red de drenaje de la cuenca y ayuda a identificar la relación entre las corrientes principales y sus afluentes.

Longitud del máximo recorrido (L): Abarca la medición de las trayectorias de más trascendencia con respecto a cada partícula del flujo constituida por medio del emisor (punto del colector grandemente bajos) y el punto grandemente elevado. Tiene relación respecto a los tiempos de concentración.

Pendiente del cauce principal. Mogollón & Sánchez (2018) afirmaron que la pendiente del cauce principal se refiere a la inclinación del lecho o canal por donde fluye el curso de agua principal de una cuenca hidrográfica. Es la pendiente de la corriente principal que drena la cuenca y es un factor importante en la generación de velocidad y erosión del agua.

$$S_o = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_o} Lp_i}{\sum_{i=1}^{n_o} \left(\frac{Lp_i}{S_i}\right)^{1/2}} \right]^2 \quad (12)$$

Donde, F So es la pendiente del cauce principal, Lpi es la longitud de cada tramo de pendiente Si, no es el número de tramos de similar pendiente.

Tiempo de concentración: Intervalo de tiempo que tarda el agua en recorrer toda la cuenca y llegar al punto de salida. Es una medida del tiempo que se requiere para que se produzca el flujo total de agua desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de salida, y es útil en el diseño de estructuras hidráulicas y en el análisis de inundaciones.

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (13)$$

Donde, el tiempo de concentración Tc, es igual a la relación entre la longitud del cauce mayor en km (L) y la pendiente media del cauce principal en m/m (S).

2.3.3.2. Análisis de precipitaciones e intensidades máximas

a) Precipitaciones máximas

Según Villón (2004) la precipitación máxima probable es la cantidad máxima de precipitación que puede caer en un momento meteorológico posible en una cuenca, en un lugar determinado y en una época determinada del año.

b) Transferencias de precipitaciones máximas

La transferencia de datos se realiza para trasladar los datos meteorológicos de una estación a la cuenca de estudio (Ortiz-Vera, 2015).

$$I_{xxx} = I_{estación} \frac{H_{xxx}}{H_{estación}} \quad (14)$$

Donde, I_{xxx} es la intensidad buscada para la Microcuenca xxx , $I_{estación}$ intensidades calculadas para la Estación de estudio en mm/hora, H_{xxx} es la Altitud media de la Microcuenca xxx , $H_{estación}$ es la altitud de la estación.

c) Análisis de frecuencias

Este análisis se hace con el fin de estimar intensidades, precipitaciones o caudales de orden máximo, para diferentes periodos de retorno. Para ello, existen diferentes modelos probabilísticos como la distribución Normal, Log Normal, Gamma, Log Pearson, Gumbel o el Log Gumbel (MTC, 2018).

Modelo de probabilidad de distribución Gamma generalizado 3 parámetros.

Es un modelo matemático utilizado en hidrología para analizar y predecir la distribución de precipitaciones en una determinada cuenca hidrográfica. Este modelo se basa en la distribución Gamma, que es una función estadística utilizada para representar la ocurrencia de eventos que suceden en el tiempo.

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{1/2\left(\frac{\ln(x-x_0)-u_y}{S_y}\right)} \quad (15)$$

Para $x > x_0$, donde, X_0 parametro de posición, U_y : parametro de escala o media, S_y^2 parametro de forma o varianza.

Prueba de bondad de ajuste (prueba de komologorov-Smirnov). Son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida (MTC, 2018).

$$D = \text{máx}|Fo(xm) - F(xm)| \quad (16)$$

Donde, se muestra el proceso de la prueba Komologrov – Smirnov, donde el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada Fo (xm) y la estimada F(xm).

$$Fo(xm) = 1 - \frac{m}{n+1} \quad (17)$$

Donde, se muestra la ecuación para determinar la probabilidad observada Fo (xm).

d) Periodo de retorno

Son los tiempos en años promedio en la cual los caudales pico de las respectivas crecientes se supera o se iguala en una ocasión por cierta cantidad de años. Bajo la suposición de que los eventos anuales resultan independientes, se puede llegar a calcular qué probabilidad hay de que la presencia de alguna falla respecto a los períodos de vida útil de cierta cantidad en correspondencia al año (MTC, 2018).

$$T = \frac{1}{1-(1-p)^{1/n}} \quad (13)$$

Donde, T es el periodo o tiempo de retorno, p la probabilidad de la presentación de un fenómeno en n años.

Tabla 1 *Periodo De Retorno según Fuente Hidrográfica y Proyectos u Obras*

N°	Tipo de proyecto u obra	Periodo de retorno (años)
1	Drenaje urbano y rural [bajo riesgo] (hasta 100 ha)	5 a 10
2	Drenaje vial (mediano riesgo)	25 a 50
3	Diques longitudinales [mediano riesgo]	50 a 100
4	Desarrollo de zona de inundación	100
5	Diseño de puentes (pilares)	100 a 500

Nota: (Ponce, 2008).

e) Intensidades máximas

Las intensidades máximas de lluvia se refieren a las tasas de precipitación más altas registradas durante un período de tiempo determinado. Coronel (2021) argumenta que, no es más que la cantidad de lluvia (mm/hora) que cae en un periodo de tiempo concreto. Este podría ser el promedio actual o algo más, siendo así, se puede expresar por medio del hietograma unitario.

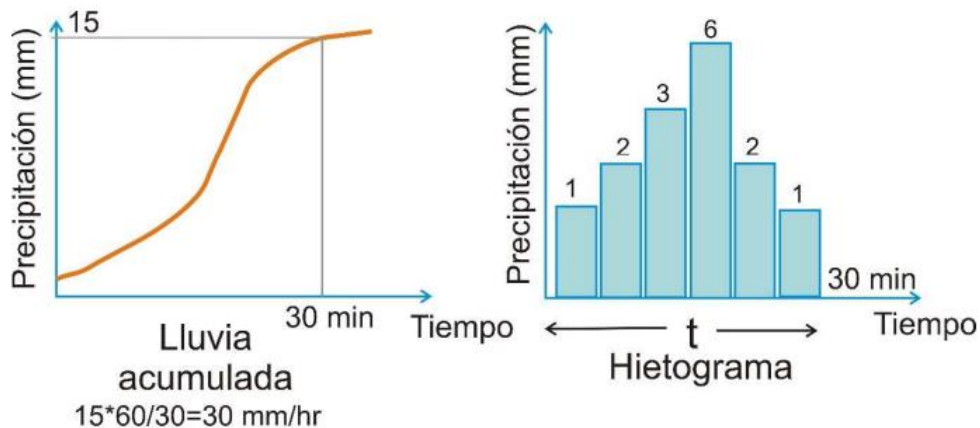
$$i = \frac{P}{Td} \quad (18)$$

Dónde, P es la profundidad de lluvia en mm o pulg, Td es la duración, dada usualmente en hr.

El hietograma unitario es un gráfico que representa la distribución temporal de la intensidad de lluvia en un determinado lugar y período de tiempo. Este gráfico se utiliza en hidrología para analizar y predecir el impacto de las lluvias en el caudal de los ríos y otros cuerpos de agua. El hietograma unitario se construye teniendo en cuenta la duración y la distribución temporal de la lluvia, y se utiliza en combinación con otros datos hidrológicos para modelar el comportamiento de un sistema de drenaje o una cuenca hidrográfica.

Figura 12

Representación de la Precipitación en un Hietograma



Nota: (IDEA, 2018).

2.3.3.3. Análisis de máximas avenidas

La máxima avenida es el caudal máximo registrado en un río durante un período de tiempo determinado. Se llegan a calcular en correspondencia a diversos períodos de retorno usando diversas distribuciones en base al análisis estadístico de la data hidrológica realizada (MTC, 2018). Según Mamani (2021) los caudales máximos se refieren al valor más alto de caudal que se registra en un determinado período de tiempo en una cuenca hidrográfica. Estos valores son de especial importancia para el diseño y la planificación de obras hidráulicas, como por ejemplo presas o sistemas de drenaje. Los flujos de diseño se estiman en base a tiempos de retorno de 50 años, 100 años y 200 años.

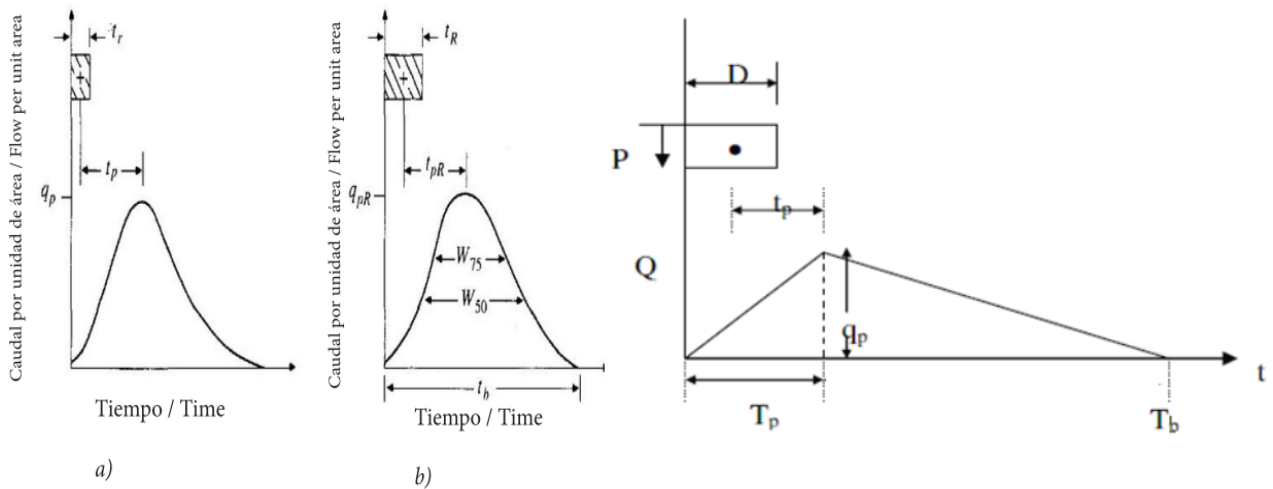
Entre los métodos más comunes para estimar el caudal se tiene el método racional, racional modificado y el hidrograma unitario (MTC, 2018).

Ayuso et al. (1994) señaló que, el hidrograma unitario es uno de los métodos más comúnmente utilizados en el diseño, planificación e ingeniería de estructuras hidráulicas, esta llega a comprender una serie de aproximaciones, donde la principal es la que describe el comportamiento real, no lineal, de una cuenca, en el proceso lluvia-escorrentía, mediante un sistema lineal.

El hidrograma unitario es un gráfico que representa la variación temporal del caudal de un río o arroyo como respuesta a un hietograma unitario. Este gráfico se utiliza para estimar la respuesta de una cuenca hidrográfica a eventos de lluvia específicos y para analizar el comportamiento hidrológico del sistema. El hidrograma unitario se construye a partir de datos hidrológicos previos y se utiliza como base para modelar y predecir el comportamiento del caudal en respuesta a diferentes escenarios de lluvia (Ayuso et al., 1994).

Figura 13

Hidrograma Unitario para Estimar Caudales Máximos



Nota: a) Hidrograma unitario sintético de Snyder, b) Hidrograma triangular del “US Bureau of Reclamation”. Tomado de Chow, Maidment y Mays (1994). t_pR : Retardo de la cuenca, t_b : Tiempo base, q_{pR} : Caudal punta por unidad de área, W_{50} : Ancho al 50 % caudal punta, W_{75} : Ancho al 75 % caudal punta, q_p : Caudal pico, D : Tiempo unitario, t_p : Tiempo de retardo. Citado por (Pizarro-Tapia et al., 2014).

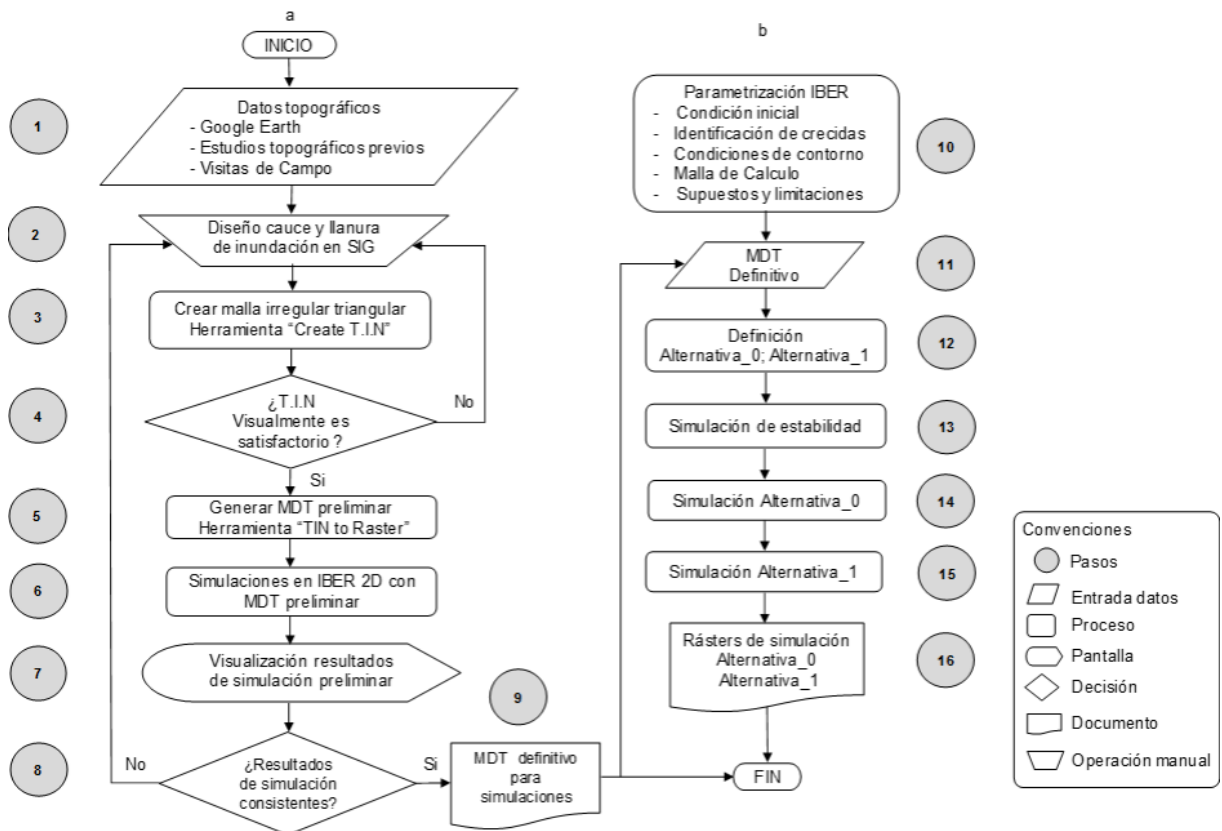
Para plantear el hidrograma unitario con la finalidad de estimar los caudales máximos se pueden utilizar programas de modelamiento hidrológico como HEC-HMS. Según Orellana (2021) el HEC-HMS es un programa de modelado hidrológico desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Se utiliza para simular el comportamiento de una cuenca hidrográfica y para estimar las escorrentías directa e indirecta, así como la generación de caudales y los tiempos de concentración. El programa es ampliamente utilizado para realizar estudios hidrológicos y para el diseño y análisis de proyectos relacionados con el control de inundaciones, la gestión de recursos hídricos y la planificación de cuencas. Permite simular diferentes condiciones hidrológicas, como lluvias intensas, cambios en la cobertura del suelo, cambios en la topografía, entre otros.

2.3.3.4. Simulación hidráulica para determinar inundaciones

Conejos et al. (2017) argumenta que, la simulación hidráulica es una herramienta fundamental utilizada para determinar el riesgo de inundaciones en diferentes áreas geográficas. A través del uso de programas digitales especializados, se pueden evaluar y predecir los efectos de las inundaciones en diversas situaciones.

El modelamiento de inundaciones mediante programas digitales permite simular y analizar el comportamiento de los flujos de agua en una determinada cuenca o zona afectada por inundaciones. Uno de los programas más utilizados para este fin es el programa HEC-RAS (Pérez J. , 2006).

Figura 14 Representación Gráfica del Proceso de Simulación Hidráulica para determinar Áreas de Inundación Fluvial



Nota: (Pérez et al., 2018).

Configuración del modelo. La configuración del modelo en el programa HEC-RAS implica la definición de los parámetros necesarios para simular el flujo hidráulico. Estos parámetros incluyen la geometría del canal o río, las características de los puentes y otras estructuras presentes en el área, así como la ubicación y diseño de las obras de control de inundaciones, datos que se obtienen a partir de la batimetría del río (Pérez J. , 2006).

Coefficiente de rugosidad. Para obtener resultados precisos en un modelamiento hidráulico, es necesario establecer los coeficientes de rugosidad en el modelo. Araya et al. (2018) menciona estos coeficientes representan la resistencia que el terreno o el lecho del río ofrecen al flujo de agua. De esta forma, se tiene en cuenta el tipo de superficie, como la vegetación, la presencia de rocas, la textura del suelo, entre otros aspectos para definir el coeficiente de Manning.

Coefficiente de contracción. Guamán & Jiménez (2018) argumenta que estos coeficientes determinan la reducción del área de la sección transversal del flujo en puntos específicos, como puentes o estructuras de control. Así, se adecua el comportamiento del flujo a las condiciones reales del terreno y permite prever las posibles zonas de acumulación o estancamiento de agua durante una inundación.

$$C_c = \frac{A_{ch}}{A_o} \quad (19)$$

Donde, A_{ch} Área del chorro, A_o Área del orificio, C_c Coeficiente de contracción.

Condiciones de frontera. Según Marón et al. (2019) las condiciones de frontera son elementos fundamentales en la simulación hidráulica. Estas condiciones establecen los límites del modelo y representan el comportamiento del flujo de agua en esos márgenes. Es importante tener en cuenta elementos como la altura y el caudal del agua en las desembocaduras de los ríos, o cualquier otro aspecto que pueda afectar la propagación y acumulación de agua durante una inundación.

2.3.4. Susceptibilidad a inundaciones fluviales

La susceptibilidad a inundaciones fluviales es un fenómeno natural que ocurre cuando los ríos o arroyos experimentan una crecida repentina debido a un exceso de agua en su cauce. Esta situación puede ser suscitada por factores condicionantes que incluyen la pendiente, la geomorfología, la vegetación y/o uso del suelo, la morfometría y la geología de la zona, y luego se puede desencadenar por las precipitaciones pluviales. Según CENEPRED (2015) la susceptibilidad se presenta en nivel bajo, medio, alto y muy alto.

Tabla 2 Nivel de Susceptibilidad a Inundación Fluvial

Niveles	Rango
Muy alto	$0.260 \leq R < 0.503$
Alto	$0.134 \leq R < 0.260$
Medio	$0.068 \leq R < 0.134$
Bajo	$0.035 \leq R < 0.068$

Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

2.3.4.1. Factores condicionantes

Los factores condiciones son las circunstancias o variables que contribuyen a la generación o desarrollo de un fenómeno, en este caso, las inundaciones fluviales. Son características propias del lugar, que contribuyen favorablemente o no al fenómeno de inundación fluvial en el espacio (CENEPRED, 2015).

a) Pendiente

La pendiente es un factor clave en la susceptibilidad a inundaciones fluviales, ya que determina la velocidad del flujo del agua. Si la pendiente es pronunciada, el agua fluye más rápidamente y puede causar una inundación más severa. Por otro lado, si la pendiente es suave, el agua se acumula con mayor facilidad, lo que puede llevar a desbordamientos de los ríos (Sevillano, 2020).

Tabla 3 Pendiente

Parámetros	Pendiente		Peso: 0.503	
Descriptores	P1	0° - 2.5°	PP1	0.503
	P2	2.5° - 5°	PP2	0.260
	P3	5° - 15°	PP3	0.134
	P4	15° - 45°	PP4	0.068
	P5	> 45°	PP5	0.035

Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

b) Geomorfología

La geomorfología también juega un papel importante en la susceptibilidad a inundaciones fluviales. La forma del terreno, incluyendo la presencia de valles, colinas o llanuras, puede influir en el comportamiento del agua. Por ejemplo, una llanura de inundación es un área plana adyacente a un río que se inunda con frecuencia. Esto se debe a que la geomorfología permite que el agua se extienda horizontalmente, aumentando así el riesgo de inundación (Montilla, 2007).

Tabla 4 Geomorfología

Parámetros	Geomorfología		Peso: 0.260	
Descriptores	GM1	Cauce fluvial	PGM1	0.503
	GM2	Terrazas aluviales	PGM2	0.260
	GM3	Piedemonte coluvio-deluvial	PGM3	0.134
	GM4	Colinado estructural erosional	PGM4	0.068
	GM5	Superficie colinada o altiplanicie aluvial	PGM5	0.035

Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

c) Vegetación y/o uso del suelo

La vegetación y/o uso del suelo también impacta la susceptibilidad a inundaciones fluviales. Por ejemplo, la deforestación de una cuenca hidrográfica puede incrementar la cantidad de agua que fluye hacia un río, aumentando así el riesgo de inundación. Del mismo modo, el uso del suelo para fines urbanos puede reducir la capacidad de infiltración del suelo, lo que provoca un mayor escurrimiento y potencialmente mayores inundaciones (González P. , 2019).

Tabla 5 *Vegetación y/o Uso del Suelo*

Parámetros	Vegetación y/o uso del suelo		Peso: 0.134	
Descriptores	US1	Sin cobertura vegetal y/o río	PUS1	0.503
	US2	Pastizales con escasa vegetación	PUS2	0.260
	US3	Praderas con algunos árboles	PUS3	0.134
	US4	Bosques deforestados	PUS4	0.068
	US5	Bosques secundarios	PUS5	0.035

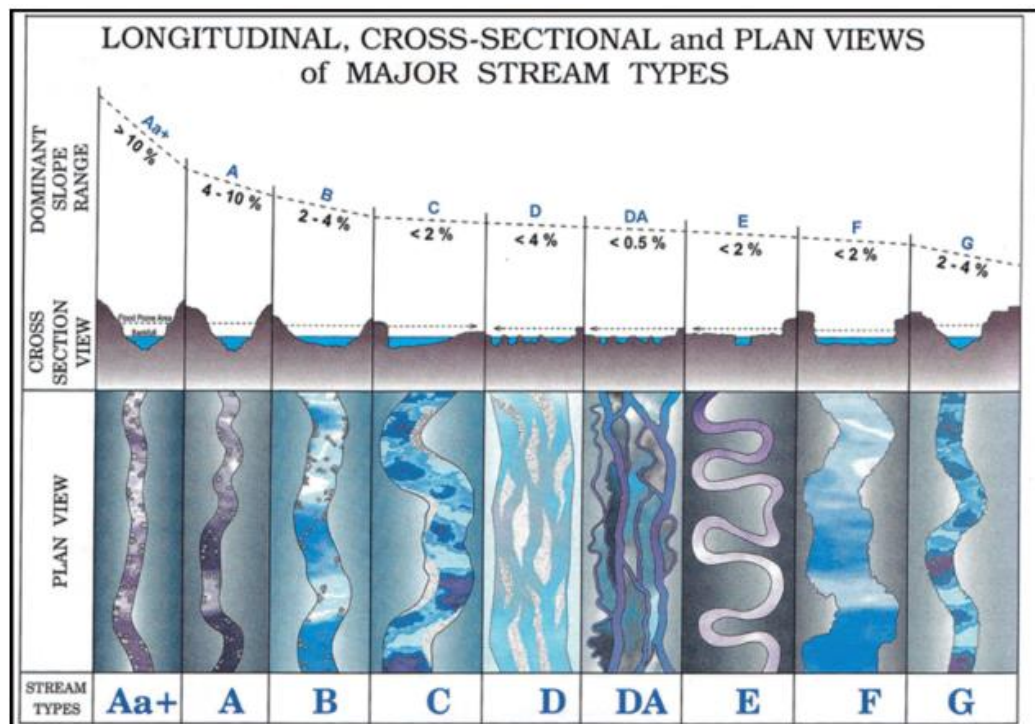
Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

d) Morfometría de un río

La morfometría de una cuenca hidrográfica también puede influir en la susceptibilidad a inundaciones fluviales (Zhica, 2020). La forma y tamaño de una cuenca determinan la cantidad de agua que puede ser recolectada y conducida hacia un río. Por ejemplo, una cuenca de gran tamaño puede acumular grandes volúmenes de agua, lo que aumenta el riesgo de inundación (Ramirez et al., 2021).

Figura 15

Representación Gráfica de la Morfometría de los Ríos según Rosgen, 1996



Nota: (Weinner, 2016).

Tabla 6 Morfometría del Cauce

Parámetros	Morfometría del cauce		Peso: 0.068	
Descriptores	MC1	Altamente meandriforme	PMC1	0.503
	MC2	Medianamente meandriforme	PMC2	0.260
	MC3	Poco meandriforme	PMC3	0.134
	MC4	Medianamente rectilíneo	PMC4	0.068
	MC5	Rectilíneo	PMC5	0.035

Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

e) Geología

La geología de una zona puede desempeñar un papel importante en la susceptibilidad a inundaciones fluviales. Algunos tipos de suelos, como las arcillas y limos, tienen una baja permeabilidad, lo que dificulta la infiltración del agua. Esto puede dar lugar a un mayor escurrimiento superficial y, por lo tanto, aumentar la probabilidad de inundaciones (Alonso et al., 2006).

Tabla 7 Geología

Parámetros	Geología		Peso: 0.035	
Descriptores	GEO1	Casco urbano - área urbana	PGEO1	0.503
	GEO2	Formación Chota	PGEO2	0.260
	GEO3	Formación Celendín	PGEO3	0.134
	GEO4	Formación Cajamarca	PGEO4	0.068
	GEO5	Formación Quilquiñan/Mujarrum	PGEO5	0.035

Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

2.3.4.2. Factores desencadenantes: Inundación fluvial

Los factores desencadenantes son sucesos que, generan que, el fenómeno en estudio suceda; para la peligrosidad por inundación el factor desencadenante de acuerdo a CENEPRED (2015) es la lluvia, no obstante cuando el lugar de estudio no es extenso, la precipitación pluvial se da con igual intensidad en toda el área por lo que, en ese caso otros autores (González & Olivera, 2023) recomiendan buscar otro tipo de factor desencadenante, como por ejemplo, en este caso el nivel de inundación fluvial según tiempo de retorno en años.

Las precipitaciones pluviales son una de las principales causas de las inundaciones fluviales. Cuando llueve de manera intensa y sostenida, el agua se acumula en los ríos y estos pueden desbordarse. La cantidad de precipitaciones es determinante en la magnitud de las inundaciones, ya que, a mayor cantidad de agua caída, mayor será el nivel de desbordamiento de los ríos.

Otro factor importante a tener en cuenta es el tiempo de retorno. Este concepto se refiere al periodo de tiempo promedio en el que se espera que ocurra una inundación del mismo nivel. Por ejemplo, si se habla de una inundación con tiempo de retorno de 50 años, significa que, en promedio, se espera que ocurra una inundación de ese mismo nivel una vez cada 50 años. Sin embargo, cabe destacar que este concepto se basa en datos históricos y existe la posibilidad de que una inundación ocurra antes o después del tiempo de retorno estimado.

El nivel de inundación fluvial se refiere a la altura máxima alcanzada por el agua de un río durante un evento de crecida o desbordamiento, provocando que el agua se extienda más allá de su lecho normal e invada áreas cercanas a su cauce. El nivel de inundación fluvial puede variar dependiendo de factores como la cantidad de lluvia, el tipo de suelo, la topografía de la zona y la capacidad de flujo del río en cuestión.

Tabla 8 Nivel de Inundación Fluvial según Tiempo de Retorno (Tr) en Años

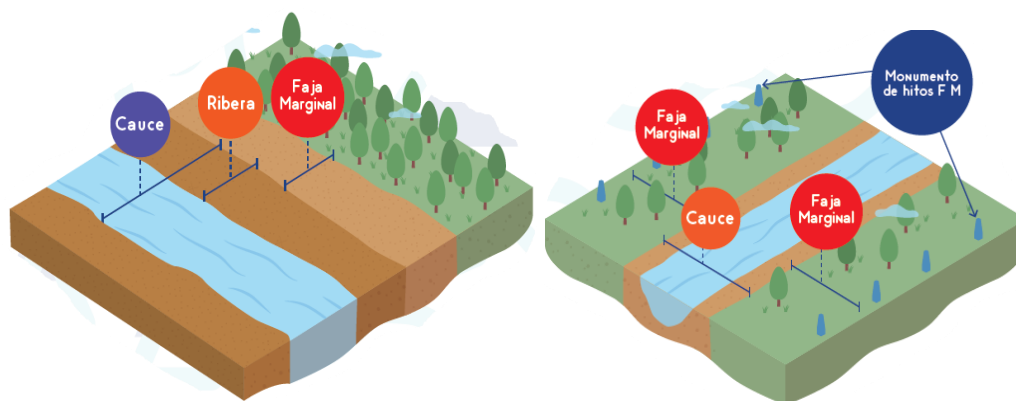
Parámetros	Nivel de inundación según tiempo de retorno (Tr) en años		Peso: 1.000	
	Descriptores	I1	Área inundada para TR 10 años	PI1
I2		Área inundada para TR 100 años	PI2	0.260
I3		Área inundada para TR 500 años	PI3	0.134
I4		Área no inundada pero afectada	PI4	0.068
I5		Área no inundada no afectada	PI5	0.035

Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

2.3.5. Fajas marginales

Las fajas marginales son áreas que se encuentran en la periferia de un territorio y que tienen un estatus jurídico y administrativo diferente al del resto del territorio. Estas fajas suelen tener una finalidad específica establecida por las autoridades competentes (Vasquez, 2021). Las dimensiones de uno o ambos lados del cuerpo de agua son determinadas por la Autoridad Nacional del Agua de acuerdo con la Resolución Jefatural N°332-2016-ANA.

Figura 16 Representación Gráfica de las Fajas Marginales



Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

2.3.5.1. Longitud mínima requerida para iniciar la delimitación de la faja marginal

Para implementar una faja marginal, se recomienda una longitud mínima de 1 km en la ciudad y 5 km en el campo (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

Figura 17 Longitud Mínima para la Delimitación de la Faja Marginal



Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

2.3.5.2. Pasos para delimitar la faja marginal de cauces naturales o artificiales

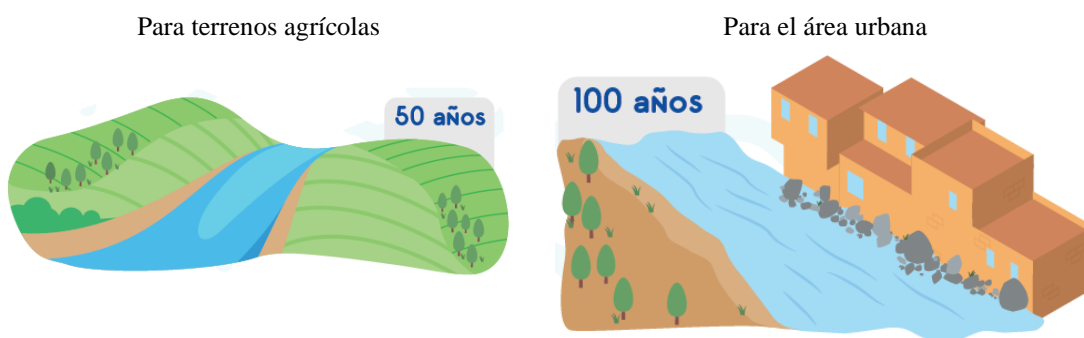
La delimitación de una faja marginal se realiza a través de un proceso legal que define los límites precisos de esta área. Generalmente, se establecen mediante leyes, decretos o acuerdos gubernamentales que determinan los puntos de inicio y fin de la faja marginal (Vasquez, 2021).

a) Determinación de los límites superiores de las riberas de cauces de tipo natural

Modelamiento Hidráulico: Emplea data topográfica y caudales máximos. A fin de efectuar el cálculo de las áreas de inundación, se debe considerar tiempos de retorno de 50 años para cauces que colinden con terrenos del tipo agrícola y 100 años para cauces que colinden con asentamiento de población. Asimismo, la data estadística de pluviometría debe corresponder a los últimos 20 años, y si no se tiene acceso a ello, se debe elaborar por medio de modelamientos hidrológicos.

Figura 18

Tiempo de Retorno de Acuerdo al Uso Colindante

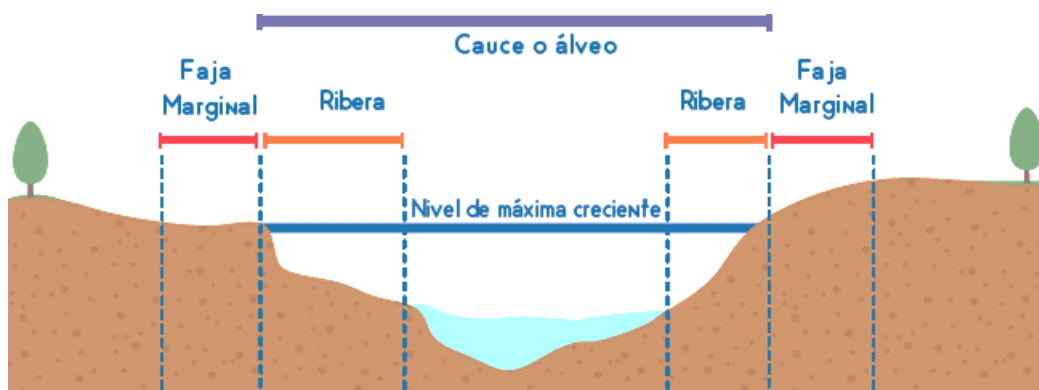


Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

Huella Máxima: Se emplea cuando se identifica el nivel de agua que alcanza en máximas avenidas ordinarias. Para ello, se debe emplear data del software Google Earth para la configuración del cauce, luego se debe segmentar el cauce en función de tramos divididos en secciones correlativas, posteriormente se diagnostica las huellas máximas para cada seccionamiento y en los márgenes correspondientes.

Figura 19

Representación de la Identificación de Huellas Máximas



Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

b) Determinación del ancho mínimo

Con el parámetro calculado, previamente, se establece el ancho mínimo según los siguientes criterios:

Tabla 9

Ancho Mínimo de Faja Marginal en Cuerpos de Agua

	Tipo de fuente	Ancho mínimo (m)*
A	Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso	3
B	Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) material conglomerado	4
C	Tramos de ríos con pendiente media (1 - 2%)	5
D	Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas	6
E	Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas	10
F	Tramos de ríos con estructuras de defensa ribereña (gaviones, diques, enrocados, muros, etc.), medidos a partir del pie de talud externo.	4
G	Tramos de ríos de selva con baja pendiente (menores a 1%)	25
H	Lagos y Lagunas.	10
I	Reservorios o embalses (Cota de vertedero de demasías).	10

Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

Figura 20 *Mínimo Ancho de Faja Marginal*



Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

2.3.5.3. Importancia de la delimitación de fajas marginales

La importancia de la delimitación de las fajas marginales radica en diversos aspectos fundamentales para la protección y conservación de los ecosistemas acuáticos y los recursos naturales relacionados a ellos. Estas áreas de transición entre el agua y la tierra desempeñan un papel crucial en la preservación de la biodiversidad y los procesos ecológicos (Autoridad Nacional del Agua, 2017). La delimitación de las fajas marginales contribuye a la protección de los recursos naturales. Estas zonas actúan como barreras naturales, salvaguardando los ecosistemas acuáticos y sus especies.

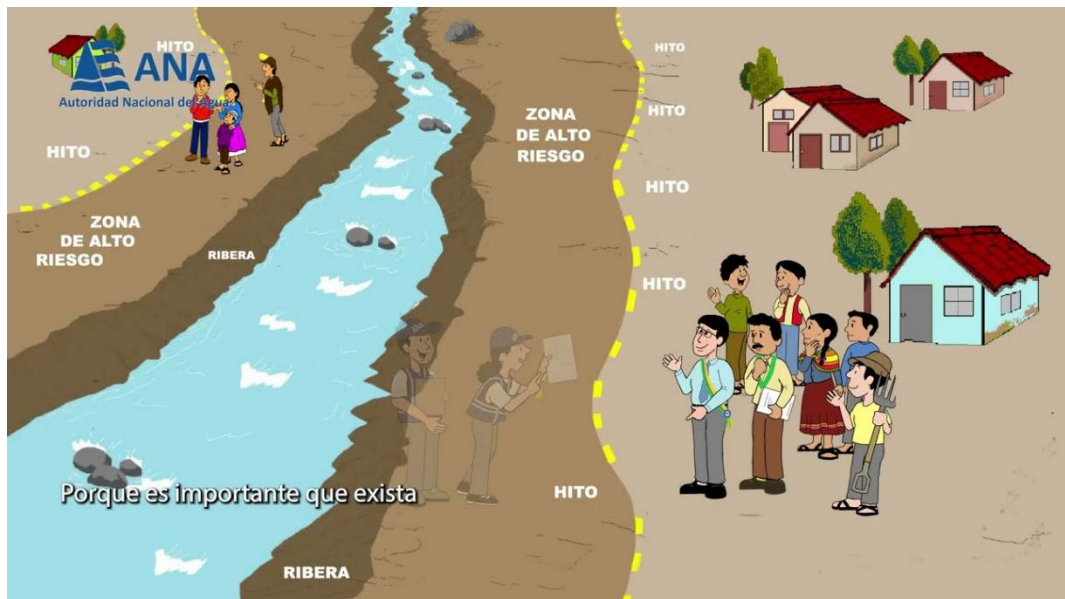
Permite establecer claramente los límites de estas áreas, lo que facilita su gestión y administración. Además, la delimitación permite conocer y respetar los derechos y limitaciones que se aplican en estas zonas, evitando conflictos o usos indebidos del territorio (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

Las zonas de contención alrededor de los cuerpos de agua son necesarias para limitar el impacto del desarrollo y/o las actividades urbanas en la fuente de agua, protegiendo así los recursos hídricos y los canales que los contienen, por lo que la Autoridad Nacional del Agua permite proyectos como protección de ríos, conservación de árboles, plantación, etc (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

Además, la delimitación adecuada de las fajas marginales es esencial para prevenir desastres naturales. Estas áreas actúan como amortiguadores naturales, absorbiendo el exceso de agua durante períodos de lluvias intensas o crecidas de ríos. Al ocupar y construir en estas áreas de alto riesgo, se aumenta la probabilidad de inundaciones y deslizamientos de tierra, lo que puede tener consecuencias devastadoras. Por lo tanto, es vital respetar y mantener estas zonas de transición para evitar la pérdida de vidas humanas y daños materiales (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Figura 21

Importancia de la Delimitación de Fajas Marginales



Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Otro punto clave es la protección de la calidad del agua. Las fajas marginales desempeñan una función fundamental en la filtración y retención de sedimentos y contaminantes, actuando como auténticos filtros naturales. Esta función contribuye a mejorar la calidad del agua, evitando la propagación de sustancias nocivas y minimizando los impactos ambientales negativos en los cuerpos de agua (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Por último, la delimitación de las fajas marginales también ofrece oportunidades de recreación y turismo sostenible. Estas áreas pueden ser utilizadas para practicar deportes acuáticos, observar aves, pescar y disfrutar de actividades al aire libre. Al establecer límites claros y respetar estas zonas, se garantiza la preservación de estos recursos naturales y su uso sostenible.

2.3.5.4. Actividades no permitidas dentro de la faja marginal

Dentro de la faja marginal, que es el área de terreno ubicada a lo largo de los ríos y cuerpos de agua, existen una serie de actividades que están prohibidas debido a su impacto negativo en el medio ambiente y su potencial riesgo para la vida humana. Según la Autoridad Nacional del Agua (2017) se prohíbe el uso de la faja marginal para cubrir necesidades humanas porque pueden afectar negativamente a estas áreas de alto riesgo, construcción de viviendas o infraestructuras permanentes (se prohíbe la construcción de edificaciones dentro de la faja marginal para evitar dañar los suelos y alterar los cauces naturales del agua), el uso agrícola u otras actividades, como deforestación o tala de árboles (no se permite la tala indiscriminada de árboles en la faja marginal, ya que estos desempeñan un papel crucial en la protección de los ríos y sus ecosistemas asociados), almacenamiento y vertido de desechos o residuos sólidos (está prohibido arrojar basura, escombros u otros residuos en la faja marginal, ya que afecta la calidad del agua y degradan el ecosistema), extracción de arena o grava (se prohíbe la extracción de materiales de la faja marginal, ya que puede causar erosión y degradación del ecosistema fluvial).

Estas restricciones y prohibiciones tienen como objetivo conservar y proteger la biodiversidad, mantener la calidad del agua y prevenir desastres naturales relacionados con las inundaciones (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

Figura 22 *Actividades No Permitidas en la Faja Marginal*

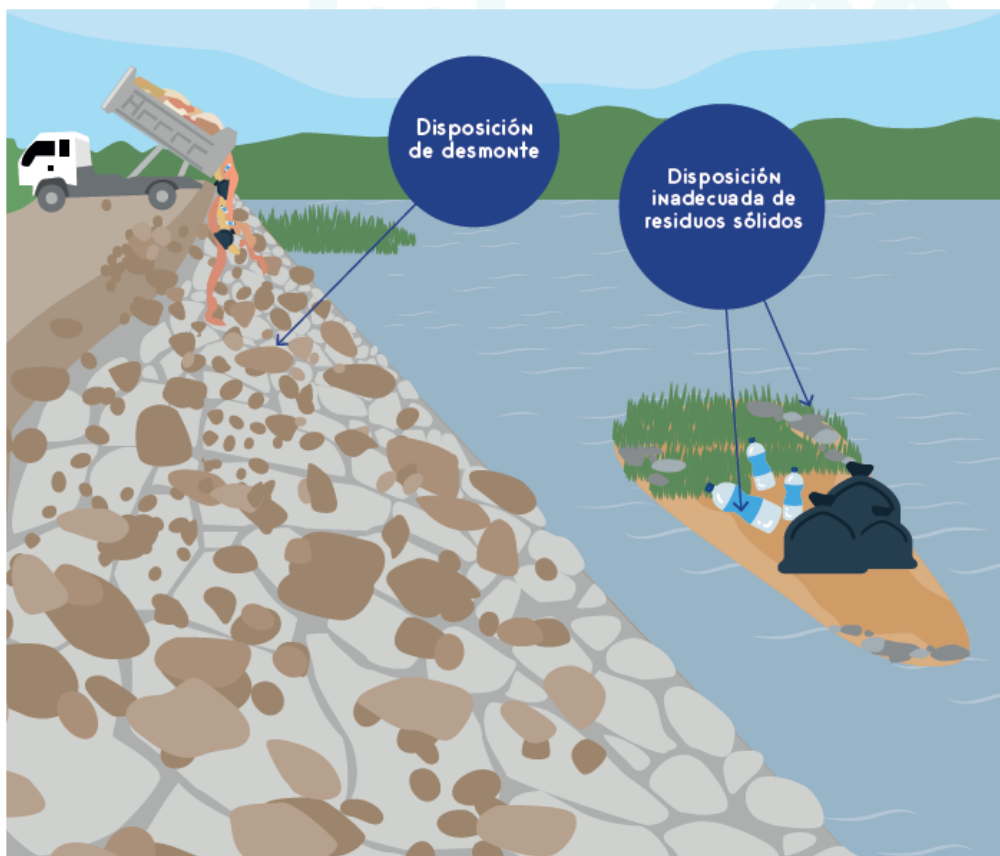
Viviendas emplazadas en la faja marginal



Actividades agrícolas no autorizadas



Disposición de desmonte y residuos sólidos por parte de la población



Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

2.4. Hipótesis

Las partes bajas de los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la ciudad de Chota presentan alta susceptibilidad a inundaciones y se encuentran dentro de la delimitación de fajas marginales, según el reglamento instaurado en la Resolución Jefatural N° 0332-2016-ANA (con modificaciones en los artículos 1, 2 y 16 según la Resolución Jefatural N°201-2017-ANA).

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente: Susceptibilidad a inundaciones

La susceptibilidad a inundaciones se refiere a la predisposición o vulnerabilidad de una determinada área a ser afectada por inundaciones fluviales. Esta variable toma en cuenta diversos factores como la topografía (pendiente), la geomorfología, la vegetación o uso del suelo, la geología y la morfometría del cuerpo de agua cercano (quebrada Colpamayo). Cuanto mayor sea la susceptibilidad a inundaciones de una zona, mayor será el riesgo de que se produzcan inundaciones en esa área.

2.5.2. Variable dependiente: Delimitación de la faja marginal

La delimitación de la faja marginal se refiere a la definición de una zona específica a lo largo de un río que debe ser protegido y preservado debido a su relevancia ecológica, su función como barrera natural ante fenómenos como tormentas, y su importancia para el desarrollo de actividades humanas relacionadas con el agua. Esta delimitación puede variar según las características específicas de cada zona y puede ser establecida por autoridades gubernamentales o expertos en el área. En el caso del estudio se ha delimitado la faja marginal a partir del modelamiento hidrológico e hidráulico de la quebrada Colpamayo.

Tabla 10

Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Sub indicadores	Ítem
VI Susceptibilidad a inundaciones	La susceptibilidad a inundaciones se refiere a la predisposición o vulnerabilidad de una determinada área a ser afectada por inundaciones fluviales. Esta variable toma en cuenta diversos factores como la topografía (pendiente), la geomorfología, la vegetación o uso del suelo, la geología y la morfometría del cuerpo de agua cercano (quebrada Colpamayo). Cuanto mayor sea la susceptibilidad a inundaciones de una zona, mayor será el riesgo de que se produzcan inundaciones en esa área.	Factores condicionantes	Son aquellos elementos que influyen o determinan la forma en que se desarrolla un fenómeno o proceso, proporcionando un contexto o marco de referencia.	Pendiente	0° a 2.5°	0.503
					2.6° a 5°	0.260
					5° a 15°	0.134
					15° a 45°	0.068
					> 45°	0.035
				Geomorfología	Cauce fluvial	0.503
					Terrazas aluviales	0.260
					Piedemonte coluvio-deluvial	0.134
					Colinado estructural erosional en rocas sedimentarias	0.068
					Superficie colinada o altiplanicie aluvial en rocas sedimentarias	0.035
				Vegetación y/o uso del suelo	Sin cobertura vegetal y/o río	0.503
					Pastizales con escasa vegetación	0.26
					Praderas con algunos árboles	0.134
					Bosques deforestados	0.068
					Bosques secundarios	0.035
		Morfometría del cauce	Altamente meandriforme	0.503		
			Medianamente meandriforme	0.260		
			Poco meandriforme	0.134		
			Medianamente rectilíneo	0.068		
			Rectilíneo	0.035		
		Geología	Casco urbano - área urbana	0.503		
			Formación Chota	0.260		
			Formación Celendín	0.134		
			Formación Cajamarca	0.068		
			Formación Quilquiñan/Mujarrum	0.035		
Factores desencadenantes	Son aquellos eventos o circunstancias que ocurren y que causan la activación de un fenómeno o proceso, generando un efecto.	Nivel de inundación de acuerdo al tiempo de retorno	Área inundada para TR 10 años	0.503		
			Área inundada para TR 100 años	0.260		
			Área inundada para TR 500 años	0.134		
			Área no inundada pero afectada	0.068		
			Área no inundada no afectada	0.035		

Variab les	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Sub indicadores	Ítem
VD Delimitación de la faja marginal	La delimitación de la faja marginal se refiere a la definición de una zona específica a lo largo de un río que debe ser protegido y preservado debido a su relevancia ecológica, su función como barrera natural ante fenómenos como tormentas, y su importancia para el desarrollo de actividades humanas relacionadas con el agua.	Análisis hidrológico	Es el estudio y evaluación de los diversos aspectos relacionados con el agua y su ciclo, como la cantidad, calidad, distribución y comportamiento de los recursos hídricos en una región determinada.	Propiedades de la cuenca	Área	Km ²
					Pendiente de la cuenca	%
					Altitud media	msnm
					Longitud del cauce principal	Km
					Pendiente del cauce principal	%
					Tiempo de concentración	Horas
				Precipitaciones e intensidades máximas	Precipitaciones máximas	mm
					Intensidades máximas	mm/hr
					Caudales máximos	Periodo de retorno
		Caudal máximo	m ³			
		Análisis hidráulico	Consiste en la observación y estudio de las propiedades y comportamiento del flujo del cauce de la quebrada para determinar las áreas de inundación.	Áreas de inundación por tiempo de retorno	Tr 10 años	m ³ /s
					Tr 50 años	m ³ /s
					Tr 100 años	m ³ /s
					Tr 200 años	m ³ /s
					Tr 500 años	m ³ /s
		Faja marginal delimitada	Se refiere a una franja de tierra o área geográfica que está delimitada y se encuentra próxima a un río.	Faja marginal según R.J. N° 201-2017-ANA	Ancho mínimo	m
Hitos	N°					
Faja marginal según uso del suelo	Ancho mínimo			m		
	Hitos			N°		

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de enfoque cuantitativo, lo que significa que se basó en la recopilación y análisis de datos numéricos. Se utilizaron diferentes técnicas, como la obtención de información geoespacial a través de la batimetría de la quebrada e imágenes de satélite, la elaboración de modelos matemáticos y la aplicación de análisis hidrológicos, para cuantificar la susceptibilidad a inundaciones en los sectores urbanos estudiados (1, 2 y 9 de la ciudad de Chota), con la finalidad de plantear la delimitación de la faja marginal.

Además, esta investigación fue de tipo aplicada, lo que implica que su objetivo principal fue generar conocimiento práctico que pudiera ser utilizado en la toma de decisiones y la implementación de medidas de mitigación y prevención frente a inundaciones. Siendo así, los resultados obtenidos permitieron definir la delimitación de la faja marginal, que es un espacio de protección frente a las crecidas de la quebrada Colpamayo, en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota.

Por último, esta investigación fue de nivel explicativo, ya que buscó comprender y explicar las causas y los factores que contribuyen a la susceptibilidad a inundaciones en los sectores urbanos estudiados de acuerdo a la metodología CENEPRED (2015). Para ello, se analizaron diferentes variables como la topografía del terreno, la geomorfología, la cobertura vegetal, la morfometría, la geología y las características de inundación fluvial debido a la precipitación. Estos análisis permitieron identificar y comprender los factores que aumentaban la probabilidad de inundación en esos sectores, lo que facilitó la delimitación de la faja marginal de la quebrada Colpamayo.

Tabla 11*Tipo de investigación según los principales criterios*

Criterio	Tipo de investigación
Objetivos	Explicativa
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Control de diseño de la prueba	No experimental
Finalidad	Aplicada
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Fuente de datos	Mixta
Contexto donde sucede	Campo

Nota: (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

La investigación fue de diseño no experimental, descriptiva causal simple de corte transversal. Se tuvo una muestra (M) en este caso el cauce de la quebrada Colpamayo que recurrentemente se desborda generando susceptibilidad frente a inundaciones (X), por lo que, en base a ello, se ha definido la faja marginal (Y), formando una relación de causa – efecto.

$$M \leftarrow XY \quad (20)$$

Fue no experimental porque no se manipularon variables ni se realizaron intervenciones. En lugar de eso, se recopilaron datos existentes sobre la susceptibilidad a inundaciones en la zona de estudio por medio de la metodología CENEPRED (2015), para luego plantear la delimitación de la faja marginal de acuerdo al “Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales” (Ministerio de Agricultura y Riego , 2016).

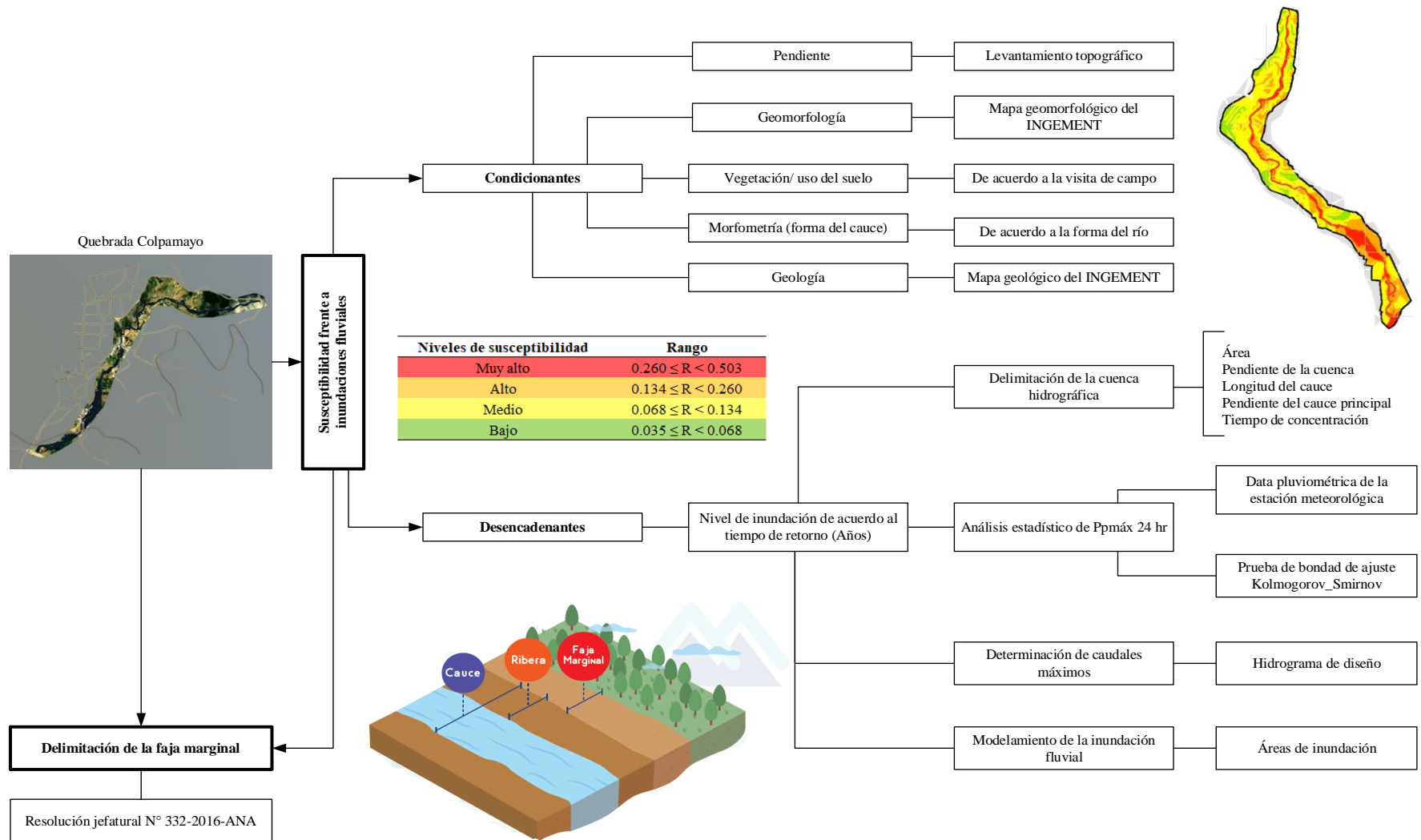
También, fue descriptivo porque el objetivo principal de la investigación fue describir la susceptibilidad a inundaciones en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota. Se recopilaron características geográficas, geomorfológicas, de vegetación, morfométricas, geotécnicas y climáticas de la zona, así como también

se utilizaron modelos y técnicas para analizar la probabilidad de inundaciones en el área de influencia de la quebrada Colpamayo de acuerdo al tiempo de retorno.

