

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA
LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA, 2023**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. JOSÉ FRANCISCO CRUZADO CRUZ

ASESOR:

DR. ING. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA - PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador: JOSÉ FRANCISCO CRUZADO CRUZ**
DNI: 71228182
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- Asesor: Gaspar Virilo Méndez Cruz**
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
**RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA -
CAJAMARCA, 2023**
- Fecha de evaluación: 16/05/2025**
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: 16 %**
- Código Documento: Oid: 3117:459883063**
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 16 de mayo de 2025



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Dra. Ing. Laura Sojta Bazán Díaz
DIRECTORA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA, 2023"

ASESOR : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0289-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 09 de junio de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **dieciséis días del mes de junio de 2025**, siendo las quince horas con treinta minutos (03:30 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre
Vocal : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Secretario : Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA, 2023", presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **JOSÉ FRANCISCO CRUZADO CRUZ**, asesorada por el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron a la sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y la evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA :⁰⁷..... PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA :⁰⁹..... PTS.
EVALUACIÓN FINAL :¹⁶..... PTS **DIECISEIS** (En letras)

En consecuencia, se la declara **APROBADO** con el calificativo de **DIECISEIS (16)** acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las **17:30** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Vocal

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A dios, por guiarme en el camino correcto, a mis padres por su motivación y apoyo para culminar mi carrera profesional.

A mi asesor Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz por su asesoramiento y paciencia.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, alma mater que me dio las herramientas para ser mejor.

DEDICATORIA

A mis padres Pablo Cruzado Cerquín y Santos Cruz Arista.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5. LIMITACIONES	3
1.6. OBJETIVOS	3
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.7. DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	5
2.1.1. INTERNACIONALES	5
2.1.2. NACIONALES.....	6
2.1.3. LOCALES	7
2.2. BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN .	7
2.2.1. INUNDACIONES POR DESBORDE DEL RÍO.....	7
2.2.2. ÁREAS INUNDABLES.....	15
2.2.3. CUENCA.....	17

2.2.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO.....	20
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	30
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	32
3.2. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN... 36	36
3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.5. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	37
3.2.6. MUESTRA.....	37
3.2.7. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	37
3.2.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	37
3.3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	38
3.3.1. Ensayos y normativa.....	39
3.4. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	39
3.5. AREA INUNDADA POR LA “QUEBRADA SHAULLO CHICO”	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	44
4.1. RESULTADOS	44
4.1.1. Recolección y sistematización cartográfica e hidrológica de la zona de estudio.....	44
4.1.4. INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA	45
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	100
CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES	103

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos para el nivel de los riesgos	21
Tabla 2 Ubicación del cauce principal desde el punto de mayor altura hacia el punto emisor.....	33
Tabla 3 Ubicación de las estaciones meteorológicas.	46
Tabla 4 Parámetros de la forma de la cuenca.	46
Tabla 5 Estimación media de microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico”.	48
Tabla 6 Estimación de la pendiente del cauce principal según Taylor y Schwarz.	50
Tabla 7 Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Augusto Weberbauer), completo.	52
Tabla 8 Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Encañada), completo.	53
Tabla 9 Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Victoria), completo.....	56
Tabla 10 Precipitación media anual de las estaciones y su altitud.	58
Tabla 11 Cálculo de la altitud y precipitación anual de la quebrada “Shaullo Chico”.	59
Tabla 12 Precipitación máxima en 24 horas, Estación areal para la quebrada “Shaullo Chico”.	60
Tabla 13 Prueba Grubbs y Beck aplicado a la estación areal cuenca “Shaullo Chico”.	61
Tabla 14 Prueba Grubbs y Beck aplicado a la estación areal cuenca “Shaullo Chico”.	62
Tabla 15 Precipitación máxima de duración para intervalos de tiempo menores a 24 horas.	63
Tabla 16 Intensidad máxima para diferentes duraciones por el método Dick Peschke.	64
Tabla 17 Precipitación máxima corregida, estación areal de la cuenca de la quebrada “Shaullo Chico”.	66
Tabla 18 Intensidad de precipitación, estación areal de la quebrada “Shaullo Chico”.	66
Tabla 19 Coeficientes de escorrentía estación areal cuenca quebrada “Shaullo Chico”.	67

Tabla 20 <i>Caudales en diferentes tiempos de retorno, estación areal, cuenca de la quebrada “Shaullo Chico”</i>	68
Tabla 21 <i>Se ha determinado los caudales para diferentes tiempos de retorno.</i>	68
Tabla 22 <i>Valores de coeficiente de manning para diferentes usos de suelo.</i>	70
Tabla 23 <i>Valores de coeficiente de manning para diferentes usos de suelo.</i>	75
Tabla 24 <i>Área de inundación según niveles de intensidad para diferentes tiempos de retorno.</i>	76
Tabla 25 <i>Determinación del nivel de intensidad.</i>	79
Tabla 26 <i>Determinación del nivel de intensidad.</i>	79
Tabla 27 <i>Determinación del nivel de peligro de inundación.</i>	79
Tabla 28 <i>Localización de Viviendas.</i>	80
Tabla 29 <i>Material de construcción utilizada en viviendas.</i>	81
Tabla 30 <i>Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.</i>	82
Tabla 31 <i>Variable: Características geológicas, calidad y tipo de suelo.</i>	83
Tabla 32 <i>Variable: Explotación de recursos naturales.</i>	84
Tabla 33 <i>Variable: Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos.</i>	85
Tabla 34 <i>Variable: Actividad Económica.</i>	87
Tabla 35 <i>Variable: Grado de escasez (Servicios Básicos).</i>	89
Tabla 36 <i>Variable: Nivel de organización.</i>	90
Tabla 37 <i>Variable: Grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales.</i>	92
Tabla 38 <i>Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.</i>	93
Tabla 39 <i>Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.</i>	95
Tabla 40 <i>Variable: Campañas de difusión.</i>	96
Tabla 41 <i>Vulnerabilidad Total.</i>	97
Tabla 42 <i>Nivel del riesgo.</i>	99

Tabla 43 <i>Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Augusto Weberbauer), sin completar.</i>	111
Tabla 44 <i>Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Encañada), sin completar.</i>	112
Tabla 45 <i>Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Victoria), sin completar.</i>	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Niveles de intensidad por periodo de retorno en años.</i>	17
Figura 2 <i>Niveles de peligrosidad</i>	17
Figura 3 <i>Variable: Localización de Viviendas.</i>	22
Figura 4 <i>Variable: Material de Construcción utilizada en viviendas.</i>	22
Figura 5 <i>Características geológicas, calidad y tipo de suelo.</i>	23
Figura 6 <i>Variable: Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.</i>	23
Figura 7 <i>Grado de Vulnerabilidad.</i>	24
Figura 8 <i>Variable: Explotación de los recursos naturales (Er).</i>	24
Figura 9 <i>Variable: Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos (Fe).</i>	25
Figura 10 <i>Grado de Vulnerabilidad.</i>	25
Figura 11 <i>Grado de Vulnerabilidad.</i>	26
Figura 12 <i>Grado de Vulnerabilidad económica.</i>	27
Figura 13 <i>Variable: Nivel de Organización (Os).</i>	27
Figura 14 <i>Variable: Grado y tipo de Relación e Integración entre las Instituciones y Organizaciones Locales (Gr).</i>	28
Figura 15 <i>Grado de Vulnerabilidad económica.</i>	28
Figura 16 <i>Variable: Existencia de Capacitación en colegios en temas concernientes a Defensa Civil.</i>	28
Figura 17 <i>Variable: Existencia de Capacitación de la población civil en temas concernientes a Defensa Civil</i>	29
Figura 18 <i>Variable: Campañas de Difusión.</i>	29
Figura 19 <i>Grado de Vulnerabilidad educativa.</i>	29
Figura 20 <i>Formula del cálculo de vulnerabilidad total.</i>	30
Figura 21 <i>Grado de Vulnerabilidad Total.</i>	30
Figura 22 <i>Ubicación política del tramo en estudio de la Quebrada “Shaullo Chico”.</i> 32	
Figura 23 <i>Trazo de la “Quebrada Shaullo Chico” en programa Google Earth.</i>	33

Figura 24 Inicio de la Quebrada “Shaullo Chico”, (cota:2729.27 m.s.n.m.).....	33
Figura 25 Medición de la altura del agua según la huella en las paredes del canal (cota: 2695.74; h=0.57).	34
Figura 26 Medición de la altura de agua dada la eflorescencia en los márgenes de la quebrada (cota: 2722.29; h=0.88).	34
Figura 27 Punto de control Nro. 1 y 2 con el colector de datos Trimble TSC3	35
Figura 28 Punto de control Nro. 3 y 4 con el colector de datos Trimble TSC3.	35
Figura 29 Área de inundación tomada de consultas en a la población en campo (A=21,832 m ²), área inundada perteneciente a diciembre del 2024.	41
Figura 30 Consecuencias de lluvias reportadas en el mes de diciembre -2024 “Quebrada Shaullo Chico”	42
Figura 31 Consecuencias de lluvias reportadas en el mes de diciembre -2024 “Quebrada Shaullo Chico”	42
Figura 32 Consecuencias de lluvias reportadas en el mes de diciembre -2024 “Quebrada Shaullo Chico”	43
Figura 33 Consecuencias de lluvias reportadas en el mes de diciembre -2024 “Quebrada Shaullo Chico”	43
Figura 34 Ubicación de la microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico” y de las estaciones meteorológicas, Augusto Weberbauer, Victoria y Encañada.	44
Figura 35 Modelo digital de elevación delimitada respecto a la cuenca en estudio....	45
Figura 36 Mapa de pendientes de la microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico”...	47
Figura 37 Curva hipsométrica de la microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico”...	48
Figura 38 Longitud del cauce principal de la cuenca de la quebrada “Shaullo Chico”.	49
Figura 39 Perfil del cauce principal.	49
Figura 40 Registro histórico de P24h de las estaciones A. Weberbauer, Encaña y Victoria.	58
Figura 41 Análisis de regresión polinomial de segundo grado.	59
Figura 42 Análisis de Outliers para la estimación de la quebrada “Shaullo Chico” ..	61
Figura 43 Curvas IDF para diferentes tipos de retorno.	64

Figura 44 <i>Método empírico para el cálculo de la transformación de lluvia – escorrentía.</i>	67
Figura 45 <i>Modelo digital de elevación del tramo de la quebrada “Shaullo Chico”</i>	70
Figura 46 <i>Usos de suelos en la imagen satelital.</i>	71
Figura 47 <i>Asignación de condiciones de contorno de malla.</i>	71
Figura 48 <i>Velocidad máxima para una modelización de $Tr=50$ años.</i>	72
Figura 49 <i>Velocidad máxima para una modelización de $Tr=100$ años.</i>	72
Figura 50 <i>Velocidad máxima para una modelización de $Tr=200$ años.</i>	73
Figura 51 <i>Tirantes máximos para una modelización de $Tr=100$ años.</i>	73
Figura 52 <i>Tirantes máximos para una modelización de $Tr=200$ años.</i>	74
Figura 53 <i>Desborde de la quebrada "Shaullo Chico".</i>	74
Figura 54 <i>Desborde de la quebrada “Shaullo Chico”.</i>	75
Figura 55 <i>Reclasificación de los tirantes de agua en función de los rangos de niveles de intensidad.</i>	76
Figura 56 <i>Niveles de intensidad para un $tr=200$ años.</i>	77
Figura 57 <i>Niveles de intensidad para un $tr=100$ años.</i>	77
Figura 58 <i>Niveles de intensidad para un $tr=50$ años.</i>	78
Figura 59 <i>Calado máximo obtenido para un $Tr=200$ años.</i>	78
Figura 60 <i>Grado de vulnerabilidad por localización de viviendas.</i>	80
Figura 61 <i>Grado de vulnerabilidad por material de construcción.</i>	81
Figura 62 <i>Grado de vulnerabilidad por cumplimiento de normatividad técnica.</i>	82
Figura 63 <i>Grado de vulnerabilidad por explotación de los recursos naturales.</i>	84
Figura 64 <i>Grado de vulnerabilidad por fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos.</i>	86
Figura 65 <i>Grado de vulnerabilidad por actividad económica.</i>	87
Figura 66 <i>Grado de escasez.</i>	89
Figura 67 <i>Grado de vulnerabilidad por nivel de organización.</i>	91