Fue causal simple porque se buscó identificar la relación de causalidad entre las características de la zona y la susceptibilidad a inundaciones. Se intentó determinar si ciertas variables, como la topografía, geomorfológica, vegetación, morfometría, geotecnia o la ubicación geográfica, tenían impacto en la probabilidad de inundaciones en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la ciudad de Chota a causa del desborde de la quebrada Colpamayo. Pero a la vez, también se ha relacionado si la susceptibilidad del área frente a inundaciones fluviales influye o no en la delimitación de la faja marginal.

Finalmente, fue de corte transversal porque se recopilaron datos en un solo momento en el tiempo. No se realizaron mediciones o seguimientos a lo largo del tiempo, sino que se obtuvieron datos sobre la susceptibilidad a inundaciones en un momento específico para su análisis. No obstante, cabe recalcar que, si se trabajó con una data de 50 años de la precipitación pluviométrica dado por la estación meteorológica, pero estos datos fueron solicitados en un tiempo específico y sirvieron para determinar las áreas de inundación.

Figura 23 Diseño de Investigación: Descriptivo Causal Simple



3.3. Métodos de investigación

En el desarrollo de esta investigación, se partió de los métodos cuantitativos que se denotan en la teoría de CENEPRED (2015) que planteaba el procedimiento para estimar la susceptibilidad a inundaciones en la quebrada Colpamayo en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota. Siendo así, la hipótesis planteada afirmaba que en dichos sectores había zonas propensas a inundaciones.

Para probar esta hipótesis, se recopiló información relevante como la geometría por medio de un levantamiento topográfico detallado de la zona, la geomorfología y geología local por medio de datos del INGEMENT, vegetación y uso del suelo por medio de las visitas de campo y mapas de catastro, morfometría de la quebrada por medio de la batimetría del cauce, datos pluviométricos, así como datos hidrológicos e hidráulicos existentes. Esta información permitió tener una base sólida para llevar a cabo la investigación.

Luego, se procedió a realizar una simulación utilizando modelos hidráulicos para determinar las áreas susceptibles a inundaciones en los sectores mencionados. La simulación permitió obtener una representación gráfica de las zonas inundables y calcular los niveles de riesgo en cada área.

Con los resultados obtenidos, se procedió a delimitar las fajas marginales, es decir, las áreas que deberían ser protegidas o consideradas en futuras obras de prevención y control de inundaciones. Estas fajas marginales se establecieron en función de los niveles de riesgo determinados en la simulación.

Finalmente, se evaluaron los resultados obtenidos para confirmar o descartar la hipótesis planteada. Se compararon los datos obtenidos con la teoría de susceptibilidad a inundaciones y se analizaron las zonas identificadas como propensas a inundaciones con la realidad observada en el terreno.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

El área de influencia en el recorrido de 2.73 km de la quebrada Colpamayo del distrito de Chota, departamento de Cajamarca con inicio en el sector denominado Las Lagunas con coordenadas UTM WGS84 17S 761484.00 m E, 9273855.00 m S, y fin en las coordenadas 759584.00 m E, 9273222.00 m S en su confluencia con el río Chotano, luego de pasar el sector 1, 2, 3, 8 y 9 de la ciudad.

Tabla 12

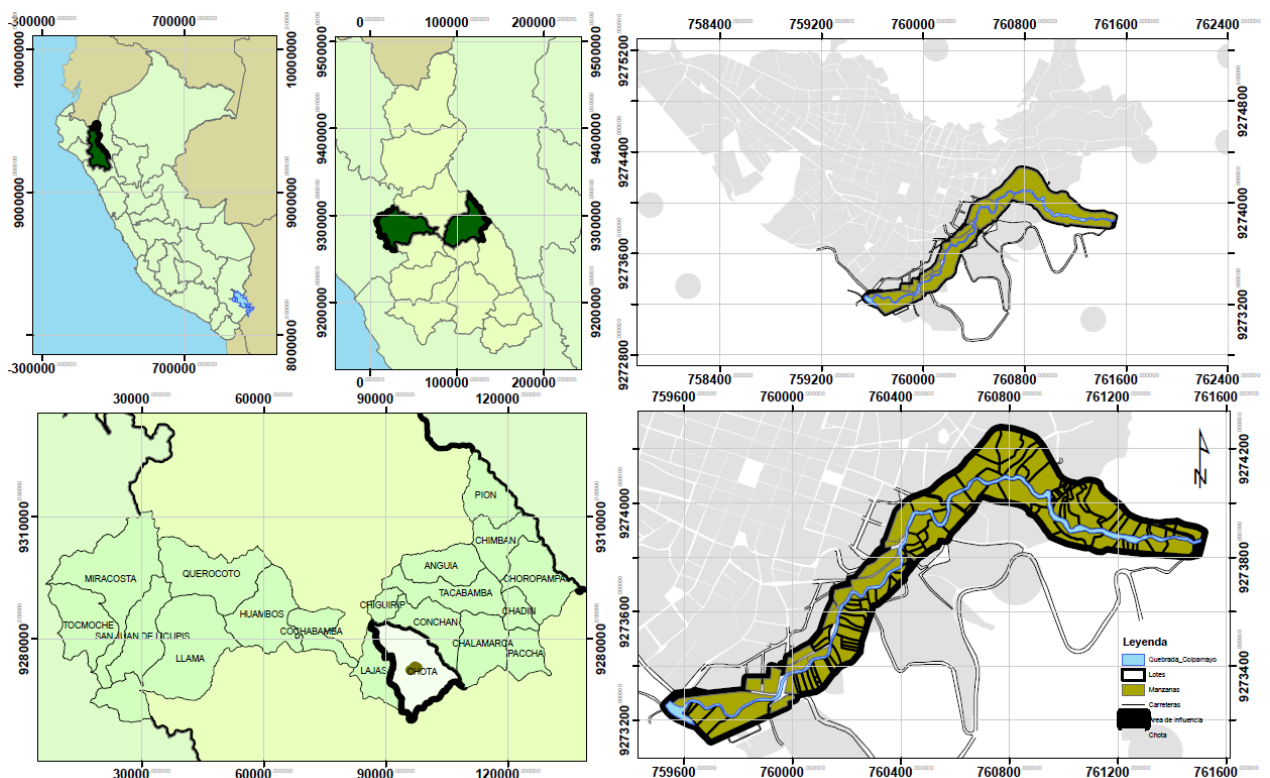
Coordenadas UTM del Tramo de la Quebrada Colpamayo, Chota

Punto	Este (m E)	Norte (m S)
Inicio	761484.00	9273855.00
Fin	759584.00	9273222.00

Nota: tomado en campo a partir del levantamiento topográfico.

Figura 24

Mapa de Ubicación de la Quebrada Colpamayo en Chota

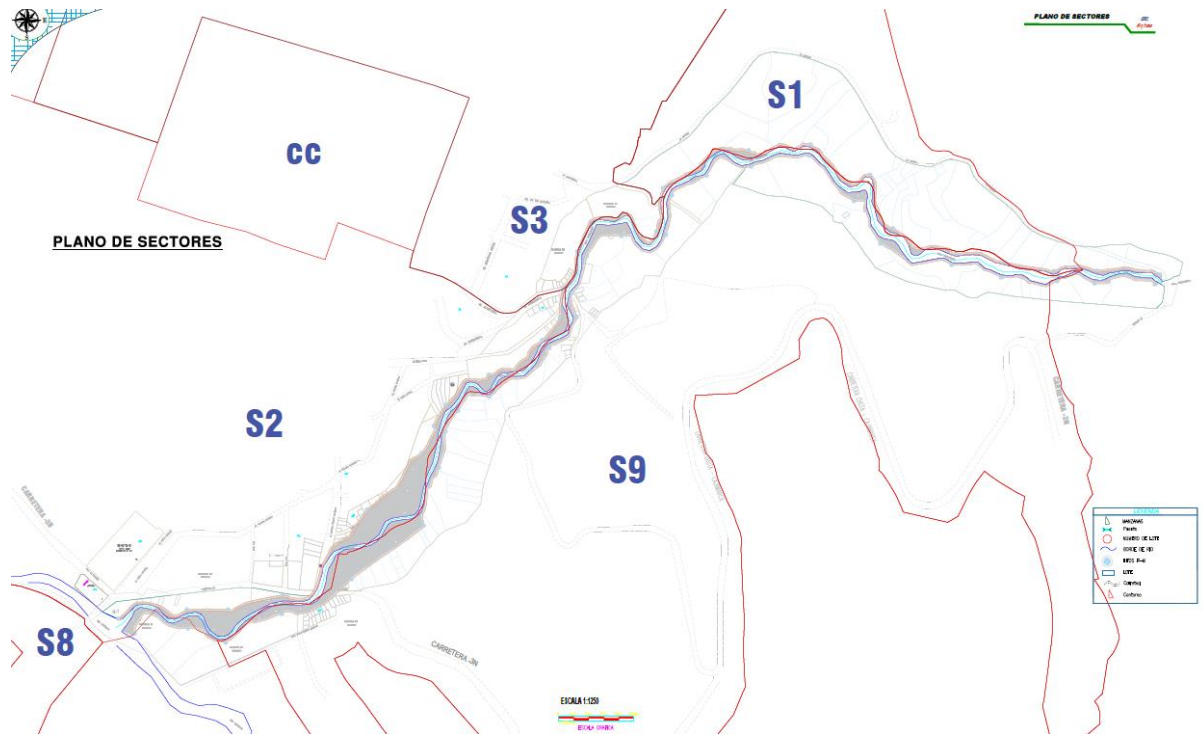


Nota: (ver anexo planos).

Figura 25

Plano de Sectores de la Ciudad de Chota por los que pasa la Quebrada Colpamayo

Colpamayo



Nota: (ver anexo planos).

3.4.2. Muestreo

El muestreo realizado en esta investigación fue de tipo no probabilístico, basado en la decisión del autor. La elección de este enfoque se fundamentó en la recurrencia de fenómenos de inundación fluvial en la quebrada Colpamayo debido a intensas precipitaciones pluviales. Diversos informes del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2009; INDECI, 2015; INDECI, 2015; INDECI, 2021; INDECI, 2022) , así como del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017) y noticias locales (Asencio, 2013; Vásquez A. , 2021), han documentado estos eventos. Además, la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018) ha identificado al río Chotano y a la quebrada Colpamayo como puntos críticos con riesgo de inundación en la ciudad de Chota. Por tanto, la

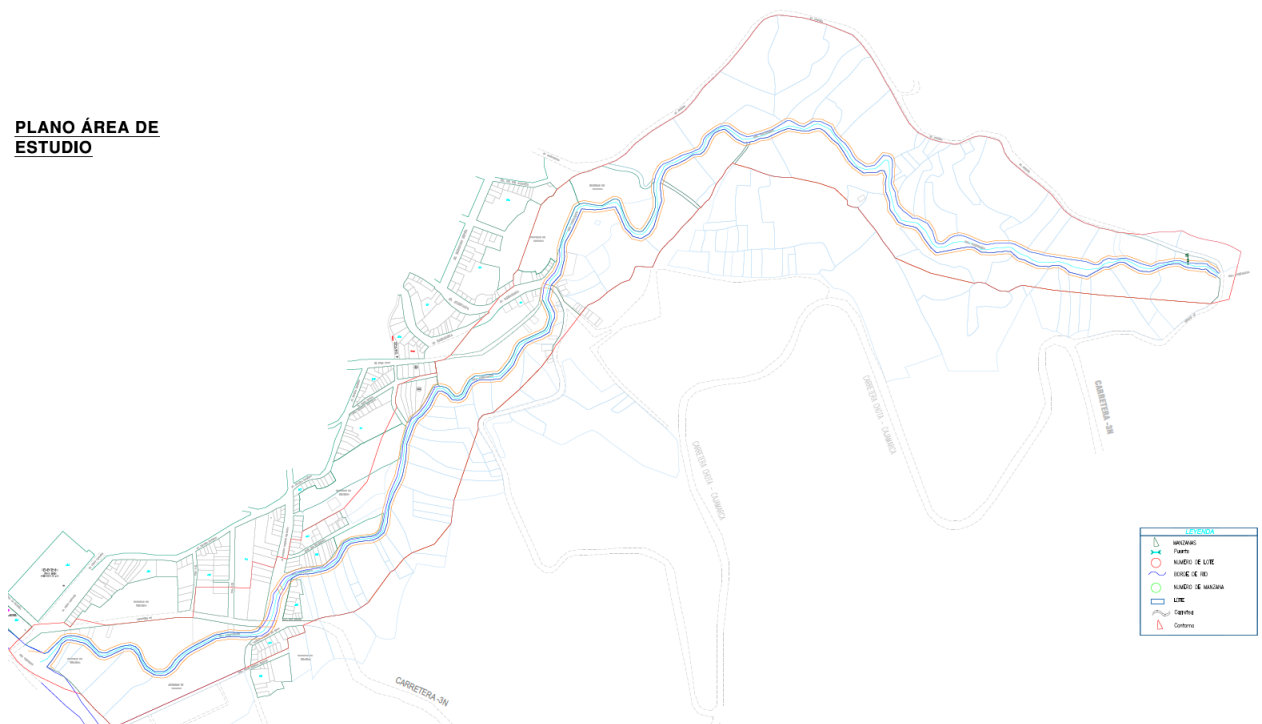
selección no probabilística del muestreo se basó en la evidencia de eventos pasados de inundaciones en la quebrada Colpamayo, respaldados por informes de entidades reconocidas y referencia de fuentes locales. Esta información justifica la elección de la quebrada Colpamayo que atraviesa los sectores urbanos 1, 2, 3, 8 y 9 de Chota como objeto de estudio en esta investigación.

3.4.3. Muestra

Las 36.58 ha de área de influencia en el recorrido de 2.73 km de la quebrada Colpamayo en los sectores 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota, distrito de Chota, con inicio en el sector denominado Las Lagunas con coordenadas UTM WGS84 17S 761484.00 m E, 9273855.00 m S, y fin en las coordenadas 759584.00 m E, 9273222.00 m S en su confluencia con el río Chotano.

Figura 26

Plano del Área de Estudio en el Recorrido de la Quebrada Colpamayo en la Ciudad de Chota



Nota: (ver anexo planos).

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Observación: Esta técnica consistió en la observación directa y sistemática de la quebrada Colpamayo y su entorno para recopilar información sobre las características físicas (vegetación, uso del suelo, geomorfología, geología, morfometría del cauce), el comportamiento de los caudales (nivel de agua máximo observable) y cualquier otro elemento relevante para el estudio.

Medición (levantamiento topográfico): Se llevaron a cabo mediciones topográficas para obtener la información sobre el relieve y la configuración del terreno en la zona de estudio. Esto permitió identificar las áreas de mayor susceptibilidad de inundación y modelar el flujo del agua en el escenario de inundación. Se utilizaron herramientas como GPS diferencial, trípode, cuaderno de campo, entre otros, para recolectar los datos necesarios.

Análisis hidrológico: Esta técnica consistió en el análisis de los datos hidrológicos disponibles de la quebrada Colpamayo, como los registros de precipitación proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2023) para la estación Chota. Se utilizaron métodos hidrológicos para evaluar el potencial de inundación y calcular los caudales de diseño a través del método de hidrograma unitario.

Modelamiento hidráulico: Para comprender el comportamiento del flujo de agua durante los eventos de inundación, se empleó el modelamiento hidráulico. Esta técnica permitió simular el movimiento del agua en la quebrada Colpamayo y evaluar la propagación de inundaciones en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota. Se utilizaron modelos matemáticos y software especializado (HEC-RAS 6.1) para realizar estas simulaciones.

Cálculo de la susceptibilidad: Se llevó a cabo un cálculo de la susceptibilidad a las inundaciones en los sectores urbanos estudiados. Esto implicó la evaluación de diversos factores, como la pendiente del terreno, el uso de suelo, la vegetación, la geología, geomorfología y la morfometría de la quebrada en el flujo del agua. Se utilizaron métodos cuantitativos para asignar valores de susceptibilidad y establecer zonas de mayor y menor peligro de acuerdo a CENEPRED (2015).

Delimitación de faja marginal: Finalmente, se realizó la delimitación de la faja marginal, que es el área cercana a la quebrada Colpamayo que se debe considerar como zona de protección en caso de inundación. Se utilizaron los resultados del modelamiento hidráulico y del cálculo de susceptibilidad para establecer esta delimitación, con el objetivo de tener una propuesta adecuada en esta área.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Registro fotográfico: Se utiliza para obtener imágenes de la zona de estudio, tomando fotografías de diferentes puntos y momentos específicos. Estas imágenes fueron utilizadas posteriormente para analizar las características del área.

Cuaderno de campo (registro de datos del levantamiento topográfico): Se utiliza para registrar los datos obtenidos durante el levantamiento topográfico de la zona de estudio. Esto incluye la medición de elevaciones, el trazado de líneas de contorno y la identificación de características topográficas relevantes que puedan influir en la susceptibilidad de inundación fluvial. Estos datos se utilizan para crear un modelo digital de elevación y para evaluar la probable inundación.

Informe hidrológico: El informe hidrológico proporciona información sobre el comportamiento hidrológico de la quebrada Colpamayo, como la cantidad y frecuencia de las precipitaciones y el caudal del río. Este informe se basa en datos recopilados de la estación meteorológica Chota, procesados para transferirlos a la

microcuenca de la quebrada Colpamayo. El informe hidrológico es fundamental para comprender el régimen de caudales y utilizar esta información en el análisis de inundaciones a través de la simulación de escenarios.

Modelo hidráulico: Representa el modelo digital realizado en HEC-RAS 6.1 para simular el fenómeno de inundación para diferentes tiempos de retorno. Consiste en una representación matemática del comportamiento del flujo de agua en la quebrada Colpamayo para a través del uso de datos topográficos e hidrológicos determinar las áreas propensas a inundaciones fluviales para tiempo de retorno de 10, 50, 100 y 500 años. Dicha información se presenta a través de mapas de inundación de las áreas afectadas. Así mismo, dichos resultados permiten delimitar la faja marginal de la quebrada Colpamayo.

Mapas de susceptibilidad: Los mapas de susceptibilidad se generan utilizando modelos de análisis geoespaciales que evalúan la vulnerabilidad de las áreas a ser inundadas por desborde de la quebrada ante el incremento del caudal. En este caso se ha utilizado el modelo de CENEPRED (2015). Estos modelos consideran factores condicionantes como la topografía, geomorfología, geología, vegetación, uso del suelo, morfometría y desencadenantes como las áreas de inundación simulada. Los resultados se presentan en forma de mapas que muestran la probabilidad de inundación en el área de influencia de la quebrada Colpamayo.

Mapa de faja marginal: El mapa de faja marginal muestra los límites y las características de la faja marginal, que es una zona de protección establecida para evitar construcciones en áreas de alto riesgo de inundación. Este mapa utiliza la información recolectada de los otros instrumentos de recolección de datos, como el informe hidrológico, el modelo hidráulico y los mapas de susceptibilidad, para determinar los límites precisos de la faja marginal.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Proceso de obtención de los datos

3.6.1.1. Levantamiento topográfico

Inicialmente, a fines del año 2022 (mes de octubre) se realizó el levantamiento topográfico del área de influencia y del cauce de la quebrada Colpamayo en una extensión de 2.73 km lineales y 36.58 ha de superficie, desde el puente del sector denominado Las Lagunas en Conga Blanca hasta su confluencia con el río Chotano en la intersección del sector 2 y 8 de la ciudad de Chota. Para realizar el levantamiento topográfico se utilizó GPS diferencial CHCNAV i90 IMU-RTK, trípode, jalones, GPS de mano garmin etrex 10, flexómetro y otras herramientas manuales. Se tomaron puntos en el eje del cauce, dentro del río y en la ribera para formar la sección transversal de la quebrada y tener así su batimetría; pero, también se tomaron puntos en promedio a 50 m a cada margen de la quebrada, para registrar puntos de interés como viviendas, cultivos, árboles, puentes, entre otros; además, se tomaron 03 Bench Marks (BMS) monumentados de concreto simple numerados con esmalte coloro rojo, para que se pueda realizar el replanteo de la topografía de ser necesario. Todos los datos y un bosquejo fueron registrados en la libreta de campo (archivo digital). Finalmente, con los datos extraídos se elaboró el plano topográfico, plano de secciones y perfil de la quebrada Colpamayo, información batimétrica que se utilizó en el modelamiento del cauce.

Tabla 13 *Coordenadas UTM de los BMS en la Quebrada Colpamayo*

BMS	Nº de punto	Este (m E)	Norte (m S)	Cota (msnm)
BM1	2264	761488.46	9273859.56	2479.40
BM2	2265	760416.77	9273894.93	2372.56
BM3	2260	759577.54	9273253.93	2324.44

Nota: tomado en campo a partir del levantamiento topográfico.

a) Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- GPS diferencial
- Cinta métrica
- Estacas
- Libreta de campo

b) Procedimiento detallado del levantamiento topográfico:

- Se reunió el equipo de trabajo conformado por especialistas en topografía y geografía, así como asistentes de campo, ayudantes y tesistas.
- Se planificó el levantamiento topográfico de la quebrada Colpamayo, sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota, para analizar la susceptibilidad a inundaciones y delimitar la faja marginal.
- Se revisaron las características del GPS diferencial y se verificó su correcto funcionamiento. Así mismo, se estacionó el equipo en la zona más alta.
- Se delimitaron las secciones transversales de la quebrada en los sectores determinados. Estas secciones se establecieron de manera equidistante a lo largo del cauce.
- Se comenzó el levantamiento topográfico caminando sobre el eje de la quebrada, registrando los puntos con el GPS diferencial a intervalos regulares al colocar los jalones, es decir, aproximadamente cada 10 metros.
- Además de los puntos en el eje, se registraron puntos en los bordes de la sección transversal, con el fin de tener una visión completa del área de estudio.
- Se midió la distancia a cada margen de la ribera del cauce, registrando puntos cada 50 metros para obtener una estimación precisa de la faja marginal.

- Se utilizaron estacas para marcar cada punto registrado y así tener una referencia visual en el terreno.
- Pero también se monumentaron con concreto simple BMS en el trayecto de la quebrada Colpamayo.
- Todos los datos de coordenadas obtenidos se anotaron en la libreta de campo junto con la distancia a cada margen y el punto correspondiente en la sección transversal.
- Una vez finalizado el levantamiento topográfico, se recogieron los datos y se elaboraron los planos topográficos en civil 3D 2022.

Este procedimiento permitió obtener los datos necesarios para el análisis de susceptibilidad a inundaciones y la delimitación de la faja marginal en la quebrada Colpamayo, sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota en el año 2022.

Figura 27 Toma de Coordenadas del BM en la Quebrada Colpamayo Durante el Levantamiento Topográfico



3.6.1.2. Delimitación de la microcuenca en HEC-HMS 4.1 para obtener los parámetros geomorfológicos

a) Delimitación de la microcuenca en HEC-HMS 4.1

Con el fin de delimitar la microcuenca de la quebrada Colpamayo, se utilizó el software HEC-HMS 4.1. Este software cuenta con herramientas GIS que permiten al usuario realizar procedimientos y configuraciones para el desarrollo de modelos hidrológicos. Para ello, se importó la topografía realizada en campo y se unió con las curvas de nivel y los ríos de la carta nacional 14f, lo que permitió delimitar de manera precisa la microcuenca de la quebrada.

La microcuenca de la Quebrada Colpamayo tuvo como punto emisor al punto de inicio del tramo de estudio con coordenadas UTM WGS84 17S 761484.00 m E, 9273855.00 m S a 2483 msnm.

Figura 28

Ubicación Política de la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

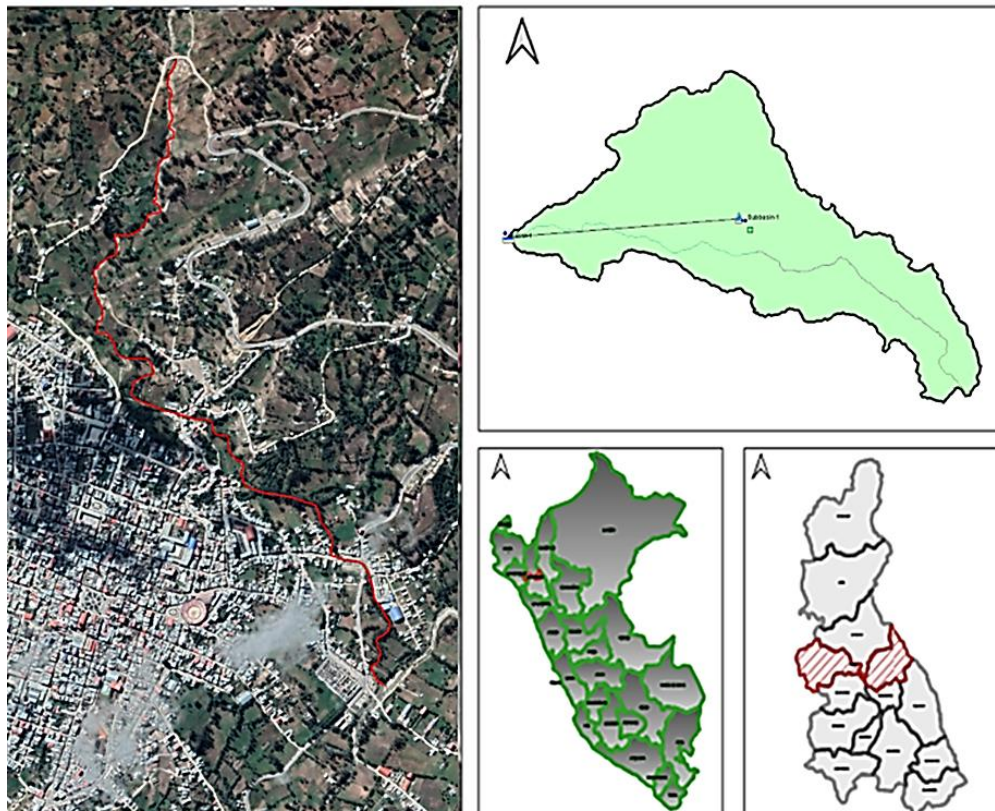
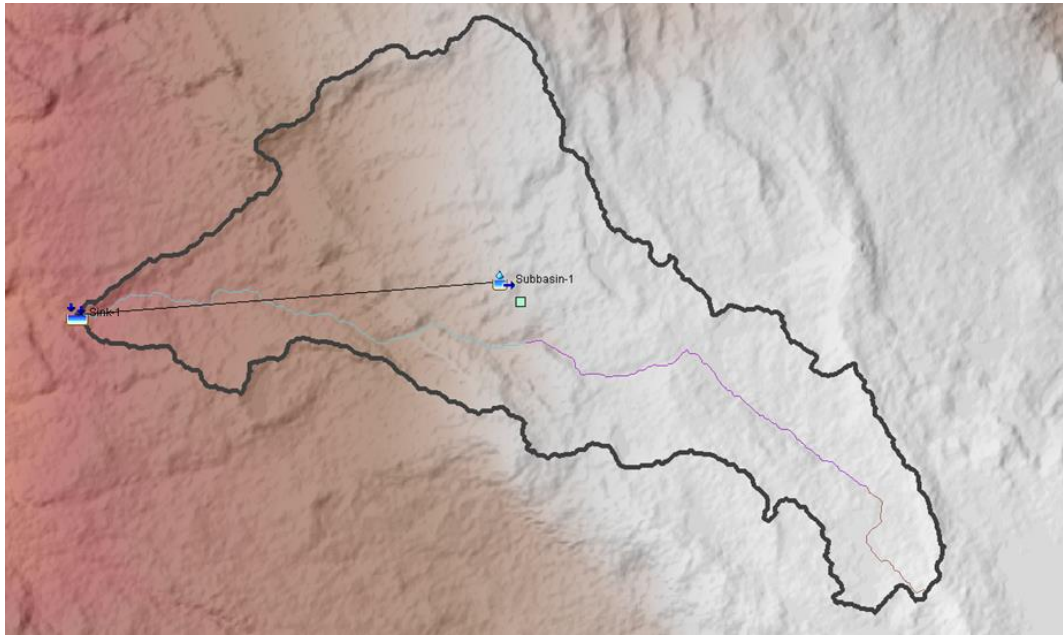


Figura 29

Delimitación de la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo



b) Cálculo de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca

En el programa HEC-HMS 4.1 de forma automática se obtienen los principales parámetros geomorfológicos de la microcuenca delimitada, tales como: área, perímetro, pendiente de la cuenca, longitud del curso principal, pendiente del cauce principal.

Sin embargo, para el cálculo de los parámetros geomorfológicos restantes, como la altitud media, el coeficiente de Gravelius, la pendiente de la cuenca por el método de Alvord, la pendiente del cauce principal por el método de Taylor & Schwarz y el tiempo de concentración por el método de Temez, se aplicaron las ecuaciones (21, 22, 23, 24, 25) descritas en el artículo científico de Ortiz (2004) procesadas por medio del programa Microsoft Excel 2022. De esta manera, se obtuvieron de manera precisa y eficiente todos los parámetros necesarios para el modelo hidrológico de la microcuenca de la quebrada Colpamayo.

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i \times A_i \quad (21)$$

Donde: H= Altitud media (msnm). Hi= Altura de la superficie acopiada Ai sobre la curva Hi. A= Superficie. n= Número de superficies parciales

$$K_c = 0.28PA^{-1/2} \quad (22)$$

Donde: Kc= factor de Gravelius. P= Perímetro. A= Superficie.

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i \quad (23)$$

Donde: Sc= Pendiente de la cuenca. C= Equidistancia entre curvas de nivel. A= Superficie. Li= longitud de cada curva de nivel

$$S_o = \left[\frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{S_i}\right)^{1/2}} \right]^2 \quad (24)$$

Donde: So= Pendiente del cauce principal. Li= longitud de cada tramo de pendiente Si. n= número de tramos de similar pendiente

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75} \quad (25)$$

Donde se muestra la fórmula de Témez con: Tc= tiempo de concentración (horas). L= longitud del cauce principal, en km. S= pendiente del máximo recorrido.

c) Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Colpamayo

La microcuenca de la quebrada Colpamayo tiene un área de 28.33 km², perímetro de 43.40 km, pendiente de 0.209 m/m, con una longitud de cauce principal de 14.15 km y pendiente del cauce principal de 0.097 m/m, a la altitud media de 3,375.11 msnm, alcanzando un tiempo de concentración de 3.50 horas.

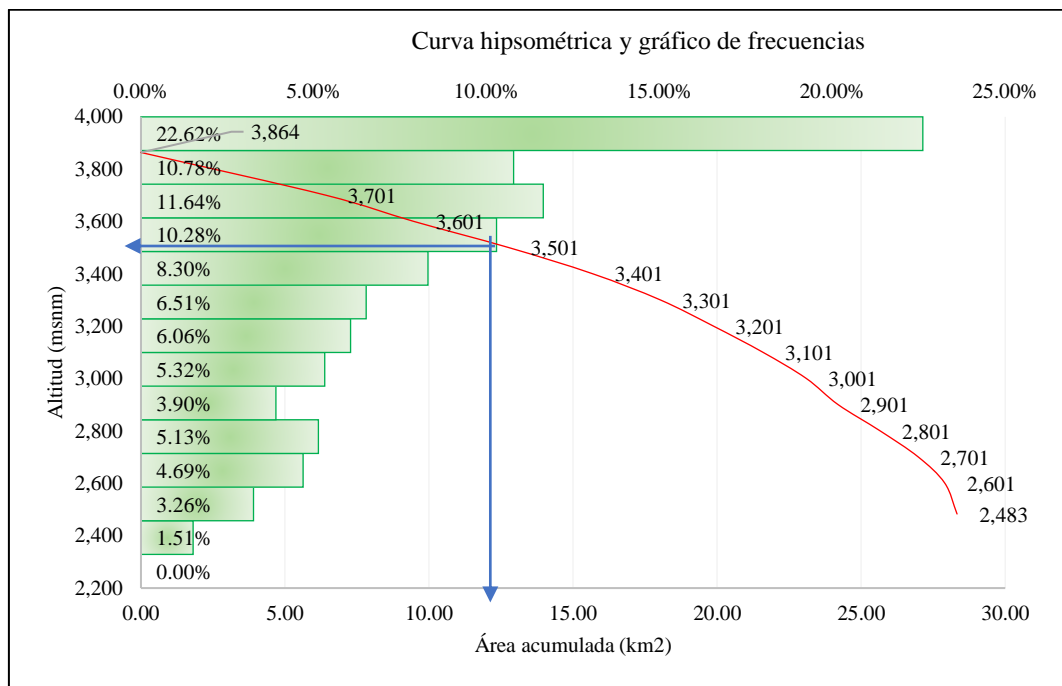
Tabla 14 *Parámetros Geomorfológicos de la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo*

Área (Km ²)	Perímetro (km)	Pendiente micro cuenca	Altitud media (msnm)	Long. cauce principal (km)	Pendiente del cauce principal	Tiempo de concentración (horas)
28.328	43.40	0.209	3,375.11	14.147	0.097	3.50

Nota: obtenido a partir de la delimitación de la microcuenca hidrográfica.

Altitud media: La altitud media al 50% del área (determinada por la curva hipsométrica) es de 3,500 msnm, que difiere cuando esta se calcula analíticamente, siendo de 3,375.11 msnm (Ver Fig. 30). La altitud media que se ha utilizado como parte del estudio es 3,375.11 msnm, la que se ha determinado por fórmula por ser más exacta. No obstante, la forma de la curva hipsométrica permite definir el tipo de cauce, siendo en este caso un río en la fase de juventud, lo que refleja una cuenca con gran potencial erosivo.

Figura 30 Curva Hipsométrica y Gráfico de Frecuencias de la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo



Longitud del cauce principal: tiene una longitud de aproximadamente 14.15 km

Pendiente del cauce principal: Se han utilizado dos métodos: el de la pendiente uniforme y el método de Taylor y Schawarz, cuyos resultados son equivalentes 9.82% y 9.70%, respectivamente. Finalmente, se trabajó con la pendiente de Taylor y Schawarz debido a que es el método más exacto según Ortiz (2004).

Número de orden de la cuenca (N): en concordancia con el número de ramificaciones de la red de drenaje es de orden 4.

3.6.1.3. Curva número de la quebrada Colpamayo

Para plantear el mapa de curva número para la quebrada Colpamayo se descargó el mapa shapefile del número de curva en condiciones húmedas de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) desde la página Geo GPS Perú (2023). Luego se procedió a cortarlo en el programa ArcGIS 10.8 para obtener únicamente las curvas número para la microcuenca de la quebrada Colpamayo. Esta microcuenca tiene en promedio un número de curva de 88.13 .

Figura 31 Número de Curva para la Cuenca en Condiciones Húmedas

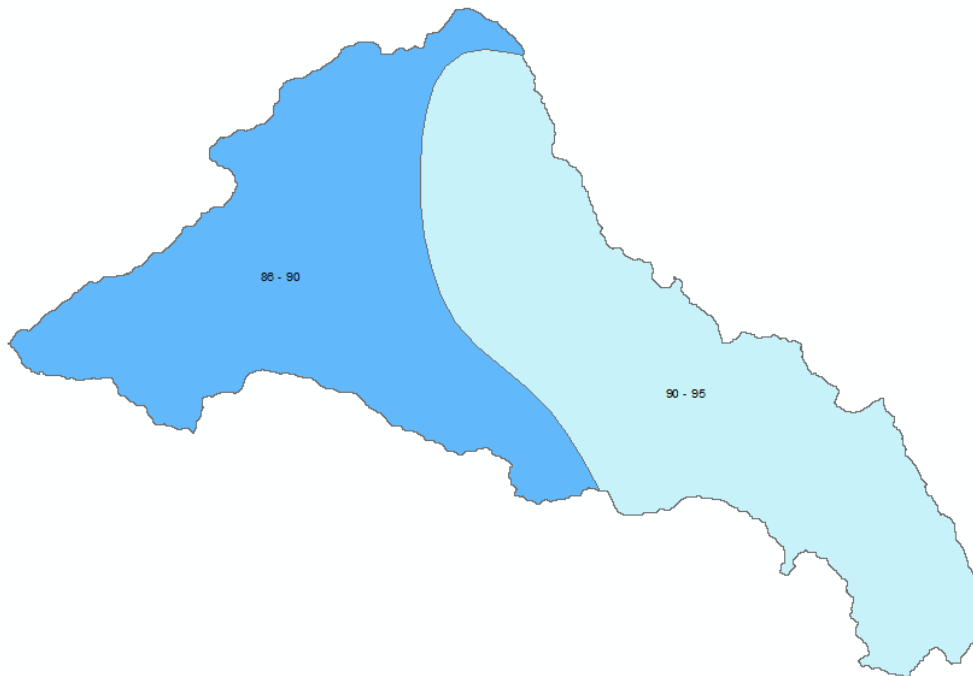


Tabla 15 Número de Curva para la Cuenca en Condiciones Húmedas

Área	CN	Área (km ²)	CN promedio
A1	86	13.243	88.13
A2	90	15.085	

Nota: shapefiles obtenidos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

a) Abstracciones iniciales (Ia)

Abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de interceptación y almacenamiento superficial. Se determinaron aplicando la siguiente ecuación

$$Ia = \frac{5000}{CN} - 50 = 6.73 \quad ()$$

3.6.1.4. Análisis hidrológico

a) Información pluviométrica

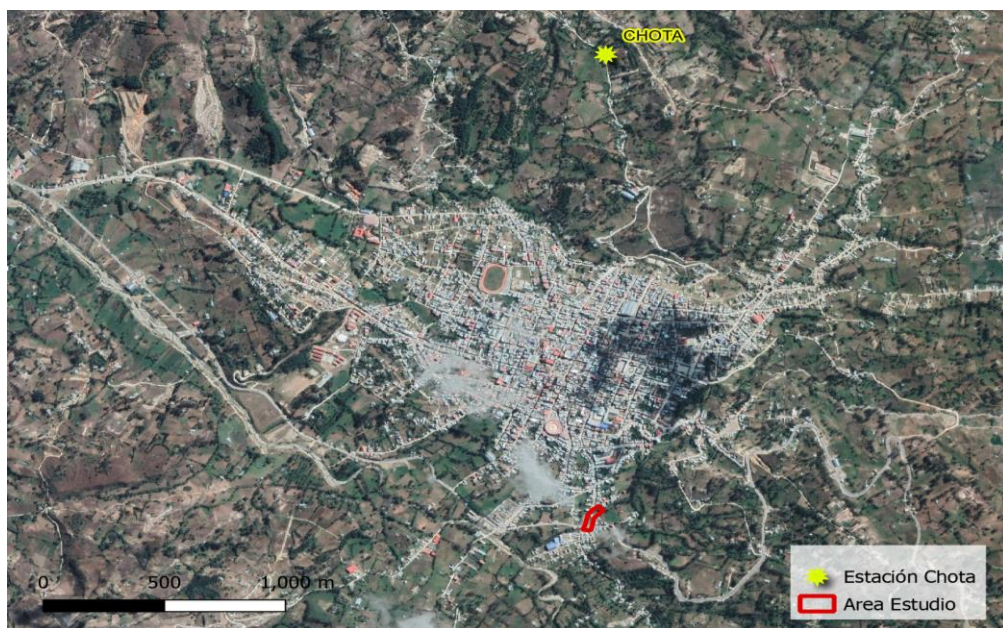
Para llevar a cabo este estudio, se utilizó la información meteorológica disponible de las precipitaciones máximas diarias de la Estación Chota. La Estación Chota es operada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2023) y se encuentra ubicada a 5 km del proyecto en las coordenadas UTM WGS84 17S 760025.00 m E, 9275705.00 m S a 2468 msnm. El período de registro abarca desde 1971 hasta 1982 y desde 1993 hasta 2021, lo que proporciona un total de 40 datos anuales. Según estos datos, el año con la mayor cantidad de lluvias fue 1980, con una precipitación de 160.5 mm.

Tabla 16 *Ubicación Geográfica de la Estación Meteorológica Chota*

Departamento	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84 17S		Altitud (msnm)
			Este (m E)	Norte (m S)	
Cajamarca	Cajamarca	Chota	760025.00	9275705.00	2468

Nota: obtenido de la página web del SENAMHI (2023).

Figura 32 *Ubicación de la Estación Chota, Distrito de Chota*



Nota: (Google earth, 2023).

Figura 33 Pmáx 24 horas (1971-2021) en la Estación Chota

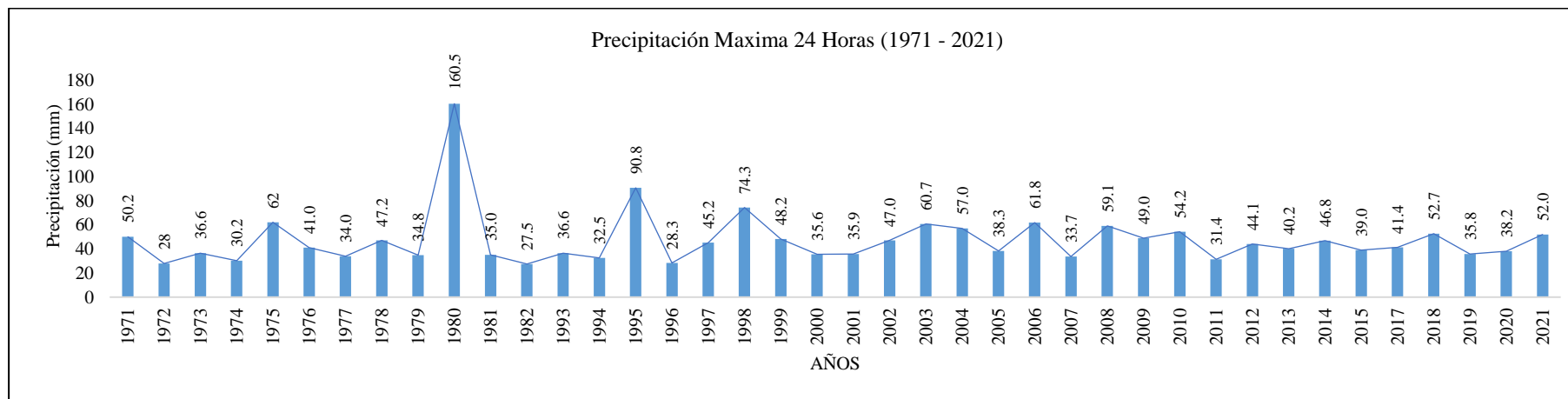


Tabla 17 Data de la Estación Meteorológica Chota: Precipitación Máxima en 24 horas de 1971 a 2021

Año 1970-1980	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Pmax24h	50.2	28	36.6	30.2	62	41	34	47.2	34.8	160.5
Año 1981-1990	1981	1982								
Pmax24h	35	27.5								
Año 1991-2000			1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Pmax24h			36.6	32.5	90.8	28.3	45.2	74.3	48.2	35.6
Año 2001-2010	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Pmax24h	35.9	47	60.7	57	38.3	61.8	33.7	59.1	49	54.2
Año 2011-2021	2011	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2021
Pmax24h	31.4	44.1	40.2	46.8	39	41.4	52.7	35.8	38.2	52

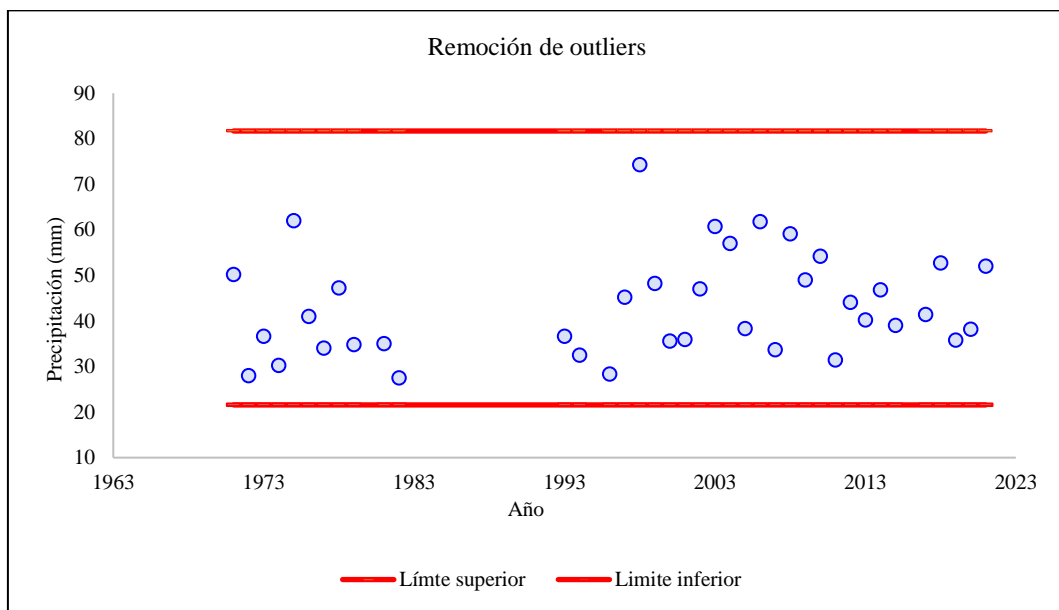
Nota: Obtenido a partir de la data pluviométrica dada por SENAMHI (2022).

b) Análisis de datos atípicos (outliers)

Para evaluar la consistencia en el registro de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Chota, se aplicó la prueba de datos dudosos (Outliers) recomendada por el Water Resources Council. Durante este análisis, se identificaron registros atípicos para los años 1980 y 1995, donde se registraron precipitaciones de 160.5 mm y 90.8 mm respectivamente. Por lo tanto, se eliminaron estos datos atípicos del registro.

Figura 34

Análisis de Datos Atípicos (Outliers) de las Precipitaciones Máximas de la Estación Chota



Nota: Data pluviométrica obtenida del SENAMHI.

c) Corrección de P_{máx} 24 horas

Debido a que los datos meteorológicos obtenidos son mediciones diarias y no continuas, la Organización Meteorológica Mundial recomienda amplificar por el factor 1.13 a cada dato de la precipitación máxima (P_{máx} 24 horas). Los valores históricos y los corregidos se muestran a continuación:

Tabla 18 *Precipitación Máxima 24 horas Histórica y Corregida*

Año	Factor de corrección	
	P _{máx} 24 horas histórico	P _{máx} 24 horas corregido
1971	50.2	56.7
1972	28	31.6
1973	36.6	41.4
1974	30.2	34.1
1975	62	70.1
1976	41	46.3
1977	34	38.4
1978	47.2	53.3
1979	34.8	39.3
1981	35	39.6
1982	27.5	31.1
1993	36.6	41.4
1994	32.5	36.7
1996	28.3	32.0
1997	45.2	51.1
1998	74.3	84.0
1999	48.2	54.5
2000	35.6	40.2
2001	35.9	40.6
2002	47	53.1
2003	60.7	68.6
2004	57	64.4
2005	38.3	43.3
2006	61.8	69.8
2007	33.7	38.1
2008	59.1	66.8
2009	49	55.4
2010	54.2	61.2
2011	31.4	35.5
2012	44.1	49.8
2013	40.2	45.4
2014	46.8	52.9
2015	39	44.1
2017	41.4	46.8
2018	52.7	59.6
2019	35.8	40.5
2020	38.2	43.2
2021	52	58.8

Nota: Obtenido a partir de la data pluviométrica dada por SENAMHI (2022).

d) Transferencia de datos a la microcuenca de estudio

Luego la información meteorológica de la estación Chota, que se encuentra a una altitud de 2,468 msnm, fue transferida hacia la microcuenca de la quebrada Colpamayo, que tiene una altitud media de 3,375.11 msnm.

Tabla 19 Precipitación Máxima 24 horas Transpuesta a la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

Año	Factor de corrección	1.37
	Pmáx 24 horas histórico	Pmáx 24 horas corregido
1971	56.726	77.576
1972	31.640	43.269
1973	41.358	56.559
1974	34.126	46.669
1975	70.060	95.810
1976	46.330	63.359
1977	38.420	52.541
1978	53.336	72.940
1979	39.324	53.777
1981	39.550	54.087
1982	31.075	42.497
1993	41.358	56.559
1994	36.725	50.223
1996	31.979	43.733
1997	51.076	69.849
1998	83.959	114.818
1999	54.466	74.485
2000	40.228	55.014
2001	40.567	55.477
2002	53.110	72.631
2003	68.591	93.802
2004	64.410	88.084
2005	43.279	59.186
2006	69.834	95.501
2007	38.081	52.078
2008	66.783	91.329
2009	55.370	75.721
2010	61.246	83.757
2011	35.482	48.523
2012	49.833	68.149
2013	45.426	62.122
2014	52.884	72.321
2015	44.070	60.268
2017	46.782	63.977
2018	59.551	81.439
2019	40.454	55.323
2020	43.166	59.032
2021	58.760	80.357

Nota: Obtenido a partir de la data pluviométrica dada por SENAMHI (2022) y corregido por el factor recomendado por la Organización Meteorológica Mundial.

Esto se hizo utilizando la fórmula adimensional N° 26 de Ortiz-Vera (2015), que correlaciona la altitud media de la estación y de la microcuenca destino, lo cual resultó en una escala de altitudes de 1.37. No obstante, se debe

tomar en cuenta que dicho autor menciona que, la fórmula que describe no es de autoría propia, sino que ha sido presentada anteriormente en el libro “*Hidráulica general-Fundamentos*” de Sotelo-Ávila (1977), “*Mecánica de fluidos*” de Streeter & Wile (2000) e “*Hidráulica experimental*” de Rodríguez Díaz (2001).

$$I_{xxx} = I_{estación} \frac{H_{xxx}}{H_{estación}} \quad (26)$$

Donde, I_{xxx} es la intensidad buscada para la Microcuenca xxx , $I_{estación}$ intensidades calculadas para la Estación de estudio en mm/hora, H_{xxx} es la Altitud media de la Microcuenca xxx , $H_{estación}$ es la altitud de la estación.

e) Análisis de frecuencia

El análisis de frecuencia permite predecir el comportamiento futuro de la precipitación en la zona, por ello, se ha utilizado el Software Hidroesta 2 para verificar qué modelo se ajusta a los datos meteorológicos transferidos a la microcuenca de la quebrada Colpamayo. Verificando por medio de la prueba de bondad kolmogorov-Smirnov, encontrando que el modelo que mejor se ajusta a las precipitaciones meteorológicas es Gamma generaliza (3 parámetros).

Tabla 20 Valores Delta Teórico y Delta Tabular de las Precipitaciones

Distribución teórica de probabilidades	Estimación de parámetros		
	Método de momentos lineales		
	Δ teórico	Δ tabular	Se ajustan los datos
Normal	0.1111	0.2206	SÍ
Log-Normal de 2 parámetros	0.0884	0.2206	SÍ
Log-Normal de 3 parámetros	0.0812	0.2206	SÍ
Gamma (2 parámetros)	0.1244	0.2206	SÍ
Gamma generalizada (3 parámetros)	0.06646	0.2206	SÍ
Log-Pearson tipo III	0.07134	0.2206	SÍ
Gumbel	0.0747	0.2206	SÍ
Log-Gumbel	0.1010	0.2206	SÍ

Nota: obtenido del programa Hidroesta 2, utilizando las precipitaciones máximas corregidas y transpuestas (Tabla 19) pero con tres decimales.

f) Hietograma de diseño

Las precipitaciones máximas de la microcuenca de la quebrada Colpamayo se calcularon utilizando la distribución teórica de probabilidades Gamma Generalizada de 3 parámetros para diferentes tiempos de retorno (10, 50, 100, 200 y 500 años) en Hidroesta 2. Estos datos obtenidos en Hidroesta 2 (Tabla 21) se utilizaron en Microsoft Excel para generar la data (duración (minutos) – Precipitación (mm)) por medio del ordenamiento de las precipitaciones totales por cada 10 minutos de duración durante un día obtenidos por la ecuación 27. Siendo así, los hietogramas de diseño por cada tiempo de retorno se podían elaborar en el mismo Microsoft Excel o cargar la data al programa HEC-HMS 4.1 y solicitar represente dicha data gráficamente, que es lo que se ha hecho para obtener las Figuras 35, 36, 37, 38 y 39.

$$Pd = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad (27)$$

Donde, Pd precipitación total, P_{24h} precipitación en 24 horas, d duración en minutos.

Tabla 21

Precipitaciones Máximas por Periodo de Retorno (años) para la Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

Periodo de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm) también denominada P _{24h}
10	0.100	90.88
50	0.020	112.54
100	0.010	121.20
200	0.005	129.58
500	0.002	140.27

Nota: Precipitaciones máximas de acuerdo al periodo de retorno y probabilidad de excedencia obtenidos de Hidroesta 2.

Figura 35 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 10 años,
Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

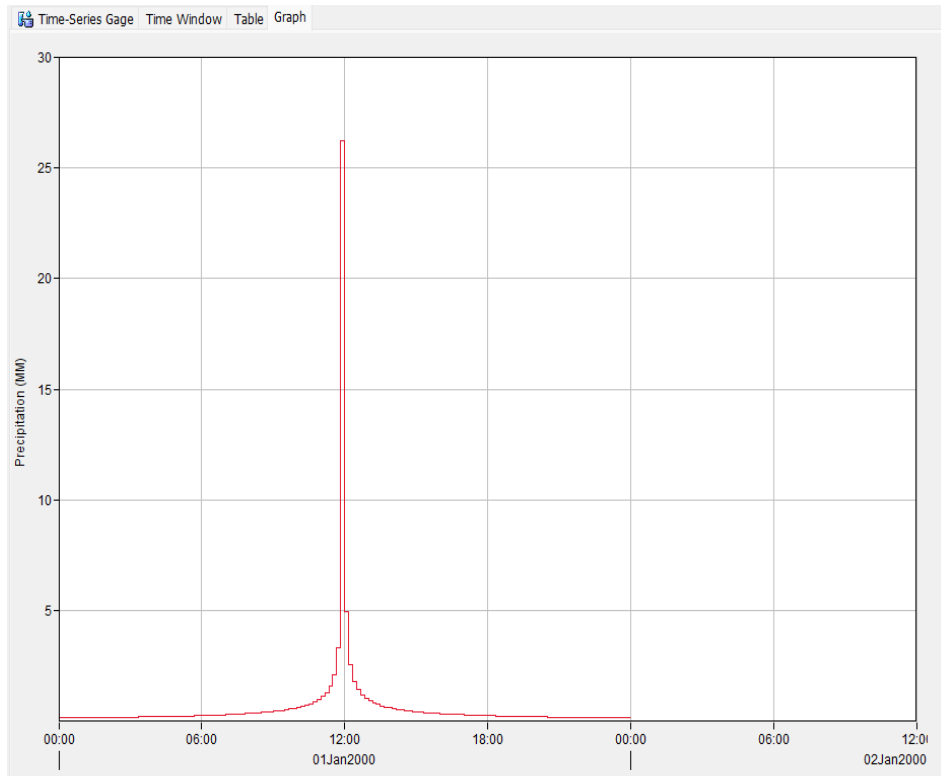


Figura 36 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 50 años,
Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

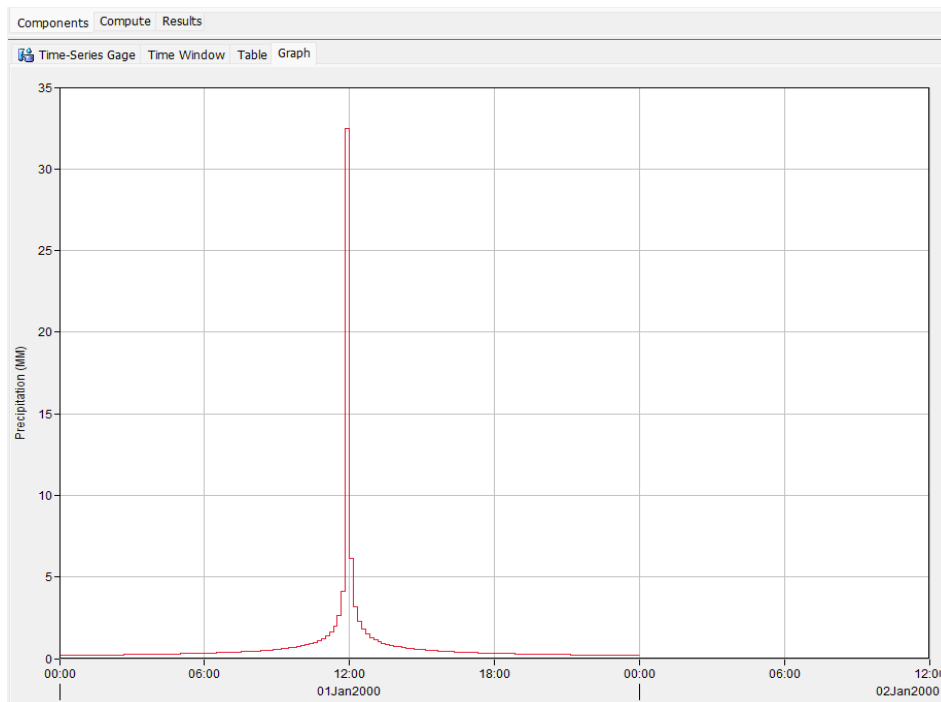


Figura 37 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 100 años,
Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

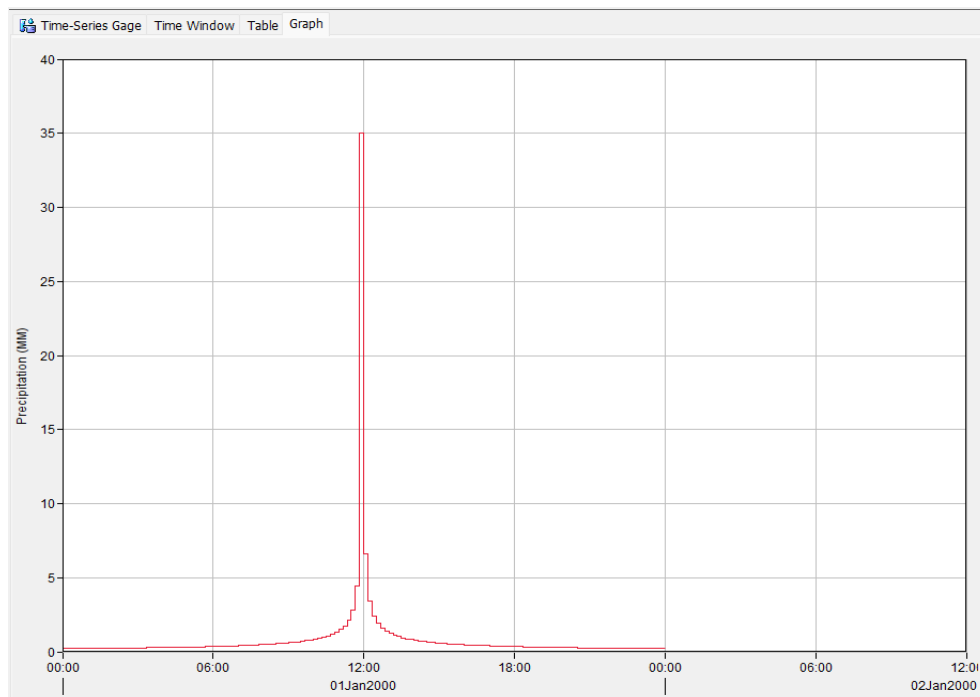


Figura 38 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 200 años,
Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

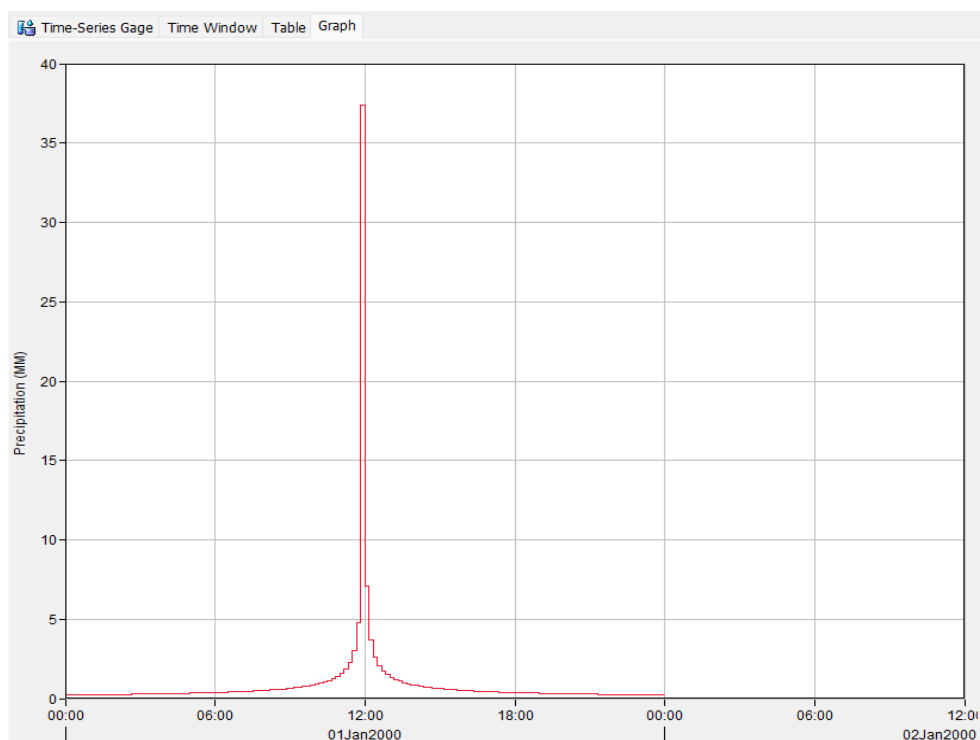
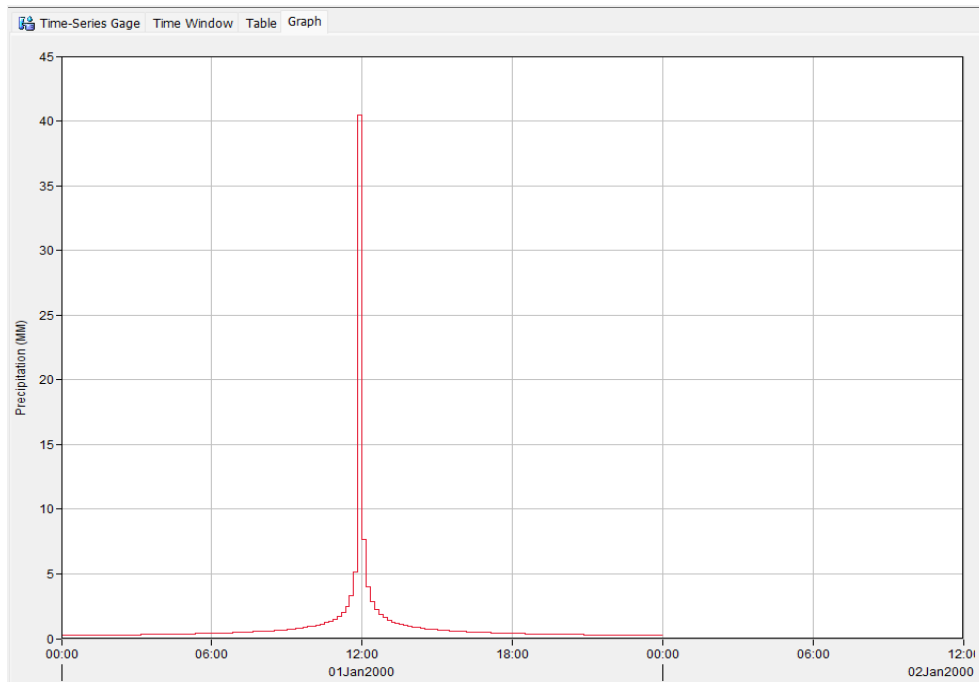


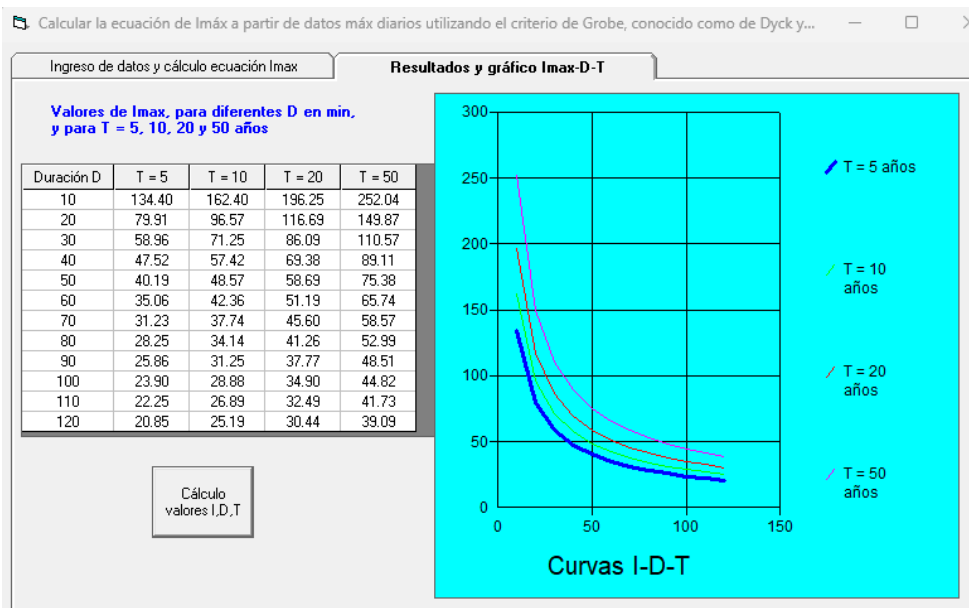
Figura 39 Hietograma de Precipitaciones Máximas para Tr de 500 años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo



g) Intensidades máximas

Se muestran las curvas IDF correspondientes a las intensidades máximas por el modelo Gamma Generalizado de 3 parámetros realizado en el programa Hidroesta 2.

Figura 40 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)



h) Caudales máximos

A partir de las precipitaciones máximas determinadas por el modelo Gamma Generalizada de 3 parámetros para la microcuenca de la quebrada Colpamayo (Tabla 21) se utilizaron para generar los hidrogramas de diseño por cada tiempo de retorno utilizando el método del bloque alterno en el programa HEC-HMS 4.1. Siendo así, se han estimado los caudales máximos para periodos de retorno de 10, 50, 100, 200 y 500 años, mismos que se representan en hidrogramas unitarios.

Tabla 22 Caudales Máximos de acuerdo con el Periodo de Retorno en Años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

Periodo retorno (años)	Q _{máx} (m ³ /s)
10	102.60
50	136.90
100	150.70
200	164.1
500	181.20

Figura 41 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 10 Años, Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

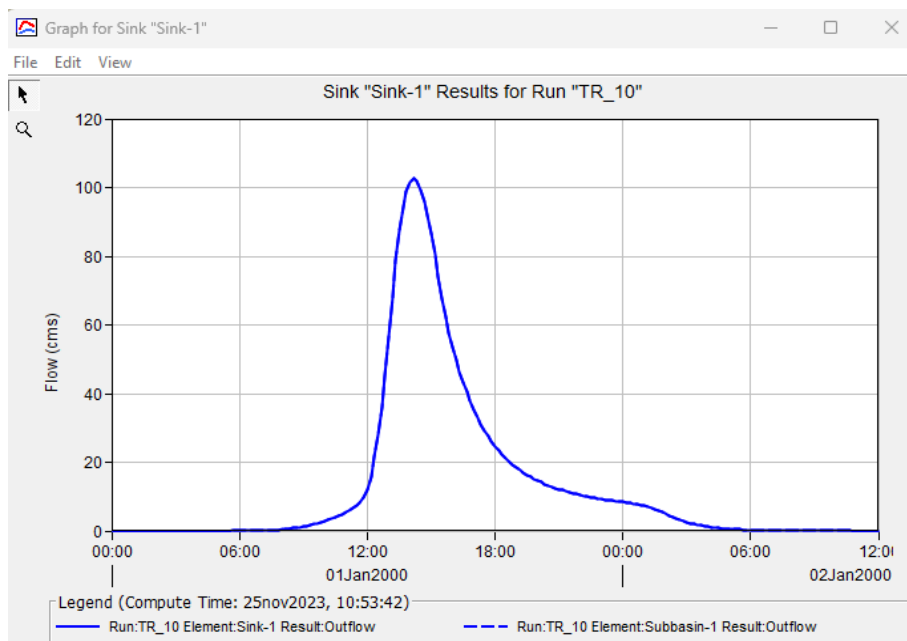


Figura 42 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 50 Años,
Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

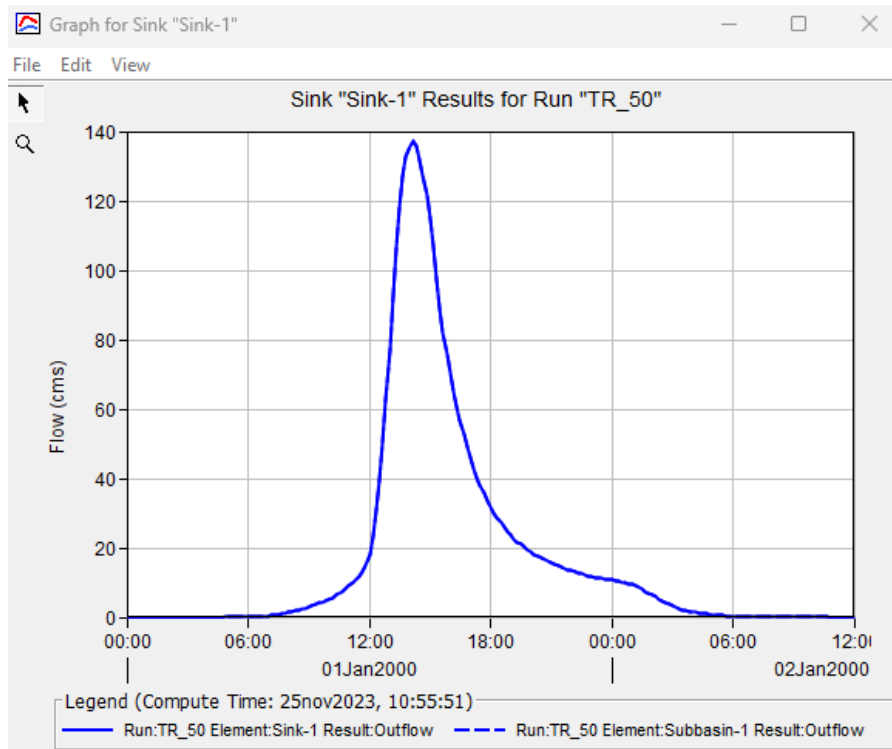


Figura 43 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 100 Años,
Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

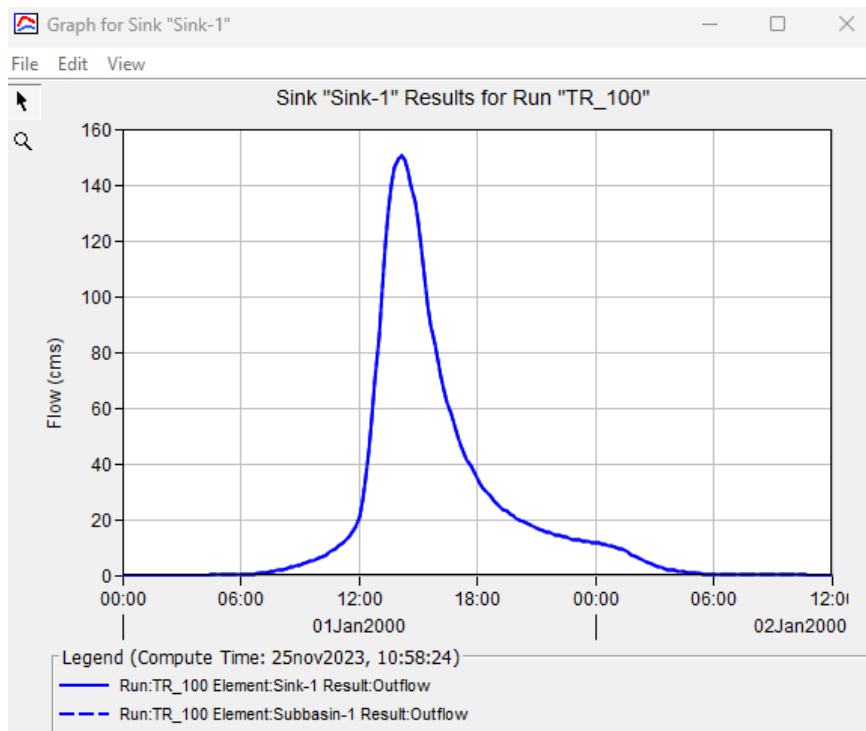


Figura 44 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 200 Años,
Microcuenca de la Quebrada Colpamayo

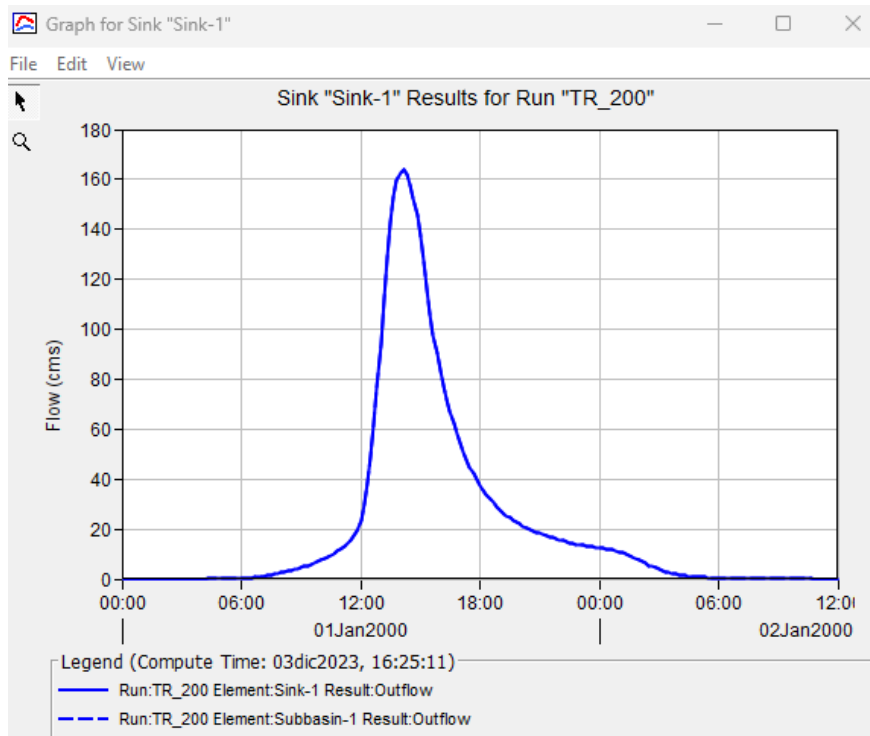
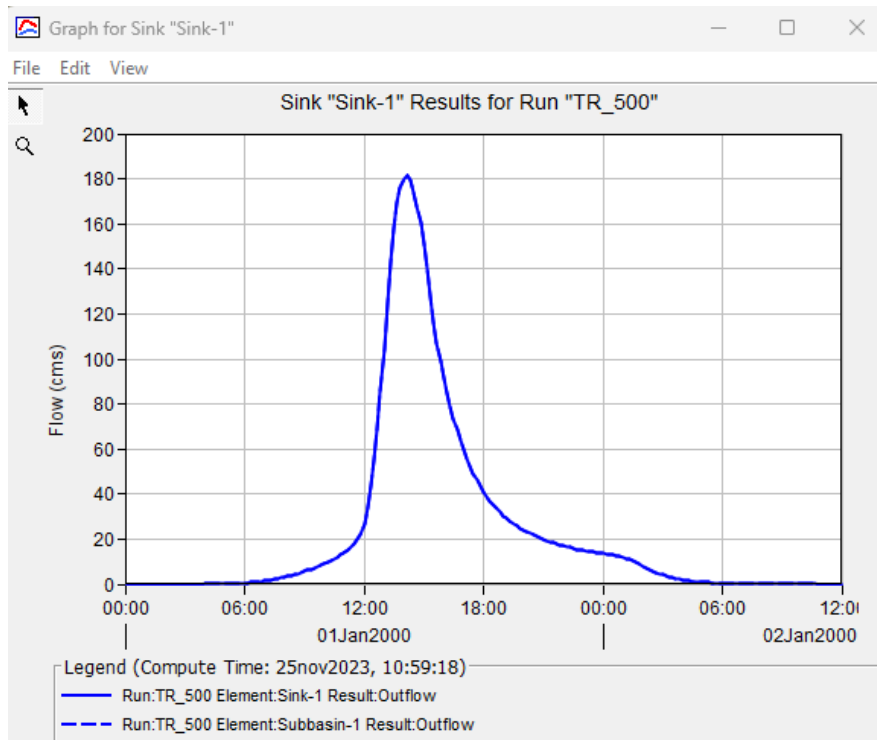


Figura 45 Hidrograma Asociado al Periodo de Retorno de 500 Años,
Microcuenca de la Quebrada Colpamayo



3.6.1.5. Análisis hidráulico

Se utilizó el software de modelamiento hidráulico HEC-RAS 6.1 para construir un modelo del cauce de la quebrada Colpamayo y simular el comportamiento de las inundaciones.

Se creó el nuevo modelo en el programa HEC-RAS 6.1, se verifican las unidades del modelo, se crea el terreno exportando el modelo topográfico del civil 3D 2022, se crea la malla de 5x5 y se coloca el coeficiente de Manning promedio de 0.035 para todo el cauce de la quebrada (ver anexo C). Se crearon entradas con condición de contorno por donde va a entrar el caudal. Se ingresó las condiciones del flujo no permanente seleccionando la entrada de la quebrada para que se habilite el hidrograma unitario y se ingresó para cada tiempo de retorno. Luego se coloca la pendiente aguas arriba y la pendiente aguas abajo. Se guardan los caudales y las condiciones flujo. Luego de ello se realiza nuevamente la malla, porque al generar la malla va a leer el hidrograma de entrada y las condiciones de salida donde se va a realizar la simulación.

Figura 46

Modelo HEC-RAS 6.1 del Cauce de la Quebrada Colpamayo

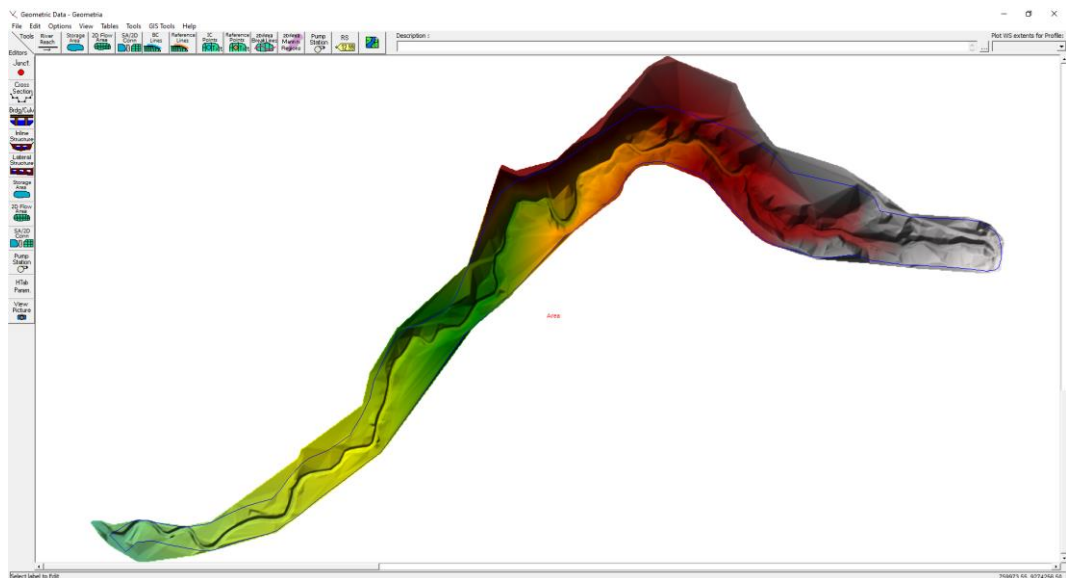


Figura 47

Ingreso del Hietograma Unitario al Modelo HEC-RAS

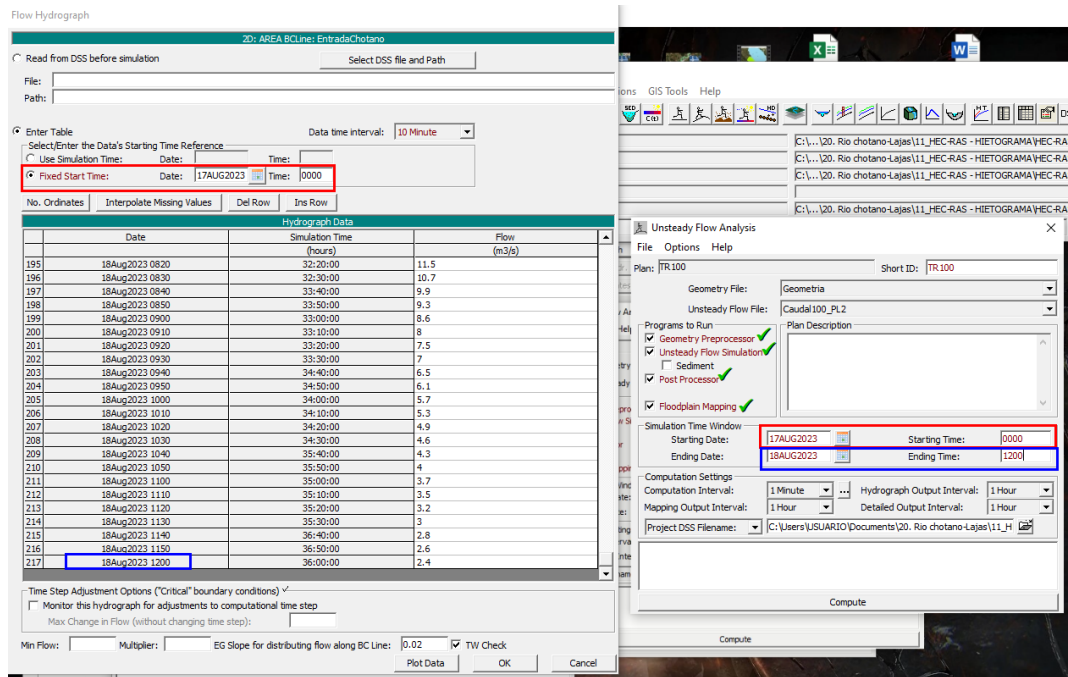
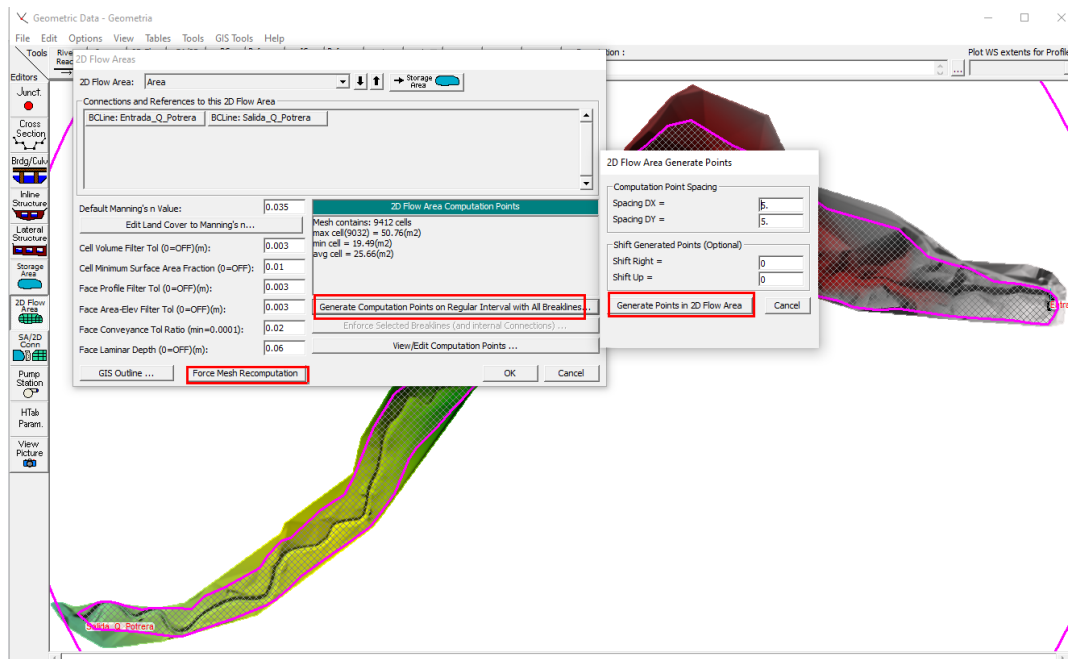


Figura 48

Malla para Colocar el Hidrograma de Entrada y las Condiciones de Salida



Se ejecutó el modelo hidráulico para cada tiempo de retorno especificado, simulando diversas condiciones de inundación en la quebrada Colpamayo. Se

obtuvieron los resultados del modelamiento hidráulico, que mostraron los niveles de inundación alcanzados en cada tiempo de retorno (caudales máximos de 25, 50, 100, 200 y 500 años), permitiendo identificar las áreas susceptibles a sufrir inundaciones en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota.

Figura 49

Llanura de Inundación Tr 10 años, Quebrada Colpamayo

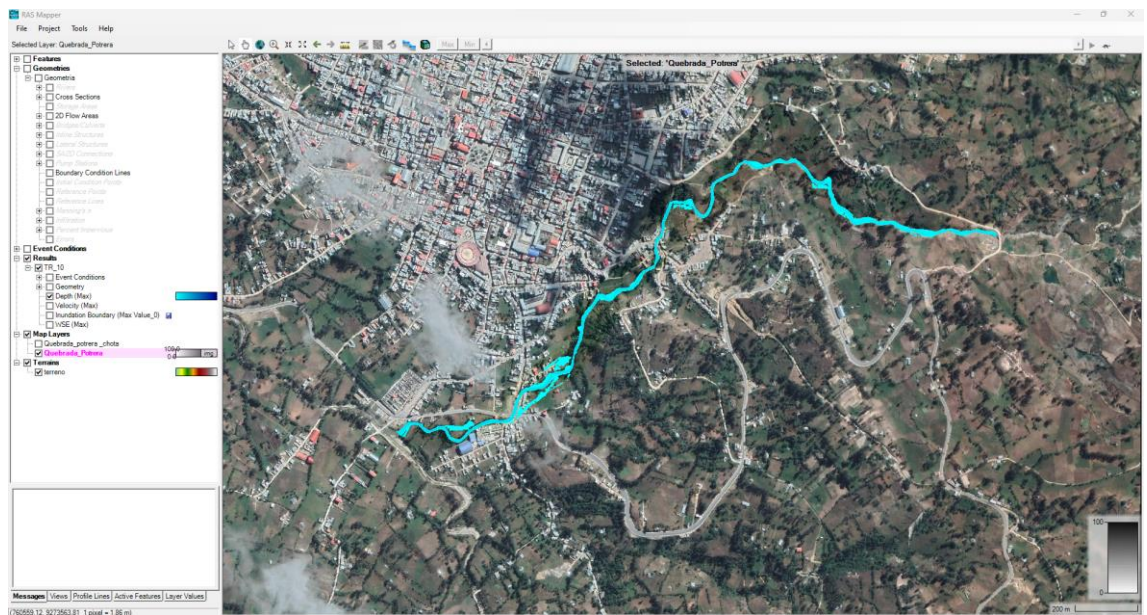


Figura 50

Llanura de Inundación Tr 50 años, Quebrada Colpamayo

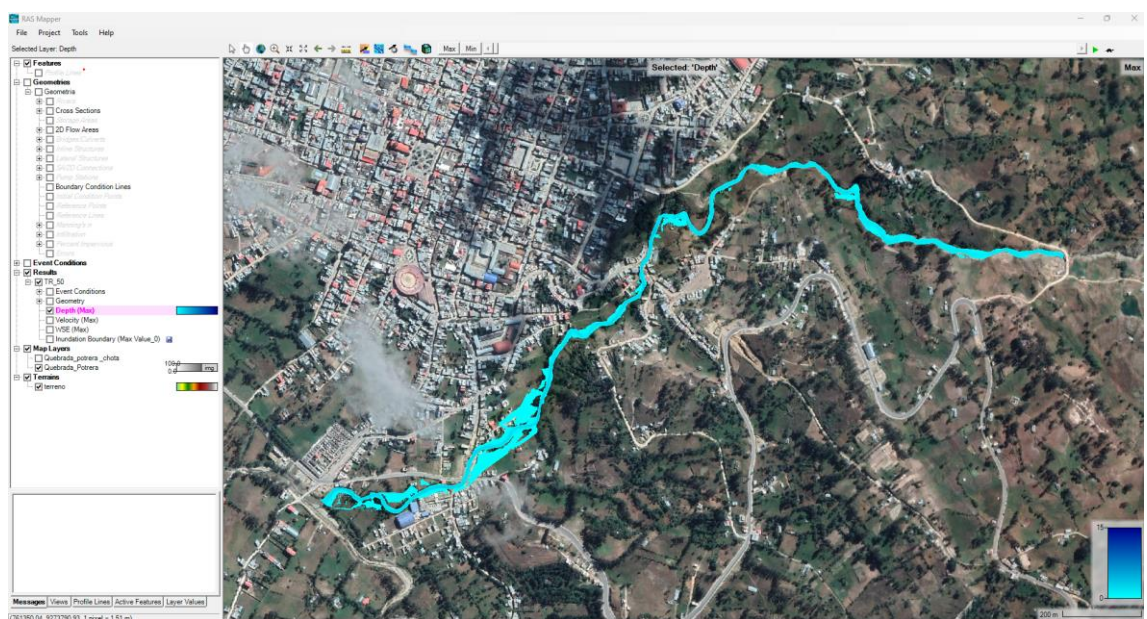


Figura 51 Llanura de Inundación Tr 100 años, Quebrada Colpamayo

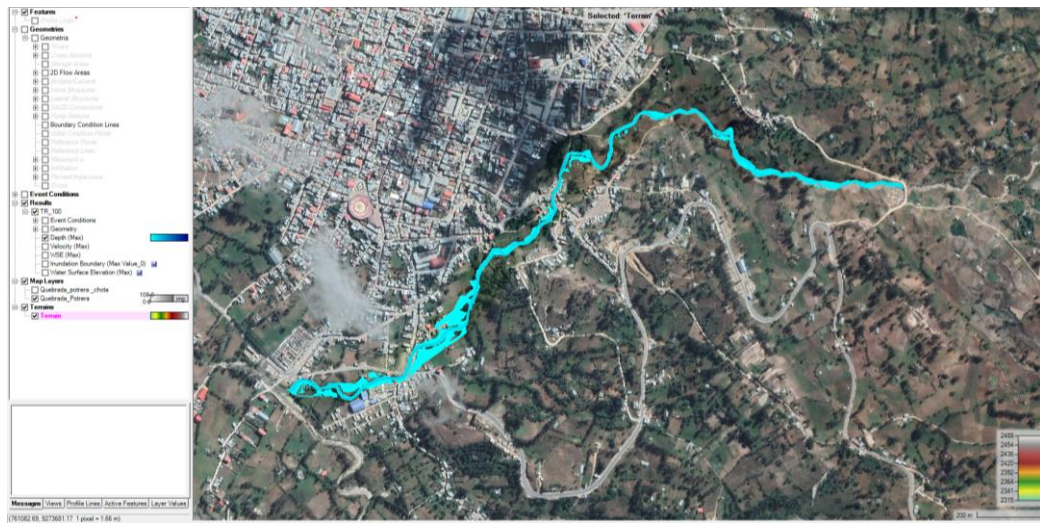


Figura 52 Llanura de Inundación Tr 200 años, Quebrada Colpamayo

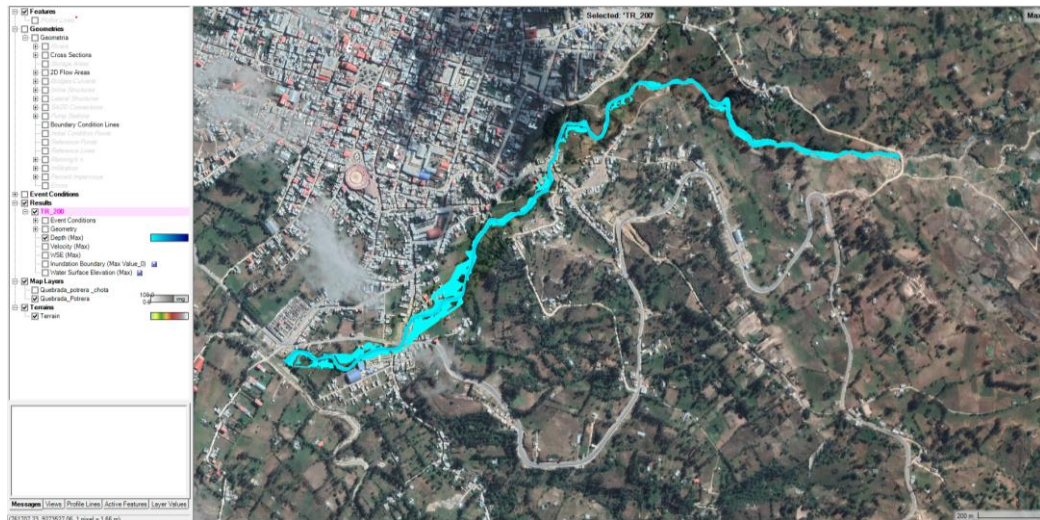
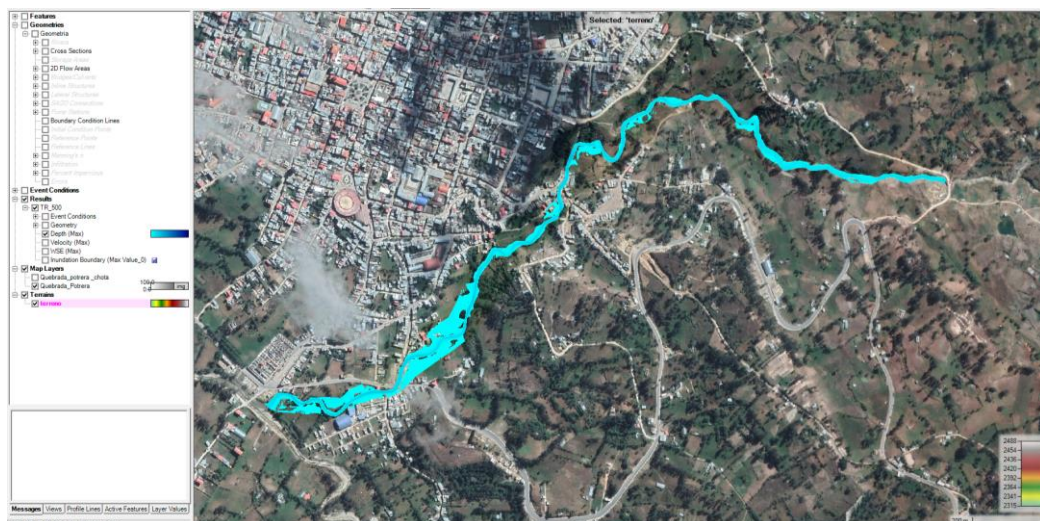


Figura 53 Llanura de Inundación Tr 500 años, Quebrada Colpamayo



3.6.1.6. Análisis de susceptibilidad

Respecto al análisis de susceptibilidad frente a inundaciones fluviales, este se ha realizado conforme a la metodología CENEPRED (2015) tomando en cuenta la relación entre factores condicionantes y desencadenantes.

Entre los factores condicionantes se encuentran la pendiente, geomorfología, vegetación y/o uso del suelo, morfometría fluvial y geología, cada uno de ellos determinados en base a la data existente (mapas locales y/o nacionales publicados por organismos nacionales) y en base a la data generada a partir del levantamiento topográfico de la zona, el reconocimiento del lugar y la inspección detallada de campo.































Entre los factores desencadenantes se ha considerado al nivel de inundación según tiempo de retorno, debido a que, si bien la metodología CENEPRED (2015) considera como desencadenante predilecto de la inundación fluvial a las precipitaciones pluviales, cuando se analiza un área pequeña centrada en una sola ciudad, como el caso en la ciudad de Chota, la precipitación pluvial se da con igual intensidad en toda la extensión, por lo que, para poder plantear un mapa diferenciado se cambió el parámetro de precipitación pluvial, por el nivel de inundación fluvial que genera esta precipitación pluvial, siendo un factor de análisis más acertado según Ticlla (2022). Para ponderar los pesos de los indicadores y parámetros se ha utilizado la matriz de SAATY cuyo procedimiento de estimación se describe en el manual de CENEPRED (2015).

Los pesos de valoración son 0.503, 0.260, 0.134, 0.068 y 0.035 correspondientes a cada indicador mostrado en el estudio. Así mismo, para las dimensiones: condicionante y desencadenante se ha dado un peso de igual ponderación, siendo 0.50 para cada uno, a fin de resaltar que ambos tipos de

dimensiones son esenciales para conocer la susceptibilidad del cauce de la quebrada Colpamayo frente a inundaciones fluviales.

Tabla 23

Ponderación y Valoración de las Dimensiones, Parámetros e Indicadores para Determinar la Susceptibilidad Frente a Inundaciones Fluviales de la Quebrada Colpamayo de acuerdo a CENEPRED (2015)

Variable	Dimensión	Parámetro	Indicador	Peso	
Susceptibilidad	Pendiente (0.503)		0° a 2.5°	0.503	
			2.6° a 5°	0.260	
			5° a 15°	0.134	
			15° a 45°	0.068	
			> 45°	0.035	
	Geomorfología (0.260)		Cauce fluvial	0.503	
			Terrazas aluviales	0.260	
			Piedemonte coluvio-deluvial	0.134	
			Colinado estructural erosional en rocas sedimentarias	0.068	
			Superficie colinada o altiplanicie aluvial en rocas sedimentarias	0.035	
	Vegetación y/o uso del suelo (0.134)		Sin cobertura vegetal y/o río	0.503	
			Pastizales con escasa vegetación	0.260	
			Praderas con algunos árboles	0.134	
			Bosques deforestados	0.068	
			Bosques secundarios	0.035	
	Morfometría fluvial (0.068)		Altamente meandriforme	0.503	
			Medianamente meandriforme	0.260	
			Poco meandriforme	0.134	
			Medianamente rectilíneo	0.068	
			Rectilíneo	0.035	
	Geología (0.035)		Casco urbano - área urbana	0.503	
			Formación Chota	0.260	
			Formación Celendín	0.134	
			Formación Cajamarca	0.068	
			Formación Quilquiñan/Mujarrum	0.035	
Desencadenante (0.5)	Nivel de inundación según TR (años)	Área inundada para TR 10 años	0.503		
		Área inundada para TR 100 años	0.260		
		Área inundada para TR 500 años	0.134		
		Área no inundada pero afectada	0.068		
		Área no inundada no afectada	0.035		

Para el cálculo de la susceptibilidad frente a inundaciones fluviales se ha utilizado el programa ArcGIS 10.8 en el que, se han ponderado los mapas de los parámetros condicionantes de acuerdo con los indicadores y pesos descritos en la presente investigación. Siendo así, se han utilizado algunas ecuaciones de cálculo, tales como:

$$\text{Condicionante} = \sum \text{Peso parámetro} \times \text{Peso Indicador} \quad (28)$$

$$\text{Desencadenante} = \sum \text{Peso parámetro} \times \text{Peso Indicador} \quad (29)$$

$$\text{Susceptibilidad} = 0.50 \times \text{Condicionante} + 0.5 \times \text{Desencadenante} \quad (30)$$

a) Pendiente

El mapa de pendiente se elaboró en el programa ArcGIS 10.8 utilizando como base las curvas de nivel exportadas del mapa topográfico realizado en CIVIL 3D 2022. Estas curvas de nivel sirvieron como base para la formulación del mapa de superficie (pendiente) mismo que se reclasifico para unir aquellas secciones que presentasen pendiente de 0° a 2.5°, de 2.5° a 5°, de 5° a 15°, de 25° a 45° y más de 45°, donde aquellas áreas, con pendiente más baja, se consideran las áreas propensas a ser inundadas por su baja pendiente.

b) Geomorfología

El mapa de geomorfología se ha elaborado teniendo como base la geomorfología peruana dada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGENMENT), misma que se ha modificado ligeramente considerando las características observadas en campo. No obstante, la única diferencia existente es la adición del indicador “cauce fluvial” mismo que, no se encuentra en el mapa geomorfológico dado por INGENMENT, pero que es considerado esencial para determinar las características de susceptibilidad de la quebrada Colpamayo de la ciudad de Chota.

c) Vegetación y/o uso del suelo

Para el mapa de vegetación se utilizó el plano de catastro de la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH), el plano topográfico realizado en el área de influencia del estudio y los bosquejos realizados durante las visitas de campo, para a partir de la correlación de los tres mapas generar un solo mapa que no solo represente el uso del suelo, sino primordialmente la presencia de vegetación en el área, considerando que Vásquez et al. (2016) argumenta que, la vegetación puede reducir la inundación fluvial, por tanto, generan resiliencia en el trayecto del cauce. De la intersección de los mapas en ArcGIS 10.8 se planteó un mapa final de vegetación y/o uso del suelo y se ponderó el mismo en base a los indicadores y pesos dados por CENEPRED (2015).

Figura 54

Visitas de Campo en la Quebrada Colpamayo para Definir la Vegetación y/o Uso del Suelo en el Área de Influencia



d) Morfometría

Para verificar la morfometría del río, tal como, para la verificación de la vegetación y/o uso del suelo, se tomó como base el plano en planta del levantamiento topográfico considerando que, en este se muestra la forma del cauce y luego se realizaron visitas de campo, a los puntos de meandriforme y/o rectos para confirmar la clasificación de la morfometría del río de acuerdo a Rosgen (1996) descrito en el libro de Weiner (2016) y en la investigación de Viramontes-Olivas et al. (2007). Por tanto, en base a estos datos recolectados en campo, en el programa ArcGIS 10.8 se dividió a todo el trayecto en partes de acuerdo a la forma de la quebrada y se ponderó estas partes considerando la metodología CENEPRED (2015).

Figura 55

Visitas de Campo en la Quebrada Colpamayo para Definir su Morfometría en Tramos Rectos y Tramos Meandriformes



e) Geología

Se obtuvo el mapa geológico de Cajamarca del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de la página Geo GPS Perú (2023). Este mapa muestra las formaciones geológicas de la región de Cajamarca. Para el estudio, se recortó el mapa geológico de Cajamarca al área de influencia de la quebrada Colpamayo utilizando el comando "clip" en el programa ArcGIS 10.8. Asimismo, se asignaron pesos a los indicadores según la metodología CENEPRED (2015) obteniendo así el mapa del condicionante geológico para la quebrada Colpamayo. Sin embargo, es importante destacar que el mapa geológico también se verificó en campo (Mediante el registro visual) para confirmar la presencia de rocas sedimentarias de acuerdo con el tipo de formación geológica.

Figura 56

Visitas de Campo en la Quebrada Colpamayo para Definir el Tipo de Rocas Presentes por Inspección Visual



f) Desencadenante: Nivel de inundación

A partir del modelamiento hidrológico e hidráulico, se generaron mapas de las áreas de inundación fluvial para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años. Estos mapas se utilizaron posteriormente en el programa ArcGIS 10.8 para crear un mapa de nivel de inundación, considerando los pesos ponderados proporcionados por CENEPRED (2015). El mapa resultante se tomó como factor desencadenante, ya que, en el área de estudio la intensidad de la lluvia no varía a lo largo del trayecto, sino que cambia en relación a la extensión de inundación.

Además, se verificó el nivel de huellas hídricas en la quebrada Colpamayo, registrando el nivel alcanzado por el flujo de agua en diferentes puntos del trayecto considerando que, dichos datos sirven para la delimitación de la faja marginal.

Figura 57

Verificación del Nivel de Agua o Huella Hidrica Observable en Diferentes Puntos de la Quebrada Colpamayo



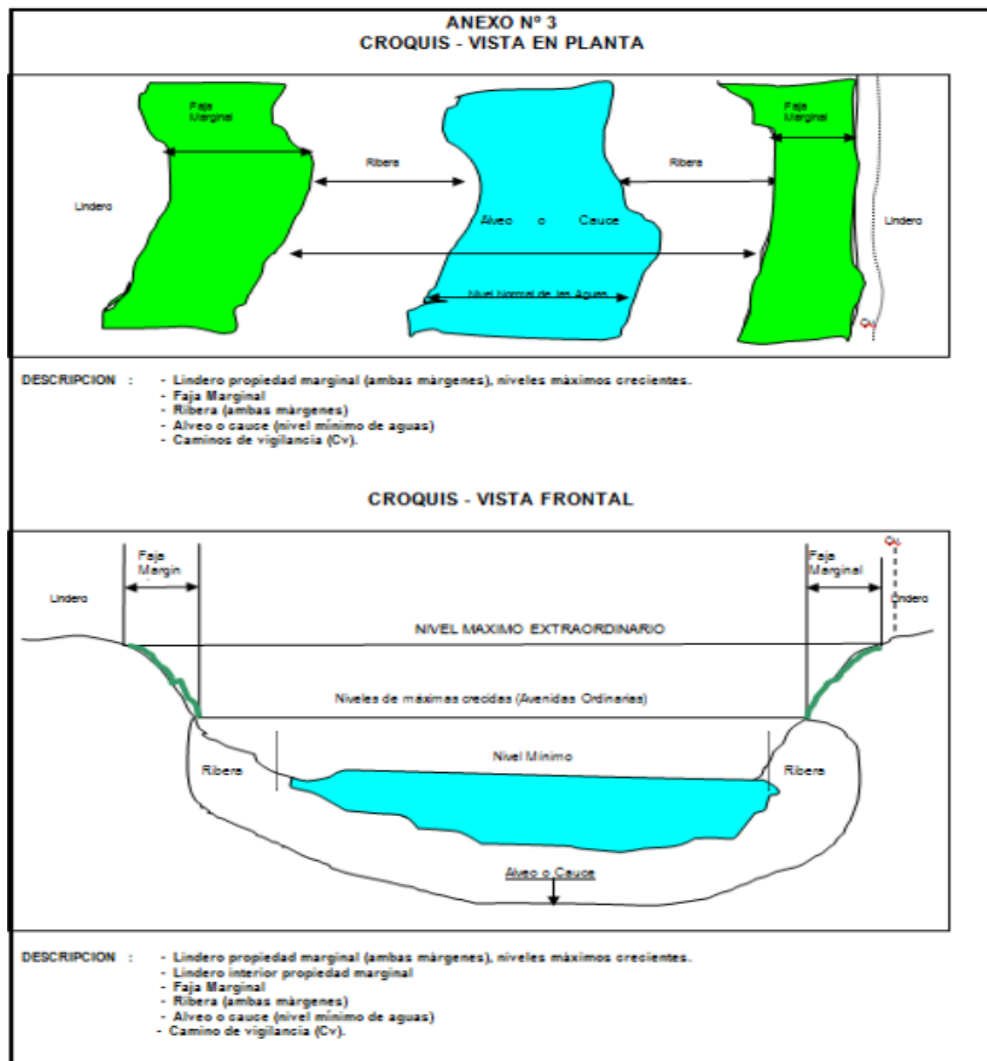
3.6.1.7. Delimitación de la faja marginal

Con base en los resultados del análisis de susceptibilidad frente a inundaciones fluviales y el mapa de áreas de inundación para tiempo de retorno de 100 años (Considerando los niveles de elevación, precipitación y caudal de la quebrada Colpamayo), se delimitó la faja marginal de la quebrada Colpamayo que atraviesa en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota. Para ello se tomó en cuenta los pasos dados por la Autoridad Nacional del Agua en la resolución Jefatural N°332-2016-ANA:

- a) Determinación del cauce o ribera del cuerpo de agua
 - a. Modelamiento hidráulico para tiempo de retorno de 100 años
 - b. Observación de la huella máxima de agua
- b) Determinación del ancho mínimo de faja marginal: 4 m a partir del límite de inundación para quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) con material conglomerado

Siendo así, se generaron mapas digitales en el programa Civil 3D 2022 que muestran la delimitación de la faja marginal conforme a la resolución Jefatural N°332-2016-ANA, pero así mismo se planteó también la faja marginal adaptada a las características del uso del suelo en la quebrada Colpamayo, considerando que, en el trayecto ya existen viviendas construidas, mismas que no pueden ser demolidas por lo que en dichos puntos no se puede generar el espacio necesario para la faja marginal, siendo así se plantea que las autoridades locales podrían solucionar este impase con la construcción de defensas ribereñas en dichas secciones del trayecto de la quebrada, planteando esto en un mapa de delimitación de la faja marginal, adaptado a las condiciones actuales del lugar, el uso del suelo, la vegetación, la morfometría del cauce y la geomorfología.