Figura 68 <i>Grado de vulnerabilidad por el grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales.</i>	92
Figura 69 <i>Grado de vulnerabilidad por existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.</i>	94
Figura 70 <i>Grado de vulnerabilidad por existencia de capacitación de la población en temas concernientes a defensa civil.</i>	95
Figura 71 <i>Grado de vulnerabilidad por campañas de difusión.</i>	97
Figura 72 <i>Tipos de vulnerabilidad por rango.</i>	98
Figura 73 <i>Grado de vulnerabilidad.</i>	98
Figura 74 <i>Mapa del nivel de peligrosidad para un TR = 50años.</i>	116
Figura 75 <i>Mapa del nivel de peligrosidad para un TR = 100años.</i>	117
Figura 76 <i>Mapa del nivel de peligrosidad para un TR = 200años.</i>	118
Figura 77 <i>Nivel de vulnerabilidad para un TR = 50 años.</i>	119
Figura 78 <i>Nivel de vulnerabilidad para un TR = 100 años.</i>	120
Figura 79 <i>Nivel de vulnerabilidad para un TR = 200 años.</i>	121
Figura 80 <i>Nivel de riesgo para un TR = 50 años.</i>	122
Figura 81 <i>Nivel de riesgo para un TR = 100 años.</i>	123
Figura 82 <i>Nivel de riesgo para un TR = 200 años.</i>	124

RESUMEN

La investigación titulada “*Riesgo de inundación por la quebrada Shaullo Chico en la localidad de Baños del Inca - Cajamarca, 2023*” tuvo como objetivo principal estimar el riesgo de inundación asociado a la quebrada Shaullo Chico en dicha localidad. El enfoque metodológico fue de tipo aplicado, con un nivel descriptivo, diseño no experimental, enfoque cuantitativo y de corte transversal. Tras realizar una visita técnica al área de estudio, se llevó a cabo un levantamiento topográfico mediante el uso de un dron modelo DJI AIR 2S. Para la zona específica de la quebrada, se utilizó un GPS diferencial CHCNAV I90 PRO, lo que permitió obtener una topografía más detallada. En cuanto a la información hidrológica, se utilizaron datos de precipitaciones máximas a 24 horas provenientes de las estaciones Augusto Weberbauer, La Encaña y La Victoria. Estas precipitaciones fueron convertidas a intensidades, con las que se construyeron las curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia) y, posteriormente, se calcularon los caudales utilizando el Método Racional. Con esta información, se realizó la modelación hidrológica en el software HEC-HMS, considerando una duración de evento de 1 hora. Como resultado, se obtuvieron caudales máximos para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, con valores respectivos de 7.86 m³/s, 8.44 m³/s y 9.01 m³/s. Asimismo, se determinaron precipitaciones promedio de 53.23 mm, 55.150 mm y 56.914 mm para los mismos periodos. Se estableció que la cuenca de la quebrada Shaullo Chico presentaba un área de 4.28 km², una longitud de 3.46 km, una pendiente promedio de 6.07% y un perímetro de 9.21 km. En el análisis de la vulnerabilidad, se aplicaron encuestas a una muestra de 82 viviendas, considerando diversas dimensiones: física, ambiental y ecológica, económica, social y educativa. El resultado obtenido reflejó un índice de vulnerabilidad promedio de 0.75, clasificado como alto. Se concluyó que el escenario con mayor área de inundación correspondió al periodo de retorno de 200 años, abarcando un total de 21,524.11 m², con una profundidad máxima de 2.08 m. Este escenario presentó una intensidad de 1, una frecuencia de ocurrencia de 29 (media) y un nivel de peligro de inundación de 0.75 (alto). Finalmente, se calculó el riesgo de inundación utilizando la Matriz del Riesgo de Inundación del INDECI, obteniéndose un nivel de RIESGO ALTO, con un valor de 0.56.

Palabras claves: Inundación, peligro, estación, caudal, precipitación

ABSTRACT

The research titled “Flood Risk from the Shaullo Chico Gully in the Locality of Baños del Inca - Cajamarca, 2023” had as its main objective to estimate the flood risk associated with the Shaullo Chico gully in that locality. The methodological approach was applied in nature, with a descriptive level, non-experimental design, quantitative approach, and cross-sectional type. After conducting a technical visit to the study area, a topographic survey was carried out using a DJI AIR 2S drone. For the specific area of the gully, a CHCNAV I90 PRO differential GPS was used, which enabled the acquisition of more detailed topographic data. Regarding hydrological information, 24-hour maximum precipitation data were used from the Augusto Weberbauer, La Encaña, and La Victoria stations. These precipitation values were converted into intensities, from which IDF (Intensity – Duration – Frequency) curves were constructed, and subsequently, flow rates were calculated using the Rational Method. With this information, hydrological modeling was performed using the HEC-HMS software, considering a 1-hour event duration. As a result, maximum flow rates were obtained for return periods of 50, 100, and 200 years, with respective values of 7.86 m³/s, 8.44 m³/s, and 9.01 m³/s. Likewise, average precipitation values of 53.23 mm, 55.150 mm, and 56.914 mm were determined for the same periods. It was established that the Shaullo Chico gully basin had an area of 4.28 km², a length of 3.46 km, an average slope of 6.07%, and a perimeter of 9.21 km. For the vulnerability analysis, surveys were conducted with a sample of 82 households, considering various dimensions: physical, environmental and ecological, economic, social, and educational. The result showed an average vulnerability index of 0.75, classified as high. It was concluded that the scenario with the largest flood area corresponded to the 200-year return period, covering a total of 21,524.11 m², with a maximum depth of 2.08 m. This scenario had an intensity of 1, an occurrence frequency of 29 (medium), and a flood hazard level of 0.75 (high). Finally, flood risk was calculated using the INDECI Flood Risk Matrix, resulting in a HIGH RISK level, with a value of 0.56.