Figura 58 Forma en la que se Plantea la Delimitación de la Faja Marginal en Planta y Elevación de Acuerdo al ANA-2017



Nota: (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

3.6.2. *Procesamiento de datos*

El procesamiento de datos se realizó por medio de técnicas de modelamiento computacional, por tanto, se utilizaron programas como ArcGIS 10.8, HEC-HMS 4.1, HidroEsta 2, HEC-RAS 6.1 y Microsoft Excel 2022 para analizar las áreas de inundación en la quebrada Colpamayo y determinar su susceptibilidad a inundaciones fluviales, pero además, se utilizaron los programas de representación gráfica AutoCAD 2022 y Civil 3D 2022 para presentar los planos de la delimitación de la faja marginal de la quebrada Colpamayo, Chota.

3.6.3. Análisis de datos

Para evaluar la aceptación o rechazo de la hipótesis formulada (H1 hipótesis alternativa, Ho hipótesis nula), se empleó el software Minitab 22. En este proceso, se utilizó un nivel de confianza del 95%, lo que implica un nivel de significancia de 0.05, donde se considera que, si el valor-p (probabilidad) calculado es menor a este nivel de significancia, Ho se rechaza.

3.7. Aspectos éticos

En la investigación se han aplicado los siguientes aspectos éticos y criterios de rigor científico: (Acevedo, 2002)

- Consentimiento informado: Se ha realizado actividades de levantamiento topográfico donde se tuvo que pasar por solares y edificaciones de los residentes de los sectores urbanos 1, 2 y 9 de Chota, por lo que se solicitó el consentimiento informado de las personas involucradas en la investigación.
- Honestidad y transparencia: Los investigadores han sido transparentes con respecto a cómo se recolectaron los datos, las metodologías utilizadas y los resultados obtenidos.
- Calidad y rigor científico: La investigación se ha basado en metodologías científicas sólidas, utilizando datos confiables y técnicas de modelado adecuadas para analizar la susceptibilidad a las inundaciones.
- Uso responsable de los resultados: Los investigadores han tenido en cuenta las implicaciones sociales y ambientales de los resultados obtenidos, por ello, se han comunicado de manera clara y comprensible para que puedan ser utilizados de manera responsable en la planificación y prevención de inundaciones en la zona de estudio.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Susceptibilidad a inundaciones fluviales*

Las áreas susceptibles a inundaciones fluviales por desborde de la quebrada Colpamayo en los sectores urbanos 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota se han determinado en base a la metodología CENEPRED (2015) considerando factores condicionantes y factores desencadenantes.

En cuanto a los factores condicionantes, se tuvo en cuenta la pendiente del terreno. Las áreas con menor pendiente presentan un mayor riesgo de inundación, ya que el agua puede fluir con menor rapidez y acumularse en determinadas zonas. También se analizó la geomorfología, es decir, la forma y estructura del terreno. Ciertas características topográficas, como la presencia de depresiones o llanuras aluviales, favorecen la formación de áreas propensas a inundaciones. Asimismo, se evaluó la vegetación y/o el uso del suelo. La falta de vegetación o la presencia de construcciones impermeables pueden dificultar el drenaje del agua, aumentando así el riesgo de inundación. Se consideró además la morfometría de la quebrada, que abarca aspectos como el ancho y la profundidad de esta. Por último, se analizó la geología de la zona, ya que ciertos tipos de formaciones geológicas pueden influir en la capacidad de absorción del agua y, por ende, en la susceptibilidad a inundaciones.

En cuanto a los factores desencadenantes, se consideraron las áreas de inundación por desborde de la quebrada Colpamayo. Es decir, se identificaron las zonas por las cuales el agua de la quebrada puede salir de su cauce normal y generar inundaciones en las áreas circundantes.

La susceptibilidad a inundaciones fluviales en la quebrada Colpamayo se clasificó en diferentes niveles. El nivel medio abarca alrededor del 50.96% del área de estudio, lo cual indica que estas áreas presentan un riesgo moderado de inundación. Sin embargo, se encontró que un porcentaje considerable de áreas tienen un nivel de susceptibilidad alto (23.85%) y muy alto (15.77%). Estas áreas se encuentran más cercanas al cauce de la quebrada, lo que las expone a un mayor riesgo de inundación.

Dentro de los sectores urbanos analizados, se determinó que el sector 2 es el más propenso a inundaciones, con un área de susceptibilidad alta de 2.47 hectáreas y un área de susceptibilidad muy alta de 1.91 hectáreas. Un punto crítico identificado es el tramo donde se encuentra el puente Colpamayo en la cuadra 10 de la Av. Micaela Bastidas. Sin embargo, es importante destacar que la Municipalidad Provincial de Chota, en colaboración con los residentes del sector, ha tomado medidas para proteger el cauce aguas arriba de la quebrada mediante la construcción de un muro enrocado. Esta acción busca mitigar los posibles efectos de las inundaciones y reducir los riesgos para la comunidad.

Tabla 24

Nivel de Susceptibilidad a Inundaciones Fluviales en la Quebrada Colpamayo





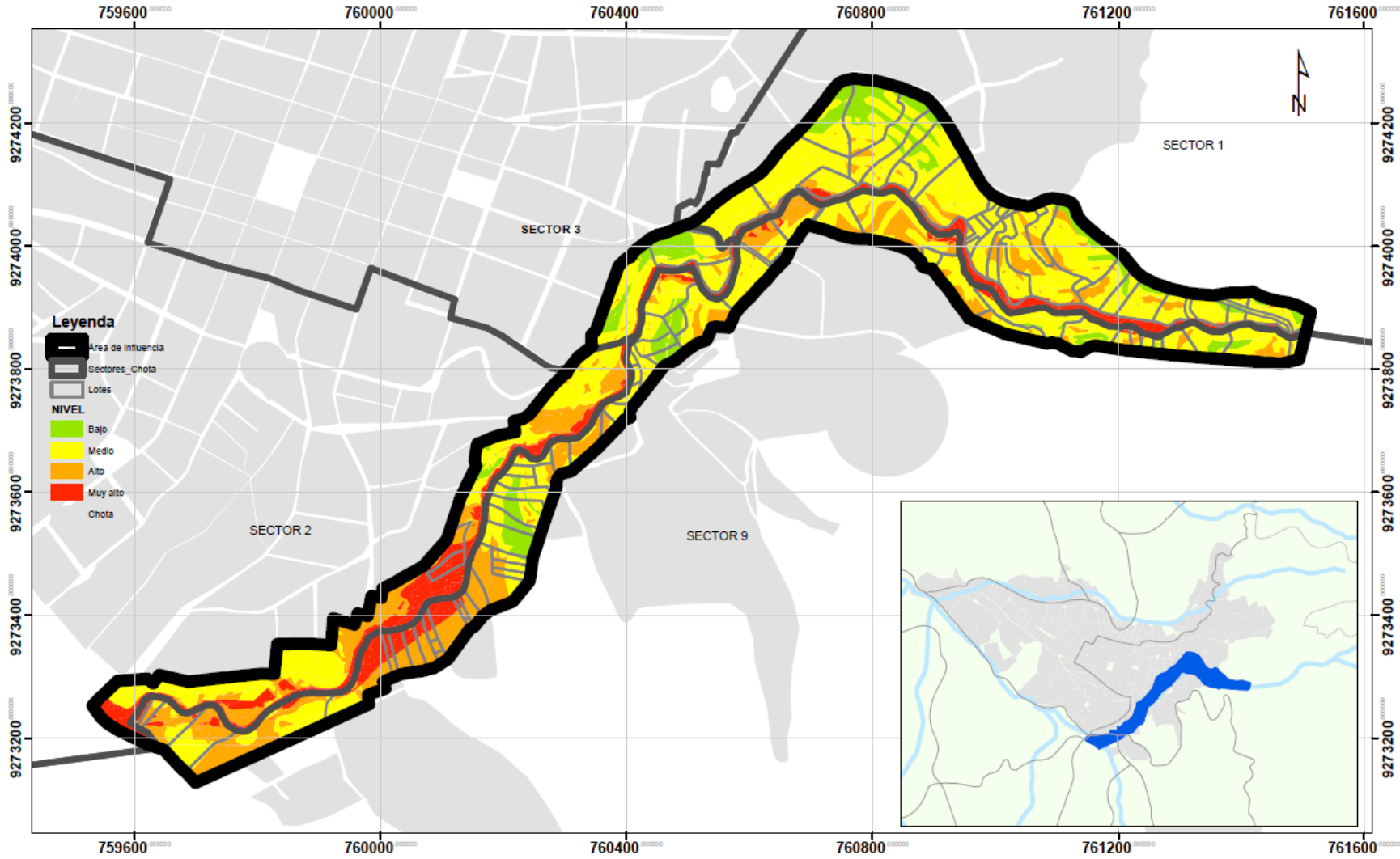
	Nivel de susceptibilidad	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 9	Área (ha)	%
	Muy alto	1.43	2.47	0.32	1.56	5.77	15.77
	Alto	1.21	1.91	0.10	5.51	8.73	23.85
	Medio	7.74	2.76	1.09	7.04	18.64	50.96
	Bajo	1.73	0.08	0.58	1.06	3.45	9.42
	Total	12.12	7.21	2.08	15.17	36.58	100.00

Figura 59 Nivel de Susceptibilidad a Inundaciones Fluviales en la Quebrada Colpamayo



4.1.1.1. Condicionantes de la quebrada Colpamayo

El nivel condicionante en la quebrada Colpamayo para la ocurrencia de fenómenos de inundación por desborde del cauce, se ha formulado en base a la pendiente, geomorfología, vegetación y/o uso del suelo, morfometría y geología del lugar, verificando que, efectivamente los sectores 1, 2, 3 y 9 tienen altas condiciones para sufrir inundaciones por desborde de la quebrada Colpamayo.

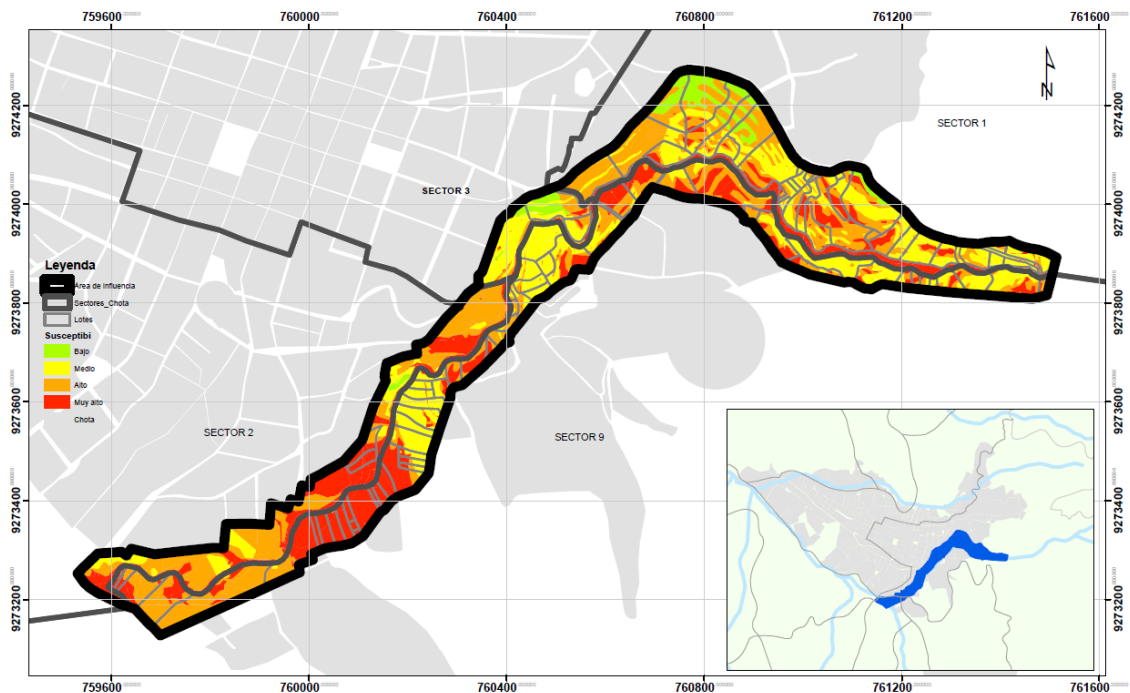
Tabla 25

Condicionantes en la Quebrada Colpamayo

Condicionante	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 9	Área (ha)	%
Muy alto	2.37	2.82	0.24	5.33	10.76	29.40
Alto	4.80	3.40	0.49	5.25	13.94	38.10
Medio	3.62	0.94	1.03	4.58	10.17	27.79
Bajo	1.32	0.06	0.33	0.01	1.72	4.70
Total	12.12	7.21	2.08	15.17	36.58	100.00

Figura 60

Condicionantes en la Quebrada Colpamayo



a) Pendiente

La pendiente en la quebrada Colpamayo es baja o muy baja con 0° a 5° en el 55.88% de las 36.58 ha de terreno que conforman el área de estudio, lo que condiciona a los sectores 1, 2, 3 y 9 para que sufran eventos de inundación fluvial. Así mismo, tan solo el 3.04% del área tienen pendientes mayores a 45° y el 10.53% del área tienen pendientes mayores a 15° ubicadas dentro del sector 9.

Tabla 26

Pendiente en la Quebrada Colpamayo






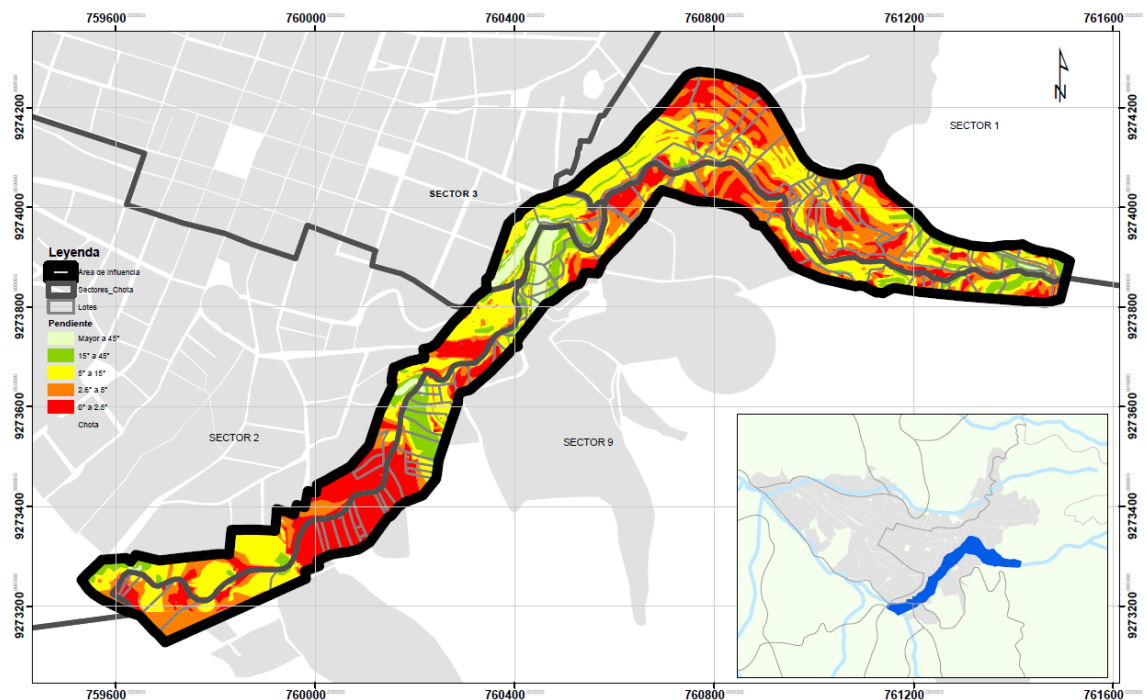
	Pendiente	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 9	Área (ha)	%
	0° a 2.5°	2.93	2.24	0.19	5.33	10.69	29.23
	2.6° a 5°	4.18	1.41	0.19	3.97	9.75	26.65
	5° a 15°	4.15	2.74	0.80	3.49	11.18	30.55
	15° a 45°	0.82	0.68	0.50	1.86	3.85	10.53
	> 45°	0.04	0.15	0.41	0.52	1.11	3.04
	Total	12.12	7.21	2.08	15.17	36.58	100.00

Figura 61

Pendiente en la Quebrada Colpamayo



b) Geomorfología

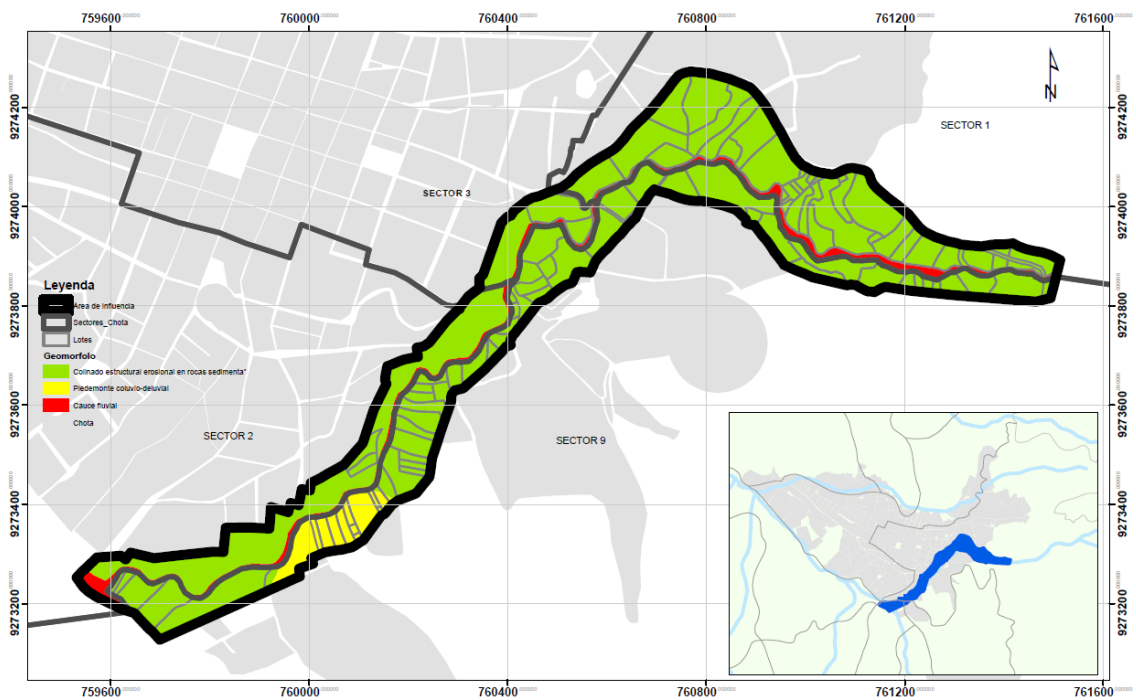
Geomorfológicamente, la quebrada Colpamayo está integrada por el cauce fluvial que corresponde al flujo hídrico en un 7.70% del área; por piedemonte coluvio-aluvial en un 6% del área, siendo la zona desconfiada de menor pendiente cerca de una corriente de agua en la que se encuentran sedimentos, siendo una llanura a la salida de un valle; el 86.30% del área son colinas estructurales erosionales en rocas sedimentarias.

Tabla 27

Geomorfología en la Quebrada Colpamayo

Geomorfología	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 9	Área (ha)	%
 Cauce fluvial	1.29	1.18	0.35	0.01	2.82	7.70
 Piedemonte coluvio-deluvial	0.00	0.01	0.00	2.18	2.19	6.00
 Colinado estructural erosional en rocas sedimentarias	10.83	6.02	1.73	12.98	31.57	86.30
Total	12.12	7.21	2.08	15.17	36.58	100.00

Figura 62 *Geomorfología en la Quebrada Colpamayo*



c) Vegetación y/o uso del suelo

En la quebrada Colpamayo el 21.04% del área no tiene cobertura vegetal, ya sea por la presencia de edificaciones, carreteras o el río; el 47.49% del área son pastizales con escasa vegetación, donde hay cultivos de alfalfa y arbustos bajos; el 22.76% del área son praderas con algunos árboles, en este espacio se encuentran cultivos de maíz u otros cultivos menores, en conjunto con algunos árboles; el 8.70% del área son bosques deforestados o bosques secundarios, porque si se puede distinguir gran cantidad de árboles pero estos han sido cultivados y talados.

Tabla 28 Vegetación y/o Uso del Suelo en la Quebrada Colpamayo





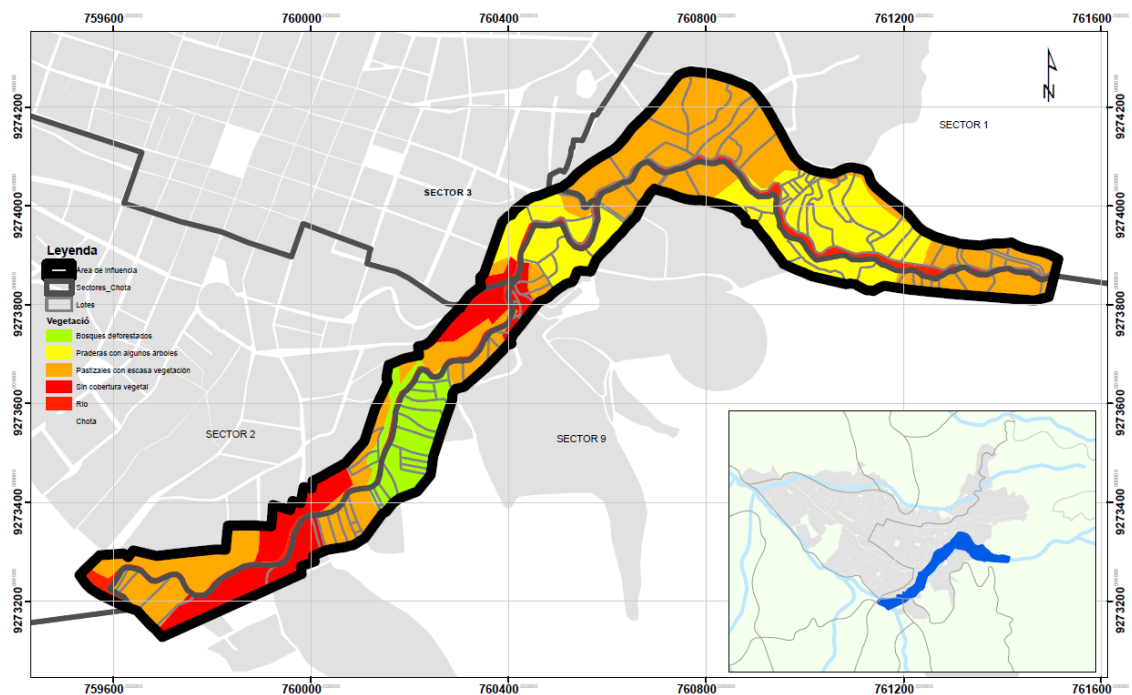
Vegetación y/o uso del suelo	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 9	Área (ha)	%
 Sin cobertura vegetal y/o río	1.28	3.26	0.51	2.65	7.70	21.04
 Pastizales con escasa vegetación	7.36	3.30	0.36	6.35	17.37	47.49
 Praderas con algunos árboles	3.47	0.00	1.21	3.65	8.33	22.76
 Bosques deforestados	0.00	0.65	0.00	2.53	3.18	8.70
Total	12.12	7.21	2.08	15.17	36.58	100.00

Figura 63 Vegetación y/o Uso del Suelo en la Quebrada Colpamayo



d) Morfometría de la quebrada

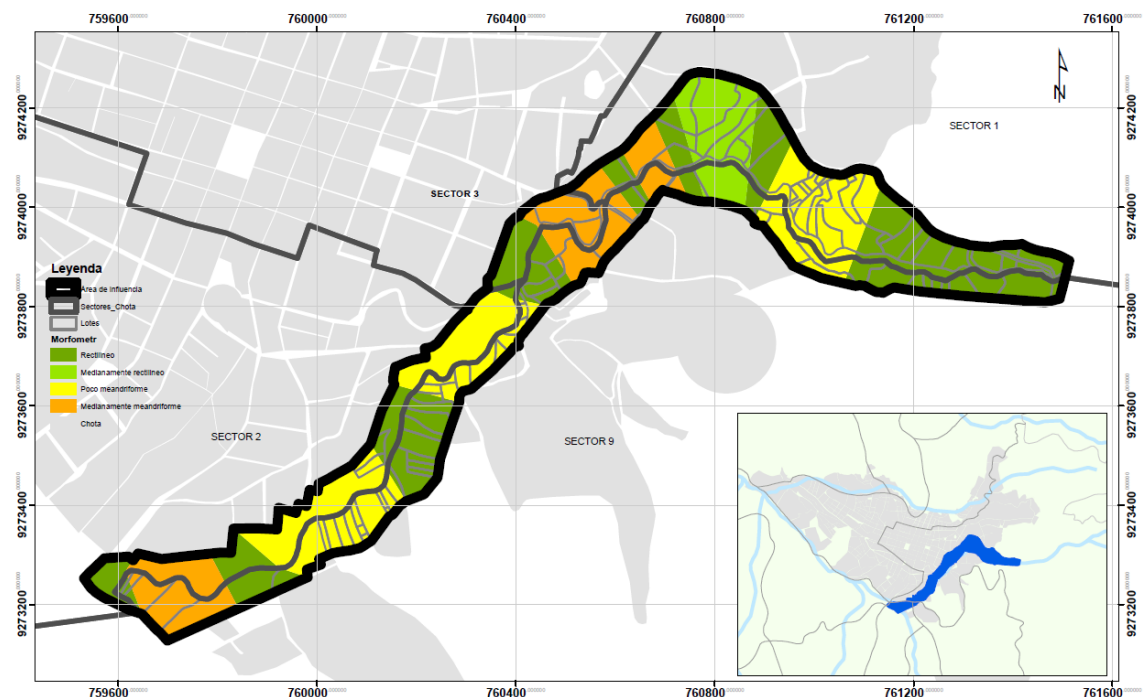
De acuerdo con su forma, la quebrada Colpamayo tiene 18.44% del área con forma medianamente meandriforme, 32.02% poco meandriforme, 9.4% medianamente rectilíneo y 40.50% rectilíneo, siendo los tramos iniciales en el primer kilómetro donde se encuentra la mayor parte recta del cauce, pero a medida que avanza el tramo adquiere mayor sinuosidad y es esta forma meandriforme la que produce erosión lateral en el cauce, aumentando la posibilidad de desborde del cauce de la quebrada Colpamayo.

Tabla 29

Morfometría en la Quebrada Colpamayo

Morfometría fluvial	Área (ha)	%
Medianamente meandriforme	6.75	18.44
Poco meandriforme	11.71	32.02
Medianamente rectilíneo	3.31	9.04
Rectilíneo	14.82	40.50
Total	36.58	100.00

Figura 64 *Morfometría en la Quebrada Colpamayo*



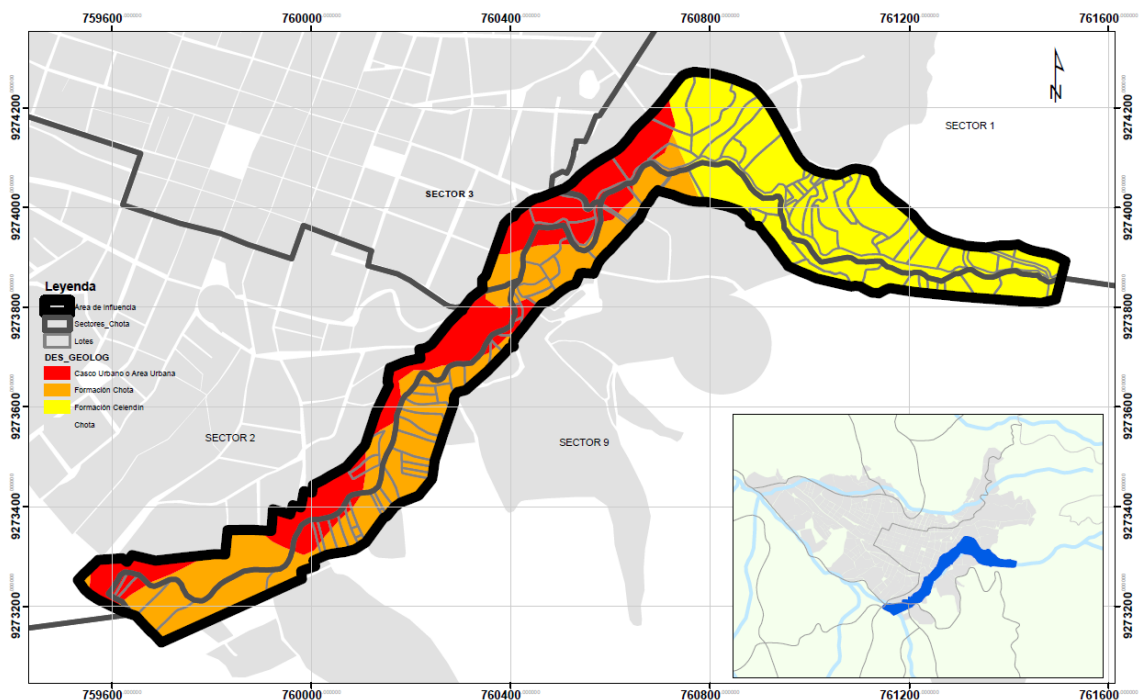
e) Geología

De acuerdo con el mapa geológico del INGEMENT en el área el 26% es casco urbano por lo que, tiene mayor susceptibilidad frente a cualquier fenómeno. El 39% pertenece a la formación Celendín, misma que pertenece a la era mesozoico, periodo cretáceo, época superior con litología de calizas, lutitas y margas, ubicadas dentro de la unidad hidrográfica acuífero fisurado; mientras que, el 35.01% del área pertenece a la formación Chota, que también pertenece a la era mesozoico, periodo cretáceo, época superior, pero litológicamente está formado por areniscas lutitas y conglomerados que forman parte de la unidad hidrográfica acuífero poroso consolidado.

Tabla 30 Geología en la Quebrada Colpamayo

Geología	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 9	Área (ha)	%
Casco urbano	1.67	4.31	1.57	1.97	9.51	26.00
Formación Chota	0.28	2.91	0.52	9.10	12.81	35.01
Formación Celendín	10.17	0.00	0.00	4.10	14.27	39.00
Total	12.12	7.21	2.08	15.17	36.58	100.00

Figura 65 Geología en la Quebrada Colpamayo



4.1.1.2.Desencadenante: Inundación por desborde de la quebrada Colpamayo

Como factor desencadenante se ha tomado al nivel de inundación por desborde de la quebrada Colpamayo, para ello, se ha realizado el modelamiento de las áreas de inundación para diferentes tiempos de retorno (10, 50, 100, 200 y 500 años) y de estos se ha trabajado con 10, 100 y 500 años para formar el mapa desencadenante, en el que se puede verificar que el 53.16% de la superficie es área no inundada y por ende no afectada, pero el 46.84% son áreas que pueden ser inundadas o áreas que serían afectadas por el fenómeno de inundación. El 18.06% es el área que se inundaría en caso se desbordará la quebrada Colpamayo con un tiempo de retorno de 10 y 100 años.

Tabla 31 Nivel de Inundación Fluvial en la Quebrada Colpamayo






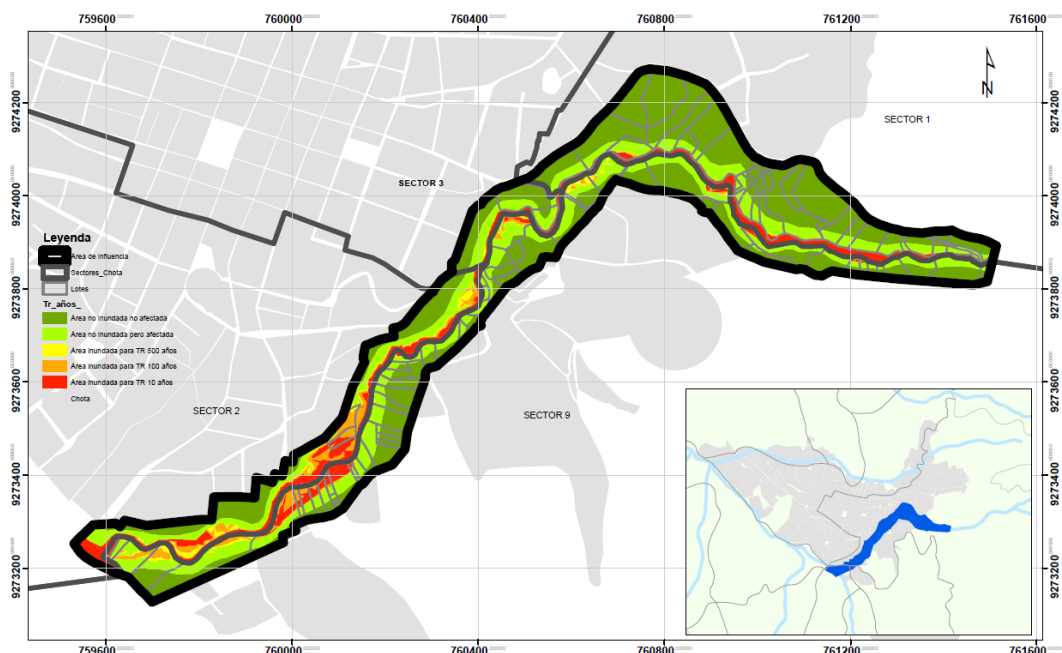
Nivel de inundación según TR (años)		Área (ha)	%
	Área inundada para TR 10 años	4.50	12.29
	Área inundada para TR 100 años	2.18	5.97
	Área inundada para TR 500 años	0.88	2.42
	Área no inundada pero afectada	9.57	26.15
	Área no inundada no afectada	19.45	53.16
Total		36.58	100.00

Figura 66 Nivel de Inundación Fluvial en la Quebrada Colpamayo



4.1.2. Delimitación de la faja marginal

4.1.2.1. Modelamiento hidráulico de la quebrada Colpamayo

La quebrada Colpamayo según reportes nacionales tiende a desbordarse produciendo inundaciones fluviales, por lo que, se planteó el modelamiento hidráulico de la misma, determinando las áreas de inundaciones en los sectores 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota para tiempos de retorno (Tr) de 10, 50, 100, 200 y 500 años. De las 36.58 ha de superficie modelada solamente se inunda el 18.24% con un tiempo de retorno de 500 años, siendo un equivalente de 6.67 ha. El sector más afectado es el sector 2 cuya inundación sin considerar la superficie del río asciende a 1.56 ha para 500 años de tiempo de retorno; mientras que para Tr de 100 años el área de inundación es de 3.07 ha.

Tabla 32

Porcentaje de Afectación por Desborde de la Quebrada Colpamayo

Tr (años)	Margen		Área de inundación (ha)	Área del río (ha)	Total (ha)	% de afectación respecto a 36.58 ha
	Derecho	Izquierdo				
10	0.85	0.70	1.55	2.95	4.50	12.30
50	1.39	1.30	2.69	2.95	5.65	15.43
100	1.59	1.48	3.07	2.95	6.02	16.46
200	1.74	1.64	3.38	2.95	6.33	17.30
500	1.90	1.82	3.72	2.95	6.67	18.24

Tabla 33

Áreas de Inundación por Sectores por los que pasa la Quebrada Colpamayo

Tr (años)	Área de inundación				Total
	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 9	
10	0.49	0.65	0.13	0.29	1.55
50	0.85	1.13	0.22	0.50	2.69
100	0.96	1.29	0.25	0.57	3.07
200	1.06	1.42	0.27	0.63	3.38
500	1.17	1.56	0.30	0.69	3.72

Figura 67

Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 10 años



Figura 68

Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 50 años



Figura 69

Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 100 años
años



Figura 70

Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 200 años
años



Figura 71

Áreas de Inundación por Desborde de la Quebrada Colpamayo, para Tr 500 años

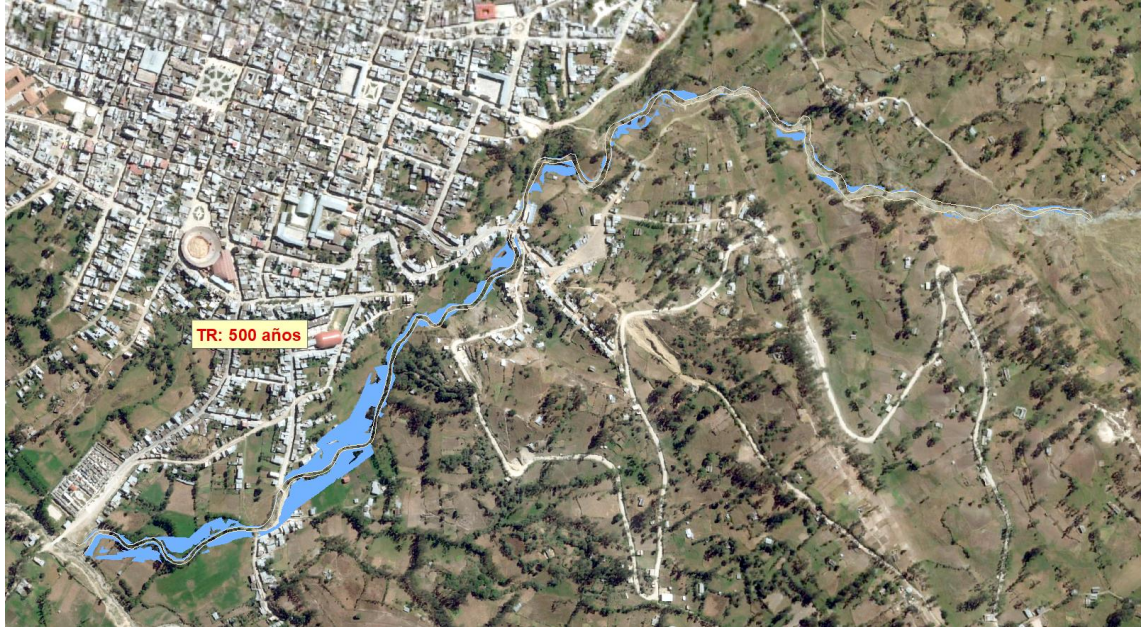
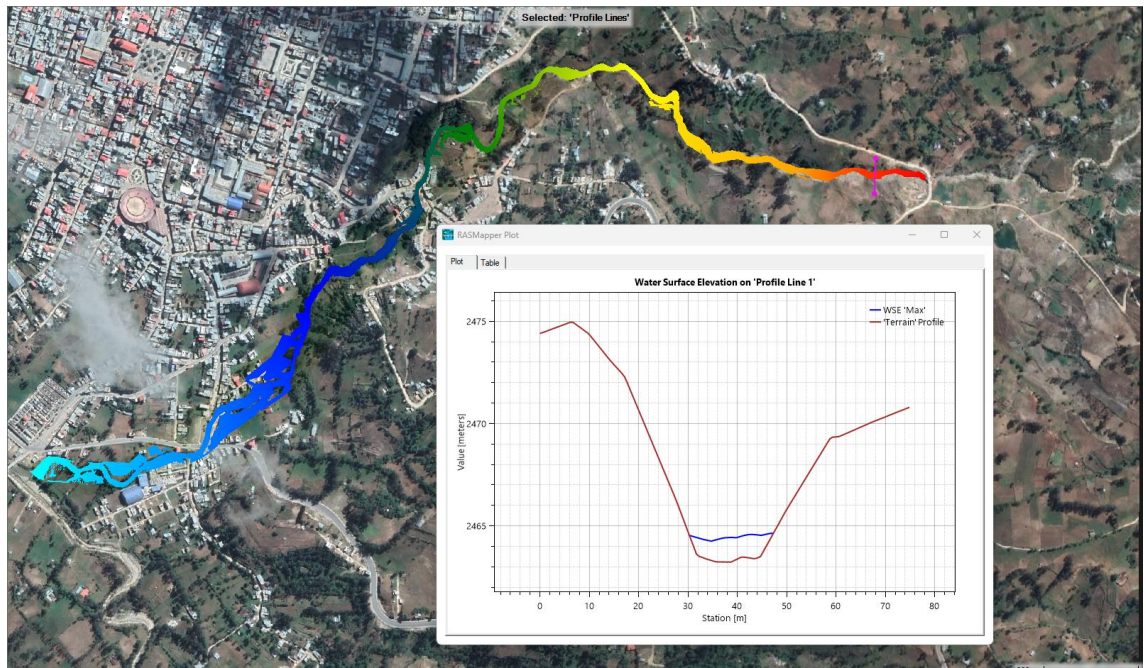


Figura 72

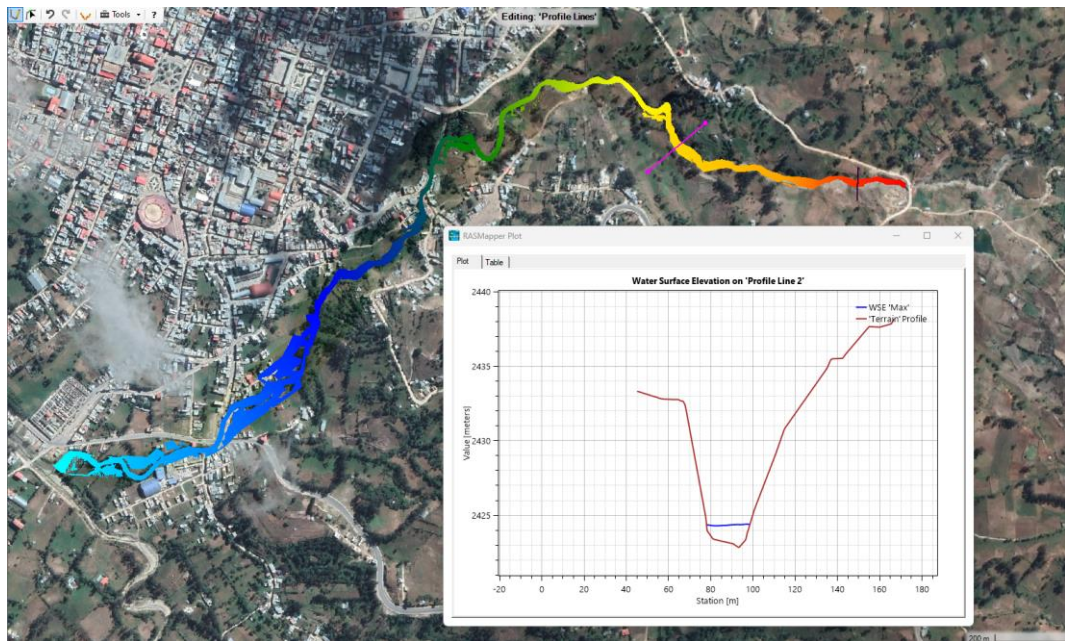
Sección Transversal Km 0+040 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años



Nota: Para la sección Km 0+040 con un tiempo de retorno de 100 años se tiene un tirante de 1.12 m para la quebrada Colpamayo.

Figura 73

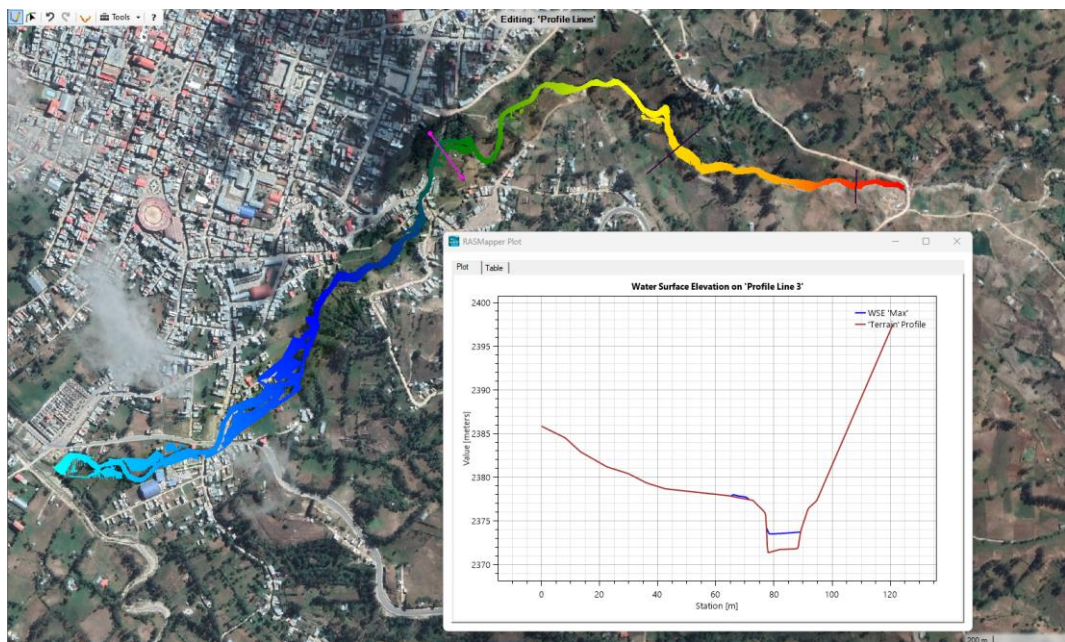
Sección Transversal Km 0+580 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años



Nota: Para la sección km 0+580 con un tiempo de retorno de 100 años se tiene un tirante de 1.50 m para la quebrada Colpamayo.

Figura 74

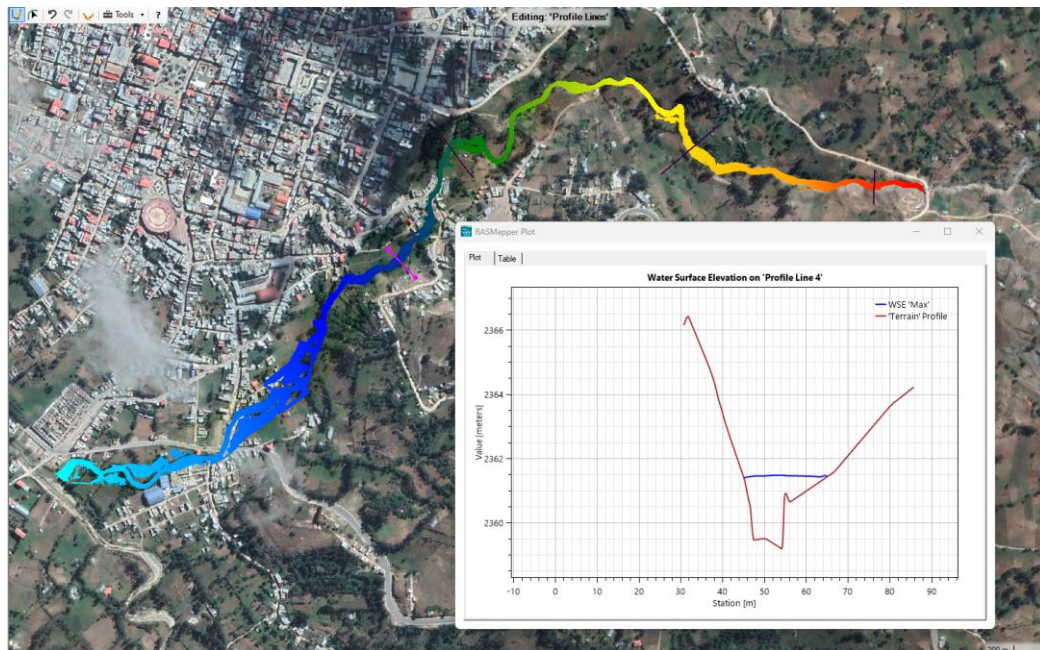
Sección Transversal Km 1+340 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años



Nota: Para la sección Km 1+340 con un tiempo de retorno de 100 años se tiene un tirante de 2.22 m para la quebrada Colpamayo.

Figura 75

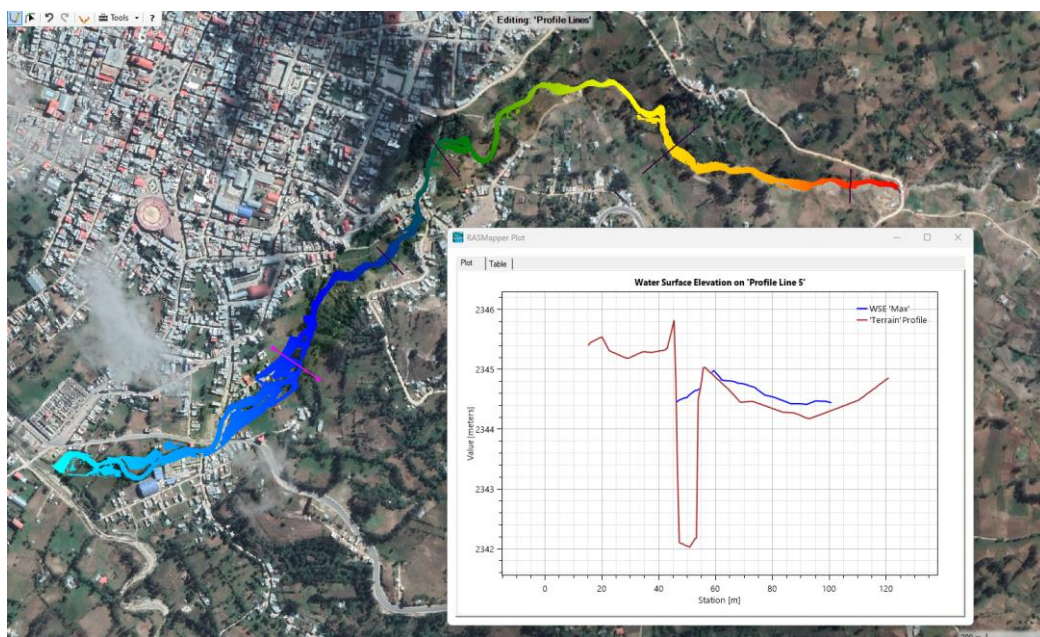
Sección Transversal Km 1+640 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años



Nota: Para la sección Km 1+640 con un tiempo de retorno de 100 años se tiene un tirante de 2.28 m para la quebrada Colpamayo.

Figura 76

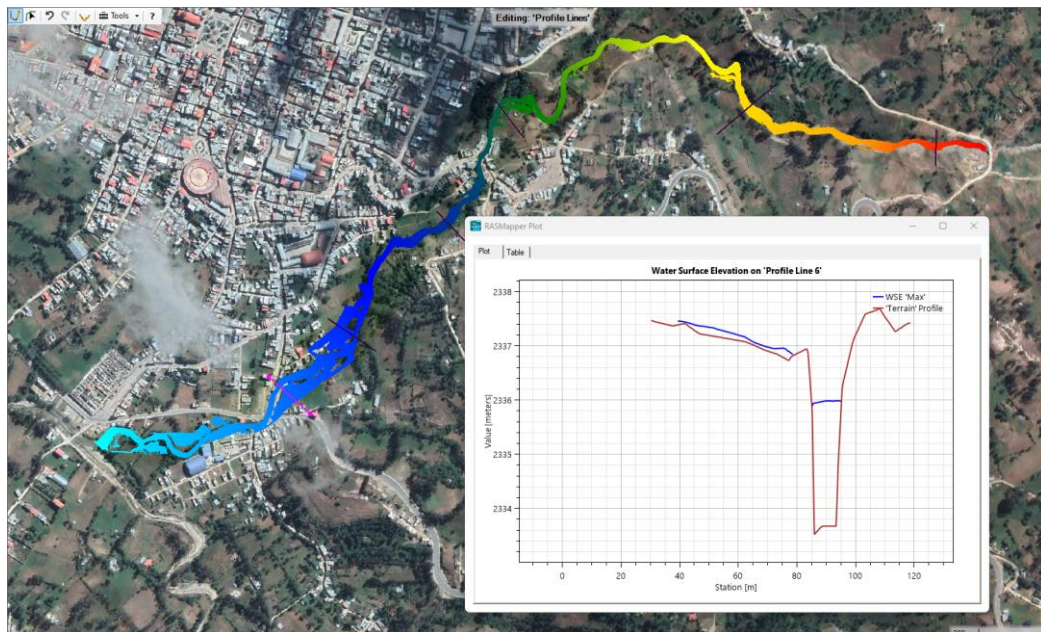
Sección Transversal Km 2+000 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años



Nota: Para la sección Km 2+000 con un tiempo de retorno de 100 años se tiene un tirante de 2.48 m para la quebrada Colpamayo.

Figura 77

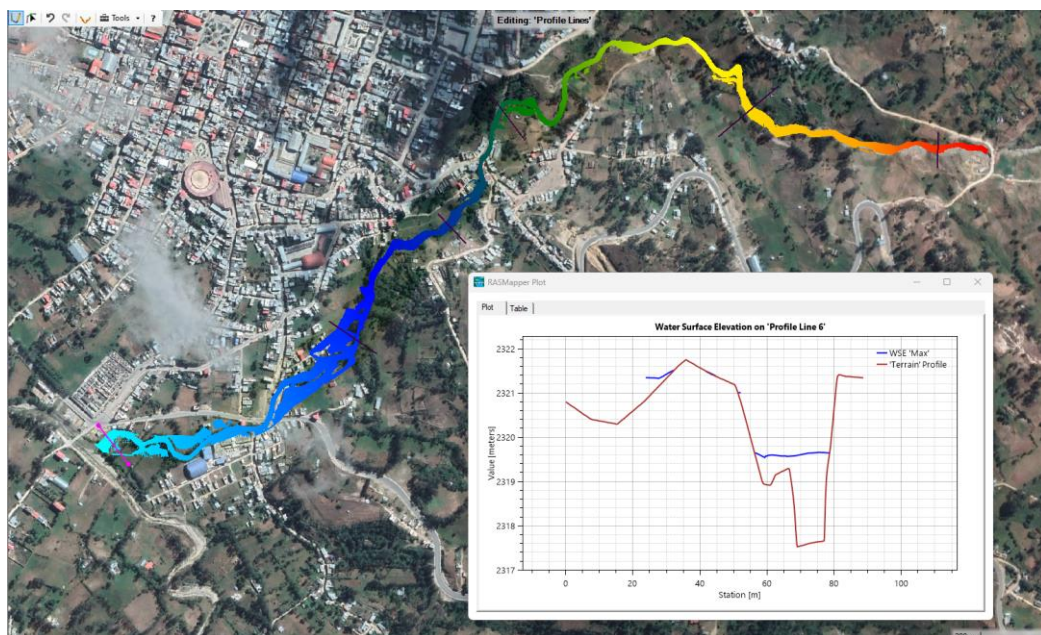
Sección Transversal Km 2+220 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años



Nota: Para la sección Km 2+220 con un tiempo de retorno de 100 años se tiene un tirante de 2.28 m para la quebrada Colpamayo.