Keywords: Flood, hazard, station, flow rate, precipitation

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las inundaciones logran ser la principal causa de daños entre todos los desastres naturales, las muertes relacionadas con inundaciones continúan siendo un fenómeno muy común en todo el mundo y afectan a millones de personas anualmente (Olamrewaju & Reddy, 2022). En la historia del mundo, las cinco inundaciones más mortíferas ocurrieron debido a que se desbordó el río amarillo en los años 1931, 1938 y 1642, un peligro natural importante en África, que causó más de 27 000 muertes durante el período 1950-2019 (Tramblay et al., 2020). Hay muchas causas de inundaciones, debido al tiempo e intensidad de las lluvias, el caudal del río, la naturaleza topográfica, la tipología del suelo, la condición de humedad anterior, la cobertura del suelo y otros factores naturales y artificiales, incluido el cambio climático (Mamo et al., 2019). Los impactos relacionados con el clima y las actividades antropogénicas son los que más probablemente afectan las condiciones de flujo de inundación en muchos sistemas fluviales.

La precipitación y la temperatura son parámetros muy sensibles, gran parte de estos son afectados a través del cambio climático y es probable que cualquier otro componente hidrológico tenga un impacto significativo en la escorrentía. El cambio climático está relacionado con el cambio en la medida a largo plazo de los valores de precipitación y temperatura (Villanueva et al., 2022). El aire más cálido (debido al cambio climático) tiene capacidad para más agua, dado ello, es capaz de generar una crecida en las lluvias respecto a su intensidad (Shalish, 2021). Por ello, se estima que estas precipitaciones se intensifiquen con el calentamiento global en gran parte del mundo y se intensifiquen las inundaciones y el riesgo de inundaciones cuando las precipitaciones sean extremas (Tabari, 2020)

A nivel nacional, el Perú se ve afectado por la temporada de inminentes lluvias que suelen provocar el desborde de ríos y daños a la salud por accidentes o por enfermedades, los meses con mayor frecuencia de precipitaciones son los de febrero y marzo (Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios, 2023). En el presente año han sido evidenciados diversos incidentes de desbordamientos de ríos, lo que ha provocado la muerte de pobladores, daños en viviendas, cultivos, bloqueos de carreteras, entre otras consecuencias.

A nivel regional, la ciudad de Cajamarca es considerada una región vulnerable ante el acontecimiento de desastres naturales, entre los cuales se identifican frecuencia de lluvias

de gran intensidad, esto ha generado que los ríos se desborden afectando a los canales de riego, terrenos agrícolas, obstrucción de vías de comunicación y en ciertas ocasiones ha resultado en fallecimientos de algún poblador de la zona. En el año 2022 fueron registrados desastres como inundaciones, huacos y deslizamientos, esto ha causado que gran parte de la población se vea afectada quedando damnificada por el daño en sus viviendas (Mantilla, 2019).

Debido a la problemática mencionada anteriormente, la presente tesis tiene por finalidad estimar el riesgo de inundación causada por el desbordamiento de la Quebrada Shaullo Chico que afecta a la localidad de Baños del Inca.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el riesgo de inundación por la quebrada Shaullo Chico en la localidad de Baños del Inca - Cajamarca, 2023?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La actual indagación fue efectuada argumentándose que en el departamento de Cajamarca se suscita una gran cantidad de precipitaciones de intensidad considerable, lo cual provoca que los ríos tienden a sufrir desbordamientos, causando inundación en los sectores cercanos a los ríos localizados en la zona a ser estudiada y en vista de ello perjudicando a la población que habita en ella.

Uno de los fines de esta tesis es determinar el porcentaje de área inundable y el nivel del riesgo de estas según el diferente periodo de retorno de precipitaciones, esto se identificó mediante un análisis hidrológico y un posterior modelamiento hidráulico, lo cual resultó en mapas de inundación de las posibles zonas afectadas.

Con la investigación se aspira favorecer al distrito Baños del Inca en sus pobladores, dado que a través de esta tesis se obtendrá información precisa y clara respecto a las zonas inundables provocadas por el desbordamiento de la quebrada Shaullo Chico en el área de estudio. Esta evaluación podrá ser considerada para ser desarrollado proyectos de prevención de riesgos causados por inundaciones.

1.4. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, son descritos los alcances tomados a consideración.

El estudio proporciona información relacionada con ser evaluados el riesgo de inundación que causa la quebrada Shaullo, esta misma consiste en hacer empleo de los programas Hec – Ras e Hidroesta para poder determinar el área de inundación, la cual alcanza un área de 21,524.11 m² para un TR = 200años.

1.5. LIMITACIONES

Considera como limitaciones, el hecho de que en el estudio se empleó un software de simulación, el cual solo es demostrativo.

1.6. OBJETIVOS

Son descritos el objetivo general y cada objetivo específico según corresponda.

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar el riesgo de inundación por la quebrada Shaullo Chico en la localidad de Baños del Inca – Cajamarca, 2023.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y sistematizar la información cartográfica e hidrológica de la zona de estudio
- Modelar hidrológicamente el flujo de la quebrada Shaullo Chico, en base a su cuenca, con el punto emisor en el entorno de la localidad de Baños del Inca.
- Modelar hidráulicamente el flujo de la quebrada Shaullo Chico, en el entorno de la localidad de Baños del Inca.
- analizar los tipos de vulnerabilidad que estén asociados a la posible ocurrencia de una inundación, haciendo uso del manual del INDECI 2011.

1.7. DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Por medio del capítulo en mención se presenta el problema del cual impulsó la ejecución de la investigación, se plantean las hipótesis y objetivos demandados con el fin de efectuarse la investigación, de igual forma se analiza la relevancia, el alcance y las limitaciones de la misma.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Por medio de la sección en mención se recogen los antecedentes, logran establecerse las bases teóricas y logran definirse los términos de mayor relevancia. Dichos componentes lograron ser esenciales porque proporcionan el apoyo requerido por el estudio, al reunir hallazgos e información previa de otros autores vinculados al tema.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Por medio de esta parte se detalla la ubicación geográfica concerniente al área a ser estudiada, se describe la metodología empleada, haciendo inclusión del tipo de estudio, nivel de análisis, su diseño, muestra escogida, al igual que los instrumentos y técnicas utilizados con el fin de desarrollar del tema investigado.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Por medio de dicho apartado se presentan de forma clara y elocuente los hallazgos alcanzados de acuerdo a los objetivos planteados. De igual forma, se emplean gráficos y demás medios visuales a razón de mostrar visualmente los datos recolectados.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por medio del apartado en mención se desarrollan las conclusiones y recomendaciones resultantes al ser desarrollada la investigación. Las conclusiones sintetizan cada hallazgo y resultado relevante alcanzado, por otra parte, las recomendaciones proporcionan propuestas aplicables fundamentadas en estas resultantes para próximos pasos o estudios complementarios.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. INTERNACIONALES

Clar et al., (2023), en su investigación titulada “The impact of demographic developments on flood risk management systems in rural regions in the Alpine Arc” el propósito es utilizar un enfoque de métodos mixtos en la región de Gailtal en Carintia (Austria). Se concluye conforme a los efectos causales de la alteración demográfica en el manejo de riesgos por inundaciones que estas son limitadas debido a la complejidad de dichos impactos. Esto subraya la necesidad de estudiar cuantitativa y cualitativamente a fin de comprender las interacciones entre la edad, la vulnerabilidad, la capacidad de afrontamiento y adaptación, la exposición y los métodos estratégicos de administración del riesgo.

Boakye et al. (2021) en su artículo titulado “Assessment of flood prone zones in the Tarkwa mining area of Ghana using a GIS-based approach” abordó por objetivo analizar los puntos de riesgo por inundación dentro del área minera de Tarkwa. Los investigadores concluyeron que el método simplificado de mapeo permite identificar áreas susceptibles a inundaciones, lo que puede llegar a ser un beneficio en el control del riesgo asociado a este fenómeno.

Ndidi et al. (2022) en su investigación titulada “Flood risk mapping and urban infrastructural susceptibility assessment using a GIS and analytic hierarchical raster fusion approach in the Ona River Basin, Nigeria” tuvo por objetivo proponer un enfoque de modelado que combine modelos hidráulicos e integrados, utilizando técnicas analíticas de fusión raster jerárquica para abordar las limitaciones de un modelo individual. La metodología incluyó un estudio hidráulico del río empleando HEC-RAS, el ser obtenidos las representaciones topográficas partiendo de Modelos Digitales del Terreno (DEM), y el análisis del estudio de suelos. Para los resultados, se desarrollaron un modelo de riesgo que indicó un 20% para riesgo alto, un 30% para riesgo medio y un 50% para riesgo bajo correspondiente a 50 años de período de retorno equivalente. Estos autores concluyeron que el uso de programas como DEM o HEC-RAS facilita ser identificadas los puntos propensos a inundaciones y la evaluación de su nivel de riesgo en la zona a investigación.

2.1.2. NACIONALES

Por otra parte, López, (2021), en su investigación titulada “Evaluación del Riesgo por Inundaciones en las Viviendas del Asentamiento Humano Sagrado Corazón de Jesús Distrito de Castilla - Piura” el objetivo fue evaluar la probabilidad de inundación en los hogares ubicado en el barrio Castilla de Piura. Para ello nos propusimos identificar y evaluar los niveles de riesgo, susceptibilidad y peligrosidad de los hogares de dicha zona. Los parámetros y descriptores de la región de investigación serán ponderados utilizando la metodología del enfoque Multicriterio. Además, se elaborarán mapas que ilustran el grado de riesgo, vulnerabilidad y peligrosidad de la zona evaluada utilizando software SIG. Los resultados mostraron que pudo ser estimado el nivel del riesgo con un total de 421 parcelas de la zona analizada. El 7,4% (31 lotes), el 1,7% (7 lotes) y el 89,8% (383 lotes) de ellos fueron etiquetados como Nivel Alto, Nivel Medio y Nivel Muy Alto, respectivamente. No había lotes clasificados como Nivel de Riesgo Bajo. Esto sugiere que en la zona su peligro por inundaciones logró ser principalmente de nivel Medio o Alto. Respecto al nivel de riesgo se consideró inaceptable como resultado al analizar el riesgo por inundación en su matriz, también urgentes e importantes de gestión del riesgo.

Yrigoin & Vasquez (2023), en su investigación titulada “Evaluación del nivel de riesgo a inundación por desborde del río Jallqueño en la ciudad de Lajas, Chota, 2022” tuvo por fin evaluar en el punto en estudio su nivel del riesgo por inundación. Contemplaron por metodología de tipo aplicada, nivel descriptivo, diseño no experimental y de enfoque cuantitativo. Por ello obtuvieron por resultados sobre el nivel de peligrosidad fue alto con 23.1%, además muy alto con 32.4%, asimismo presenta una vulnerabilidad alta de 49.7% y un riesgo por inundación alto del 49.7%. Concluyeron que es necesario realizar muros de contención debido a que la crecida del caudal puede afectar a la población que se encuentra cerca del lugar de estudio.

Aponte y Guillen (2021) en su investigación titulada “Evaluación de riesgos por inundación pluvial en el asentamiento humano Nuevo Indoamérica, del distrito de La Esperanza - 2021”, estableció por objetivo conocer los riesgos del cual presenta el asentamiento humano Nuevo Indoamérica. El aspecto metodológico abordó ser de tipo aplicada, diseño no experimental, nivel descriptivo. Alcanzó en sus resultados a través del Manual de estimación de riesgo un nivel de peligrosidad frente a inundación del 70% siendo de nivel alto y una vulnerabilidad total del 72% considerado de vulnerabilidad alta.

Concluyeron que se debe realizar una propuesta de mitigación a través de la elaboración de un plan de evacuación dado que el incremento de precipitaciones afecta a la población que está alrededor.