Figura 78

Sección Transversal Km 2+700 de la Quebrada Colpamayo, Tr de 100 años

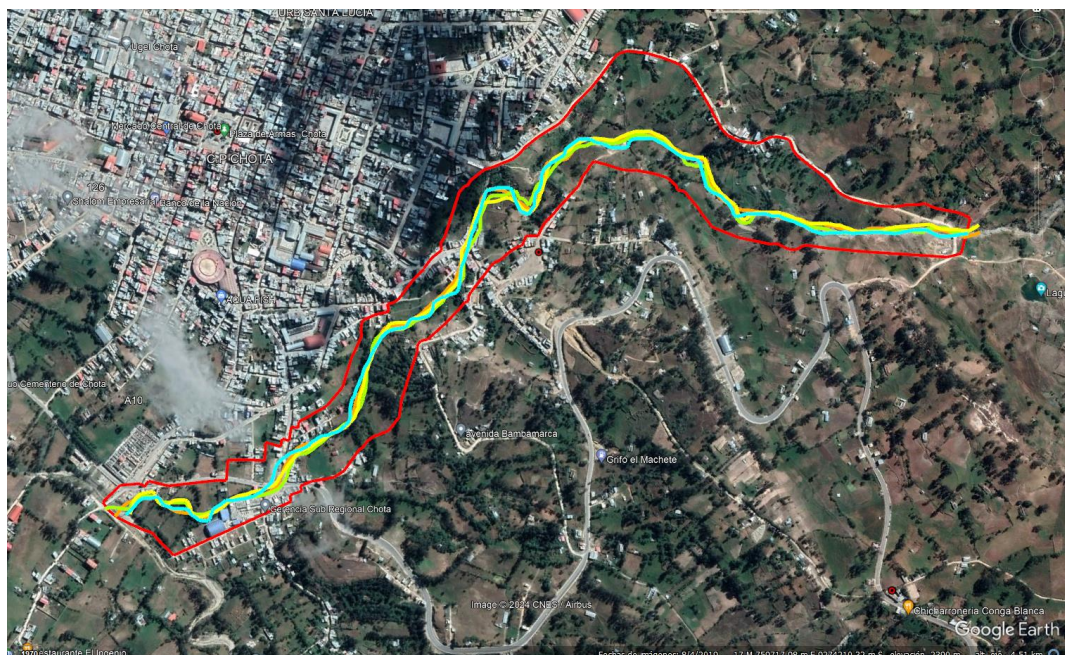


Nota: Para la sección Km 2+700 con un tiempo de retorno de 100 años se tiene un tirante de 2.07 m para la quebrada Colpamayo.

4.1.2.2. Huella máxima de agua de la quebrada Colpamayo

Para verificar la huella máxima del agua en planta conforme a la Resolución Jefatural N°332-2016-ANA se utilizaron imágenes satelitales del año 2011, 2015, 2017, 2019 del programa Google Earth 2023. Con dichas imágenes se delimitó los bordes de la quebrada para diferentes años y estos fueron superpuestos en el programa ArcGIS 10.8 para verificar si estaban dentro de los límites de la faja marginal delimitada por el modelamiento hidráulico. Siendo así, se logró verificar que, el curso de agua ha cambiado ligeramente con el paso de los años, esto debido al proceso de erosión lateral que genera un cambio en el trayecto del cauce, pero este cambio no es tan notorio debido a que, entre la primera foto satelital y la última foto satelital, tan solo han transcurrido 8 años. Otro aspecto a resaltar es que, todas las corrientes hídricas (años 2011, 2015, 2017 y 2019) a pesar de tener variación en su trayecto se encuentran dentro de la faja marginal planteada por el modelamiento hidráulico de la quebrada Colpamayo.

Figura 79 *Huellas Hídricas Superpuestas en la Quebrada Colpamayo*



Nota: (Google earth, 2023).

Figura 80

Huella Hídrica Máxima, Imagen Satelital del 17/05/2011, Quebrada Colpamayo



Figura 81

Huella Hídrica Máxima, Imagen Satelital del 21/06/2015, Quebrada Colpamayo

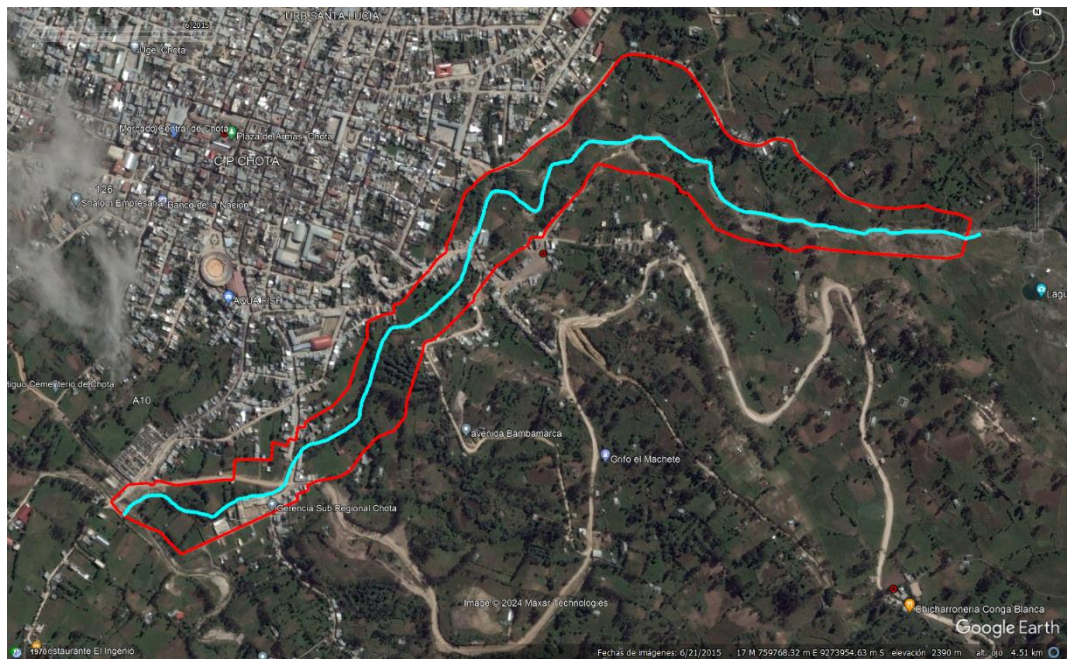


Figura 82

Huella Hídrica Máxima, Imagen Satelital del 31/10/2017, Quebrada Colpamayo

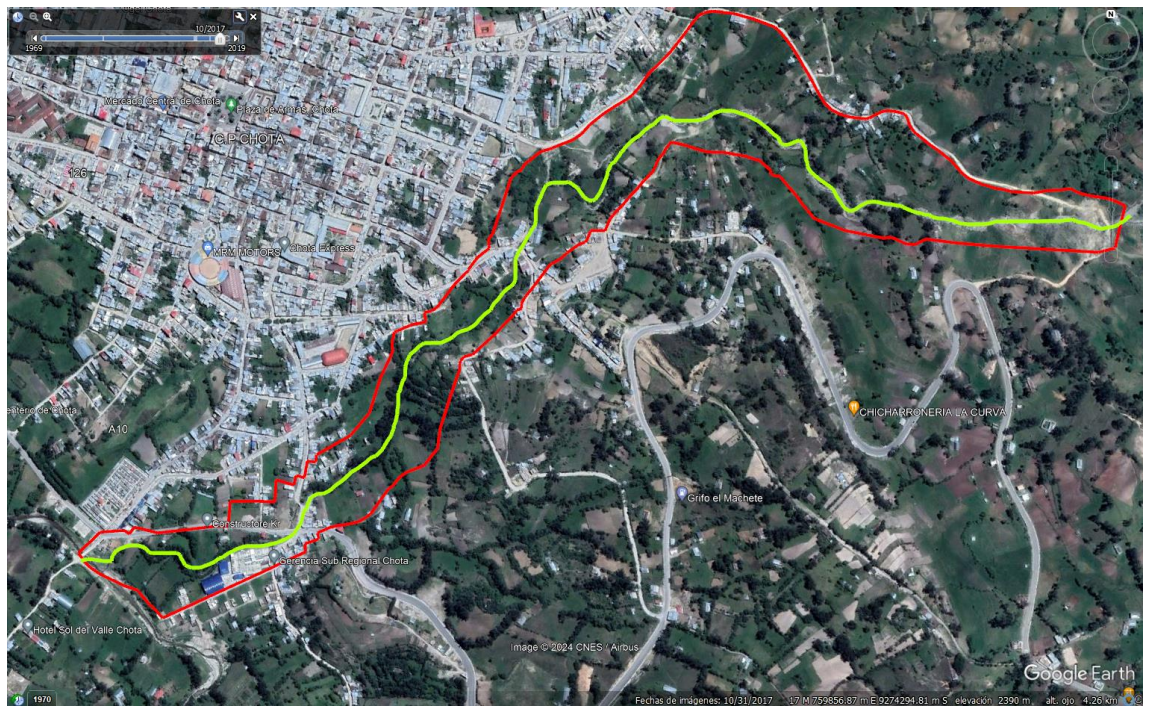


Figura 83

Huella Hídrica Máxima, Imagen Satelital del 04/08/2019, Quebrada Colpamayo

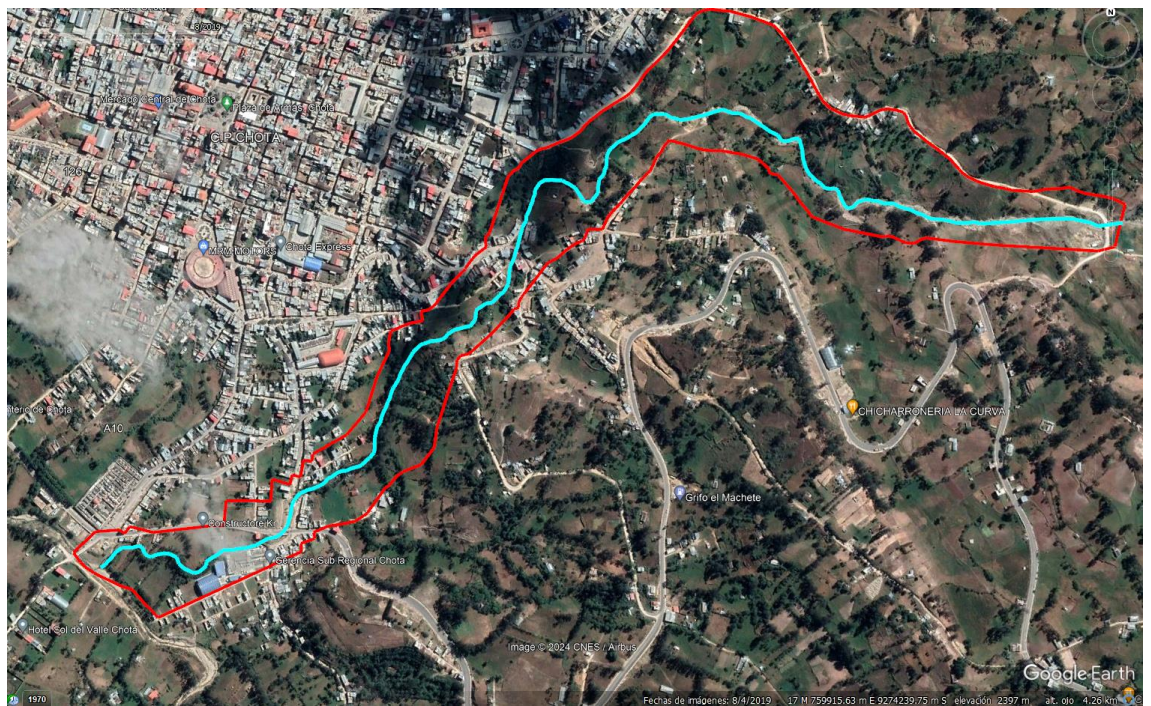
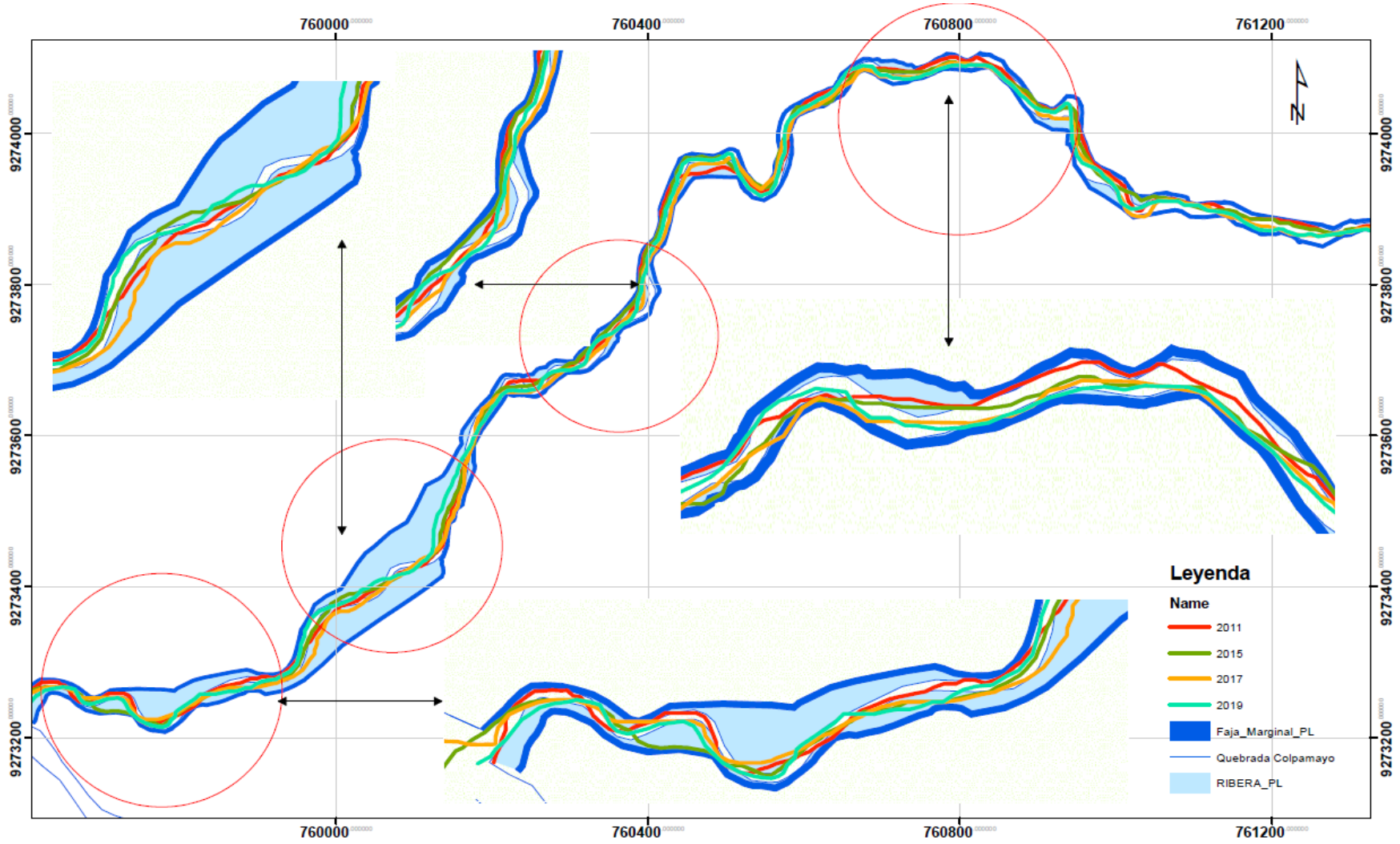


Figura 84 Huella Hídrica en la Quebrada Colpamayo de Acuerdo a la Imágenes Satelitales del año 2011, 2015, 2017 y 2019



4.1.2.3. Delimitación de la faja marginal en la quebrada Colpamayo conforme a la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA

La faja marginal en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la Quebrada Colpamayo, se ha delimitado teniendo en cuenta la normatividad vigente de Fajas marginales Resolución Jefatural N°332-2016-ANA y utilizando como Herramientas complementarias el software HEC RAS 6.1 y/o Google Earth 2023.

Con el modelamiento se determinó el ancho afectado por inundación, al que se le denominará “Ribera”, pero a la ribera delimitada se le debe sumar un ancho de seguridad denominado faja marginal que, de acuerdo con la guía del ANA para el caso del estudio es de 4 m. Siendo así, el ancho libre desde el borde de la quebrada Colpamayo varía de 4.17 m (Km 1+740 lado izquierdo del sector 9) a 51.31 m (Km 2+200 lado izquierdo del sector 9) en todo el trayecto.

En el sector 9, el ancho de la faja marginal total es mayor al de otros sectores que colindan con la quebrada Colpamayo, la longitud libre más ancha que se necesita está integrada por 51.31 m en el lado izquierdo del Km 2+200, no obstante, el sector 3 también requiere de anchos considerables siendo la mayor longitud 48.50 m en el lado derecho del Km 2+500. En el sector 1 el mayor ancho libre del borde del río hacia la derecha es de 16.81 m, 16.78 m y 19.21 m para los Kilómetros 0+520, 0+680 y 0+920, respectivamente. Mientras que, en el sector 2, se necesita el menor ancho de borde libre (ribera + faja marginal) siendo este 8.98 m, 5.77 m y 4.86 m al lado derecho de la quebrada Colpamayo, para los Kilómetros 1+160, 1+300 y 1+440, respectivamente. Sin embargo, en el trayecto de la quebrada Colpamayo ya existen edificaciones construidas que impiden la libre delimitación de la faja marginal y tomando en cuenta ello se ha planteado otro mapa de faja marginal que, considera el uso del suelo.

Tabla 34*Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo en el Sector 1, Lado Derecho*

Km	Ribera (m)	Faja marginal (m)	Total (m)
0+060	2.32	4	6.32
0+120	6.36	4	10.36
0+520	12.81	4	16.81
0+680	12.78	4	16.78
0+920	15.21	4	19.21
1+040	2.22	4	6.22

Tabla 35*Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo en el Sector 2, Lado Derecho*

Km	Ribera (m)	Faja marginal (m)	Total (m)
1+160	4.98	4	8.98
1+300	1.77	4	5.77
1+440	0.86	4	4.86

Tabla 36*Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo en el Sector 3, Lado Derecho*

Km	Ribera (m)	Faja marginal (m)	Total (m)
1+560	13.24	4	17.24
1+640	13.57	4	17.57
1+740	19.93	4	23.93
2+ 080	37.52	4	41.52
2+ 200	9.29	4	13.29
2+ 400	12.68	4	16.68
2+ 500	44.5	4	48.5
2+ 560	1.42	4	5.42
2+ 700	0.89	4	4.89

Tabla 37

Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo en el Sector 9, Lado Izquierdo

Km	Ribera (m)	Faja marginal (m)	Total (m)
0+060	2.76	4	6.76
0+120	3.94	4	7.94
0+520	0.5	4	4.5
0+680	0.46	4	4.46
0+920	0.28	4	4.28
1+040	6.2	4	10.2
1+160	4.02	4	8.02
1+300	15.05	4	19.05
1+440	0.74	4	4.74
1+560	2.35	4	6.35
1+640	1.89	4	5.89
1+740	0.17	4	4.17
2+ 080	33.55	4	37.55
2+ 200	47.31	4	51.31
2+ 400	12.29	4	16.29
2+ 500	1.39	4	5.39
2+ 560	19.98	4	23.98
2+ 700	12.17	4	16.17

Figura 85

Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo, para Tr 100 años



Figura 86

Primer Tramo de la Delimitación de la Faja Marginal en la Quebrada Colpamayo

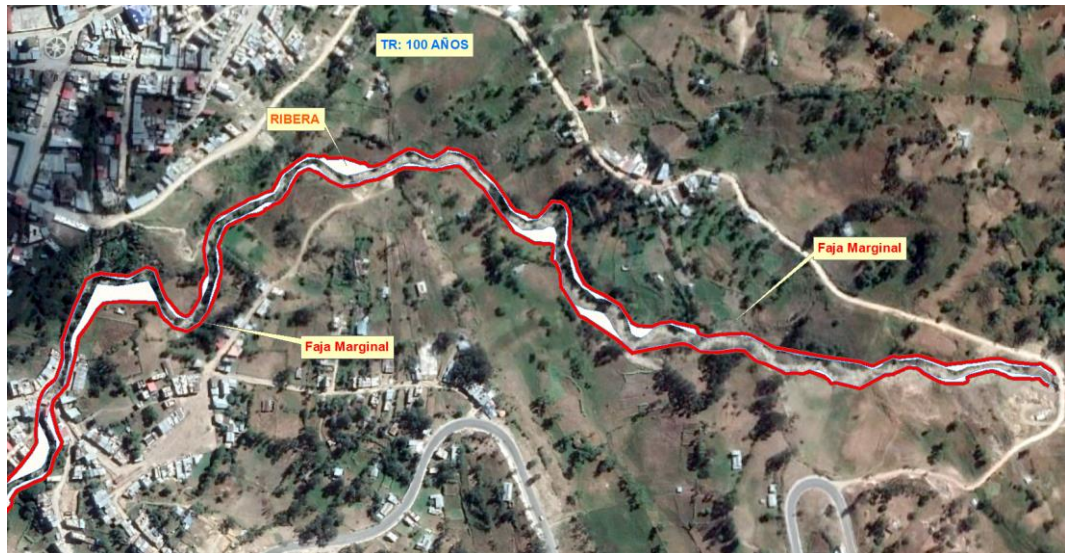


Figura 87

Segundo Tramo de la Delimitación de la Faja Marginal en la Quebrada Colpamayo



Figura 88

Tramo de Mayor Inundación de la Delimitación de la Faja Marginal en la Quebrada Colpamayo



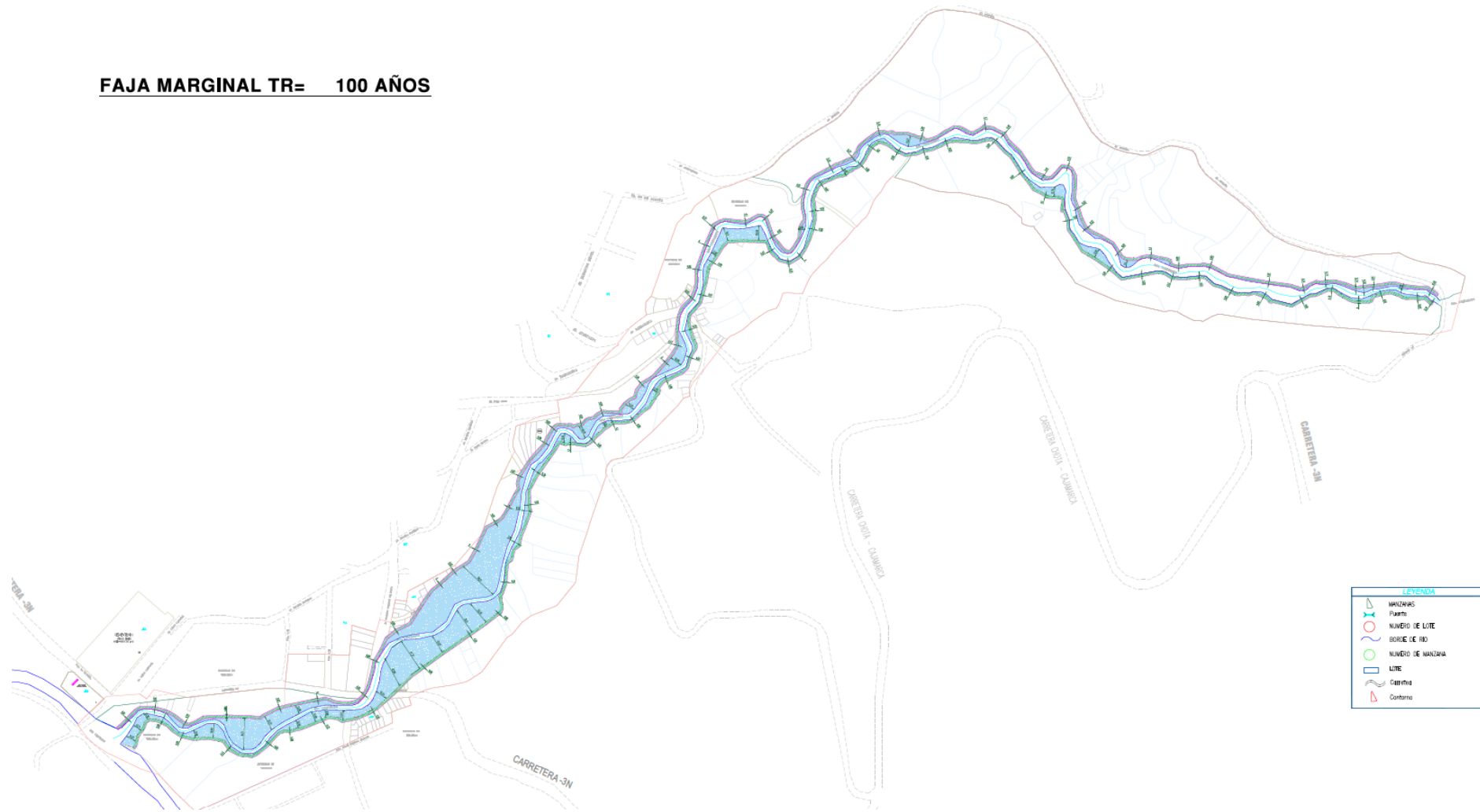
Figura 89

Tramo de Menor Inundación de la Delimitación de la Faja Marginal en la Quebrada Colpamayo



Figura 90 Faja Marginal de la Quebrada Colpamayo

FAJA MARGINAL TR= 100 AÑOS



4.1.2.4. Delimitación de la faja marginal en la quebrada Colpamayo considerando el uso actual del suelo

En el trayecto de la quebrada Colpamayo cerca de la ribera del cauce, ya existen viviendas construidas dentro de los espacios que deberían ser utilizados como fajas marginales, por lo que, tomando en cuenta que es poco probable que se solicite la demolición de estas, ya que se trata de un número considerable de edificaciones, se ha planteado otra propuesta diferente a la sugerida por la Resolución Jefatural N°332-2016-ANA para la delimitación de fajas marginales. En esta propuesta se han identificado los tramos en donde hay edificaciones de material noble que por su número de niveles no pueden ser demolidas, y en dichos tramos se ha propuesto que, las autoridades competentes planteen la construcción de defensas ribereñas, mientras que, en aquellas áreas que aún no han sido construidas deben implementarse los hitos para evitar que las personas continúen construyendo en esta área y se expongan a las consecuencias de las inundaciones fluviales por desborde de la quebrada Colpamayo. Los tramos en los que no se puede delimitar la faja marginal por la presencia de construcciones y que por ende requiere la implementación de defensas ribereñas se muestran en la Tabla 38.

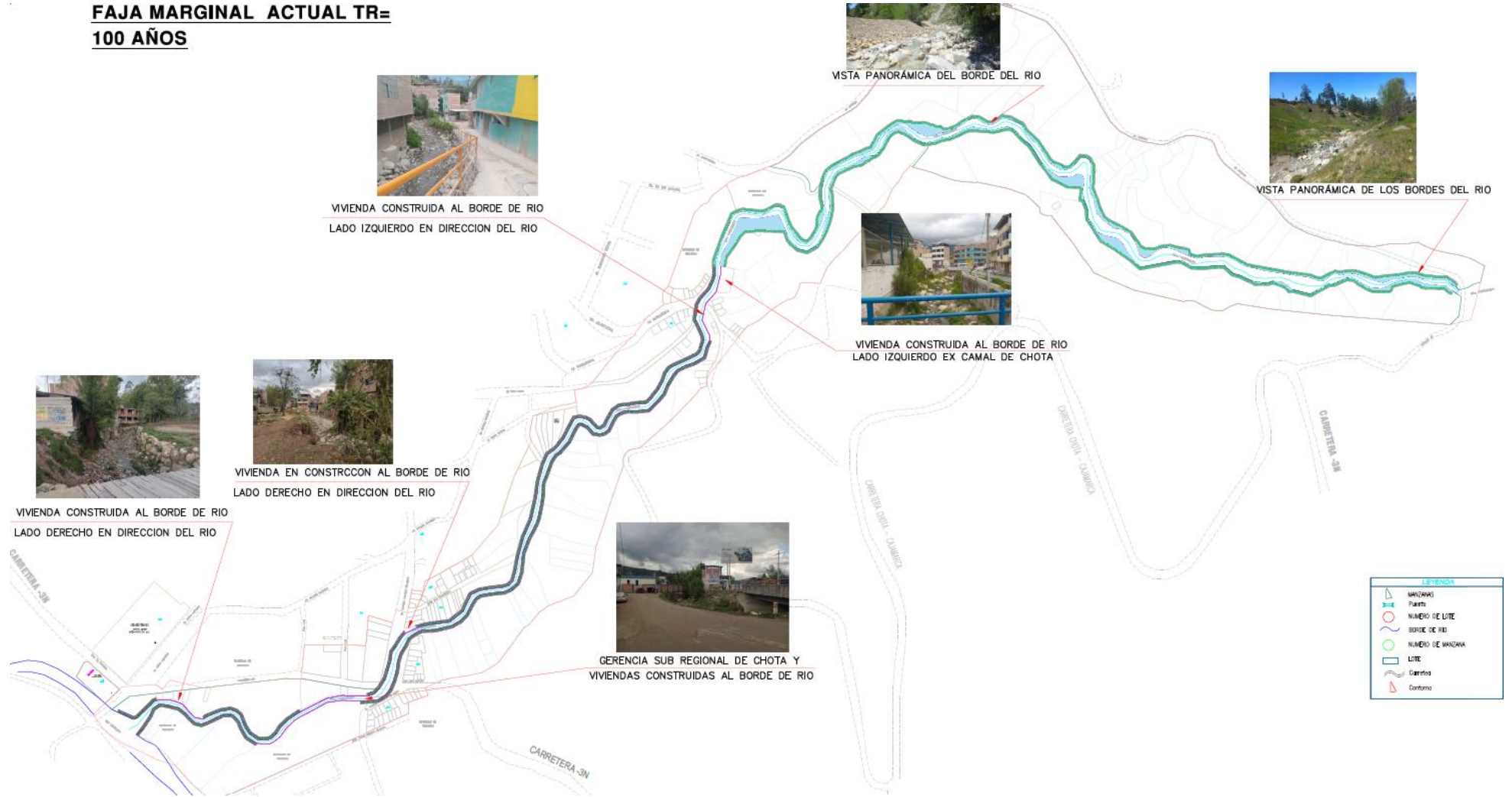
Tabla 38

Tramos en los que No se Puede Delimitar la Faja Marginal y Debe Construirse Defensas Ribereñas

Sector	Lado	Km de inicio	Km de fin
2	Derecho	2+194	2+210
2	Derecho	2+320	2+424
2	Derecho	2+600	2+677
9	Izquierdo	1+410	1+530
9	Izquierdo	2+333	2+500

Figura 91 Faja Marginal Considerando el Uso Actual del Suelo

**FAJA MARGINAL ACTUAL TR=
100 AÑOS**



4.2. Contrastación de hipótesis

En la investigación se ha utilizado el programa Minitab 22 para verificar la hipótesis general de investigación, la cual expresa: Las partes bajas de los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la ciudad de Chota presentan alta susceptibilidad a inundaciones y se encuentran dentro de la delimitación de fajas marginales, según el reglamento instaurado en la Resolución Jefatural N° 0332-2016-ANA (con modificaciones en los artículos 1, 2 y 16 según la Resolución Jefatural N°201-2017-ANA). Para ello, primero se ha comprobado la normalidad de los datos, y luego se han aplicado pruebas estadísticas paramétricas por cada objetivo específico. Donde para un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), cuando el valor p (probabilidad) es menor a 0.05, caso contrario se acepta H_0 .

a) Áreas susceptibles a inundaciones fluviales

Las hipótesis formuladas fueron: H_1 , Las partes bajas de los sectores urbanos 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota tienen alta susceptibilidad a inundaciones fluviales por desborde de la quebrada Colpamayo ($u > 0.134$); y H_0 , Las partes bajas de los sectores urbanos 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota no tienen alta susceptibilidad a inundaciones fluviales por desborde de la quebrada Colpamayo ($u = 0.134$). Para verificar la hipótesis se utilizó la prueba estadística t-student, concluyendo que, la susceptibilidad en el área de estudio si es alta, porque el valor de p es menor a 0.05.

Tabla 39

Prueba T-Student para Susceptibilidad a Inundación Fluvial

Valor T	Valor p
54.03	0.000

b) Delimitación de la faja marginal

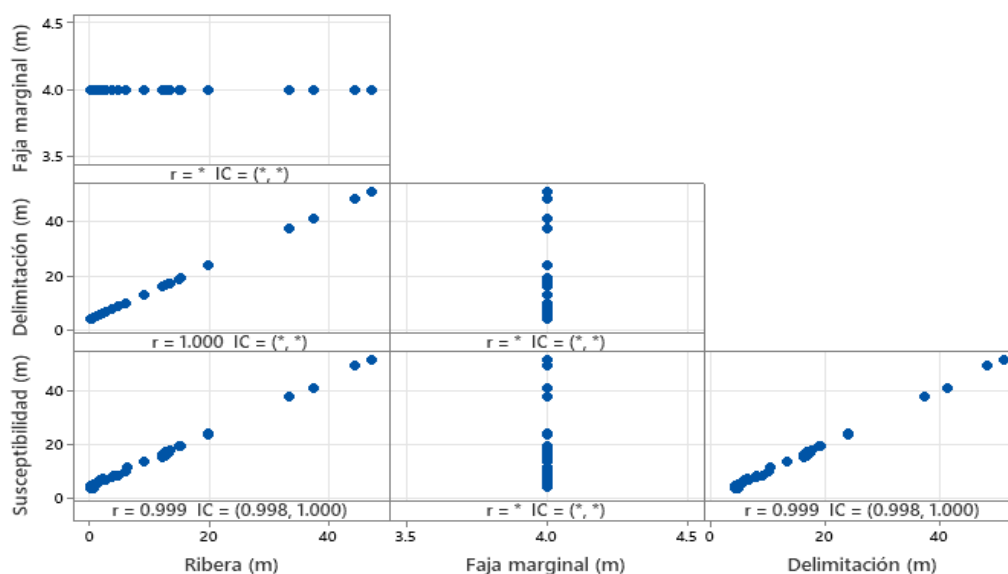
Las hipótesis formuladas fueron: H1, El ancho de la faja marginal delimitada con la Resolución Jefatural N°332-2016-ANA no coincide con el ancho de la susceptibilidad alta en las partes bajas de los sectores urbanos 1, 2, 3 y 9 de Chota ($u1-u2 \neq 0$); y Ho, El ancho de la faja marginal coincide con el ancho de la susceptibilidad alta en las partes bajas de los sectores urbanos 1, 2, 3 y 9 de Chota ($u1-u2=0$). Donde, u1 son los anchos de borde libre delimitados en el análisis de faja marginal y u2 son los anchos de susceptibilidad alta en la quebrada Colpamayo. Para verificar las hipótesis se utilizó la prueba t de 2 muestras, en la cual se encontró que el valor de p era mayor a 0.05, por tanto, se acepta Ho y se concluye que la delimitación de la faja marginal coincide con las áreas de mayor susceptibilidad a inundaciones en la quebrada Colpamayo.

Tabla 40 Prueba T 2 Muestras para Susceptibilidad a Inundación Fluvial

Valor T	GL	Valor p
-0.05	69	0.959

Figura 92 Correlación entre Susceptibilidad y Faja Marginal

Correlación de Ribera (m); Faja marginal (m); Delimitación (m); Susceptibilidad (m)
IC de 95% para la correlación de Pearson



4.3. **Discusión de resultados**

La quebrada Colpamayo tiene una susceptibilidad moderada a inundaciones fluviales en el 50.96% de su área de estudio y una susceptibilidad alta en el 23.85% de su superficie. Esto indica que existe una alta probabilidad de que ocurran fenómenos naturales de inundación en esta zona, principalmente debido a los factores condicionantes del lugar, tal como, se ha determinado en el estudio de Nkeki et al. (2022) quienes determinaron que, el 48.2% de la cuenca del río Ona está expuesta a inundaciones de moderada a muy alta susceptibilidad.

Dentro de los factores identificados, se encontró que el 55.88% del área tiene pendientes menores a 5°, lo cual contribuye a incrementar el riesgo de inundación, debido a que, se pueden acumular sedimentos en las partes bajas y contribuir al desborde la quebrada Colpamayo, tal como argumentan García et al. (2021) en cuya cuenca de estudio en Argentina las pendientes eran menores al 1%. Además, el 86.30% de la superficie fue clasificada geomorfológicamente como colinado estructural erosional en rocas sedimentarias y el 39% del área se encuentra dentro de la formación Celendín en términos geológicos. Estos elementos influyen en la mayor susceptibilidad a inundaciones, tal como lo ratifican Das & Scaringi (2021) y Cruzado & Gonzales (2020), que si bien sus áreas de estudio pertenecían a otras formaciones geológicas, confirmaron la importancia de caracterizar geomorfológicamente y geológicamente una quebrada para poder plantear mapas de susceptibilidad.

Asimismo, se evidenció que el 47.49% de la superficie está conformada por pastizales con escasa vegetación y que el 40.50% de la quebrada presenta tramos rectilíneos. Sin embargo, también se identificó un 32.06% de la forma de la quebrada como poco meandriforme. Estas características contribuyen a

aumentar la susceptibilidad a inundaciones, según expresan Yrigoin & Vásquez (2022), quienes concuerdan en que, las áreas sin vegetación son más susceptibles a eventos de inundación fluvial, debido a que, muchas veces los árboles funcionan como una defensa ribereña viva.

Por otro lado, se encontró que las fuertes precipitaciones pluviales son un desencadenante importante de las inundaciones en la zona de estudio, tal como lo ratifican Yuli-Posadas et al. (2023). En este sentido, se consideró el nivel de inundación como parámetro de evaluación tal como lo sugiere Ticlla (2022), concluyendo que un 20.68% del área puede inundarse en caso de desborde de la quebrada Colpamayo, mientras que un 26.15% no se inunda directamente pero sí es afectada por las precipitaciones pluviales intensas, lo cual también aumenta la susceptibilidad.

Es necesario destacar que el sector 9 presentó la mayor susceptibilidad a inundaciones debido a la presencia de puntos críticos, como el Puente Colpamayo donde el borde presenta erosión lateral a causa del incremento del caudal y velocidad del curso en este tramo meándrico o meandriforme. Además, se identificó que el sector 2 también presenta una alta susceptibilidad frente a inundaciones fluviales por desbordamiento de la quebrada Colpamayo. Ambos sectores requieren una atención especial en términos de gestión del riesgo.

Al discutir los resultados obtenidos en este estudio con otros autores, se encuentran coincidencias en relación con la influencia de los factores condicionantes del lugar en la susceptibilidad a las inundaciones fluviales. Cruzado & Gonzales (2020) también encontraron que las pendientes suaves y la presencia de formaciones geológicas particulares aumentan el riesgo de inundación en una zona de estudio similar en Cajamarca. Por otro lado, Ticlla

(2022) e Yrigoin & Vásquez (2022) señalaron la relación entre las precipitaciones pluviales intensas y las inundaciones en áreas de planas y/o de montaña, por tanto, se puede confirmar que los factores condicionantes del lugar y las precipitaciones pluviales intensas son determinantes en la susceptibilidad a inundaciones fluviales en la quebrada Colpamayo en los sectores 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota.

Frente al desborde de la quebrada Colpamayo con un tiempo de retorno de 100 años, se determinó que el 16.46% de las 36.58 ha de superficie de estudio sería afectada, tal como en el estudio de Choque et al. (2020). Para delimitar las áreas de inundación se utilizó la representación gráfica de estas áreas de inundación siguiendo la Resolución Jefatural N°332-2016-ANA. Además, se analizaron imágenes satelitales del 2011, 2015, 2017 y 2019 para evaluar los cambios en la trayectoria del cauce a lo largo de los años. Se observó que el cauce ha sufrido modificaciones leves debido a la erosión hídrica lateral, pero todas las líneas de flujo hídrico se encuentran dentro de la faja marginal delimitada.

El ancho libre, que incluye la ribera y la faja marginal, varía en diferentes secciones a lo largo del trayecto de la quebrada Colpamayo. Por ejemplo, en el Km 1+740 del lado izquierdo del sector 9, el ancho libre es de 4.17 m, mientras que en el Km 2+200 del lado izquierdo del sector 9, es de 51.31 m. En el sector 9, se requiere el ancho libre más amplio, siendo necesario tener una longitud de 51.31 m en el lado izquierdo del Km 2+200. Sin embargo, también se encontraron sectores que necesitan anchos considerables, como en el sector 3, donde se requiere la mayor longitud de 48.50 m en el lado derecho del Km 2+500.

En el sector 1, se determinó que el mayor ancho libre, desde el borde del río hacia la derecha, es de 16.81 m, 16.78 m y 19.21 m para los Kilómetros 0+520, 0+680 y 0+920, respectivamente. Por otro lado, en el sector 2, se determinó que

se necesita el menor ancho de borde libre, con valores de 8.98 m, 5.77 m y 4.86 m en el lado derecho de la quebrada Colpamayo, para los Kilómetros 1+160, 1+300 y 1+440, respectivamente.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que en el trayecto de la quebrada Colpamayo ya existen edificaciones construidas que limitan la delimitación libre de la faja marginal. Por esta razón, se propuso la creación de un nuevo mapa de faja marginal que también considere el uso del suelo, para que las autoridades locales propongan medidas estructurales apropiadas para controlar el riesgo, tal como sugieren Muñoz & Yamunaque (2023).

Según Chakraborty et al. (2021), el análisis de imágenes satelitales es crucial para evaluar los cambios en la trayectoria del cauce a lo largo de los años. Además, coinciden en que es necesario considerar el uso del suelo al delimitar la faja marginal. Esto está respaldado por los hallazgos de Scholfield (2022) quien determinó que, los límites fluviales de los ríos Shatt y Jordan fueron diseñados desde una perspectiva legal y regional (se delimitan las áreas de inundación y se define la faja marginal sin considerar el uso del suelo, sino simplemente respetando las normas actuales) por el contrario los límites fluviales de Israel y Jordania se diseñan por mutuo acuerdo territorial (la delimitación de la faja marginal toma en cuenta el uso actual del suelo, proponiendo defensas ribereñas en aquellas secciones con edificaciones construidas con anterioridad) lo que permitió que los resultados fueran más adecuados al contexto del lugar.

Por tanto, tal como afirman Talukdar et al. (2020) los resultados obtenidos ayudarán a las autoridades regionales y locales para que formulen políticas que mitiguen los riesgos relacionados con las inundaciones.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al analizar la susceptibilidad a inundaciones para la delimitación de la faja marginal en la parte baja de la quebrada Colpamayo cuyo cauce natural atraviesa los sectores de ampliación urbana 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota, aplicando la normatividad vigente, se ha concluido que:

- 1) La quebrada Colpamayo presenta una alta y muy alta susceptibilidad (23.85% y 15.77%) a inundaciones fluviales en los sectores urbanos 1, 2, 3 y 9. Esto se debe a factores como pendientes suaves, geología propensa a inundaciones, forma de la quebrada y fuertes precipitaciones que terminan desencadenando la inundación fluvial en el 20.68% de 36.58 ha. Siendo así, en el sector 1, 2, 3 y 9 el muy alto nivel de susceptibilidad se extiende en 1.43 ha, 2.47 ha, 0.32 ha y 1.56 ha, respectivamente.
- 2) La faja marginal en los sectores urbanos 1, 2, 3 y 9 de la Quebrada Colpamayo en la ciudad de Chota cumple con la normatividad vigente (Resolución Jefatural N°332-2016-ANA). El área de inundación en el sector 1, 2, 3 y 9 para un Tr de 100 años es igual a 0.96, 1.29, 0.25, 0.57 ha, respectivamente. Aproximadamente el 16.46% de la superficie se vería afectada ante un desborde con un tiempo de retorno de 100 años. Por lo que, el ancho libre necesario en diferentes puntos de la quebrada varía de 4.17 m a 51.31 m. No obstante, es importante tener en cuenta que en el trayecto de la quebrada Colpamayo ya existen edificaciones construidas que limitan la delimitación libre de la faja marginal. Por esta razón, se propuso la creación de un nuevo mapa de faja marginal que también considera el uso del suelo.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

- Los resultados del análisis de susceptibilidad a inundaciones deben ser utilizados para diseñar e implementar medidas de mitigación efectivas, como la construcción de infraestructuras de drenaje adecuadas, la creación de áreas de retención de agua y la mejora de los sistemas de alerta temprana. Además, la información consignada puede ser utilizada para delimitar la faja marginal de la quebrada Colpamayo, tomando en cuenta el uso actual del suelo y mejorando la planificación urbana futura.
- Se sugiere que, la investigación científica sea continua y actualizada para obtener un conocimiento más profundo de la susceptibilidad a inundaciones en la zona. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras constantes en las medidas de mitigación y preparación, así como anticiparse a posibles cambios en las condiciones climáticas y otros factores que puedan afectar la vulnerabilidad de la zona al riesgo de inundación.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Muñoz, Y. L., & Yamunaque, L. A. (2023). *Nivel de Riesgo ante Inundación Fluvial aplicando la Metodología Cenepred en el Sector Magllanal-Jaén-Cajamarca* (Vol. 11). <https://doi.org/https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.h7j1s812>
- Acevedo, I. (2002). Aspectos éticos en la investigación científica. *Ciencia y enfermería*, 8(1), 1-5. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>
- Alonso, F. J., Esbert, R. M., Ordaz, J., & Vázquez, P. (2006). Análisis del deterioro de los materiales pétreos de edificación. *ReCoPar*, 1(3), 23-32. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10651/8891>
- ANA. (2018). *Identificación de puntos críticos con riesgo a inundaciones en ríos y quebradas 2017*. Autoridad Nacional del Agua (ANA). <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4511>
- Andia, M. (2020). *Condiciones morfológicas de las quebradas para el potencial diseño de*. [Tesis de grado, Pontifica Universidad Catalica del Perú]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/23937/ANDIA_MIRANO_MARIA_ELENA_CONDICIONES_MORFOLOGICAS_QUEBRADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Araya, A., Gonzales, V., & Jiménez, M. (2018). Análisis de la variación del coeficiente de rugosidad de Manning con respecto a la pendiente del canal en tubería de PVC de 315 mm de diámetro. *Ingeniería UC*, 25(1), 1. <https://www.redalyc.org/journal/707/70757668006/html/>
- Ariyani, D., Purwanto, M. Y., Sunarti, E., Juniati, A. T., & Ibrahim, M. (2023). Contributed Indicators to Fluvial Flood Along River Basin in Urban Area of Indonesia. *GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY*, 15(4), 102-114. <https://doi.org/https://doi.org/10.24057/2071-9388-2022-084>
- Asencio, L. (26 de marzo de 2013). Cajamarca: Defensa civil reporta 150 afectados por lluvias en Chota. *RPP noticias*. <https://rpp.pe/peru/actualidad/cajamarca-defensa-civil-reporta-150-afectados-por-lluvias-en-chota-noticia-579705>
- Ashraf, I., Ahmad, S. R., Ashraf, U., & Khan, M. (2023). Community perspectives to improve flood management and socio-economic impacts of floods at Central Indus River, Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 92(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103718>

- Autoridad Nacional del Agua. (28 de Diciembre de 2016). Resolución Jefatural N°332-2016-ANA. *Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales*. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.
- Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Delimitación de Fajas Marginales - Cartilla Informativa*. Autoridad Nacional del Agua (ANA). <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4447/ANA0002862.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=3.3.,y%205km%20en%20zonas%20rurales>
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Delimitación de fajas marginales podría salvar vidas ante peligro de inundaciones*. Autoridad Nacional del Agua (ANA). <https://www.ana.gob.pe/noticia/delimitacion-de-fajas-marginales-podria-salvar-vidas-ante-peligro-de-inundaciones#:~:text=La%20delimitaci%C3%B3n%20de%20las%20fajas,inundaciones%20producto%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico>.
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Ley N°29338 de los Recursos Hídricos* (Primera ed.). (A. N. Agua, Ed.) Callao, Perú: Ministerio de agricultura y Riego. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/228/ANA0000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ayuso, J. L., Peña, A., & Montesinos, P. (1994). *Estimación del Hidrograma Unitario. Estudio Comparativo de cuatro metodos lineales*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4148/article2.pdf>
- Buzai, G. D. (2021). Análisis socioespacial y modelización prospectiva del contexto de riesgo por inundaciones en la ciudad de Luján (Buenos Aires, Argentina) 2010-2030. *Revista Universitaria de Geografía*, 30(1), 207-211. <https://doi.org/https://doi.org/10.52292/j.rug.2021.30.1.0023>
- Castillo, C. F. (2022). *Delimitación de fajas marginales en el río Mantaro en el departamento de Junin en el tramo comprendido entre el puente Stuart y el puente Breña*. [Tesis de grado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18355?show=full>
- Ccopi-Trucios, D., Barzola-Rojas, B., Ruiz-Soto, S., Gabriel-Campos, E., Ortega-Quispe, K., & Cordova-Buiza, F. (2023). River Flood Risk Assessment in Communities of the Peruvian Andes: A Semiquantitative Application for Disaster Prevention. *Sustainability*, 15(18), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su151813768>

- Cea, L., & Bladé, E. (2008). Modelización matemática en lecho fijo del flujo en ríos. Modelos 1D y 2D en régimen permanente y variable. *Jornadas Técnicas sobre Hidráulica Fluvial, CEDEX–Ministerio de Fomento, 1*, 1-30. https://doi.org/https://www.hidrojing.com/wp-content/uploads/Bibliografia/17_Modelizacion%20matematica%20en%20lecho%20fijo%20de%20flujo%201D%20y%202D.pdf
- CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/MAN-manual-evar-inundac-fluviales.pdf>
- CENEPRED. (2015). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 02 versión*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Ceragene, M., Bonasia, R., Cea, L., & Cuevas-Cancino, M. D. (2023). A Risk-Based Approach for the Analysis of Flood Impact in Villahermosa (Tabasco, Mexico). *Water, 15*(22), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w15223969>
- Chakraborty, R., Chandra, S., & Rezaie, F. (2021). Flash-flood hazard susceptibility mapping in Kangsabati River Basin, India. *Original Articles, 32*(23), 6713-6735. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1953618>
- Choque, R., & Mamani, D. (2020). *Modelamiento hidráulico con fines de delimitación de fajas marginales del río Caplina en los distritos de Pachía – Calana*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1548>
- Choque, R., Mamani, D., & Vilcanqui, A. (2020). Determinación de la faja marginal del río Caplina en el distrito de Pachia y Calana mediante modelamiento hidráulico. *Ingeniería investiga, 2*(2), 388-404. <https://doi.org/https://doi.org/10.47796/ing.v2i2.413>
- Cieśliński, R., Szydłowski, M., Chlost, I., & Mikos-Studnicka, P. (2024). Hazards of a flooding event in the city of Gdansk and possible forms of preventing the phenomenon—case study. *Urban Water Journal, 21*(1), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1573062X.2023.2254745>
- Coaquira, E., & Santos, I. (2020). *Modelo Hidráulico Para Delimitación De Faja Marginal Rio Caplina Sector Rio Seco, Distrito G. Albarracin L. - Tacna - 2020*.

- [Tesis de grado de Universidad Privada de Tacna].
<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1551>
- Coronel, J. A. (2021). *Generación de intensidades máximas de la estación*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4685/TESIS%20-%20GENERACI%C3%93N%20DE%20INTENSIDAD%20M%C3%81XIMAS%20DE%20LA%20ESTACI%C3%93N%20PLUVIOM%C3%89TRICA%20DE%20PUCAR%C3%81.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cruzado, G., & Gonzales, R. (2020). Caracterización geológica, geomorfológica y geodinámica de la quebrada calispuquio, distrito, provincia y región Cajamarca. *Revista Caxamarca*, 19(1-2), 95-107.
<https://doi.org/http://190.116.36.87/index.php/Caxamarca/article/view/85>
- Cuba, M., & Edwin, S. (2021). *Evaluación de riesgos por inundación fluvial en los márgenes del río Pichari en la Provincia La Convención-Cusco 2020*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60490/Cuba_HMA-Santos_HE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Das, S., & Scaringi, G. (2021). River flooding in a changing climate: rainfall-discharge trends, controlling factors, and susceptibility mapping for the Mahi catchment, Western India. *Natural Hazards*, 109(3), 2439-2459. <https://doi.org/DOI:10.1007/s11069-021-04927-y>
- Departamento General de Irrigación. (2016). *Partes de una Cuenca*. Argentina: Aquabook.
- Douglas, M., & Wildavsky, A. (1982). *An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*. Berkeley: University of California Press.
- Escuela Colombiana de Ingeniería. (2023). 2.4.6.2. *Aproximación de Einstein-Brown (1950)*. Centro de Estudios Hidráulicos y Ambientales.
https://transportesedimentos.tripod.com/esp/2_4_6_2_.htm
- Fernández, A. C., Cao, J. G., & Gesteira, M. G. (2018). Predicción de inundaciones mediante herramientas numéricas: Iber. *Avances en Ciencias de la Tierra*, 1(8), 8-21. https://doi.org/https://ephyslab.uvigo.es/wp-content/uploads/2019/06/TFG_Ander_Castro_Fernandez.pdf
- Fernández, J. A. (2003). *La recuperación de ríos en entornos urbanos: el caso del Río Zadorra en Vitoria-Gasteiz*. <https://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/http/contenidosEstaticos/adjuntos/es/67/40/36740.pdf>

- García, G., Piccolo, M., & Bohn, V. (2021). Estimación de la susceptibilidad a inundaciones en la cuenca inferior de Río Negro, Argentina. *Centro de Estudios Geográficos*, 56(118), 51-70. <https://doi.org/10.18055/Finis21647>
- Geo GPS Perú. (2023). *Mapa de curva número para condiciones húmedas*. Geo GPS Perú: <https://www.geogpsperu.com/>
- González, B. W., & Olivera, C. E. (2023). *Niveles de riesgo de inundación fluvial generadas por las microcuencas Lancheonga-Yamaluc y Alconis, Cochabamba, Chota, 2022*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/404>
- González, P. (2019). *Impacto ambiental en las actividades humanas. UF0735*. Tutor formación. https://doi.org/https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nBaJDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=El+uso+del+suelo+depende+de+las+actividades+antropog%C3%A9nicas+que,+se+desarrollan+en+el+territorio&ots=h7ohxR_rF4&sig=75QoEmVRZZ5712N53Hw86MPGBEI#v=onepage&q&f=false
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Guamán Huillca, Y. E., & Jiménez Duchi, C. I. (2018). *Elaboración del modelo físico y la guía metodológica para la práctica: orificios de la asignatura mecánica de fluidos de la Universidad de Azuay*. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8410/1/14130.pdf>
- Guevara, E. (2015). *Métodos para el análisis de variables hidrológicas y ambientales*. Autoridad Nacional del Agua. <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3940/ANA0002522.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, V., & Nélica, C. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Terra Nueva Etapa*, 34(56). <https://www.redalyc.org/journal/721/72157132006/72157132006.pdf>
- Herrera, Y. (2023). *Evaluación de riesgos por inundación de viviendas instaladas en el cauce del río San Lucas, Sector Lucmacucho, Cajamarca-2019*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5863>
- IDEA. (2018). *Boletín climatológico TRIMESTRAL -segundo trimestre de 2018- Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas - SIMAC -*. Instituto de estudios

- Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
<https://cdiac.manizales.unal.edu.co/publicaciones/Bolet%C3%ADnCTAJ2018.pdf>
- INDECI. (27 de marzo de 2009). Informe de emergencia N° 082 – 27/03/2009/COEN – INDECI/11:00 Horas (Informe N° 23). *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*. <https://reliefweb.int/report/peru/per%C3%BA-informe-de-emergencia-no-82-fen%C3%B3menos-hidrometereol%C3%B3gicos-afectan-al-departamento>
- INDECI. (20 de mayo de 2015). Estado situacional de la Emergencia. Emergencia. Fuertes lluvias provocan deslizamiento e inundaciones (00070285). SINPAD. *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*. http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt_emsituacion_emergencia.asp?EmergCode=00070285
- INDECI. (25 de mayo de 2015). Informe de emergencia N° 655 – 25/05/2015/COEN – INDECI/11:00 Horas (Informe N° 8). Centro de Operaciones de Emergencia Nacional COEN. *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*. <https://docplayer.es/61276363-Precipitaciones-pluviales-afecta-districtos-de-la-provincia-de-chota-cajamarca.html>
- INDECI. (03 de mayo de 2021). Informe de emergencia N° 607 – 3/5/2021/COEN – INDECI/23:50 Horas (Informe N° 8). Centro de Operaciones de Emergencia Nacional COEN. *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2021/04/INFORME-DE-EMERGENCIA-N%C2%BA-607-3MAY2021-LLUVIAS-INTENSAS-EN-EL-DEPARTAMENTO-DE-CAJAMARCA-7.pdf>
- INDECI. (6 de octubre de 2022). Reporte complementario N° 8041 – 6/10/2022/COEN-INDECI/23:40 HORAS (Reporte N° 2). Centro de Operaciones de Emergencia Nacional COEN. *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/10/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-8041-6OCT2022-LLUVIAS-INTENSAS-EN-EL-DISTRITO-DE-CHOTA-CAJAMARCA-2.pdf>
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1987). Teoría prospectiva: Un análisis de la decisión bajo riesgo. *Estudios de Psicología*, 8(29-30), 95-124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02109395.1987.10821483>

- Lux, B. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*.
<https://core.ac.uk/download/pdf/35294551.pdf>
- Mamani, J. A. (2021). *Determinación de caudales máximos de diseño mediante metodos convencionales probalidades en la subcuenca Ayaviri Puno-2020*. [Tesis de grado].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/59788/Mamani_GJ_A-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marón, D., Gutierrez, A., & Escartín, E. (2019). La ecuación de onda como condición de frontero en un modelo de flujos en canales. *Ingenieria Hidraulica y Ambiental*, 40(3), 28-40. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v40n3/1680-0338-riha-40-03-28.pdf>
- Márquez, A. (08 de 03 de 2021). *Ecología verde*. Partes del río y sus características:
<https://www.ecologiaverde.com/partes-del-rio-y-sus-caracteristicas-3263.html>
- Mihu-Pintilie, A., Cîmpianu, C. I., Stoleriu, C. C., Pérez, M. N., & Paveluc, L. E. (2019). Using high-density LiDAR data and 2D streamflow hydraulic modeling to improve urban flood hazard maps: A HEC-RAS multi-scenario approach. *Water*, 11(9), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w11091832>
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI). (2012). *La regulación de las Fajas Marginales*.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/fajas_marginales_0.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego . (diciembre de 2016). Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales. *MINAGRI*, págs. 1-8.
- Miranda, F., Franco, A. B., Rezende, O., da Costa, B. B., Najjar, M., Haddad, A. N., & Miguez, M. (2023). A GIS-Based Index of Physical Susceptibility to Flooding as a Tool for Flood Risk Management. *Land*, 12(7), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land12071408>
- Montilla, A. (2007). Geografía física, geología y geomorfología: una trilogía científica al servicio del hombre. *Revista EDUCARE - UPEL-IPB-Segunda Nueva Etapa 2.0*, 11(3), 1-14. <https://doi.org/https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/392>
- MTC. (2018). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- MTC. (2018). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima: Ministerio de Transportes y comunicaciones.