2.1.3. LOCALES

Así mismo, Maza, (2021), en su investigación titulada “Diseño de la Defensa Ribereña para Reducción de Riesgos en el Centro Poblado Cochalán, Distrito San José del Alto - Cajamarca” por objetivo en esta investigación es generar la construcción del plan de defensa ribereña del cual disminuya el riesgo de inundaciones para la localidad de Cochalán, en el año 2021. Para determinar los parámetros esenciales, entre ellos un área de estudio equivalente a $54,712.036 \text{ m}^2$, por longitud 698.870 m , por pendiente 2.000% y por coeficiente de Manning 0.0550 , efectuó un levantamiento topográfico de la zona. Además, ejecutó análisis hidrológicos empleando la técnica racional modificada y teniendo en cuenta las crecidas más altas para calcular el caudal de diseño equivalente a $137,580 \text{ m}^3/\text{s}$. Cuyos resultados, obtuvo por periodo de amortización en 20 años y una superficie igual a $15.568,483 \text{ m}^2$, los resultados incluyeron ser identificadas las zonas de riesgo en lugares importantes mediante modelización hidráulica. Las características descubiertas llevaron a la conclusión de que un muro de contención en voladizo es el mejor tipo de defensa porque ofrece estabilidad frente a las presiones del suelo debido a su pared vertical y base horizontal. Concluyendo que el diseñar una defensa ribereña con muros de contención en voladizo resultó ser la mejor opción al final porque proporciona resistencia y estabilidad contra el empuje de retroceso debido a su pared tanto horizontal como verticalmente. A razón de ser disminuido el riesgo por inundaciones, se aconseja que la defensa en mención se construya en los lugares más importantes del arroyo.

2.2. BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN

2.2.1. INUNDACIONES POR DESBORDE DEL RÍO

Según Zan et al., (2023), describe que este origen de las inundaciones ocurre al momento en que el caudal hídrico en los ríos tiende a exceder su punto capaz normal y se sale de su cauce. Esto puede suceder debido a fuertes lluvias, deshielo de nieve, obstrucciones en el cauce o la ruptura de represas. De igual forma, estas pueden tener repercusiones destructivas, siendo estos el daño a hogares, infraestructuras, cultivos y muerte en las personas.

En la misma línea, Nigatu et al., (2023), manifiesta que estas inundaciones ocurren al momento en que el nivel hídrico en el río crece significativamente y excede los límites normales de su cauce, dando por implicancias ser inundadas las áreas adyacentes. Este fenómeno puede ser causado por lluvias intensas, la fusión rápida de nieve o hielo, o incluso por el colapso de una estructura en represas. Las inundaciones pueden ser repentinas, con un rápido aumento del agua, o graduales, con una subida gradual del nivel. Para mitigar estos riesgos, se requiere una planificación adecuada, incluyendo sistemas de alerta temprana, infraestructuras de administración del agua y medición de acomodación al cambio climático.

2.2.1.1. Planimetría

En lo que respecta a Crosato, et al., (2022), la planimetría en las inundaciones se apunta a la observación y el análisis de la distribución y extensión del agua durante un evento de inundación. Consiste en la creación de mapas y planos que representan las áreas perjudicadas tras la presencia del desbordamiento de los ríos, permitiendo visualizar la magnitud y el alcance de la inundación.

Del mismo modo Hasenhundl y Blanckaert (2022), añaden que la planimetría en las inundaciones se realiza mediante técnicas de cartografía y levantamientos topográficos. Se utilizan herramientas como GPS, estaciones totales y drones para recopilar datos sobre la elevación del terreno, la colocación de los elementos del agua y los límites de las áreas inundadas.

Así mismo, Marsal, (2023), estos datos se utilizan para crear mapas de inundación que muestran la extensión de las áreas afectadas, las rutas de flujo del agua y otros elementos relevantes para comprender el impacto de la inundación. Estos mapas son de suma importancia para la diligencia de emergencias, la planificación urbana y el tomar acciones en términos de evacuación, a fin de ser construidas infraestructuras que protejan contra inundaciones y evaluación de riesgos. La planimetría en las inundaciones también se utiliza para el monitoreo y la evaluación posterior a la inundación, permitiendo comparar la situación antes y después del evento y analizar la eficacia de las medidas tomadas.

2.2.1.2. Altimetría

Según Team, (2023) , la altimetría en las inundaciones comprende el análisis y diagnóstico de las alturas y elevaciones del terreno durante un evento de inundación. Consiste en determinar y representar las variaciones en la elevación del suelo afectado por la inundación, lo que permite comprender cómo el agua se distribuye y fluye en diferentes áreas.

De la misma manera Pegliasco et al., (2021) , define que la altimetría en las inundaciones proporciona información crucial sobre las elevaciones del terreno y ayuda a comprender cómo el agua se comporta y se distribuye durante un evento de inundación, lo que es esencial para la gestión y prevención de inundaciones.

2.2.1.3. Área contribuyente al flujo de agua

Según Niemi et al. (2023), el área contribuyente al flujo de agua comprende ser el área geográfica de la cual logra drenar con rumbo al punto de salida específico, comprendido por las cuencas hidrográficas, un lago o un río. Es el territorio desde el cual el agua fluye hacia un punto de descarga determinado. Está relacionado con el ciclo hidrológico y se utiliza para entender cómo se mueve el agua en una cuenca hidrográfica. En una cuenca, las precipitaciones que caen sobre el suelo se infiltran, se evaporan o fluyen a través de corrientes y ríos hacia un punto de salida.

De la misma manera, Huang et al. (2023), menciona que el tamaño y la forma del área contribuyente pueden variar dependiendo de la escala de análisis. Puede ser una pequeña área de drenaje en la parte superior de una colina que fluye hacia un arroyo, o puede ser una gran cuenca hidrográfica que abarca varios ríos y afluentes que finalmente desembocan en un océano.

2.2.1.4. Frecuencia de precipitaciones

Por otra parte, Wang et al. (2023), contempla que el punto en mención comprende a la cantidad de veces en las cuales ocurren eventos de lluvia u otras formas de precipitación dentro del periodo de tiempo y área determinada. Indica con qué regularidad se producen episodios de lluvia en una región específica.

Así mismo, Wasko et al. (2023), expresa que la frecuencia de precipitaciones puede ser medida y expresada de diferentes maneras, dependiendo de los datos

disponibles y los objetivos del análisis. Algunas medidas comunes incluyen el valor numérico de días de lluvia en un año, el valor numérico de eventualidades de lluvia por mes o la probabilidad en que sea manifestada cierta cantidad de precipitación dentro de un período determinado.

En la misma línea, Jin et al. (2022), La frecuencia de precipitaciones puede ser medida y expresada de diferentes maneras, dependiendo de los datos disponibles y los objetivos del análisis. Algunas medidas comunes incluyen el valor numérico de días de lluvia en un año o el valor numérico de eventualidades de lluvia por mes. La información sobre la frecuencia de precipitaciones es fundamental para ser comprendido el clima de cada región y sus patrones de precipitación. Posibilita realizar estudios climáticos, evaluar la disponibilidad de agua, analizar el potencial de inundaciones, diseñar infraestructuras de gestión de agua y definir opciones vinculadas a la agricultura, la gestión de desastres y las planificaciones urbanas.

2.2.1.5. Tiempo de concentración

Según Dong et al. (2023), describe que este parámetro comprende ser el punto tardío del cual el recurso hídrico fluye en puntos precisos a más lejos en la cuenca hidrográfica, llegando hacia puntos de salida específicos (ríos, arroyos o alcantarilla). Es el tiempo estimado que toma para que las lluvias que caen sobre un punto específico se dirijan hacia un punto de descarga.

En la misma línea, Fang y Guo (2019), el cálculo del tiempo de concentración varía según varios elementos, a través de la topografía de la cuenca, el valor permeable del suelo, la vegetación, la dimensión, además de la figura de la cuenca, entre otros. Dichos elementos tienden a impactar sobre la velocidad de escurrimiento del agua, además de la ruta la cual seguirá hacia el punto de salida. El tiempo de reunión es importante en la hidrología y la ingeniería hidráulica, ya que ayuda a determinar cómo se comporta hidrológicamente una cuenca y logra ser utilizado al ser diseñados los sistemas de drenaje, obras de control por inundación y en la gestión del recurso hídrico.

2.2.1.6. Periodo de retorno

Tulip et al. (2022), dicho factor es igualmente conocido como período de recurrencia o período de frecuencia, la cual comprende al intervalo de tiempo promedio

que se espera entre la manifestación de una eventualidad extrema, como una inundación, tormenta o terremoto, de determinadas magnitudes o intensidades.

Ahora bien, Babel et al. (2023), describe que es importante resaltar que el periodo de retorno no garantiza que un evento ocurra exactamente en el plazo establecido. Es simplemente una estimación basada en análisis estadísticos de datos pasados. Además, el periodo de retorno no es una medida precisa de predicción, ya que eventos extremos pueden ocurrir con mayor frecuencia o en períodos más largos de lo esperado debido a variaciones climáticas o cambios en las condiciones ambientales.

2.2.1.7. Coeficiente de escorrentía

Según Mo et al. (2023), expresa que el coeficiente de escorrentía, también conocido como coeficiente de escurrimiento, logra ser el factor utilizado hidrológicamente para estimar el valor cuantificable de precipitación del cual se convierte en escurrimiento superficial, es decir, la cuantificación del agua del cual tiende a fluir por medio de la superficie del terreno en vez de filtrarse por el suelo. El coeficiente en mención logra expresarse siendo un valor decimal entre 0 y 1, o como un porcentaje entre 0% y 100%. Un coeficiente de escorrentía 0 evidencia que toda la precipitación logra infiltrarse dentro del suelo y no hay escurrimiento superficial, mientras que un coeficiente de escorrentía 1 evidencia que toda la precipitación es convertida en escurrimientos y no se infiltra.

Así mismo, Vogeler et al. (2023), describe que el coeficiente de escorrentía se utiliza al momento de calcularse los hidrogramas, que representan la variación de los caudales de escurrimiento a lo largo del tiempo en una cuenca hidrográfica. También es fundamental al ser diseñados los sistemas de drenaje, obras para controlar las inundaciones y estudios que gestionan las aguas pluviales, ya que ayuda a estimar la cantidad de escurrimiento que se debe considerar al dimensionar infraestructuras y evaluar el riesgo de inundaciones.

2.2.1.8. Caudal

Según Wang et al. (2023) , describe que el caudal corresponde al valor cuantificable de agua del cual llega a fluir por una corriente o río en determinados períodos de tiempo. Abarca ser la medición cuantificable del agua del cual logra atravesar una sección transversal de cursos del mismo dentro del intervalo de temporalidad

específico. El caudal usualmente, se indica en unidades de volumen por unidad de tiempo, a través de m^3/s o l/s . Por ejemplo, un caudal de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ indica que 100 metros cúbicos de agua fluyen por segundo en un punto específico del río.

De la misma manera, Southwell et al. (2023), define que el caudal de un río puede variar en diferentes momentos del año debido a las fluctuaciones en las precipitaciones, el deshielo de las montañas, la regulación humana de los caudales y otros factores. En las regiones con estaciones secas y lluviosas, es común observar una variación estacional en el caudal de los ríos. El caudal es uno de los parámetros hidrológicos importantes empleado en diversos campos, como el control de recursos hídricos, al diseñar alguna infraestructura hidráulica, al ser planificado la utilidad del agua, al ser evaluado el riesgo por inundaciones, además de la monitorización de los ecosistemas acuáticos.

2.2.1.9. Metodología para la Estimación de Caudal de Diseño

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2011) a través del Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales menciona que, con el fin de ser estimado el caudal de diseño, logra ser un proceso relevante en la hidrología, necesario para gestionar el recurso hídrico, el planificar y la construcción de la infraestructura hidráulica. A continuación, se describe una metodología detallada para realizar esta estimación.