- MVCS. (07 de junio de 2017). Reporte situación N° 390-2017/07JUN2017 15:00 horas (Informe N° 22). Centro de operaciones de emergencia del sector vivienda, construcción y saneamiento (COE-Vivienda). *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)*. [http://www3.vivienda.gob.pe/grd/documentos/Reporte%20de%20Situaci%C3%B3n%20N%C2%BA%20390-2017%20\(Precipitaciones%20pluviales%20en%20Cajamarca%20-%2007Jun\).pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/grd/documentos/Reporte%20de%20Situaci%C3%B3n%20N%C2%BA%20390-2017%20(Precipitaciones%20pluviales%20en%20Cajamarca%20-%2007Jun).pdf)
- Nkeki, N., Bello, I., & Agbaje, G. (2022). Flood risk mapping and urban infrastructural susceptibility assessment using a GIS and analytic hierarchical raster fusion approach in the Ona River Basin, Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77(1). <https://doi.org/DOI:10.1016/j.ijdr.2022.103097>
- ONU. (2009). *Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)*. Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>
- Ortiz, O. (2004). Evaluación hidrológica. *Hidrored Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía*, 1-16.
- Ortiz-Vera, O. (2015). Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos y Transferencia de Información Hidrometeorológica. *Tecnología y ciencias del agua*, 6(4), 25-44. https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222015000400002&script=sci_arttext
- Palma-DeCuevas, S. I. (2016). Planificación estratégica, sistémica y prospectiva para prevenir y mitigar riesgos de desastre en áreas urbanas históricas de Guatemala. *Revista de Estudios Territoriales*, 18(2), 11-30. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/journal/401/40152906002/html/>
- Peña-Ricaldi, E. H., & Mogrovejo-Gutierrez, R. E. (2023). Hydraulic analysis due to flooding in the Rimac river, Carapongo sector. *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONITI)*, 1(1), 1-5. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/CONITI61170.2023.10324082>
- Pérez, J. (2006). Estado del arte de los software de simulación de los sistemas hidraulicos. *Ciencias técnicas y Agropecuarias*, 15(1), 32-37. <https://www.redalyc.org/pdf/932/93215107.pdf>
- Pérez, J. I., Escobar, J. R., & Fragozo, J. M. (2018). Modelación Hidráulica 2D de Inundaciones en Regiones con Escasez de Datos. El Caso del Delta del Río

- Ranchería, Riohacha-Colombia. *Información Tecnológica*, 29(4), 143-156.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400143>
- Pizarro-Tapia, R., Balocchi-Contreras, F., Andrade-Vilaró, F., Sangüesa-Pool, C., Vargas-Baecheler, J., Morales-Calderón, C., & Fuentes-Lagos, R. (2014). Análisis comparativo de tres hidrogramas unitarios sintéticos en dos cuencas mediterráneas de Chile, región del Maule. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(1), 5-20.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.09.054>
- Ponce, V. M. (mayo de 2008). *Preguntas y respuestas sobre el período de retorno a ser usado para diseño*. 210620:
https://ponce.sdsu.edu/periodos_de_retorno_articulo.html
- Puelles, J. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima: UPC.
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620953/PUELLES_MJ.pdf?sequence=1
- Ramirez, P., Alfaro, K., Alvarez, M., Solis, L., & Castro, J. (2021). Morfometría de la subcuenca hidrográfica del río Páez, Cartago, Costa Rica. *Scielo*, 67(2), 121-142.
<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/>
- Rifo, A. S. (2023). *Amenaza de inundación repentina basado en predicciones climáticas sobre la Zona Costera del Centro-Sur de Chile (ZCCSC): Implicancias en riesgos socio-naturales*. [Tesis presentada para optar al grado de Magister en Ciencias Regionales, Universidad de Concepción].
<https://doi.org/http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/10730>
- Rojas, P. (9 de febrero de 2015). *¿Qué es una curva hipsométrica?* INGECIV:
<https://ingeciv.com/que-es-una-curva-hipsometrica/>
- Romero, F. (27 de agosto de 2018). *Partes del río y sus características*. Ciencias Sociales:
<https://www.unprofesor.com/ciencias-sociales/partes-del-rio-y-sus-caracteristicas-1854.html>
- Salazar, A. I. (2023). *Evaluación del riesgo por inundaciones en las viviendas del asentamiento humano Tacala, distrito de Castilla, provincia de Piura - Piura*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego].
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/10265>

- Sarmiento, F. O. (2020). *Diccionario de Ecología, Paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*.
<https://clea.edu.mx/biblioteca/Sarmiento%20Fausto%20-%20Diccionario%20De%20Ecologia.pdf>
- Scholfield, R. (2022). Locating the channel and other tales from the river bank: constants and change in river boundary delimitation. *Water International*, 47(6), 979-1000.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02508060.2022.2123613>
- Senamhi. (agosto de 5 de 2023). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. Estación Chota ubicada en las coordenadas Latitud 6°33'14.58", Longitud 78°40'33.15", a 2261 msnm*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi):
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Sevillano, M. E. (2020). Zonificación de la amenaza ante inundaciones a partir de un método de evaluación multicriterio en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, 1(25), 47-76. <https://doi.org/https://doi.org/10.21138/GF.661>
- Silva, G. A. (23 de julio de 2003). *Ríos y corrientes naturales*. Hidráulica fluvial:
<https://www.geocities.ws/gsilvam/cauces.htm>
- Talukdar, S., Ghose, B., & Shahfahad. (2020). Flood susceptibility modeling in Teesta River basin, Bangladesh using novel ensembles of bagging algorithms. *Stoch Environ Res Risk*, 34(1), 2277-2300.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00477-020-01862-5>
- Ticlla, Y. W. (2022). *Evaluación del nivel de riesgo a inundación según la metodología CENEPRED, en el río San Mateo, tramo puente "San Mateo" al puente "Lloque Yupanqui", Chota*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/205>
- Valdivielso, A. (03 de 02 de 2024). *Iagua*. ¿Qué es el cauce de un río?:
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-cauce-rio>
- Vásquez, A. (14 de marzo de 2021). Chota, puente Sagrado Corazón en riesgo de colapsar. *Andina Radio*, págs. 1-3.
<https://web.facebook.com/watch/?v=247739480419140>
- Vasquez, A. M. (2021). *Delimitación Fajas Marginales*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1755429/Ing.Ana%20Vasquez%20Fajas.pdf>

- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., . . . Alcántara, J. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Villón, M. (2004). *Hidrología, 2ª ed.* Instituto tecnológico de Costa Rica.
- Viramontes-Olivas, Ó. A., Escoboza-García, L. F., Álvarez, C. P., Álvarez, A. P., Reyes-Gómez, V. M., & Pérez-Márquez, A. (2007). Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua*, 1(3), 21-31. <https://doi.org/https://pdfs.semanticscholar.org/a6cb/3ed3665aa65eae79f20e7448ba9d4c819778.pdf>
- Wang, J., Zhuo, L., Han, D., Liu, Y., & Rico-Ramirez, M. A. (2023). Hydrological model adaptability to rainfall inputs of varied quality. *Water Resources Research*, 59(2), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2022WR032484>
- Weinner, K. (2016). *Inventory and assessment of selway creek, Southwest Montana*. Environmental Sciences Department: The University of Montana Western.
- Yáñez-Morróni, G., Suárez, F., Muñoz, J. F., & Lagos, M. S. (2023). Hydrological modeling of the Silala River basin. 1. Model development and long-term groundwater recharge assessment. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 1, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wat2.1690>
- Yglesias-González, M., Valdés-Velásquez, A., Hartinger, S. M., Takahashi, K., Salvatierra, G., Velarde, R., . . . Lescano, A. G. (2023). Reflections on the impact and response to the Peruvian 2017 Coastal El Niño event: Looking to the past to prepare for the future. *Plos one*, 18(9), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290767>
- Yrigoin, K. d., & Vásquez, R. C. (2022). *Evaluación del riesgo a inundación por desborde del río Jalqueño en la ciudad de Lajas, Chota, 2022*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/441>
- Yuli-Posadas, R. Á., García-Rivero, A. E., Olivera Acosta, J., Bulege-Gutierrez, W., Miravet-Sánchez, B. L., & Neira Huaman, E. (2023). Determinación de escenarios de inundaciones en la subcuenca del río Cunas, Junín, Perú. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 44(1), 74-83. <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/622/523>

- Zapperi, P. A. (2018). Analysis of the flood risk incorporated into the regional and urban planning regulations of Argentina. *Universidad Alicante*, 1(70), 71-90. <https://www.redalyc.org/journal/176/17664421004/html/>
- Zereceda Arriaga, C. L., & Paredes Gutierrez, A. F. (2022). *Importancia De La Delimitación De Fajas Marginales En La Gestión De Riesgos De Desastres, Caso Práctico En Yarabamba – Arequipa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/bitstreams/222331cf-85ad-40cc-9512-4447f7f0f50f/download>
- Zhica, J. (2020). *Caracterización Morfométrica y estudio Hidrológico de la Microcuenca del Río San Francisco, Cantón Gualaceo*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18364/1/UPS-CT008684.pdf>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Tesis: Análisis de susceptibilidad a inundaciones para la delimitación de la faja marginal, quebrada Colpamayo, sectores urbanos 1, 2 y 9 Chota, 2022

Tesistas:

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Metodología		
¿Qué tan susceptible a inundaciones fluviales son los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la ciudad de Chota dentro de la delimitación de la faja marginal en la quebrada Colpamayo?	<p>Objetivo General. Analizar la susceptibilidad a inundaciones para la delimitación de la faja marginal en la parte baja de la quebrada Colpamayo cuyo cauce natural atraviesa los sectores de ampliación urbana 1 y 9 de la ciudad de Chota, aplicando la normatividad vigente.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Delimitar áreas susceptibles a inundaciones en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la Quebrada Colpamayo mediante aplicación del software HEC RAS 6.1, teniendo en cuenta el análisis de precipitaciones máximas de 24 horas, para períodos de retorno de 10, 100 y 500 años. • Delimitar la faja marginal en los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la Quebrada Colpamayo, teniendo en cuenta la normatividad vigente de Fajas marginales Resolución Jefatural N°332-2016-ANA y utilizando como Herramientas complementarias el software HEC RAS 6.1 y/o Google Earth. 	Las partes bajas de los sectores urbanos 1, 2 y 9 de la ciudad de Chota, presentan alta susceptibilidad a inundaciones y se encuentran dentro de la delimitación de fajas marginales, según el reglamento instaurado en la Resolución Jefatural N° 0332-2016-ANA (con modificaciones en los artículos 1,2 y 16 según la Resolución Jefatural N°201-2017-ANA).	VI Susceptibilidad a inundaciones	Factores condicionantes	Pendiente	0° a 2.5°	Enfoque Cuantitativo		
						2.6° a 5°			
						5° a 15°			
						15° a 45°			
						> 45°			
					Geomorfología	Cauce fluvial		Tipo Aplicada	
						Terrazas aluviales			
						Piedemonte coluvio-deluvial			
						Colinado estructural erosional en rocas sedimentarias			
						Superficie colinada o altiplanicie aluvial en rocas sedimentarias			
					Vegetación y/o uso del suelo	Sin cobertura vegetal y/o río			Nivel Explicativo
						Pastizales con escasa vegetación			
			Praderas con algunos árboles						
			Bosques deforestados						
			Bosques secundarios						
			Morfometría del cauce	Altamente meandriforme	Diseño Descriptivo causal simple				
				Medianamente meandriforme					
				Poco meandriforme					
				Medianamente rectilíneo					
				Rectilíneo					
			Geología	Casco urbano - área urbana		Muestra: Las 36.58 ha de área de influencia en el recorrido de 2.73 km de la quebrada Colpamayo en los sectores 1, 2, 3 y 9 de la ciudad de Chota, distrito de Chota, con inicio en el sector denominado Las Lagunas con coordenadas UTM WGS84 17S 761484.00 m E, 9273855.00 m S, y fin en las coordenadas 759584.00 m E, 9273222.00 m S en su confluencia con el río Chotano.			
				Formación Chota					
				Formación Celendín					
				Formación Cajamarca					
Formación Quilquiñan/Mujarrum									
Área inundada para TR 10 años									
Área inundada para TR 100 años									
Área inundada para TR 500 años									
Área no inundada pero afectada									
VD Delimitación de la faja marginal	Análisis hidrológico	Propiedades de la cuenca	Área no inundada no afectada						
			Área						
			Pendiente de la cuenca						
			Altitud media						
			Longitud del cauce principal						
			Pendiente del cauce principal						
	Precipitaciones e intensidades máximas	Tiempo de concentración							
		Precipitaciones máximas							
		Intensidades máximas							
	Caudales máximos	Período de retorno							
		Caudal máximo							
		Tr 10 años							
Análisis hidráulico	Áreas de inundación por tiempo de retorno	Tr 50 años							
		Tr 100 años							
		Tr 200 años							
		Tr 500 años							
		Tr 500 años							
Faja marginal delimitada	Faja marginal según R.J. N° 201-2017-ANA	Faja marginal según uso del suelo	Ancho mínimo						
			Hitos						
			Ancho mínimo						
			Hitos						

Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Estacionamiento del equipo topográfico (GPS Diferencial) para el levantamiento topográfico.



Fotografía 2. Colocación y toma de datos del BM-01 en el punto de inicio (puente de la Laguna del Amor) de la Quebrada Colpamayo.



Fotografía 3.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo.



Fotografía 4.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo.



Fotografía 5.

Deslizamientos por la inestabilidad del terreno producto de la crecida de la Quebrada Colpamayo



Fotografía 6.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo.



Fotografía 7.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo.



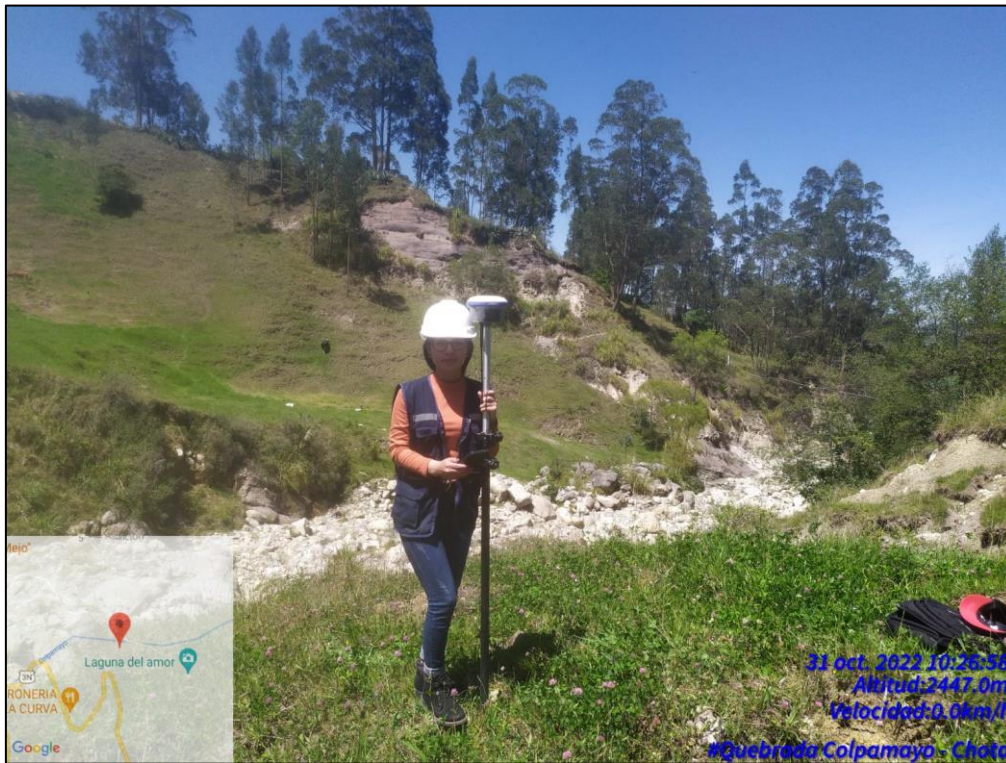
Fotografía 8.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo.



Fotografía 9.

Toma de puntos en el margen derecho de la Quebrada Colpamayo



Fotografía 10.

Vista de la zona afectada después de la crecida de la Quebrada Colpamayo



Fotografía 11.

Existencia de obras de arte (puentes) en mal estado a consecuencia del aumento de caudal de la Quebrada Colpamayo.



Fotografía 12.

Áreas de cultivo inundadas producto de la crecida de la Quebrada Colpamayo



Fotografía 13.

Afectación de las áreas de cultivo producto del desborde de la Quebrada Colpamayo



Fotografía 14.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo.



Fotografía 15.

Estructuras construidas en la ribera de la Quebrada Colpamayo



Fotografía 16.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo y colocación del BM-02.



Fotografía 17.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo.



Fotografía 18.

Levantamiento topográfico de la Quebrada Colpamayo.



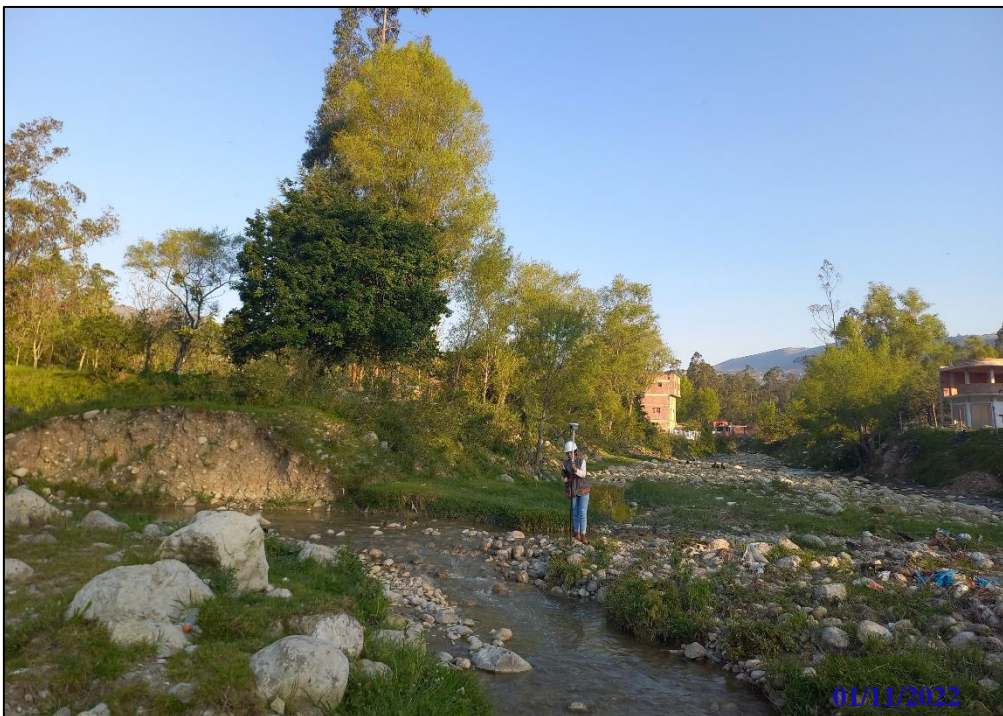
Fotografía 19.

Colocación del BM-03 en el tramo final de la Quebrada Colpamayo



Fotografía 20.

Punto de confluencia de la Quebrada Colpamayo y el Río Chotano



Anexo C. Determinación del coeficiente de Manning

En el programa HEC-RAS, se utilizan los coeficientes de Manning para representar la rugosidad del río. La rugosidad del cauce depende de varios factores, como la textura y forma del lecho del río, la presencia de vegetación y obstrucciones, entre otros.

HEC-RAS brinda una serie de coeficientes de Manning predefinidos, los cuales se deben elegir de acuerdo a las condiciones reales observadas en campo. Es decir, se deben ajustar estos coeficientes a las condiciones específicas del cauce que se está analizando. Para lograr esto, fue necesario realizar un análisis detallado en campo, donde se observaron y se registraron las características del eje, borde derecho e izquierdo del río, así como la presencia de vegetación u otras obstrucciones.

Una vez recopilada toda esta información, se dividió el cauce en tramos de estudio y se asignan los coeficientes de Manning según las condiciones observadas en cada sección. Al tener asignados los coeficientes de Manning a cada tramo, se procedió a promediar estos valores para obtener un coeficiente representativo de la rugosidad en todo el cauce.

Tabla 41

Coeficiente de Manning por Tramos para Obtener el Coeficiente Manning Promedio

Tramos	Coeficiente de Manning	Observación
Tramo km 00+000 - hasta el km 0+400	0.0400	Limpio, sinuoso, poco profundo, el valor del Manning es de 0.04
Tramo km 00+400 - hasta el km 1+480	0.0350	Este tramo, con algo de hierba y piedras, el valor del Manning es de 0.035
Tramo km 1+500 hasta km 2+200	0.0330	Este tramo es limpio, sinuoso poco profundo y con piedra, el valor del Manning es de 0.032
Tramo km 2+200 hasta km 2+720	0.0330	Este tramo es limpio, sinuoso poco profundo y con piedra, el valor del Manning es de 0.033
Promedio	0.0350	

Tramo km 00+000 - hasta el km 0+400

Fotografía 21.

Limpio, sinuoso, poco profundo, el valor del Manning es de 0.04



Fotografía 22.

Limpio, sinuoso, poco profundo, el valor del Manning es de 0.04



Tramo km 00+400 - hasta el km 1+480

Fotografía 23.

Este tramo, con algo de hierba y piedras, el valor del Manning es de 0.035



Fotografía 24.

Este tramo, con algo de hierba y piedras, el valor del Manning es de 0.035



Tramo km 1+500 hasta km 2+200

Fotografía 25.

Este tramo es limpio, sinuoso poco profundo y con piedra, el valor del Manning es de 0.033



Fotografía 26.

Este tramo es limpio, sinuoso poco profundo y con piedra, el valor del Manning es de 0.033



Tramo km 2+200 hasta km 2+720

Fotografía 27.

Este tramo es limpio, sinuoso poco profundo y con piedra, el valor del Manning es de 0.033



Fotografía 28.

Este tramo es limpio, sinuoso poco profundo y con piedra, el valor del Manning es de 0.033

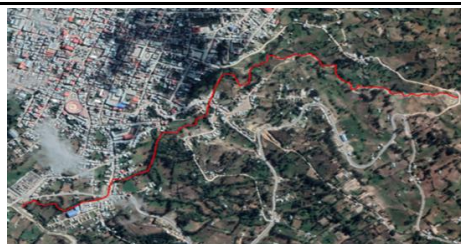


Anexo D. Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Colpamayo



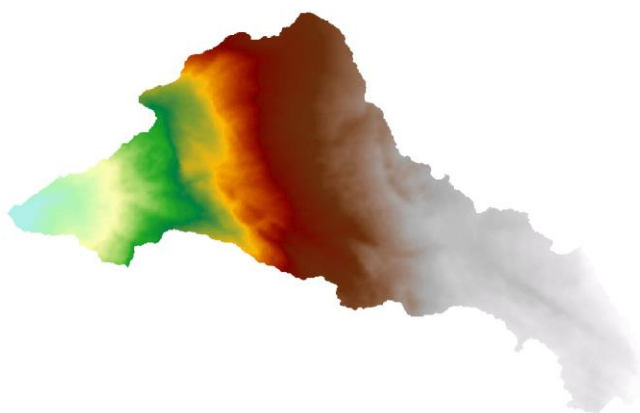
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
MICROCUCUENCA DE LA QUEBRADA COLPAMAYO

MICROCUCUENCA: COLPAMAYO
UBICACIÓN: Distrito: Chota
Provincia: Chota
Región: Cajamarca
PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 761484.00 m E
Norte: 9273855.00 m S



1) Delimitación de la microcuenca en el programa ArcMAP 10.5

Consiste en definir la línea de divortio aquarum, que es una línea curva cerrada que parte y llega al punto de captación mediante la unión de todos los puntos altos e interceptando en forma perpendicular a todas las curvas de altitudes del plano o carta topográfica, por cuya razón a dicha línea divisoria también se le conoce con el nombre de línea neutra de flujo.



2) Parámetros geomorfológicos

2.1. Área (A)

Cuadro N° 01. Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos

Unid. Hidrológica	Área (km2)		N° de orden
Micro cuenca	0	50	1, 2, 3
Sub cuenca	51	500	4, 5
Cuenca	más	500	6 a más

Ac=	28.328	Km2	Micro cuenca
------------	--------	-----	--------------

2.2. Perímetro (P)

Pc=	43.40	Km
------------	-------	----

2.3. Coeficiente de Gravelius o índice de compacidad (Kc)

$$k = 0.28 \left(\frac{Pc}{\sqrt{Ac}} \right)$$

P= perímetro de la cuenca 43.40
A= área de la cuenca 28.33

Cuadro N° 02. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad

Clase de forma	índice de compacidad		Forma de la cuenca
Clase I	1	1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26	1.5	Oval redonda a oval oblonga
Clase III	1.51	1.75	Oval oblonga a rectangular-oblonga

Si K menor o igual a 1 la cuenca tiene forma circular

La tormenta se da en una parte

Si k mayor a 1 la cuenca tiene forma alargada

La tormenta se da en toda su extensión

K=	2.283
-----------	-------

Clase II

Forma oval-redonda



PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
MICROCUCNA DE LA QUEBRADA COLPAMAYO

MICROCUCNA: COLPAMAYO
UBICACIÓN: Distrito: Chota
Provincia: Chota
Región: Cajamarca
PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 761484.00 m E
Norte: 9273855.00 m S



2.4. Altitud media (H)

Áreas parciales entre altitudes

PARCIALES	ALTITUDES (msnm)		AREA (Km2)
	Mínima	Máxima	
Área 1	2483	2600	0.427
Área 2	2601	2700	0.922
Área 3	2701	2800	1.328
Área 4	2801	2900	1.454
Área 5	2901	3000	1.106
Área 6	3001	3100	1.506
Área 7	3101	3200	1.718
Área 8	3201	3300	1.845
Área 9	3301	3400	2.352
Área 10	3401	3500	2.913
Área 11	3501	3600	3.296
Área 12	3601	3700	3.053
Área 13	3701	3864	6.406
Área total			28.328

2.4.1.) Estimación de la altitud media (H) por fórmula

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i \times A_i$$

Hi= Altura correspondiente al área acumulada Ai

A= Área de la cuenca

N= Número de áreas parciales

ALTITUD MEDIA			
ITEM	PROMEDIO	Área entre curvas	AixHi
1	2,542	0.427	1085.70
2	2,651	0.922	2444.26
3	2,751	1.328	3653.87
4	2,851	1.454	4144.36
5	2,951	1.106	3262.61
6	3,051	1.506	4593.39
7	3,151	1.718	5410.98
8	3,251	1.845	5998.19
9	3,351	2.352	7879.43
10	3,451	2.913	10052.82
11	3,551	3.296	11703.89
12	3,651	3.053	11146.57
13	3,783	6.406	24232.23
TOTAL		28.33	95,608.29

H =	3,375.11	m
------------	-----------------	----------



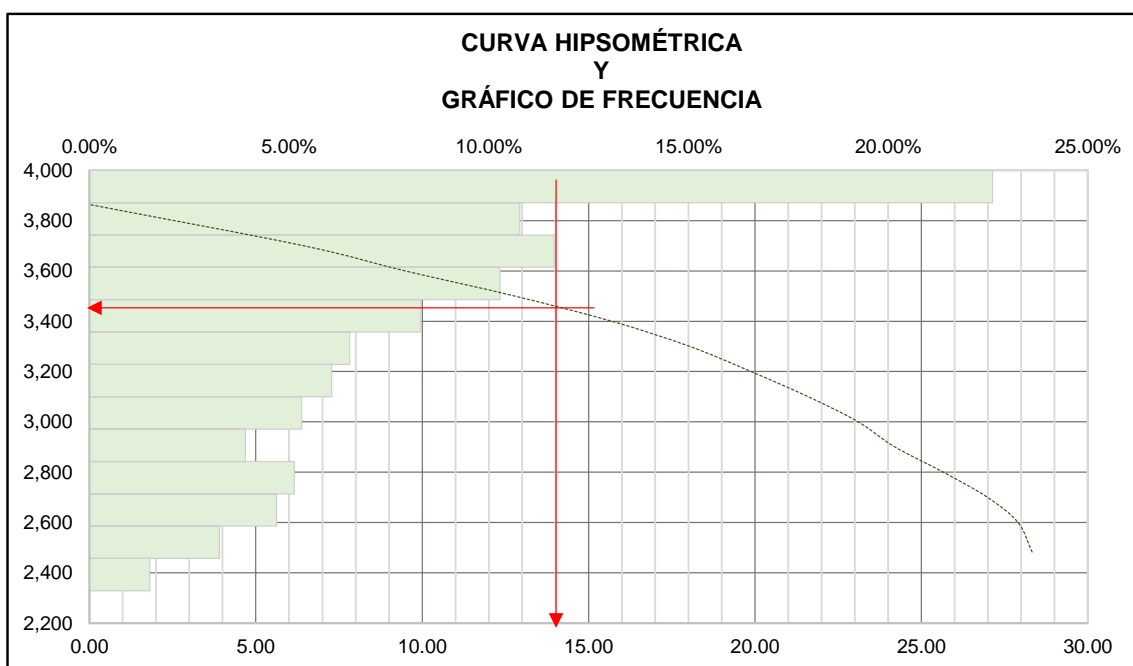
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
MICROCUEENCA DE LA QUEBRADA COLPAMAYO

MICROCUEENCA: COLPAMAYO
UBICACIÓN: Distrito: Chota
Provincia: Chota
Región: Cajamarca
PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 761484.00 m E
Norte: 9273855.00 m S



2.4.2.) Estimación de la altitud media (H) por el método gráfico

Método gráfico para el cálculo de la altitud media (H)						
	ALTITUD msnm	AREA PARCIAL	AREA ACUMULADA	AREA QUE QUEDA SOBRE LA CURVA	% DE AREA PARCIAL	% QUE QUEDA SOBRE LA ALTITUD
PMB	2,483	0.000	0	28.33	0.00%	100.00%
A1	2,601	0.427	0.427	27.90	1.51%	98.49%
A2	2,701	0.922	1.349	26.98	3.26%	95.24%
A3	2,801	1.328	2.678	25.65	4.69%	90.55%
A4	2,901	1.454	4.132	24.20	5.13%	85.41%
A5	3,001	1.106	5.238	23.09	3.90%	81.51%
A6	3,101	1.506	6.743	21.58	5.32%	76.20%
A7	3,201	1.718	8.461	19.87	6.06%	70.13%
A8	3,301	1.845	10.306	18.02	6.51%	63.62%
A9	3,401	2.352	12.658	15.67	8.30%	55.32%
A10	3,501	2.913	15.571	12.76	10.28%	45.03%
A11	3,601	3.296	18.868	9.46	11.64%	33.39%
A12	3,701	3.053	21.921	6.41	10.78%	22.62%
A13	3,864	6.406	28.328	0.00	22.62%	0.00%
$\Sigma T=$		28.33			100.00%	



2.5. Pendiente de la cuenca (Sc)

(Sc): **0.209** m/m



PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
MICROCUCNA DE LA QUEBRADA COLPAMAYO

MICROCUCNA: COLPAMAYO
UBICACIÓN: Distrito: Chota
Provincia: Chota
Región: Cajamarca
PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 761484.00 m E
Norte: 9273855.00 m S



2.9. Longitud del máximo recorrido (L)

L (km)	14.147 Km	L (m)	14147
---------------	-----------	--------------	-------

2.10. Pendiente del cauce principal o del máximo recorrido (So)

(So): 0.097 m/m

2.11. Tiempo de concentración (Tc)

Fórmula del método racional modificado (MTC, 2018)

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

Donde: L= Longitud del cauce mayor (km) 14.15 Km
So= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m) 0.097 m/m

Tc=	3.50	horas
Tc=	210.0	minutos

Fórmula de KIRPICH

$$Tc = 0.06628 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde: L = Longitud del curso mayor (km) 14.15 km
S = Pendiente media de la cuenca 0.209 m/m
tc= Tiempo de concentracion en horas

Tc=	0.93	horas
Tc=	55.88	minutos

Fórmula de TEMEZ

$$Tc = 0.3 * (L/n^{1/4})^{0.75}$$

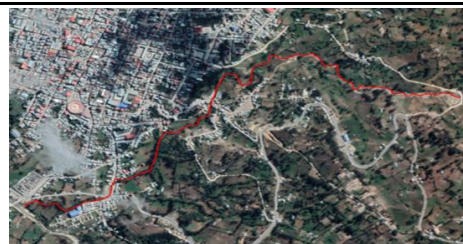
Donde: L = Longitud del cauce principal en Km = 14.147 Km
n = Pendiente media del curso principal = 0.097 m/m

Tc=	3.50	horas
Tc=	210.03	minutos



PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS
MICROCUEENCA DE LA QUEBRADA COLPAMAYO

MICROCUEENCA: COLPAMAYO
UBICACIÓN: Distrito: Chota
Provincia: Chota
Región: Cajamarca
PUNTO DE DELIMITACIÓN: Este: 761484.00 m E
Norte: 9273855.00 m S



2.12. Coeficiente orográfico (Co)

$$C_o = \frac{H^2}{A}$$

H= Altitud media del relieve

3.38 km

A= área de la cuenca

28.3275 km²

Co= 0.4021

Parámetros geomorfológicos de la microcuenca de la quebrada Colpamayo

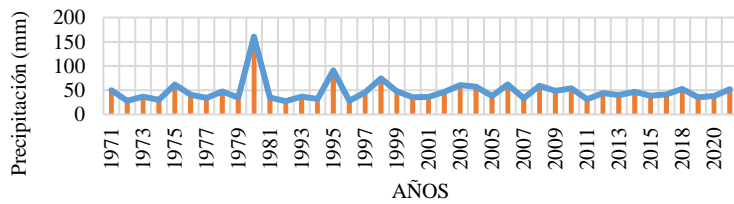
Pendiente de la cuenca (%)	20.90%
Longitud del máximo recorrido (km)	14.15 Km
Pendiente del cauce principal (%)	9.70%
Tiempo de concentración (minutos)	210.03

Anexo E. Estudio hidrológico

ANÁLISIS VISUAL (DATA PLUVIOMÉTRICA)

Precipitación Maxima 24 Horas (1971 - 2021)	
AÑO	PpMax24H
1971	50.2
1972	28
1973	36.6
1974	30.2
1975	62
1976	41.0
1977	34.0
1978	47.2
1979	34.8
1980	160.5
1981	35.0
1982	27.5
1993	36.6
1994	32.5
1995	90.8
1996	28.3
1997	45.2
1998	74.3
1999	48.2
2000	35.6
2001	35.9
2002	47.0
2003	60.7
2004	57.0
2005	38.3
2006	61.8
2007	33.7
2008	59.1
2009	49.0
2010	54.2
2011	31.4
2012	44.1
2013	40.2
2014	46.8
2015	39.0
2017	41.4
2018	52.7
2019	35.8
2020	38.2
2021	52.0

Precipitación Maxima 24 Horas (1971 - 2021)

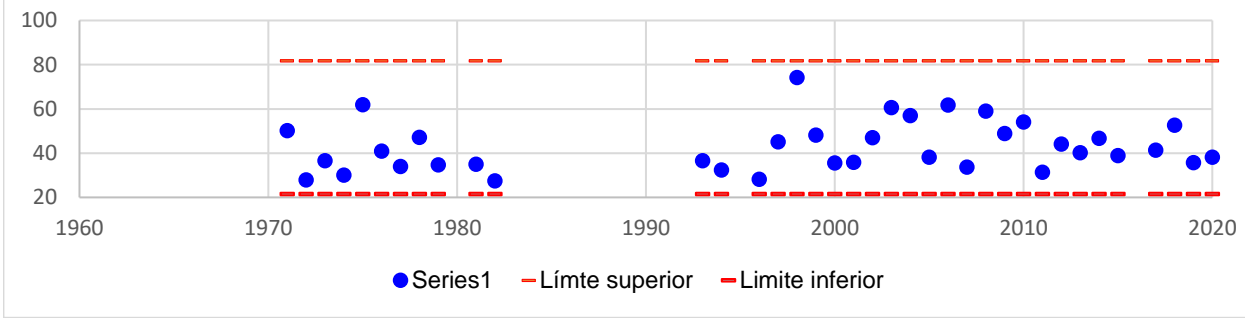


AÑO
1980 **max** **160.5**

ANÁLISIS ATÍPICOS

Año	Precipitación Histórica máx 24h	Log				
1971	50.2	1.70	81.7	21.6	1.9	1.3
1972	28	1.45	81.7	21.6	1.9	1.3
1973	36.6	1.56	81.7	21.6	1.9	1.3
1974	30.2	1.48	81.7	21.6	1.9	1.3
1975	62	1.79	81.7	21.6	1.9	1.3
1976	41	1.61	81.7	21.6	1.9	1.3
1977	34	1.53	81.7	21.6	1.9	1.3
1978	47.2	1.67	81.7	21.6	1.9	1.3
1979	34.8	1.54	81.7	21.6	1.9	1.3
1981	35	1.54	81.7	21.6	1.9	1.3
1982	27.5	1.44	81.7	21.6	1.9	1.3
1993	36.6	1.56	81.7	21.6	1.9	1.3
1994	32.5	1.51	81.7	21.6	1.9	1.3
1996	28.3	1.45	81.7	21.6	1.9	1.3
1997	45.2	1.66	81.7	21.6	1.9	1.3
1998	74.3	1.87	81.7	21.6	1.9	1.3
1999	48.2	1.68	81.7	21.6	1.9	1.3
2000	35.6	1.55	81.7	21.6	1.9	1.3
2001	35.9	1.56	81.7	21.6	1.9	1.3
2002	47	1.67	81.7	21.6	1.9	1.3
2003	60.7	1.78	81.7	21.6	1.9	1.3
2004	57	1.76	81.7	21.6	1.9	1.3
2005	38.3	1.58	81.7	21.6	1.9	1.3
2006	61.8	1.79	81.7	21.6	1.9	1.3
2007	33.7	1.53	81.7	21.6	1.9	1.3
2008	59.1	1.77	81.7	21.6	1.9	1.3
2009	49	1.69	81.7	21.6	1.9	1.3
2010	54.2	1.73	81.7	21.6	1.9	1.3
2011	31.4	1.50	81.7	21.6	1.9	1.3
2012	44.1	1.64	81.7	21.6	1.9	1.3
2013	40.2	1.60	81.7	21.6	1.9	1.3
2014	46.8	1.67	81.7	21.6	1.9	1.3
2015	39	1.59	81.7	21.6	1.9	1.3
2017	41.4	1.62	81.7	21.6	1.9	1.3
2018	52.7	1.72	81.7	21.6	1.9	1.3
2019	35.8	1.55	81.7	21.6	1.9	1.3
2020	38.2	1.58	81.7	21.6	1.9	1.3
2021	52	1.72	81.7	21.6	1.9	1.3
Número de registros		38				
Precipitación media		43.30				
Precipitación máx		74.30				
Precipitación mínima		27.50				
Desviación estándar de la muestra		11.19				
Media de logaritmos de registros		1.62				
Desviación estándar de logaritmos de registros		0.11				
Coficiente al nivel de significación de 5% (Kn)		2.66				
Logaritmo del límite superior		1.91				
Logaritmo de límite inferior		1.33				
Límite superior		81.70		Ok		
Límite inferior		21.573		Ok		

REMOCIÓN DE OUTLIERS



$$K_n = -3.62201 + 6.28446n^{1/4} - 2.49835n^{1/2} + 0.491436n^{3/4} - 0.037911n$$

$$y_H = \bar{y} + K_n * \sigma$$

$$y_L = \bar{y} - K_n * \sigma$$

CORRECCIÓN DE PRECIPITACIÓN
Precipitación máxima de 24 horas (mm)

Factor corrección :

1.13

Año	P Máx	P Máx corregida
1971	50.2	56.7
1972	28	31.6
1973	36.6	41.4
1974	30.2	34.1
1975	62	70.1
1976	41	46.3
1977	34	38.4
1978	47.2	53.3
1979	34.8	39.3
1981	35	39.6
1982	27.5	31.1
1993	36.6	41.4
1994	32.5	36.7
1996	28.3	32.0
1997	45.2	51.1
1998	74.3	84.0
1999	48.2	54.5
2000	35.6	40.2
2001	35.9	40.6
2002	47	53.1
2003	60.7	68.6
2004	57	64.4
2005	38.3	43.3
2006	61.8	69.8
2007	33.7	38.1
2008	59.1	66.8
2009	49	55.4
2010	54.2	61.2
2011	31.4	35.5
2012	44.1	49.8
2013	40.2	45.4
2014	46.8	52.9
2015	39	44.1
2017	41.4	46.8
2018	52.7	59.6
2019	35.8	40.5
2020	38.2	43.2
2021	52	58.8

TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIÓN

Precipitación máxima de 24 horas (mm)

Factor corrección :

1.37

Año	P Máx	P Máx corregida
1971	56.726	77.576
1972	31.640	43.269
1973	41.358	56.559
1974	34.126	46.669
1975	70.060	95.810
1976	46.330	63.359
1977	38.420	52.541
1978	53.336	72.940
1979	39.324	53.777
1981	39.550	54.087
1982	31.075	42.497
1993	41.358	56.559
1994	36.725	50.223
1996	31.979	43.733
1997	51.076	69.849
1998	83.959	114.818
1999	54.466	74.485
2000	40.228	55.014
2001	40.567	55.477
2002	53.110	72.631
2003	68.591	93.802
2004	64.410	88.084
2005	43.279	59.186
2006	69.834	95.501
2007	38.081	52.078
2008	66.783	91.329
2009	55.370	75.721
2010	61.246	83.757
2011	35.482	48.523
2012	49.833	68.149
2013	45.426	62.122
2014	52.884	72.321
2015	44.070	60.268
2017	46.782	63.977
2018	59.551	81.439
2019	40.454	55.323
2020	43.166	59.032
2021	58.760	80.357

Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov a un nivel de significancia de 5%

Estación: Chota

Distribución teórica de probabilidades	Metodo de momentos lineales		
	Δ teorico	Δ tabular	Se ajustan los datos?
	Normal	0.1111	0.2206
Log-Normal de 2 parámetros	0.0884	0.2206	SÍ
Log-Normal de 3 parámetros	0.0812	0.2206	SÍ
Gamma (2 parámetros)	0.1244	0.2206	SÍ
Gamma generalizado (3 parámetros)	0.06646	0.2206	SÍ
Log-Pearson tipo III	0.07134	0.2206	SÍ
Gumbel	0.0747	0.2206	SÍ
Log-Gumbel	0.1010	0.2206	SÍ

0.06646

Gamma generalizado(3 parámetros)

Tabla

Distribución estadística, metodo de estimación y Δ teórico de mejor ajuste para los datos de las

Código	Distribución teórica de mejor ajuste	Estimación de parámetros	Δ teórico
107028	Gamma generalizado (3 parámetros)	Metodo de momentos lineales	0.06646

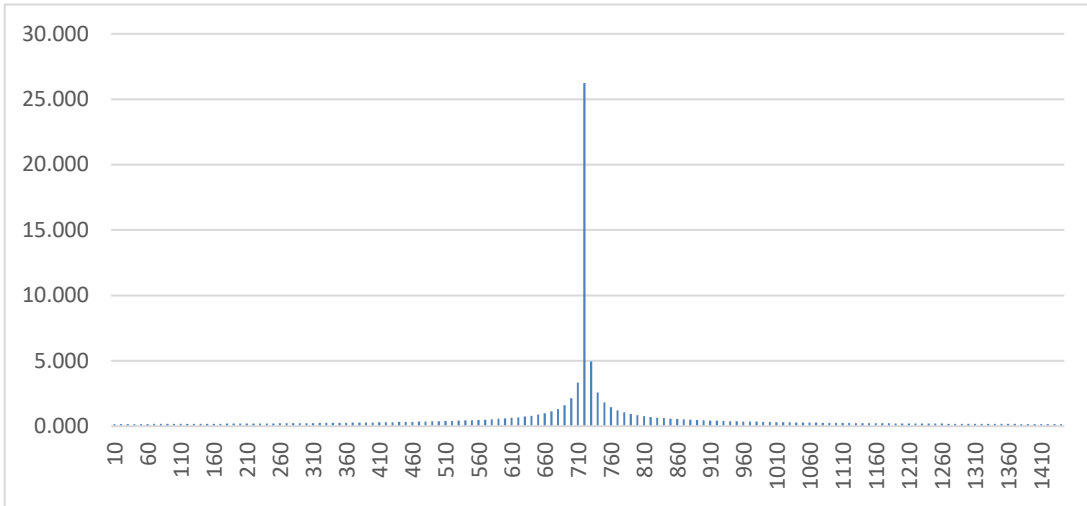
Análisis de frecuencia a un nivel de confianza de 5%

Estación: Chota		
Periodo de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm)
2.33	0.429	67.03
3.3	0.303	73.48
10	0.100	90.88
25	0.040	103.53
50	0.020	112.54
100	0.010	121.20
140	0.007	125.30
175	0.006	127.99
200	0.005	129.58
500	0.002	140.27
1000	0.001	148.04

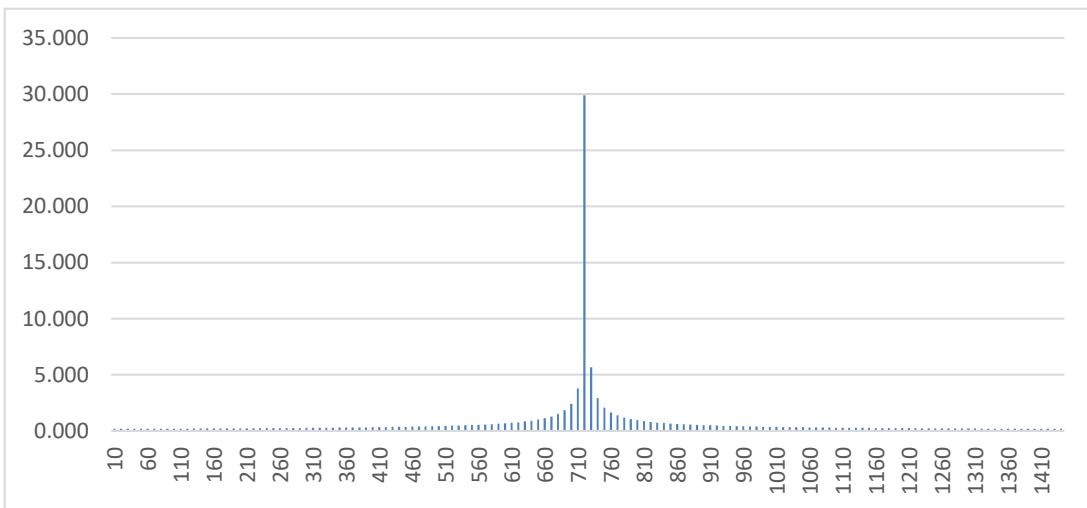
Estación: Chota		
Periodo de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm)
10	0.100	90.88
50	0.020	112.54
100	0.010	121.20
500	0.002	140.27

HIETOGRAMAS

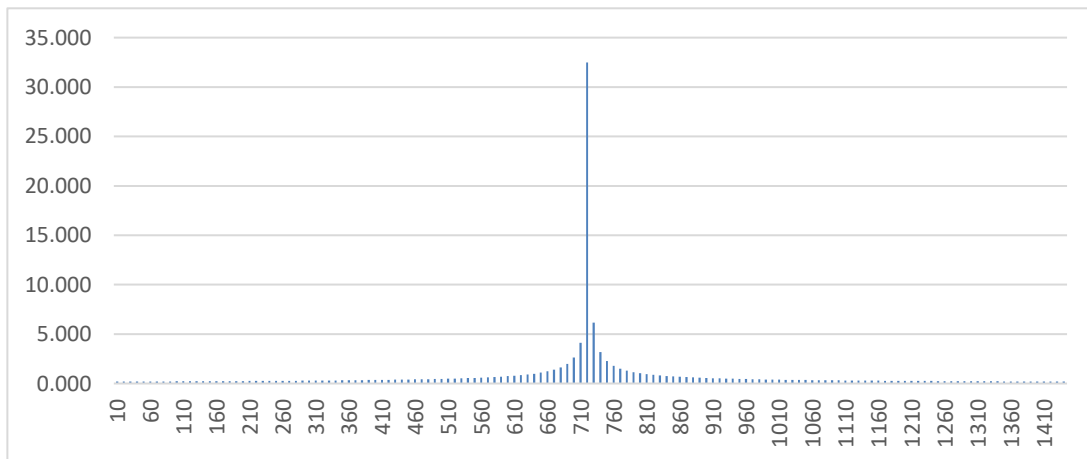
TR 10 años



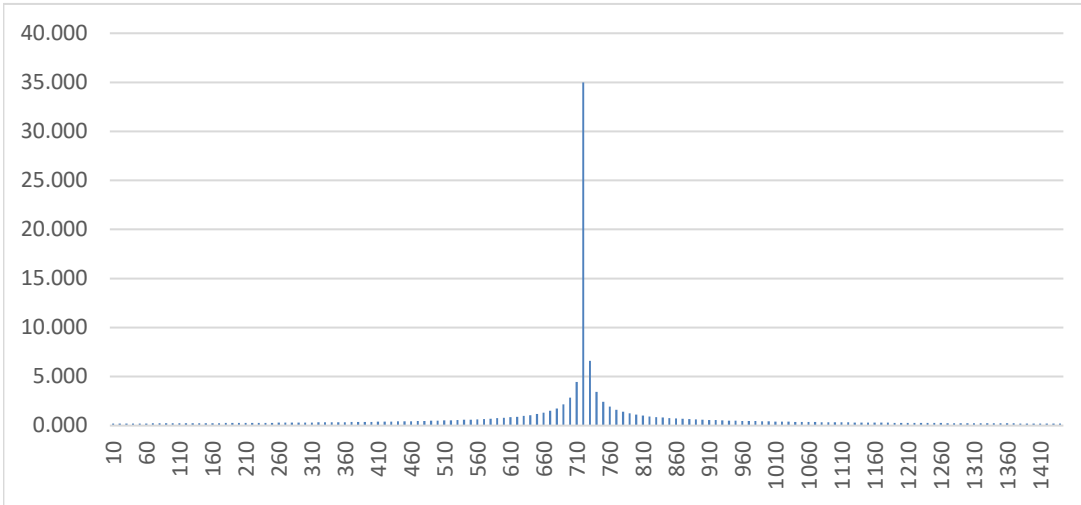
TR 25 años



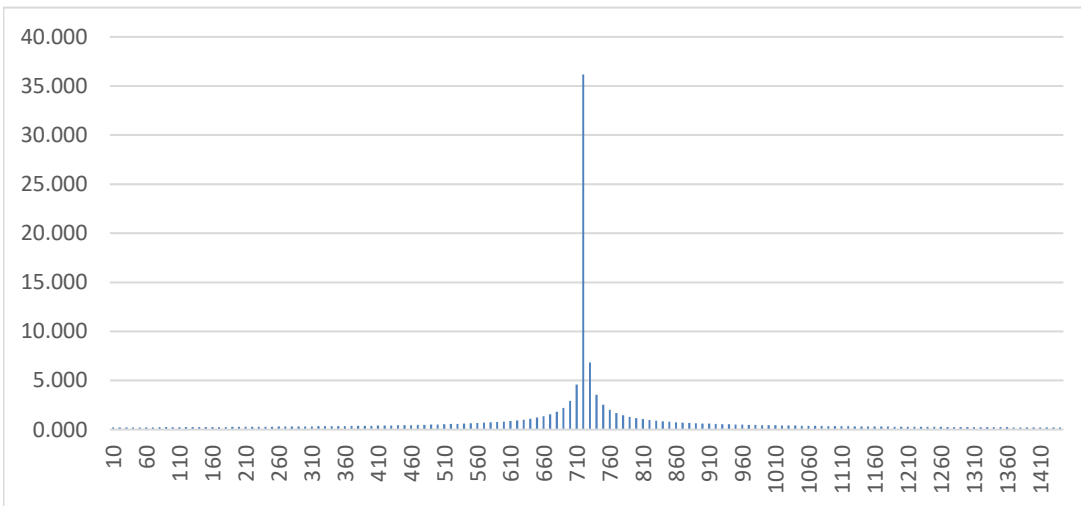
TR 50 años



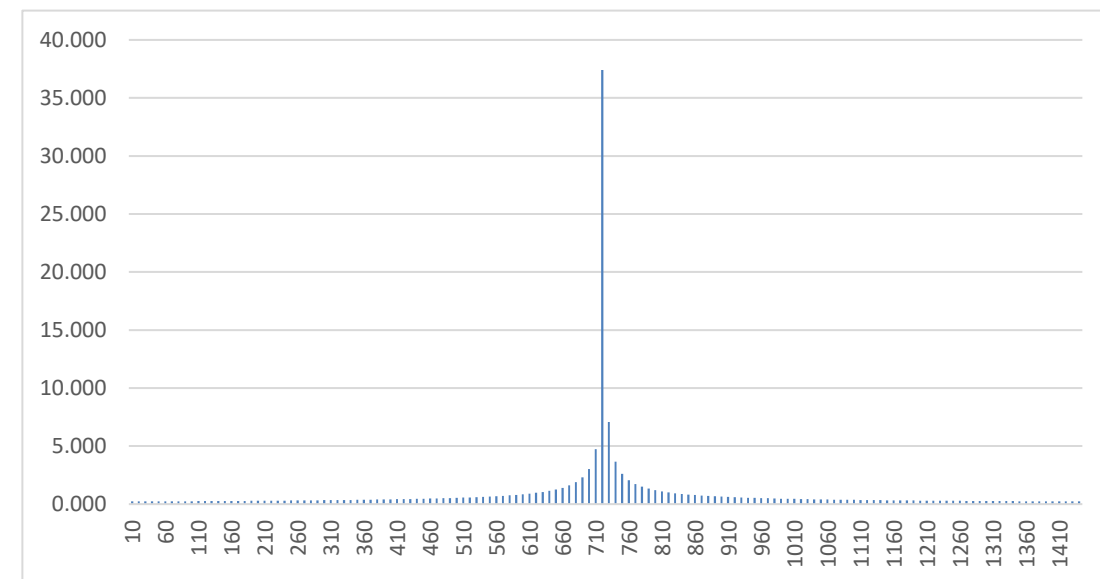
TR 100 años



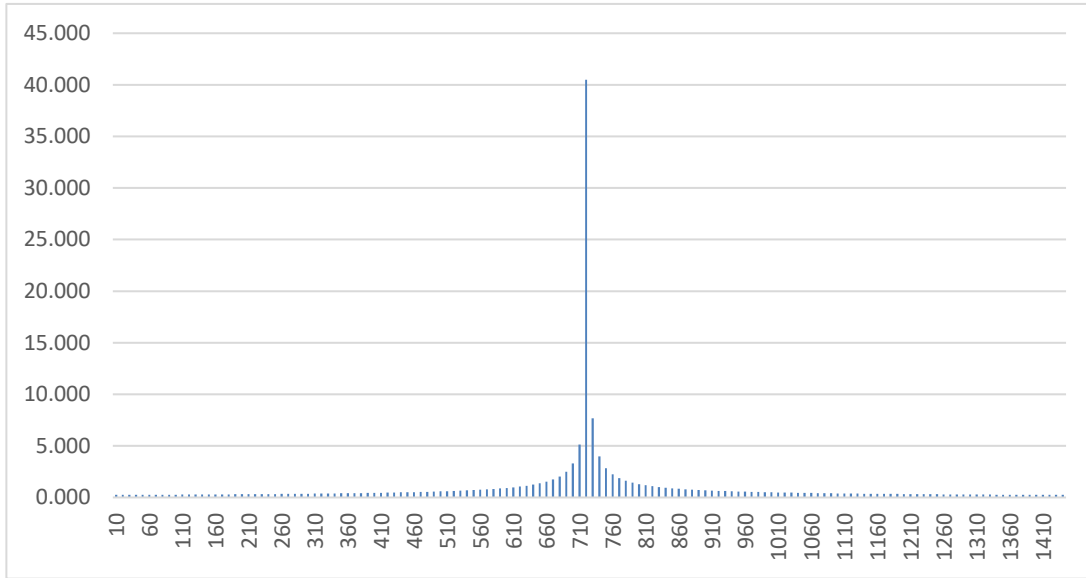
TR 140 años



TR 200 años



TR 500 años



*Anexo F. Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua,
2016)*

CUT: 79933



RESOLUCIÓN JEFATURAL N°332-2016-ANA

Lima, 28 DIC. 2016

CONSIDERANDO:

Que, los numerales 3) y 12) del artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece como función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos, desarrollando entre otras, acciones de administración, fiscalización, control y vigilancia, para asegurar la preservación y conservación de las fuentes naturales de agua, de los bienes naturales asociados y de la infraestructura hidráulica;

Que, conforme al artículo 74° de la citada Ley, en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios;

Que, a su vez, el artículo 113° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG señala que las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento para la Delimitación de Fajas Marginales, respetando los usos y costumbres establecidos;

Que, mediante Resolución Jefatural N° 300-2011-ANA, se aprobó el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales;

Que, en aplicación del artículo 33° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG y su modificatoria, la Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos mediante Informe Técnico N° 006-2010-ANA-DCPRH-ERH/GPT, de fecha 06 de junio de 2016, presentó una propuesta de Reglamento que servirá de base de base para la delimitación y mantenimiento de las fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua naturales y artificiales;

Que, mediante Resolución Jefatural N° 153-2016-ANA, de fecha 15 de junio de 2016, se dispuso la pre publicación en el portal web institucional de la propuesta normativa a que se refiere el párrafo precedente, encargando a la Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos la recepción y análisis de los aportes y comentarios que se presenten respecto del citado Proyecto de Reglamento;



Que, una vez evaluados y merituados los aportes y comentarios recibidos, la precitada Dirección de Línea mediante Informe Técnico N° 011-2016-ANA-DCPRH-ERH/GPT, de fecha 21 de setiembre de 2016, propone el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales que consolida e integra los referidos aportes;

Que, en tal sentido, resulta necesario aprobar el nuevo Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales que establece las metodologías y criterios aplicables para la delimitación de las fajas marginales de los cauces naturales o artificiales;

Con los vistos de la Oficina de Asesoría Jurídica, la Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos y la Secretaría General; y en uso de las facultades conferidas en el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG, y su modificatoria;



SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobación del Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales

Apruébese el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales, que consta de cuatro (04) títulos, dieciocho (18) artículos, tres (03) disposiciones complementarias finales, y dos (02) Anexos.

Artículo 2°.- Publicación

Dispóngase la publicación de la presente Resolución Jefatural en el Diario Oficial El Peruano y del texto del documento "Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales" en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua (www.ana.gob.pe).

Artículo 3°.- Derogatoria

Deróguese la Resolución Jefatural N° 300-2011-ANA



Regístrese, comuníquese y publíquese,



ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA

Jefe
Autoridad Nacional del Agua



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

Autoridad Nacional
del Agua

Jefatura

REGLAMENTO PARA LA DELIMITACION Y MANTENIMIENTO DE FAJAS MARGINALES



Lima, Diciembre de 2016



REGLAMENTO PARA LA DELIMITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE FAJAS MARGINALES

TITULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1º.- Objeto

El presente reglamento tiene por objeto establecer las metodologías y criterios aplicables para la delimitación de las fajas marginales de los cauces de agua naturales o artificiales, todo ello con arreglo a las disposiciones establecidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG.

Artículo 2º.- Ámbito de aplicación

El presente reglamento es de aplicación nacional y de cumplimiento por todas las personas naturales o jurídicas, como los gobiernos regionales y locales, organizaciones de usuarios de agua, propietarios o poseionarios de predios adyacentes a la faja marginal, que tengan interés en el proceso de delimitación de fajas marginales de los cauces naturales o artificiales.

Artículo 3.- Naturaleza de las fajas marginales

Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico por lo que tienen la condición de inalienables e imprescriptibles. La Autoridad Administrativa del Agua (AAA) autoriza la ejecución de cualquier actividad o instalación que se pretenda ejecutar en las fajas marginales, dentro del marco permitido por la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento.

Artículo 4.- Aprobación del ancho mínimo de la faja marginal

El ancho mínimo de la faja marginal es aprobado mediante resolución de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA), conforme a las disposiciones establecidas en el presente Reglamento. La aprobación se realiza de oficio o a solicitud de parte.

Artículo 5.- Inventario de áreas ocupadas

La AAA elabora o lleva un inventario de las áreas ocupadas en las fajas marginales.

TITULO II METODOLOGÍAS PARA DETERMINAR EL ANCHO MÍNIMO DE LAS FAJAS MARGINALES

Artículo 6.- Metodología para la delimitación de la faja marginal

La metodología para delimitar la faja marginal de cauces naturales o artificiales comprende las siguientes etapas:

- a) **Determinación del límite superior de la ribera.** Se establece a través de Modelamiento Hidráulico o Huella Máxima.
- b) **Determinación del ancho de la faja marginal.** Se establece conforme a los criterios establecidos en el artículo 12 del presente reglamento.



Artículo 7.- Delimitación de faja marginal en obras hidráulicas públicas

La delimitación de la faja marginal de las obras hidráulicas públicas será determinada, de acuerdo a lo siguiente:

- a) Aplicación de los manuales de Operación y Mantenimiento e Inventarios de infraestructura hidráulica; o,
- b) Alternativamente se podrá considerar los planes de expansión de infraestructura hidráulica y el espacio colindante necesario para la operación y mantenimiento.

TITULO III

DETERMINACIÓN DEL LIMITE SUPERIOR DE LA RIBERA Y ANCHO MÍNIMO DE LAS FAJAS MARGINALES

CAPITULO I

DETERMINACIÓN DEL LIMITE SUPERIOR DE LA RIBERA DE CAUCES NATURALES Y RESERVORIOS O EMBALSES ARTIFICIALES

Artículo 8.- Límite superior de la ribera de cauces naturales

El límite superior de la ribera se determina utilizando alguna de las siguientes metodologías:

- a) Modelamiento Hidráulico; o
- b) Huella Máxima

Artículo 9.- Modelamiento hidráulico:

- 9.1. El modelamiento hidráulico utiliza información topográfica y caudales máximos instantáneos. Con esta información se efectúa el tránsito de avenidas con la finalidad de establecer el límite superior de la ribera.
- 9.2. La determinación de los caudales máximos se establece de acuerdo con los siguientes criterios:
 - a) En cauces naturales de agua colindantes a terrenos agrícolas: periodo de retorno de 50 (cincuenta) años.
 - b) En cauces naturales de agua colindantes a asentamientos poblacionales: periodo de retorno de 100 (cien) años.
- 9.3. La determinación de los caudales máximos se realiza con información estadística de por lo menos 20 años. A falta de información, esta podrá ser generada mediante modelos hidrológicos. No se consideran valores de caudales máximos por efecto de eventos extraordinarios.

Artículo 10.- Huella Máxima

La huella máxima se emplea únicamente en los casos en los que se pueda identificar el nivel del agua alcanzado en su máxima avenida ordinaria. Para tal efecto debe seguirse el siguiente procedimiento:

- a) Utilizar información de Google Earth de alta resolución, que permita la configuración del cauce, ribera e información base.
- b) Segmentar el cauce natural en tramos por secciones correlativas; y, definir para cada una de ellas el eje longitudinal.
- c) Identificar la huella máxima en cada sección y en ambas márgenes; es decir, la marca dejada por el agua durante el periodo de máxima creciente ordinaria.
- d) En los lagos y lagunas el límite superior de la ribera estará dado por el nivel que alcanza la máxima creciente. Si estos cuerpos de agua se encuentran asociados a humedales, la faja marginal se inicia en el límite exterior del humedal.

Artículo 11.- Límite inferior de la faja marginal en reservorios o embalses artificiales

En los reservorios o embalses el lindero inferior de la faja marginal está establecido por la línea determinada por la cota del máximo tirante de agua en el vertedero de demasías de la presa.

**CAPITULO II
CRITERIOS PARA DETERMINAR EL ANCHO MÍNIMO DE LAS FAJAS MARGINALES**

Artículo 12.- Criterios generales para determinar el ancho mínimo de la faja marginal

Una vez determinado el límite superior de la ribera, se establecerá el ancho mínimo de la faja marginal, de acuerdo a lo señalado en el Cuadro N°01

Cuadro N°01

Ancho mínimo de faja marginal en cuerpos de agua

Tipo de fuente	Ancho mínimo (m) (1)
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso	3
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) material conglomerado	4
Tramos de ríos con pendiente media (1 - 2%)	5
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas	6
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas	10
Tramos de ríos con estructuras de defensa ribereña (gaviones, diques, enrocados, muros, etc.), medidos a partir del pie de talud externo.	4
Tramos de ríos de selva con baja pendiente (menores a 1%)	25
Lagos y Lagunas	10
Reservorios o embalses (Cota de vertedero de demasías)	10
⁽¹⁾ Medidos a partir del límite superior de la ribera	



Artículo 13.- Criterios para determinar un ancho mayor de las fajas marginales de los cauces naturales

La AAA a través de un informe técnico justificado puede sustentar y aprobar un ancho mayor de las fajas marginales cuando:

- a) El ancho mínimo resulta insuficiente o no permite el uso público al cual está destinada la faja marginal.
- b) Cuando se requiere un mayor ancho para la protección de asentamientos poblacionales frente a eventos hidrológicos extremos. Para estos casos, la delimitación de faja marginal se sustenta en un estudio específico.

Artículo 14.- Modificación o actualización de fajas marginales

Las modificaciones o actualizaciones del ancho de las fajas marginales se realizan de acuerdo con las metodologías establecidas en la presente resolución.

TITULO IV SEÑALIZACIÓN DE FAJAS MARGINALES, USOS Y PROCEDIMIENTOS DE APROBACIÓN

Artículo 15º.- Señalización de Fajas Marginales

- 15.1. La AAA promueve la participación de los gobiernos regionales y locales, operadores de infraestructura hidráulica y otros actores de la cuenca en la señalización de los límites de las fajas marginales a través de hitos colocados en el lindero exterior de la faja marginal.
- 15.2. El hito tiene preferentemente forma de tronco de pirámide y puede ser de material noble (concreto armado) u otro material que no se degrade (roca), cuya colocación debe garantizar su visibilidad y permanencia.
- 15.3. Los hitos se numeran o codifican de manera correlativa por cada margen de abajo hacia arriba. El posicionamiento de cada hito sobre el terreno es georreferenciado en coordenadas del Sistema Universal Transversal Mercator UTM - WGS 84.

Artículo 16º.- Autorización Temporal del Uso de la Faja Marginal

- 16.1. La AAA puede autorizar el uso temporal de fajas marginales y riberas de los ríos amazónicos para la siembra de cultivos de corto periodo vegetativo. Las autorizaciones se otorgan respetando los usos y costumbres reconocidos por la Ley de Recursos Hídricos, preferentemente a quienes realizan con anterioridad dicha actividad, cumpliendo las disposiciones emitidas por la Autoridad Nacional del Agua.
- 16.2. En aquellos ríos de la selva donde se autorice el uso temporal de las riberas y fajas marginales para actividades agrícolas, se lleva un registro de usuarios de usos temporales.



Artículo 17.- Autorización para ejecución de obras en fajas marginales

- 17.1. La AAA puede autorizar la ocupación futura de la faja marginal para la ejecución de obras de infraestructura hidráulica o de servicios públicos. Esta autorización se otorga por un período de dos (02) años y no faculta la ejecución de obras o actividades en la faja marginal.
- 17.2. La solicitud de autorización de ejecución de obras de infraestructura hidráulica o de servicios que se realicen en las fajas marginales debe estar acompañada de la autorización señalada en el numeral precedente, salvo que se tramiten en un solo procedimiento de forma acumulativa.

Artículo 18.- Procedimiento para la delimitación de faja marginal

- 18.1. La Administración Local del Agua (ALA) realiza la instrucción del procedimiento que comprende al menos las siguientes actuaciones: Inspección ocular, solicitud de opinión al operador de infraestructura hidráulica de ser el caso y evaluación técnica conforme a las normas establecidas en el presente reglamento.
- 18.2. La AAA expide la resolución de delimitación de faja marginal y comunica a las autoridades competentes en materia de saneamiento físico legal, tales como Municipalidades, Superintendencia Nacional de Registros Públicos, Organismo de Formalización de la Propiedad Informal, y la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

PRIMERA.- Fajas marginales aprobadas

Las fajas marginales delimitadas con anterioridad a la entrada en vigencia del presente reglamento mantendrán su validez.

Como parte de los procedimientos de actualización o modificación de delimitación de fajas marginales se debe notificar a los administrados que promovieron la delimitación primigenia.

SEGUNDA.- Sistematización de Información

Las fajas marginales aprobadas y la información generada en el proceso de delimitación son sistematizadas por la Oficina del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos en coordinación con la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos.

TERCERA.- Suplencia de normas legales

Todo aquello que no está regulado por el presente Reglamento deberá adecuarse a lo dispuesto por la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos; y, su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 01-2010-AG y sus modificatorias.



ANEXO I
ESTUDIO DE DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL CON MODELAMIENTO
HIDRÁULICO
(Contenido Referencial)

I. GENERALIDADES

- 1.1. Introducción
- 1.2. Objetivos y Metas
- 1.3. Justificación
- 1.4. Alcances

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

- 2.1. Ubicación: Política, geográfica e hidrográfica
- 2.2. Descripción del tramo de estudio
- 2.3. Población beneficiaria
- 2.4. Inventario de propiedades existentes

III. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS

- 3.1 Selección del método para determinación de máximas avenidas
- 3.2 Determinación de caudales máximos

IV. TOPOGRAFÍA

- 4.1. Puntos de control
- 4.2. Levantamiento topográfico batimétrico
El área del levantamiento abarcará la sección del cauce del río y una longitud adicional de mínimo 100 m en ambas márgenes. Las curvas de nivel deben ser generadas como mínimo cada 0.5 metro
Se presentará un resumen de los levantamientos topográficos desarrollados

V. SIMULACIÓN HIDRÁULICA

- 5.1. Descripción del modelo
- 5.2. Configuración del modelo
 - 5.2.1 Geometría del cauce – modelo digital MDT
 - 5.2.2 Coeficientes de pérdidas de energía (coeficientes de rugosidad, contracción y expansión).
 - 5.2.3 Caudal de máxima avenida.
 - 5.2.4 Condiciones de frontera (aguas arriba y aguas abajo).
- 5.3. Simulación hidráulica (parámetros hidráulicos del río entre ellos tirantes máximos, velocidades máximas, pendientes y niveles).
- 5.4. Generación de mapas de inundación y delimitación del límite superior de la ribera.

VI. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL

- 6.1. Dimensionamiento de la Faja Marginal
 - a) Aplicación de criterios señalados en el artículo 12.
- 6.2. Límites de la Faja Marginal
Presentar los límites del cauce y de la faja marginal en coordenadas UTM WGS84.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 7.1. Conclusiones
- 7.2. Recomendaciones

VIII. ANEXO

Cuadros, Gráficos, Láminas



ANEXO II

ESTUDIO DE DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL CON HUELLA MÁXIMA (Contenido Referencial)

I. GENERALIDADES

- 1.1. Introducción
- 1.2. Objetivos y Metas
- 1.3. Justificación
- 1.4. Alcances

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

- 2.1. Ubicación: Política, geográfica e hidrográfica
- 2.2. Descripción del tramo en estudio
- 2.3. Población beneficiaria
- 2.4. Inventario de propiedades existentes

III. DETERMINACIÓN DE LA HUELLA MÁXIMA

- 3.1. Segmentación del río en tramos y secciones transversales.
- 3.2. Identificación del eje del río para cada tramo.
- 3.3. Identificación de la huella máxima.

IV. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL

- 4.1 Dimensionamiento de la Faja Marginal
 - a) Aplicación de criterios señalados en el artículo 12.
- 4.2 **Límites de la Faja Marginal**
Presentar los límites del cauce y de la faja marginal en coordenadas UTM WGS84.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1. Conclusiones
- 5.2. Recomendaciones

VIII. ANEXO

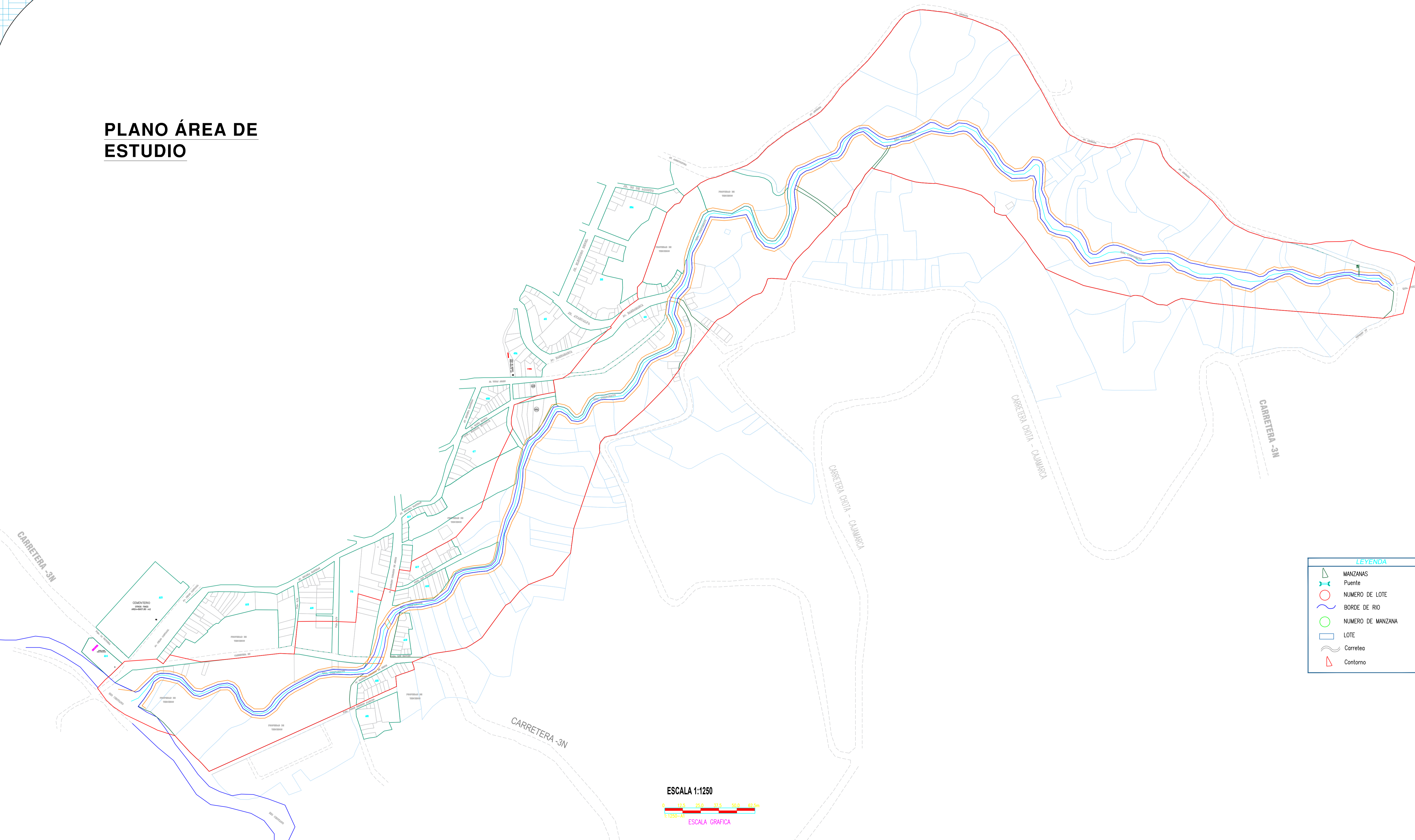
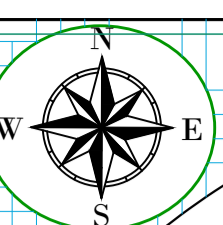
Cuadros, Gráficos, Láminas



Anexo G. Planos

PLANOS GENERALES

PLANO ÁREA DE ESTUDIO



LEYENDA	
	MANZANAS
	Puente
	NUMERO DE LOTE
	BORDE DE RIO
	NUMERO DE MANZANA
	LOTE
	Carretera
	Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

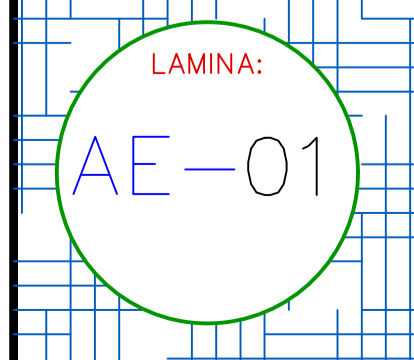
ASESOR:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

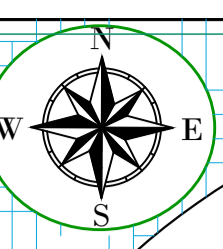
DIBUJO Y DISEÑO:
Cieza Pereyra, Shoany Medalith
Ydrogo Bautista, Nelly

REVISÁ:
APRUEBA:

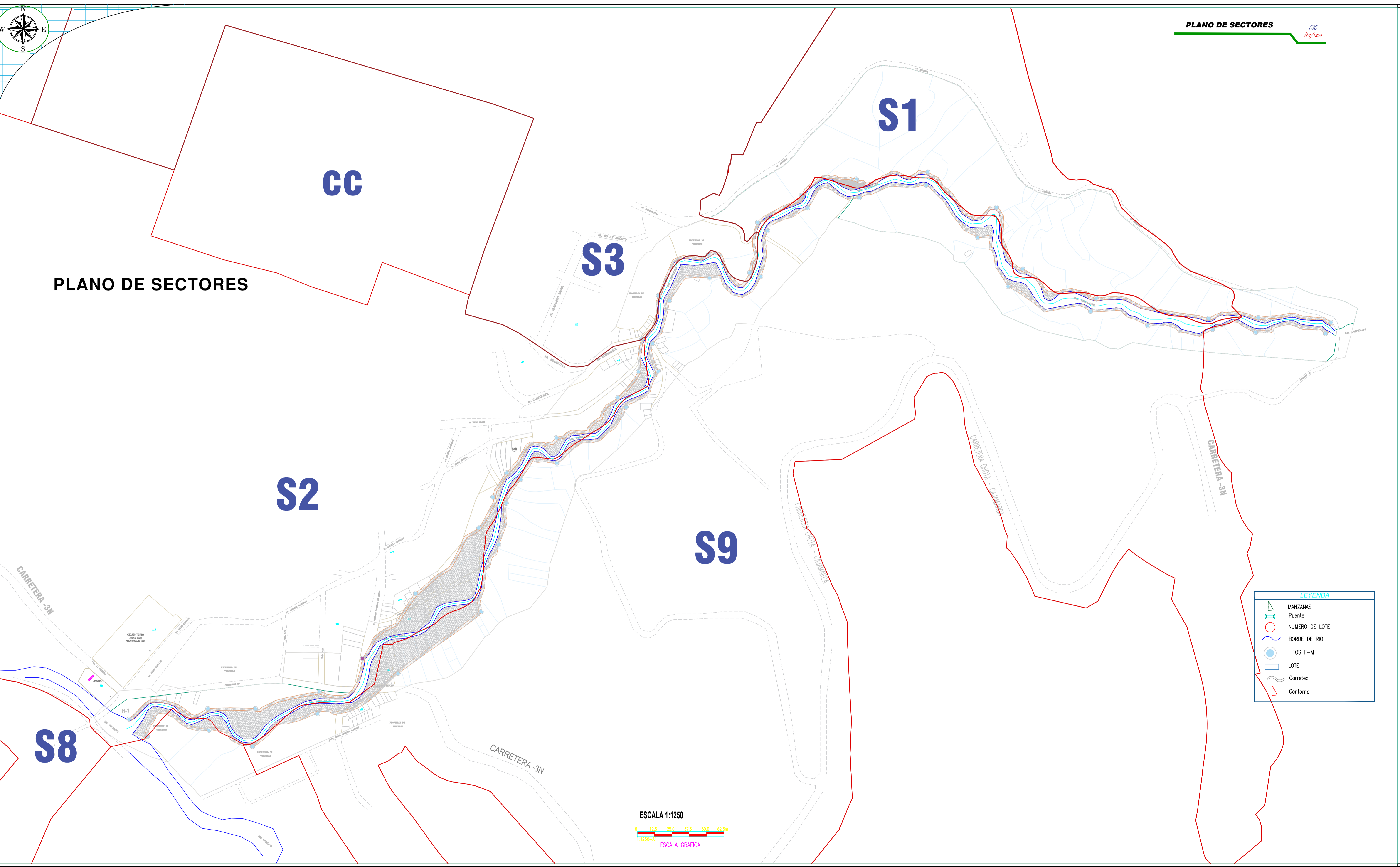
PLANO:
ÁREA DE ESTUDIO

REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	1/1250
PROVINCIA:	CHOTA	FECHA:	CHOTA OCTUBRE DEL 2023
DISTRITO:	CHOTA		





PLANO DE SECTORES



LEYENDA

- MANZANAS
- Puente
- NUMERO DE LOTE
- BORDE DE RIO
- HITOS F-M
- LOTE
- Carretera
- Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO:
Cieza Pereyra, Shoany Medalith
Ydrogo Bautista, Nelly

REVISAR:
APRUEBA:

PLANO:
SECTORES DE CHOTA

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

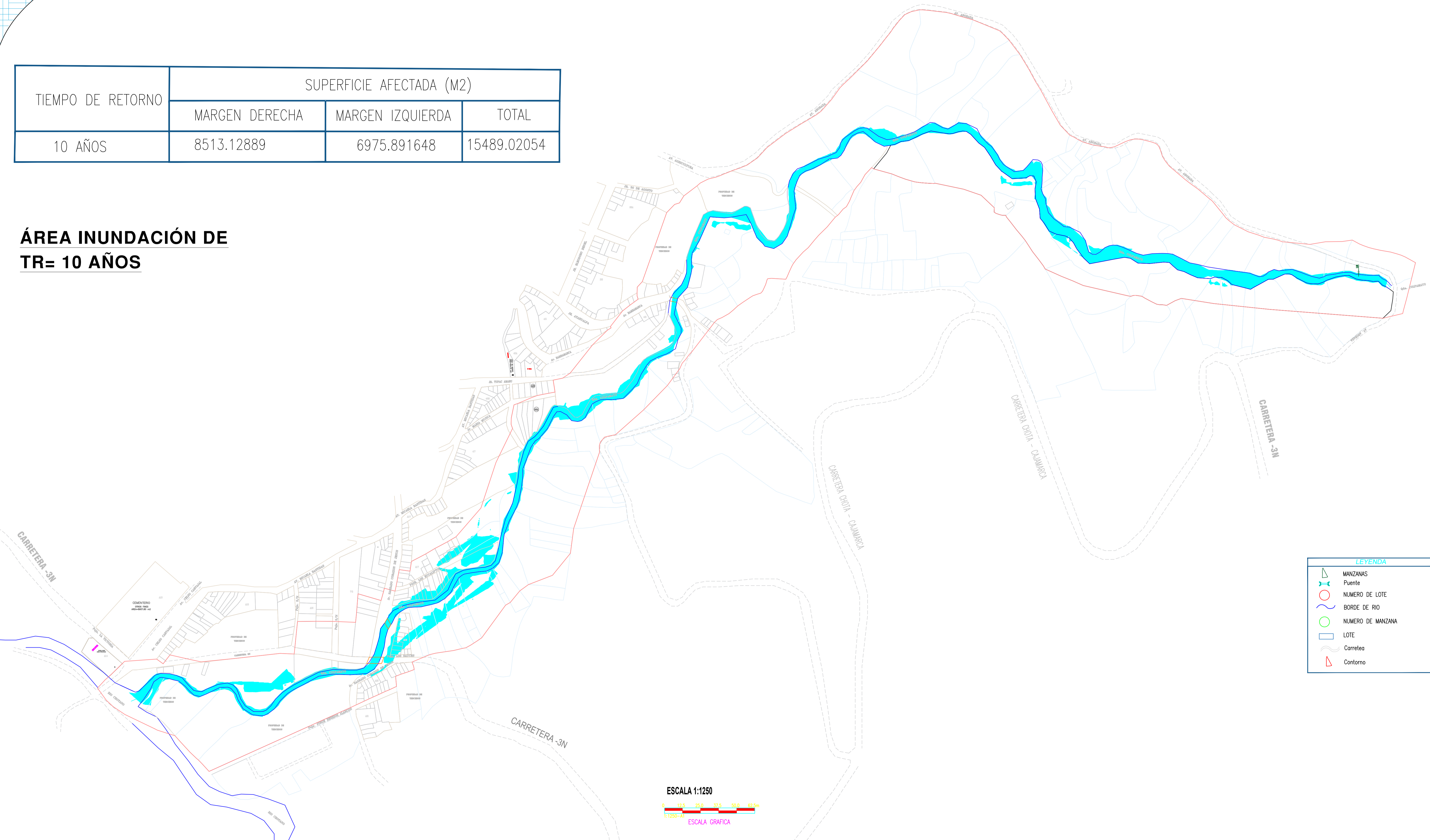
ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023

LAMINA:
S-01

PLANOS DE ÁREAS DE INUNDACIÓN

TIEMPO DE RETORNO	SUPERFICIE AFECTADA (M2)		
	MARGEN DERECHA	MARGEN IZQUIERDA	TOTAL
10 AÑOS	8513.12889	6975.891648	15489.02054

ÁREA INUNDACIÓN DE TR= 10 AÑOS



LEYENDA

- MANZANAS
- Puente
- NUMERO DE LOTE
- BORDE DE RIO
- NUMERO DE MANZANA
- LOTE
- Carretera
- Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO:
Cieza Pereyra, Shoany Medalith
Ydrogo Bautista, Nelly

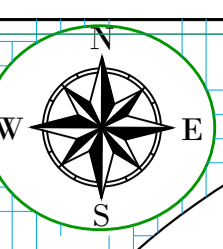
REVISAR:
APRUEBA:

PLANO:
ÁREA INUNDACIÓN TR= 10 AÑOS

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

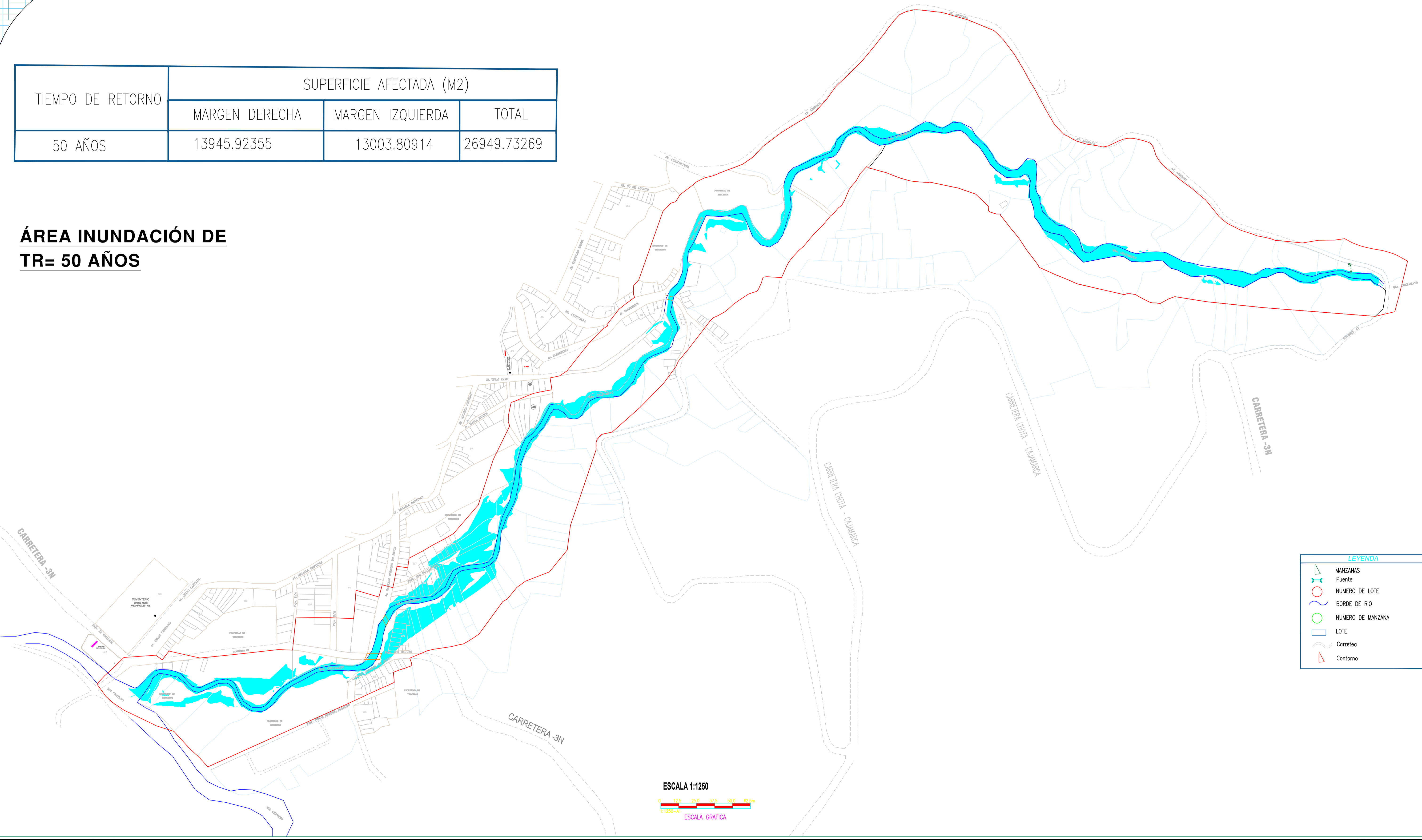
ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023

LAMINA:
AI-01



TIEMPO DE RETORNO	SUPERFICIE AFECTADA (M2)		
	MARGEN DERECHA	MARGEN IZQUIERDA	TOTAL
50 AÑOS	13945.92355	13003.80914	26949.73269

**ÁREA INUNDACIÓN DE
TR= 50 AÑOS**



LEYENDA

	MANZANAS
	Puente
	NUMERO DE LOTE
	BORDE DE RIO
	NUMERO DE MANZANA
	LOTE
	Carretera
	Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO:
Cieza Pereyra, Shoany Medalith
Ydrogo Bautista, Nelly

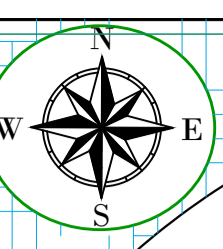
REVISAR:
APRUEBA:

PLANO:
ÁREA INUNDACIÓN TR= 50 AÑOS

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

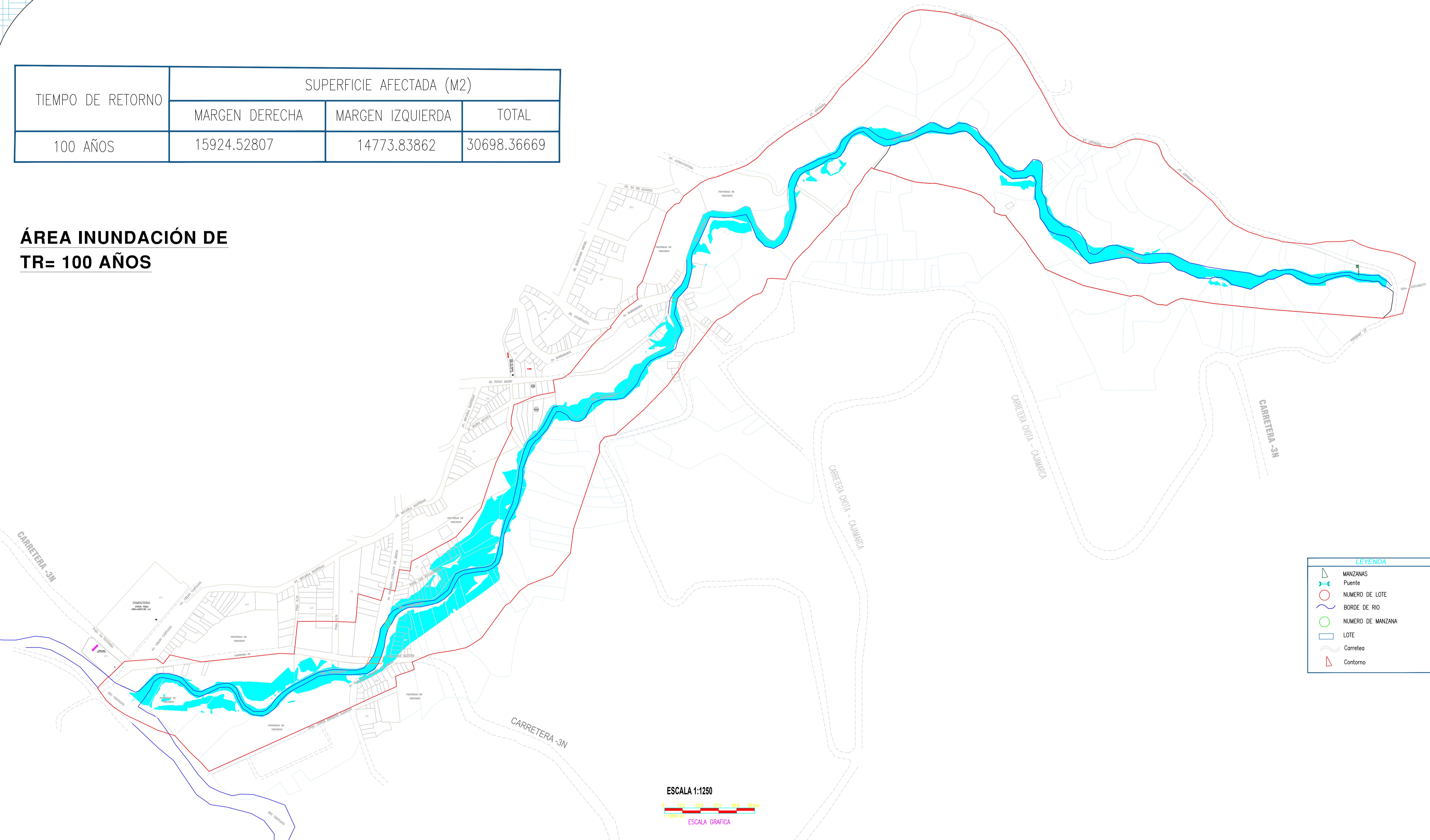
ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023

LAMINA:
AI-02



TIEMPO DE RETORNO	SUPERFICIE AFECTADA (M2)		
	MARGEN DERECHA	MARGEN IZQUIERDA	TOTAL
100 AÑOS	15924.52807	14773.83862	30698.36669

**ÁREA INUNDACIÓN DE
TR= 100 AÑOS**



LEYENDA

	MANZANAS
	Puente
	NUMERO DE LOTE
	BORDE DE RIO
	NUMERO DE MANZANA
	LOTE
	Carretera
	Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO:
Cieza Pereyra, Shoany Medalith
Ydrogo Bautista, Nelly

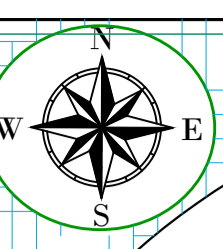
REVISIA:
APRUEBA:

PLANO:
ÁREA INUNDACIÓN TR= 100 AÑOS

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

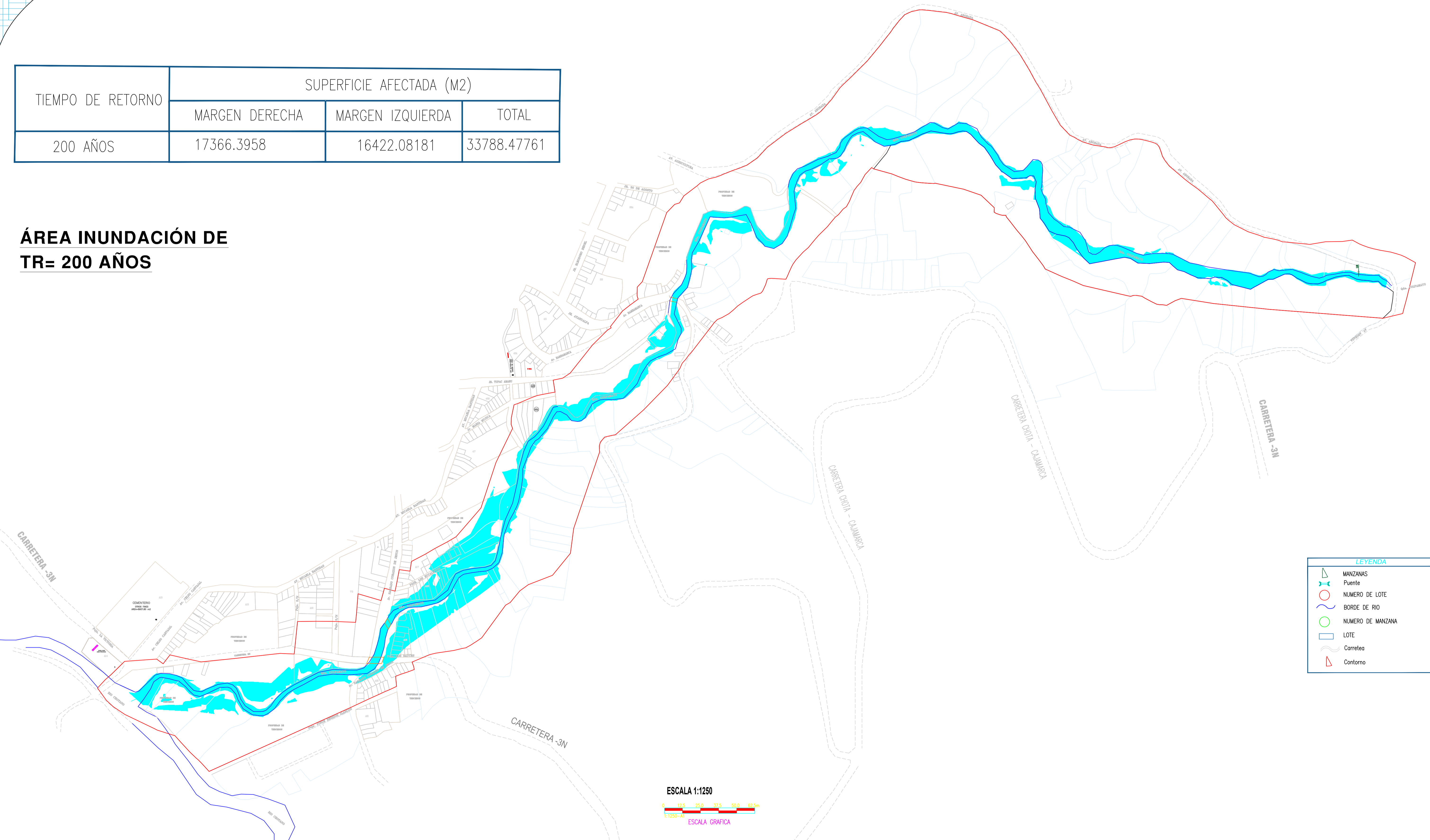
ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023

LAMINA:
AI-03



TIEMPO DE RETORNO	SUPERFICIE AFECTADA (M2)		
	MARGEN DERECHA	MARGEN IZQUIERDA	TOTAL
200 AÑOS	17366.3958	16422.08181	33788.47761

**ÁREA INUNDACIÓN DE
TR= 200 AÑOS**



LEYENDA

	MANZANAS
	Puente
	NUMERO DE LOTE
	BORDE DE RIO
	NUMERO DE MANZANA
	LOTE
	Carretera
	Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO:
Cieza Pereyra, Shoany Medalith
Ydrogo Bautista, Nelly

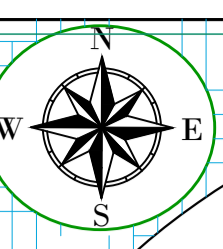
REVISAR:
APRUEBA:

PLANO:
ÁREA INUNDACIÓN TR= 200 AÑOS

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

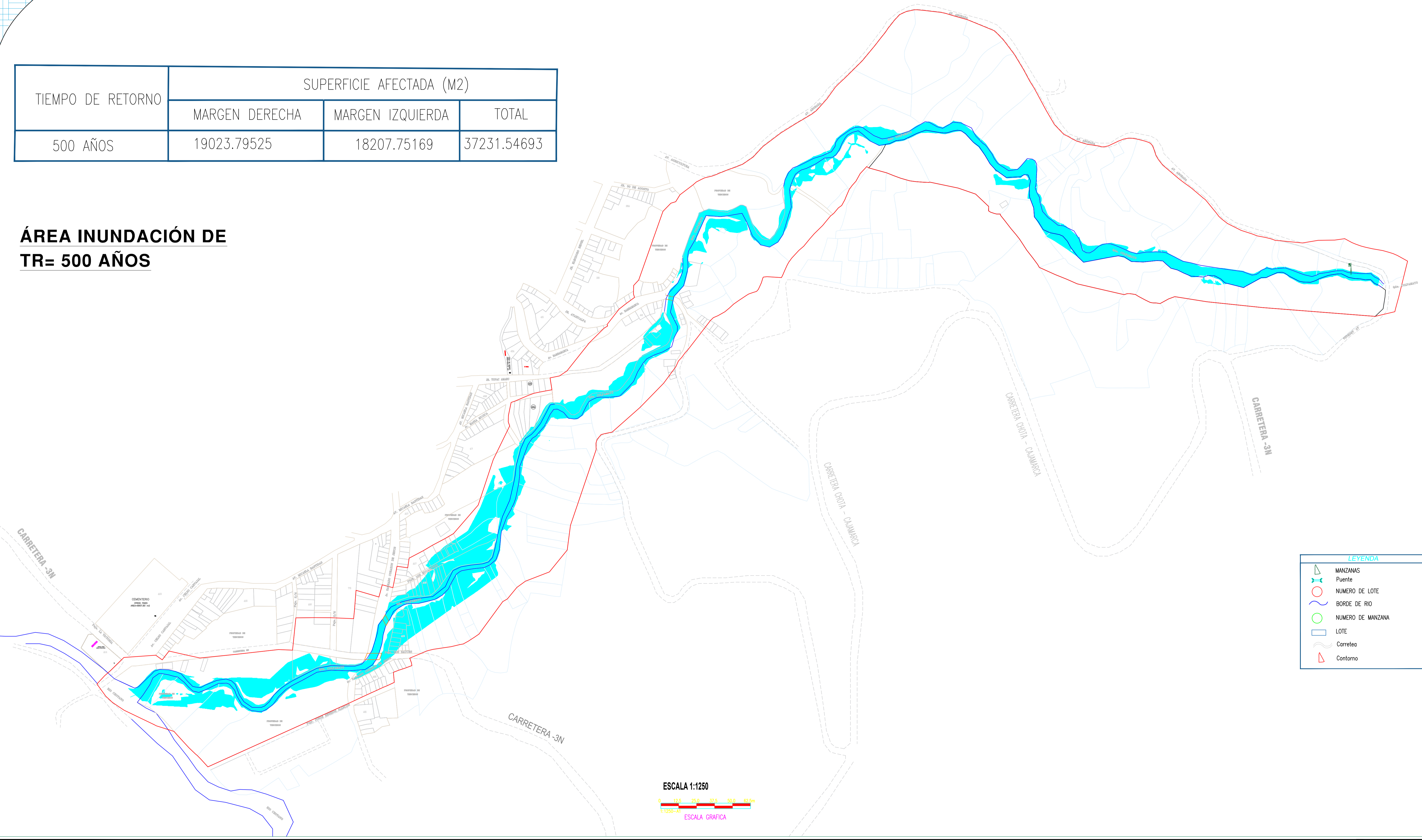
ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023

LAMINA:
AI-04



TIEMPO DE RETORNO	SUPERFICIE AFECTADA (M2)		
	MARGEN DERECHA	MARGEN IZQUIERDA	TOTAL
500 AÑOS	19023.79525	18207.75169	37231.54693

**ÁREA INUNDACIÓN DE
TR= 500 AÑOS**



LEYENDA

	MANZANAS
	Puente
	NUMERO DE LOTE
	BORDE DE RIO
	NUMERO DE MANZANA
	LOTE
	Carretera
	Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO:
Cieza Pereyra, Shoany Medalith
Ydrogo Bautista, Nelly

REVISAR:
APRUEBA:

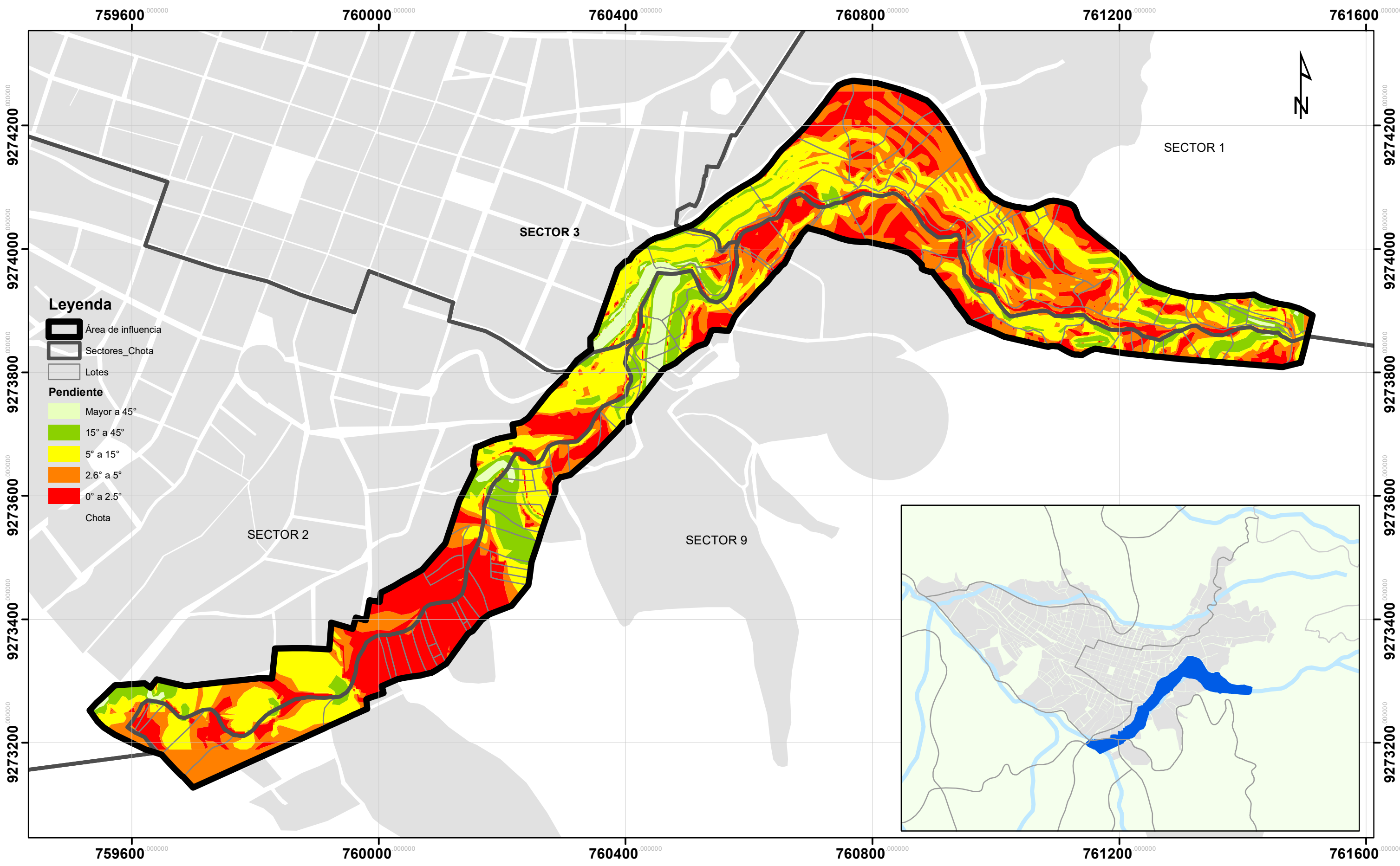
PLANO:
ÁREA INUNDACIÓN TR= 500 AÑOS

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA









ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023

LAMINA:
AI-04

PLANOS DE SUSCEPTIBILIDAD



Leyenda

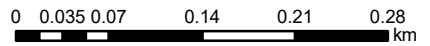
-  Área de influencia
-  Sectores_Chota
-  Lotes
- Pendiente**
-  Mayor a 45°
-  15° a 45°
-  5° a 15°
-  2.6° a 5°
-  0° a 2.5°
- Chota

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

Presentado por: SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA NELY YDROGO BAUTISTA Asesor: Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **MAPA DE PENDIENTES DE LA QUEBRADA COLPAMAYO**

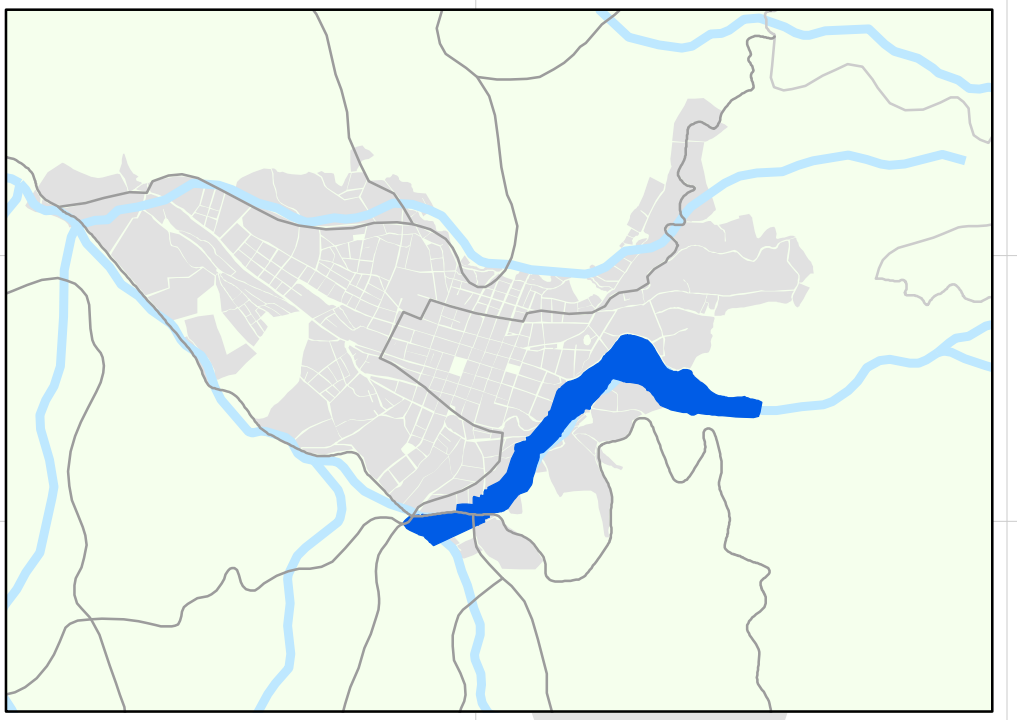
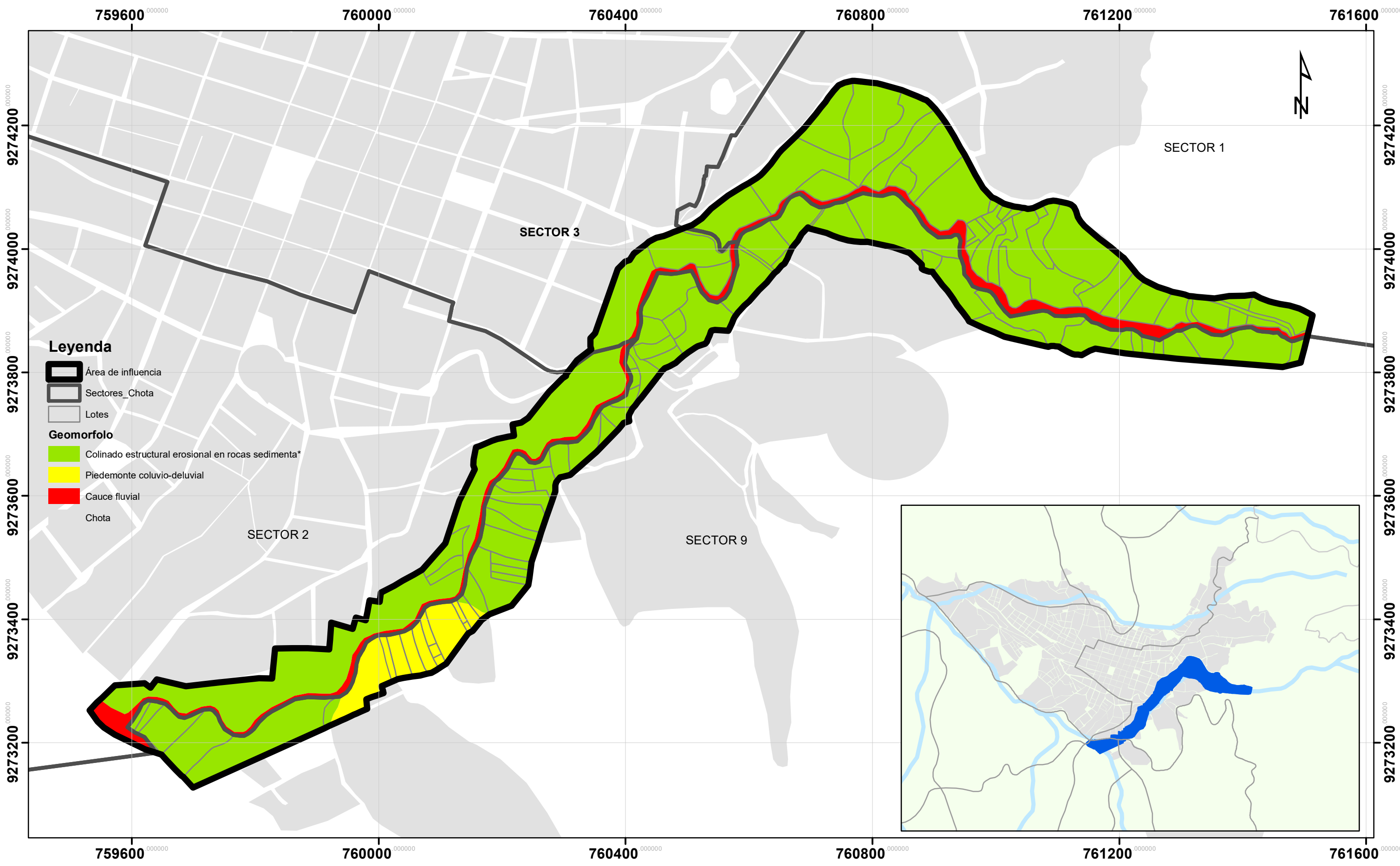
Fecha: Diciembre, 2023 Escala: 1:5,687



Mapa: **S-1**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

Presentado por: SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA
NELLY YDROGO BAUTISTA

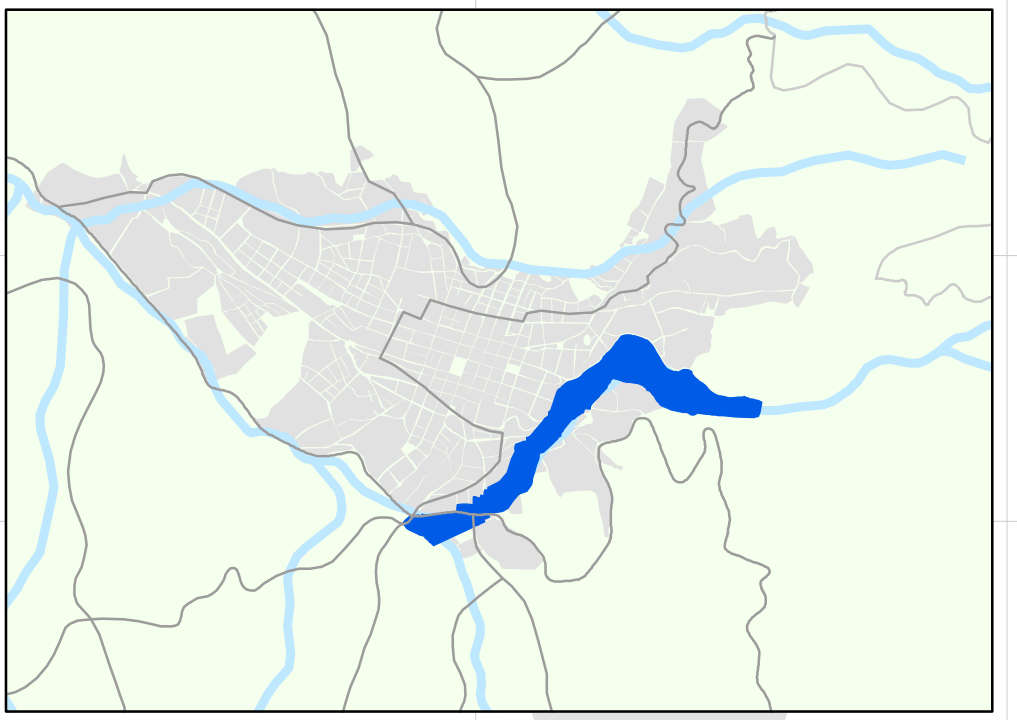
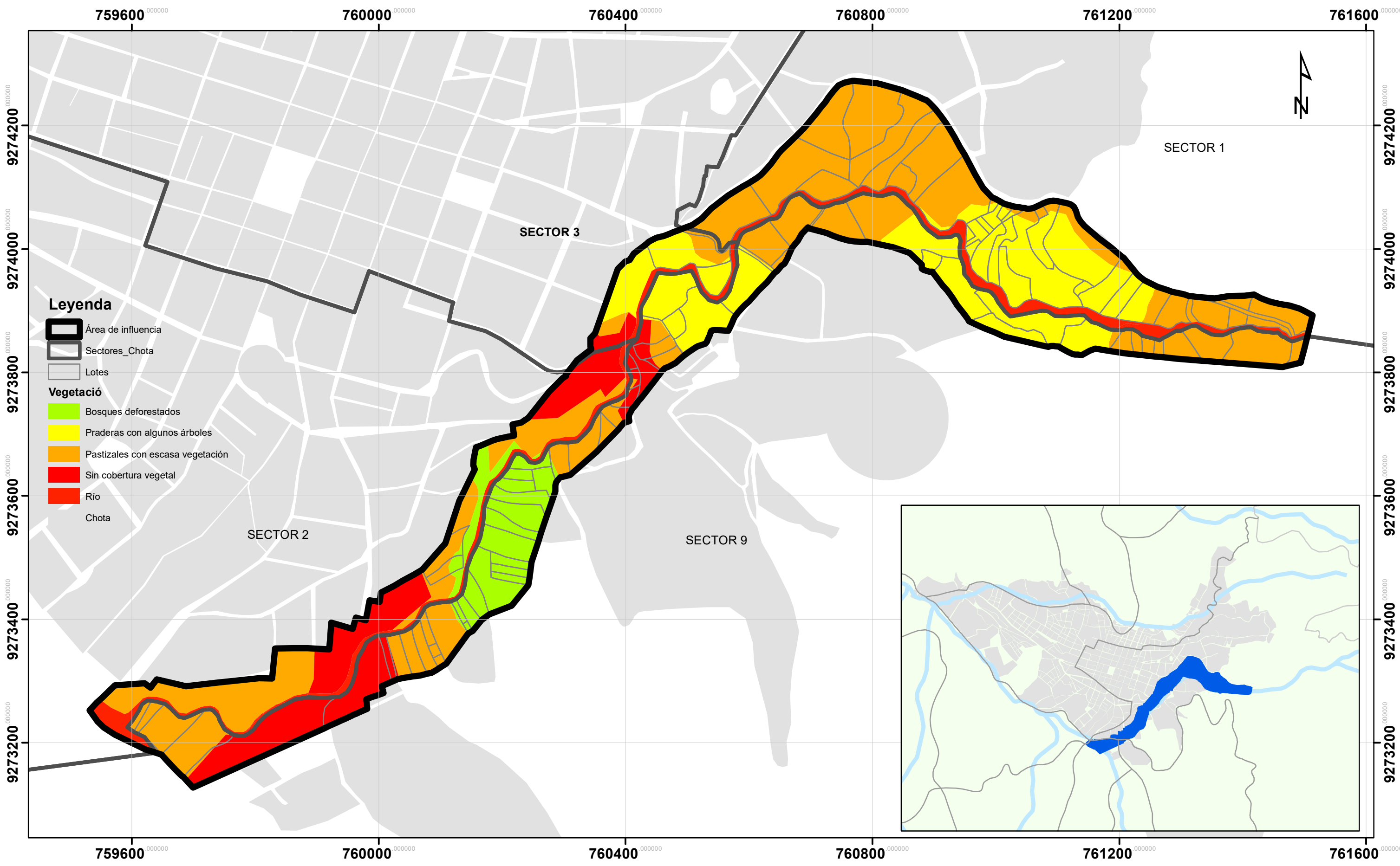
Asesor:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA QUEBRADA COLPAMAYO**

Fecha: Diciembre, 2023
Escala: 1:5,687

0 0.035 0.07 0.14 0.21 0.28 km

Mapa:
S-2



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

Presentado por: SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA
NELLY YDROGO BAUTISTA

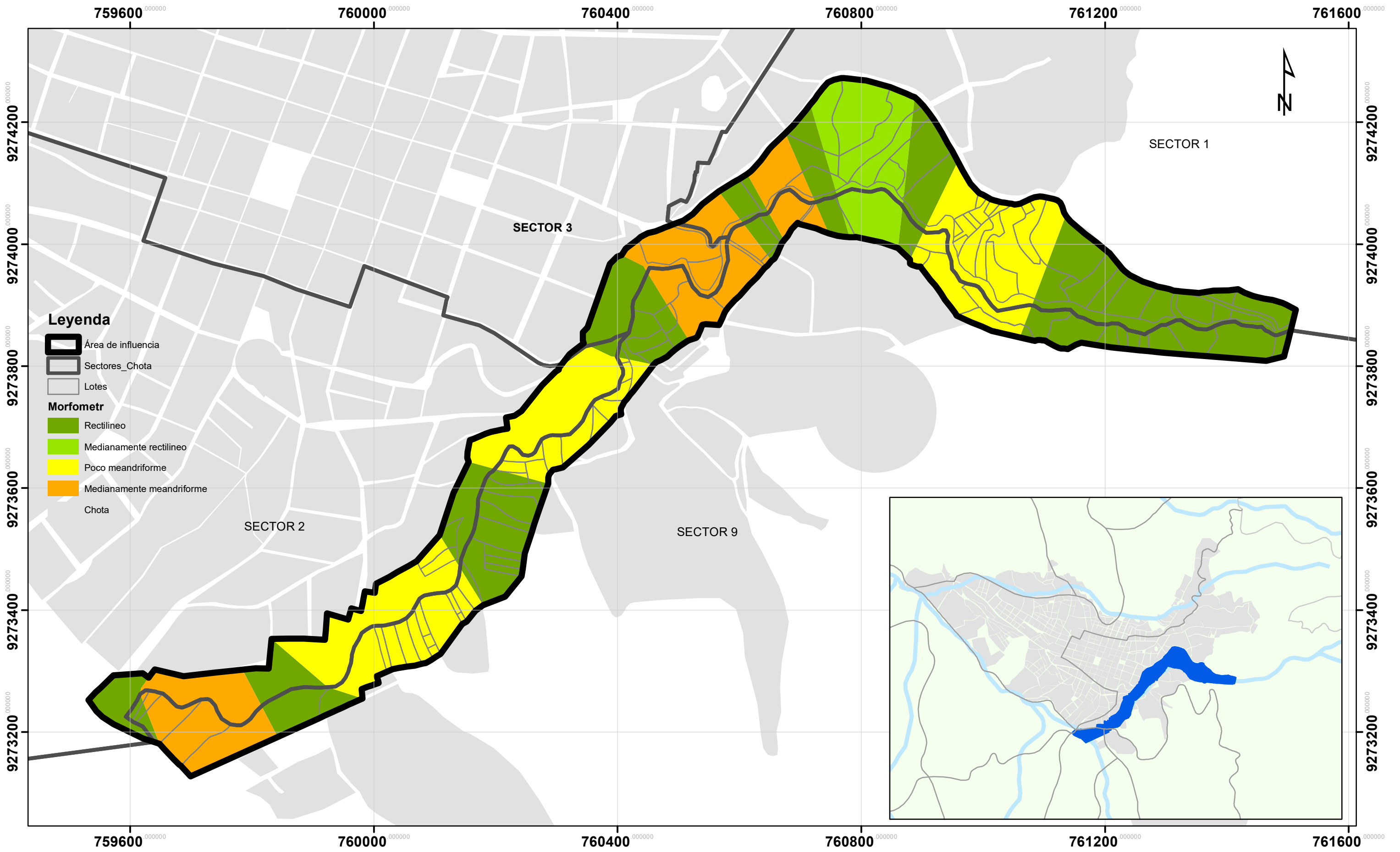
Asesor:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **MAPA VEGETACIÓN Y USO DE SUELO DE LA QUEBRADA COLPAMAYO**

Fecha: Diciembre, 2023
Escala: 1:5,687

0 0.035 0.07 0.14 0.21 0.28 km

Mapa:
S-3



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

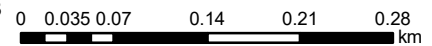
ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

Presentado por: SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA
NELLY YDROGO BAUTISTA

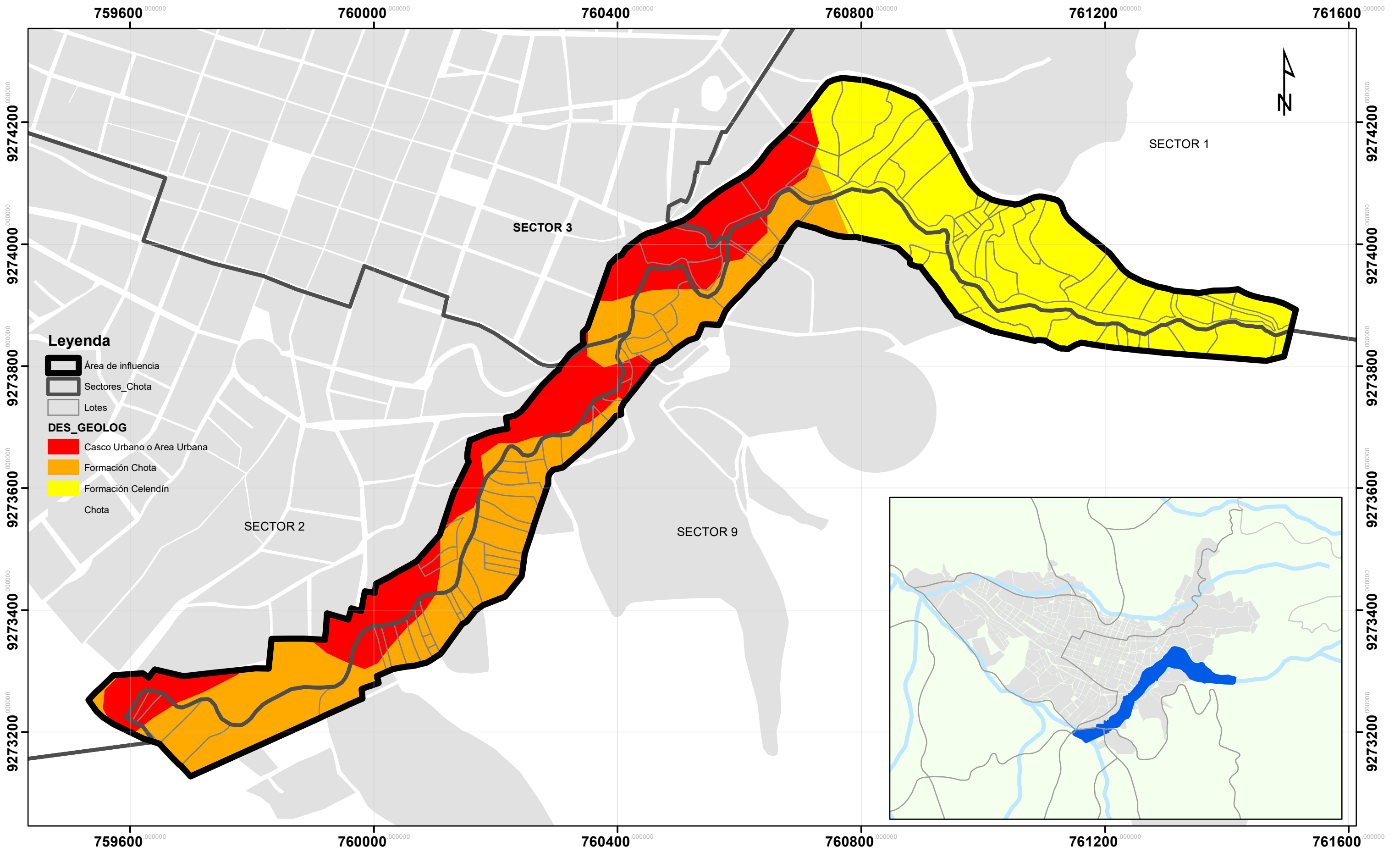
Asesor:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **MAPA MORFOMÉTRICO DE LA QUEBRADA COLPAMAYO**

Fecha: Diciembre, 2023
Escala: 1:5,687



Mapa:
S-4



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

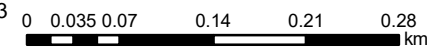
Presentado por: SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA
NELLY YDROGO BAUTISTA

Asesor:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Plano:

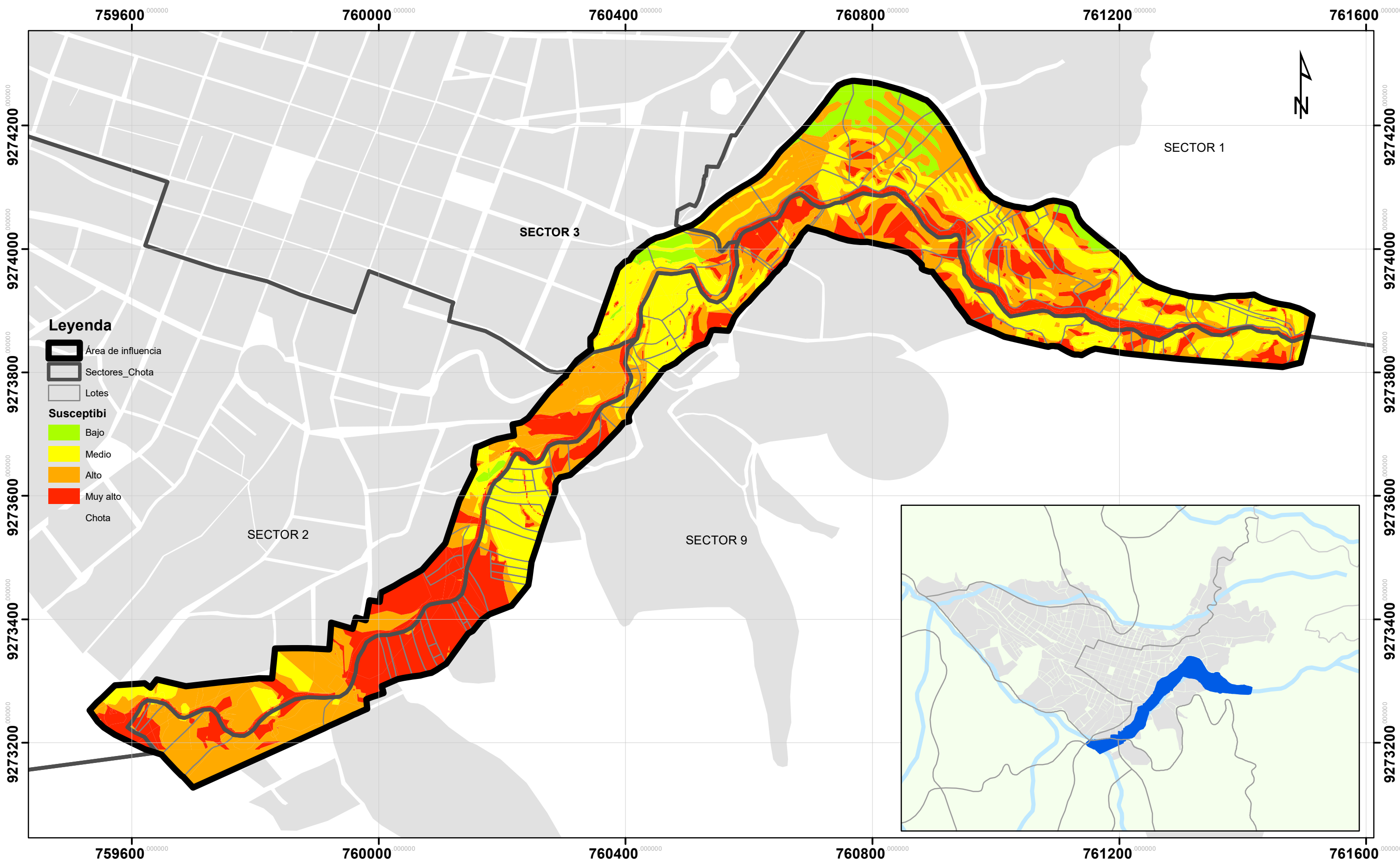
MAPA GEOLÓGICO DE LA QUEBRADA COLPAMAYO

Fecha: Diciembre, 2023
Escala: 1:5,687










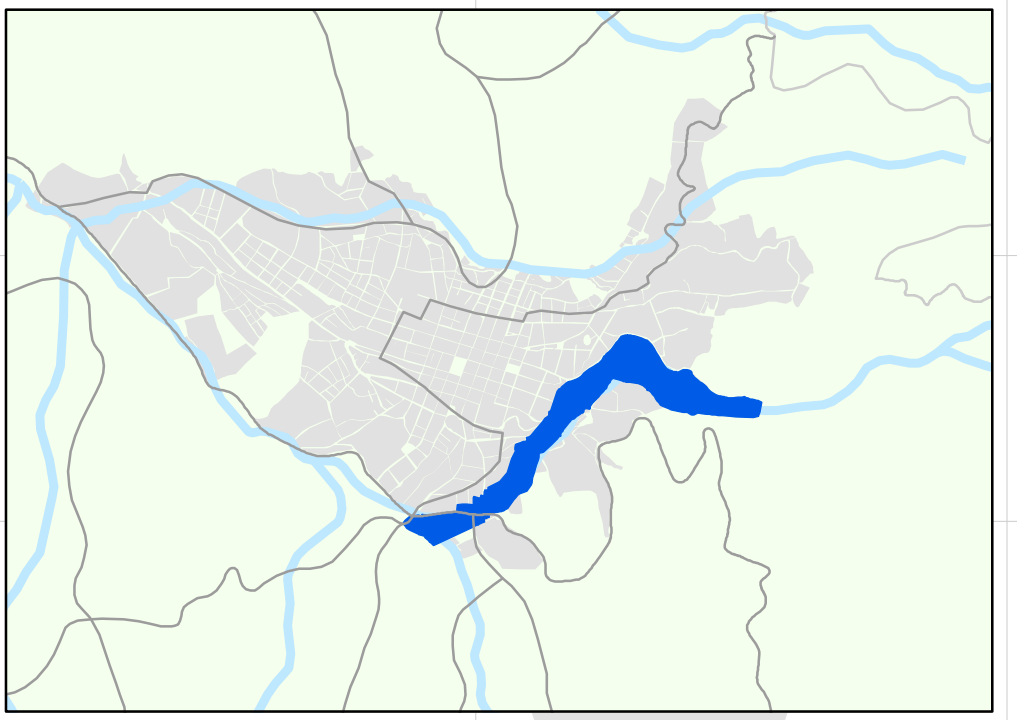
Mapa:

S-5



Leyenda

-  Área de influencia
-  Sectores_Chota
-  Lotes
- Susceptibi**
-  Bajo
-  Medio
-  Alto
-  Muy alto
- Chota



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

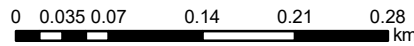
ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

Presentado por: SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA
NELLY YDROGO BAUTISTA

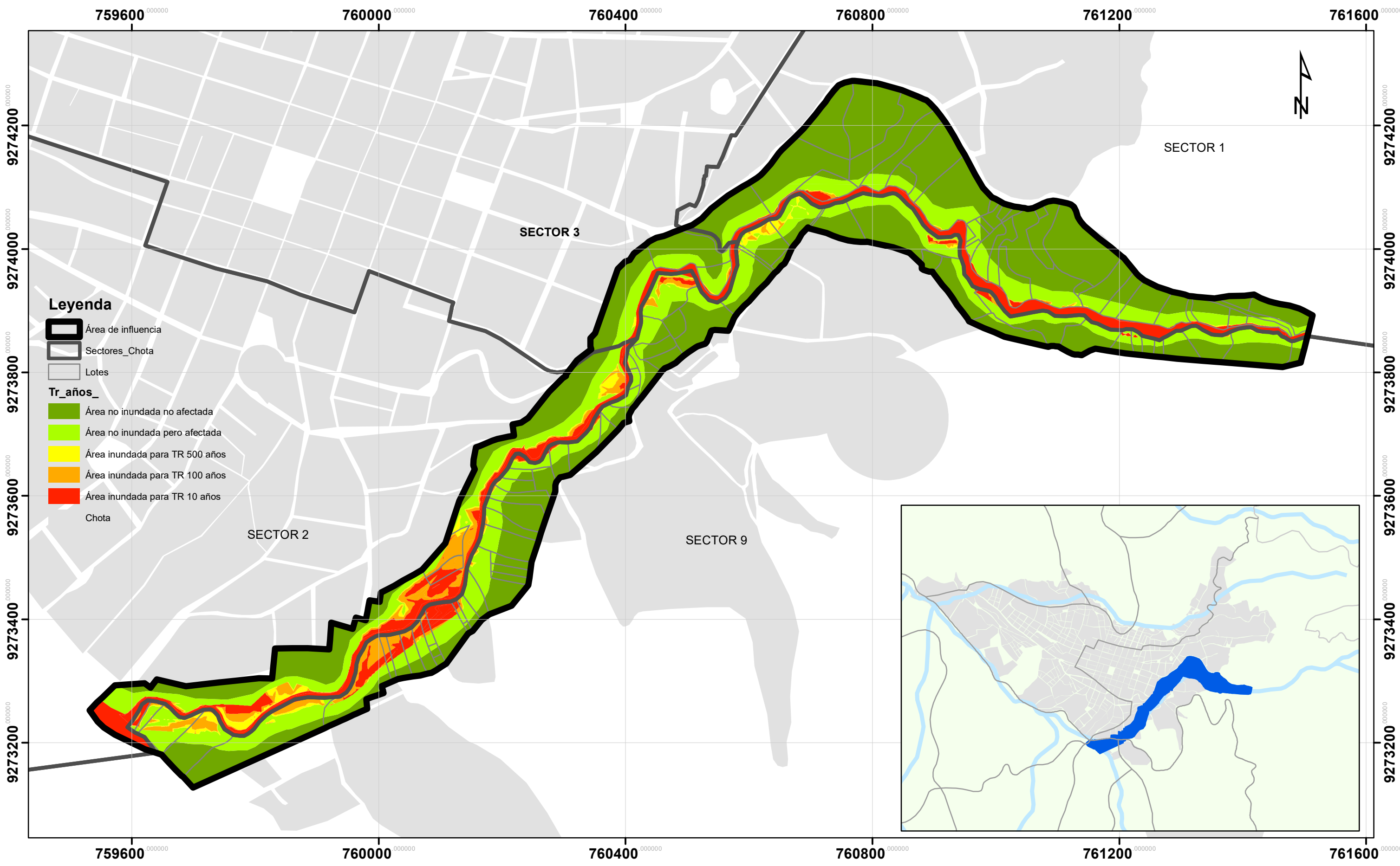
Asesor:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **MAPA CONDICIONANTE DE LA QUEBRADA COLPAMAYO**

Fecha: Diciembre, 2023
Escala: 1:5,687



Mapa:
S-6



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

Presentado por: SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA
NELLY YDROGO BAUTISTA

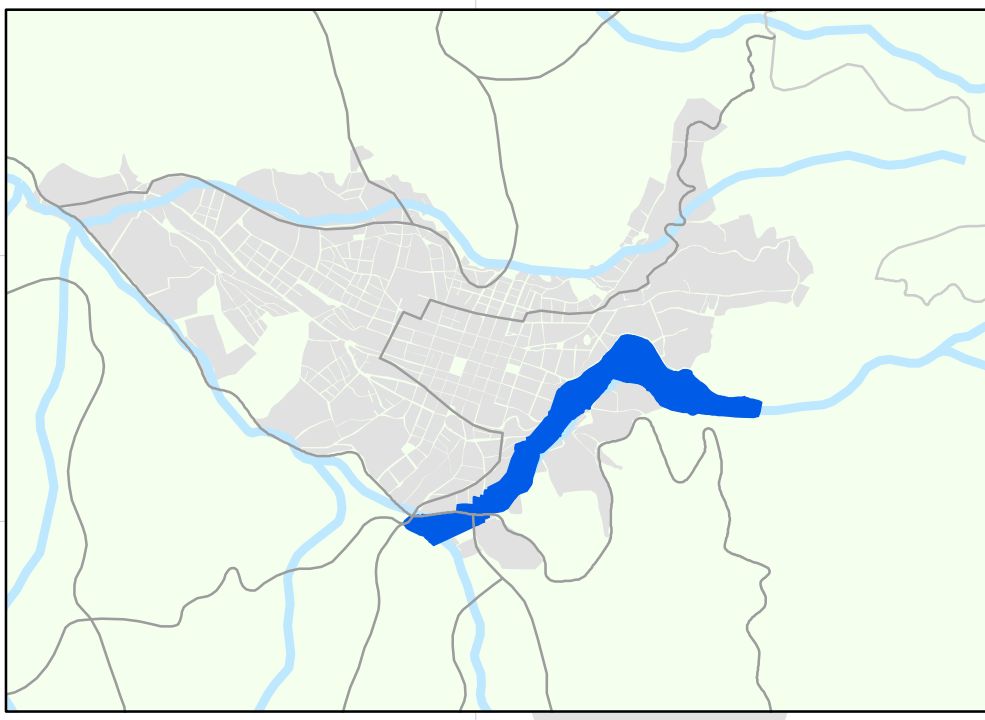
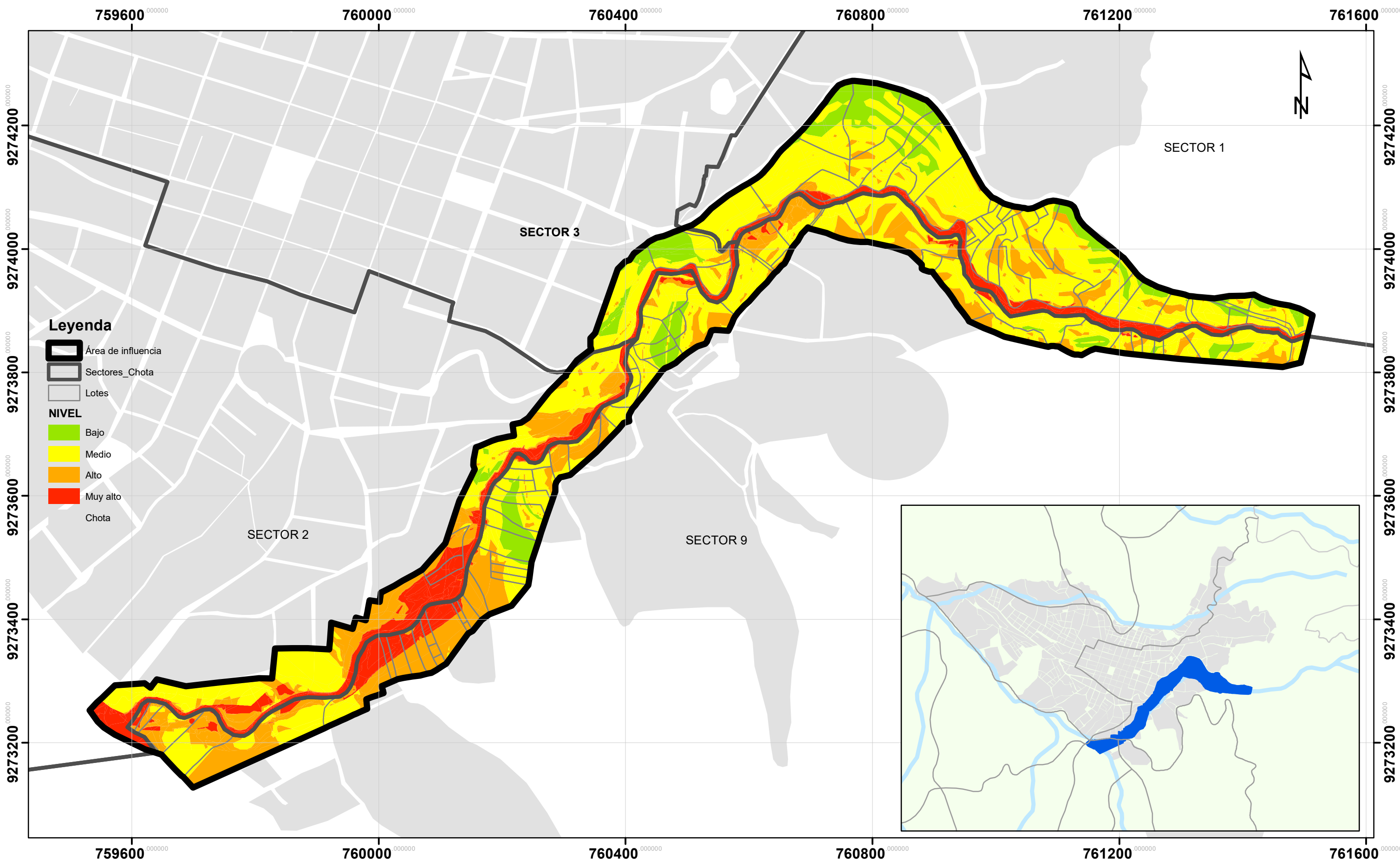
Asesor:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **MAPA DESENCADENANTE: INUNDACIÓN DE LA QUEBRADA COLPAMAYO**

Fecha: Diciembre, 2023
Escala: 1:5,687

0 0.035 0.07 0.14 0.21 0.28 km

Mapa:
S-7



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022

Presentado por: SHOANY MEDALITH CIEZA PEREYRA
NELLY YDROGO BAUTISTA

Asesor:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

Plano: **MAPA SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN DE LA QUEBRADA COLPAMAYO**

Fecha: Diciembre, 2023

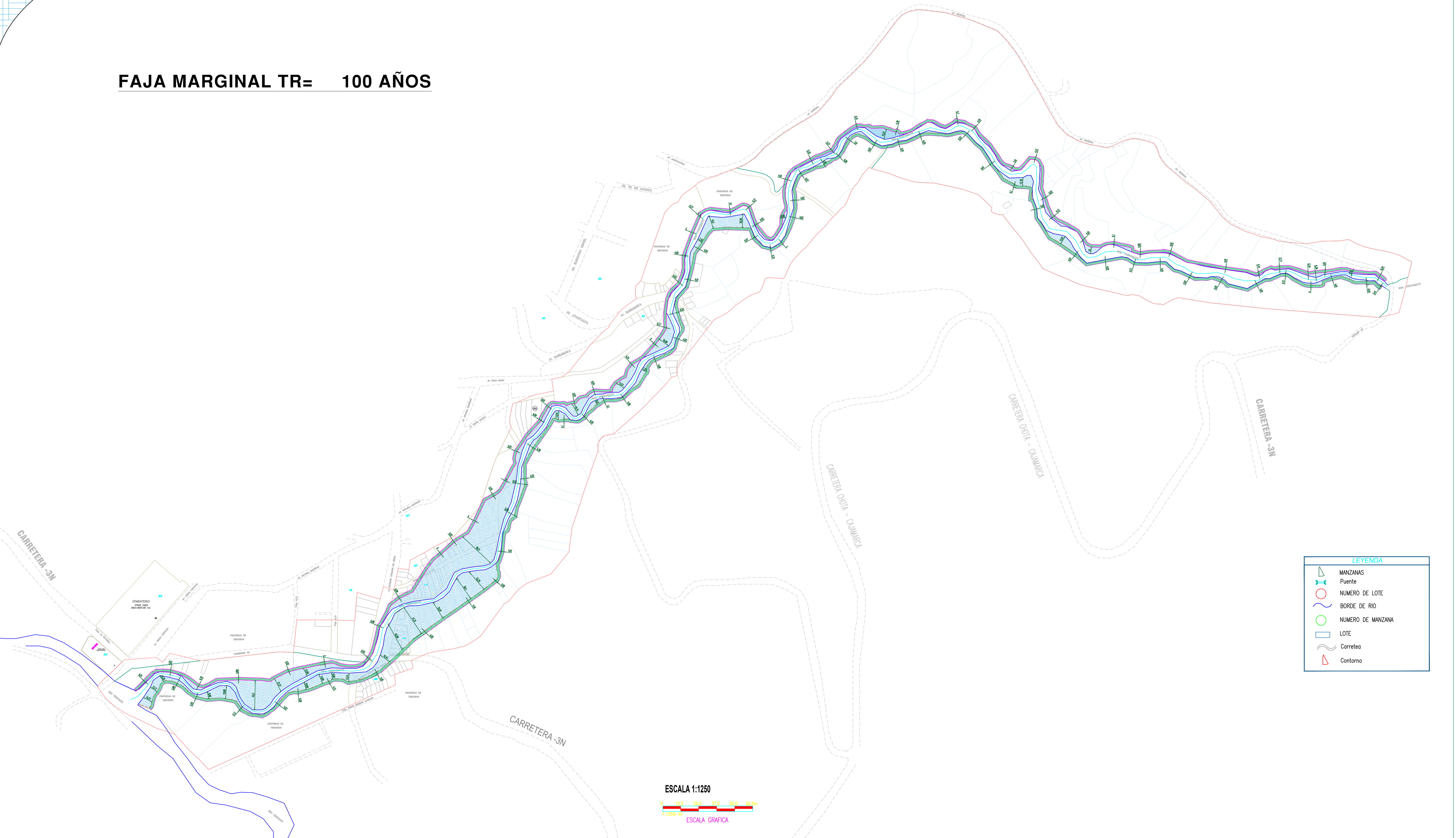
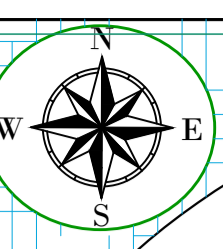
Escala: 1:5,687

0 0.035 0.07 0.14 0.21 0.28 km

Mapa:
S-8

PLANOS DE FAJA MARGINAL

FAJA MARGINAL TR= 100 AÑOS



LEYENDA

- MANZANAS
- Puente
- NUMERO DE LOTE
- BORDE DE RIO
- NUMERO DE MANZANA
- LOTE
- Carretera
- Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR:
Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

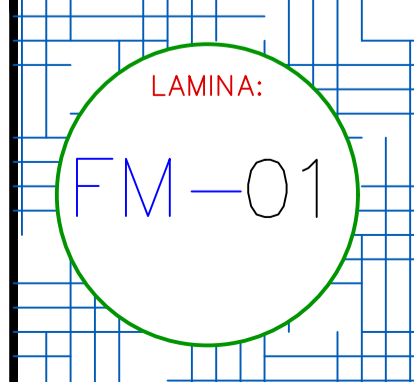
DIBUJO Y DISEÑO:
Cieza Pereyra, Shoany Medalith
Ydrogo Bautista, Nelly

REVISÁ:
APRUEBA:

PLANO:
FAJA MARGINAL TR= 100 AÑOS

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

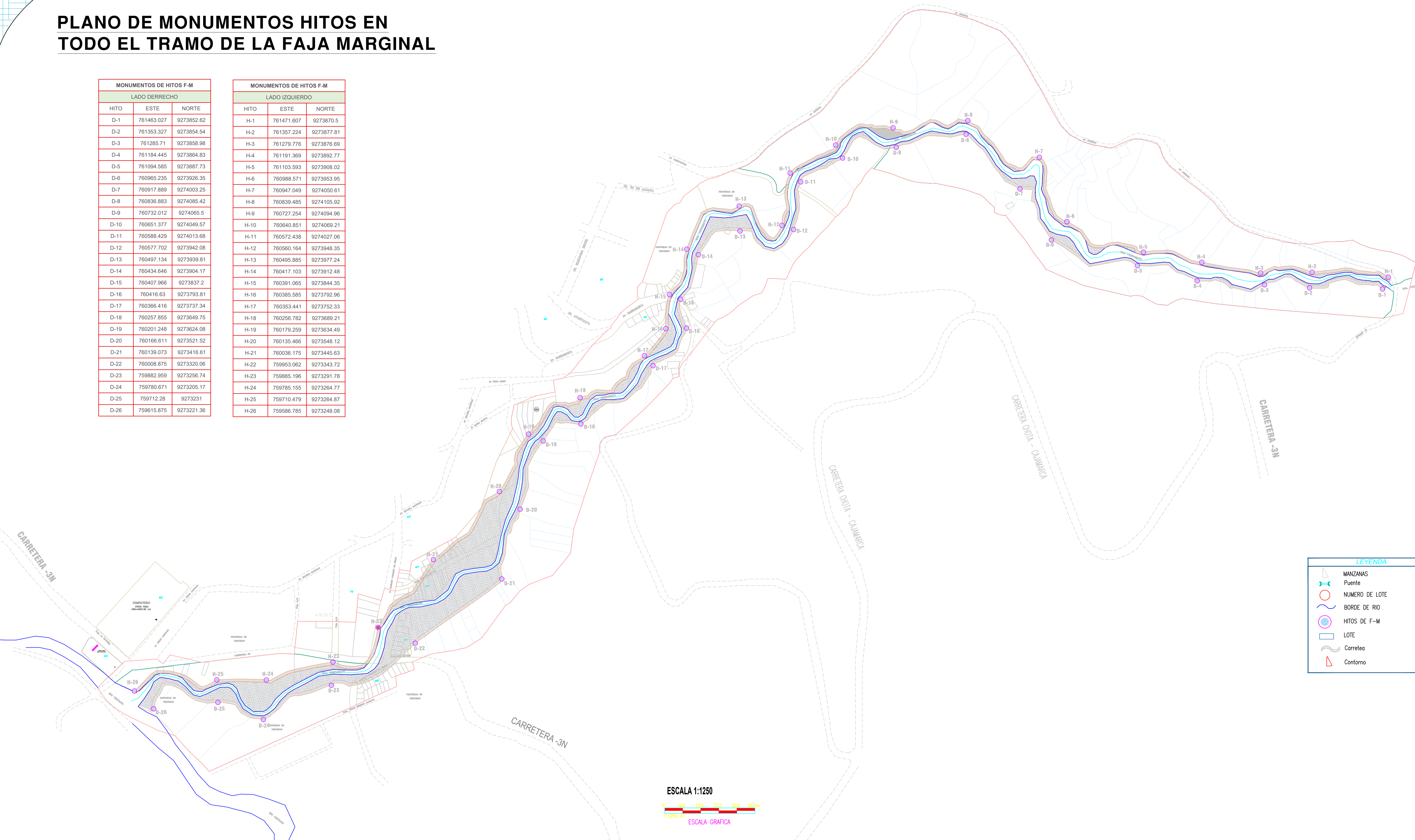
ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023



PLANO DE MONUMENTOS HITOS EN TODO EL TRAMO DE LA FAJA MARGINAL

MONUMENTOS DE HITOS F-M		
LADO DERECHO		
HITO	ESTE	NORTE
D-1	761463.027	9273852.62
D-2	761353.327	9273854.54
D-3	761285.71	9273858.98
D-4	761184.445	9273864.83
D-5	761094.585	9273887.73
D-6	760965.235	9273926.35
D-7	760917.889	9274003.25
D-8	760836.883	9274085.42
D-9	760732.012	9274065.5
D-10	760651.377	9274049.57
D-11	760588.429	9274013.68
D-12	760577.702	9273942.08
D-13	760497.134	9273939.81
D-14	760434.646	9273904.17
D-15	760407.966	9273837.2
D-16	760416.63	9273793.81
D-17	760366.416	9273737.34
D-18	760257.855	9273649.75
D-19	760201.248	9273624.08
D-20	760166.611	9273521.52
D-21	760139.073	9273416.61
D-22	760008.875	9273320.06
D-23	759882.959	9273256.74
D-24	759780.671	9273205.17
D-25	759712.28	9273231
D-26	759615.875	9273221.36

MONUMENTOS DE HITOS F-M		
LADO IZQUIERDO		
HITO	ESTE	NORTE
H-1	761471.607	9273870.5
H-2	761357.224	9273877.81
H-3	761279.776	9273876.69
H-4	761191.369	9273892.77
H-5	761103.593	9273908.02
H-6	760988.571	9273953.95
H-7	760947.049	9274050.61
H-8	760839.485	9274105.92
H-9	760727.254	9274094.96
H-10	760640.851	9274069.21
H-11	760572.438	9274027.06
H-12	760560.164	9273948.35
H-13	760495.885	9273977.24
H-14	760417.103	9273912.48
H-15	760391.065	9273844.35
H-16	760385.585	9273792.96
H-17	760353.441	9273752.33
H-18	760256.782	9273689.21
H-19	760179.259	9273634.49
H-20	760135.466	9273548.12
H-21	760036.175	9273445.63
H-22	759953.062	9273343.72
H-23	759885.196	9273291.78
H-24	759785.155	9273264.77
H-25	759710.479	9273264.87
H-26	759586.785	9273248.08



LEYENDA

- MANZANAS
- Puente
- NUMERO DE LOTE
- BORDE DE RIO
- HITOS DE F-M
- LOTE
- Carretera
- Contorno



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR: Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO: Cieza Pereyra, Shoany Medalith Ydrogo Bautista, Nelly

REVISAR: []

APRUEBA: []

PLANO: MONUMENTOS DE HITOS

REGION: CAJAMARCA

PROVINCIA: CHOTA

DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/1250

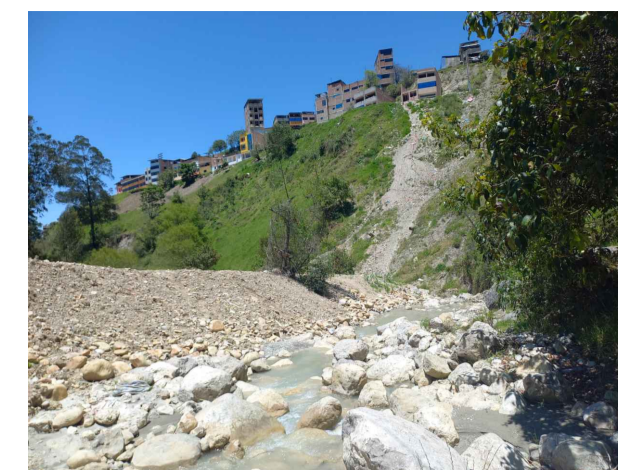
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023

LAMINA: MT-01

FAJA MARGINAL ACTUAL TR= 100 AÑOS



VIVIENDA CONSTRUIDA AL BORDE DE RIO LADO IZQUIERDO EN DIRECCION DEL RIO



VISTA PANORÁMICA DEL BORDE DEL RIO



VISTA PANORÁMICA DE LOS BORDES DEL RIO



VIVIENDA CONSTRUIDA AL BORDE DE RIO LADO IZQUIERDO EX CAMAL DE CHOTA



VIVIENDA CONSTRUIDA AL BORDE DE RIO LADO DERECHO EN DIRECCION DEL RIO



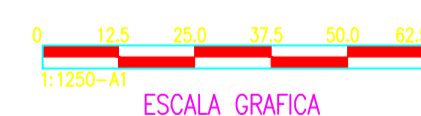
VIVIENDA EN CONSTRCCON AL BORDE DE RIO LADO DERECHO EN DIRECCION DEL RIO



GERENCIA SUB REGIONAL DE CHOTA Y VIVIENDAS CONSTRUIDAS AL BORDE DE RIO

LEYENDA	
	MANZANAS
	Puente
	NUMERO DE LOTE
	BORDE DE RIO
	NUMERO DE MANZANA
	LOTE
	Carretera
	Contorno

ESCALA 1:1250



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL, QUEBRADA COLPAMAYO, SECTORES URBANOS 1, 2 Y 9 CHOTA, 2022"

ASESOR: Dr. Ing. LUIS ALBERTO ORBEGOSO NAVARRO

DIBUJO Y DISEÑO: Cieza Pereyra, Shoany Medalith, Ydrogo Bautista, Nelly

REVISAR: APRUEBA:

PLANO: FAJA MARGINAL ACTUAL

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA OCTUBRE DEL 2023