- Recopilación y Análisis de Información Hidrométrica

La primera medida con el fin de ser estimado el caudal de diseño logra ser la recopilación de datos hidrométricos; incluyendo la obtención de una variabilidad del caudal máximo anual, que se derivan del caudal máximo diario registrados en estaciones de aforo. Estos datos proporcionan una base histórica que es fundamental para su estudio.

- Análisis de Frecuencia

Al tener los datos de caudales máximos al año en mano, se procede a un análisis de frecuencia; este análisis utiliza la función teórica de distribución de probabilidad, a razón de modelar los datos y lograr ser estimados los caudales máximos esperados respecto a diversos periodos de retorno por medio de la distribución de Gumbel.

- Consideraciones sobre la Longitud del Registro

La exactitud de las estimaciones puede estar influenciada por la cantidad limitada de datos históricos; por ello, es crucial aplicar técnicas estadísticas que consideren esta limitación y ajusten las proyecciones en consecuencia.

- Establecimiento de Relaciones entre Caudal y Área de Drenaje

Con el fin de mejorar la exactitud de las estimaciones, se pueden establecer conexiones entre la totalidad de caudales máximos observados y sus áreas de drenaje correspondientes. Esto se puede lograr al crear gráficos que comparan el caudal con el área de drenaje respecto a diversos períodos de retorno. Estas representaciones gráficas permiten realizar estimaciones preliminares sobre las posibles inundaciones en la región bajo análisis.

- Validación y Consistencia de Datos

Analizar los caudales que se registran en diferentes estaciones de aforo a lo largo de diversas cuencas de los mismos ríos, así como en ríos de una región similar, es fundamental para corroborar la validez de los datos obtenidos. Este análisis comparativo no solo ayuda a identificar posibles irregularidades, sino que también asegura que la información recopilada sea representativa y de confianza.

- Aplicación de Métodos Estadísticos

En casos donde la información hidrológica es escasa, se pueden utilizar métodos estadísticos como las regresiones simples o múltiples, ya sea no lineal o lineal, para relacionar las precipitaciones con las descargas.

- Análisis Regional

En situaciones donde no se dispone de información hidrológica específica, se puede realizar un análisis regional; este enfoque utiliza datos de cuencas vecinas con características similares para extrapolar y estimar los caudales en las cuencas de interés.

- Consideraciones Finales

Es requerido tener en consideración que la metodología para ser estimado el caudal de diseño debe ser adaptable a las particularidades de cada región; factores como el cambio climático, el uso del suelo y las características geológicas pueden influir

significativamente en los patrones de escurrimiento y, por lo tanto, en las estimaciones de caudal.

2.2.1.10. Comportamiento hidráulico

Según Sena et al. (2023), menciona que el comportamiento hidráulico se refiere al estudio y la comprensión del flujo y el comportamiento del agua en sistemas hidráulicos, como ríos, canales, tuberías, estructuras de drenaje, además de sistemas que abastecen el agua. El comportamiento hidráulico implica analizar cómo el agua se mueve, cómo interactúa con las estructuras y cómo cambia su velocidad, presión y flujo en diferentes situaciones.

2.2.1.11. Hidrología estadística

Comprende ser aplicados los métodos estadísticos respecto al análisis de datos hidrológicos obtenidos de muestras, buscando predecir las características futuras de los fenómenos estudiados. El progreso en tecnologías computacionales y el desarrollo de técnicas numéricas han impulsado el empleo de los medios estadísticos en las ciencias naturales, destacando su relevancia en el medio hidrológico (Gunathilake et al., 2020).

Es habitual considerar que la estadística se utiliza al momento en que no es factible alcanzar cierta respuesta con exactitud de los problemas hidrológicos. Según esta perspectiva, la respuesta exacta se clasifica como determinística. Sin embargo, se puede evidenciar que una respuesta determinística es, en realidad, un caso particular dentro de un enfoque estadístico o probabilístico (Maity, 2022).

Según Gunathilake et al. (2020), las problemáticas hidrológicas suelen clasificarse en 3 categorías primordiales según la finalidad de los proyectos:

Diseño de la estructura hidráulica: Se requiere evaluar y cuantificar los valores de cada extremo (mínimo y máximo) de los escurrimientos superficiales.

Satisfacción de demanda: Es requerido ser evaluadas y cuantificadas cada descarga disponible dentro del punto de interés.

Diseños y operaciones de embalses Es requerido ser evaluadas y cuantificadas las variaciones en los escurrimientos superficiales en términos de valores medios, máximos y mínimos.

Para Maity (2022), dentro de estas categorías, los problemas pueden variar en simplicidad o complejidad, al tener dependencia de la calidad, cantidad y tipo de la información que se dispone, al igual que la magnitud del proyecto. Las situaciones más recurrentes incluyen:

Cuenca sin información hidrológica: Son casos más críticos y comunes, que pueden abordarse a través del análisis regional.

Cuenca con escasa información hidrológica: Es posible crear modelos que vinculen las precipitaciones con los caudales utilizando técnicas de regresión, ya sea de forma simple o múltiple, y aplicando métodos lineales o no lineales.

Cuenca con suficiente información hidrológica: Aquí pueden ser aplicadas todas las metodologías aplicables.

2.2.2. ÁREAS INUNDABLES

Según Kamza et al. (2023), especifica que las áreas inundables son aquellas zonas que están propensas a inundarse en el transcurso de eventualidades de lluvia intensa, desbordamiento de ríos, crecidas del cuerpo de agua u otros fenómenos que generan un exceso de agua en el terreno. Estas áreas suelen estar ubicadas en llanuras aluviales, deltas, cuencas hidrográficas y otras regiones cercanas a fuentes de agua, donde el agua puede acumularse y superar la capacidad para drenar del suelo. Ser identificados y la delimitación de los puntos inundables son primordiales en las planificaciones urbanas, la gestión del riesgo y al tomar medidas sobre el desarrollo y empleo del suelo, a razón de atenuar las repercusiones negativas de las inundaciones y ofrecer zonas seguras a las personas y los bienes.

2.2.2.1. Superficie inundable alto

Por otra parte, Mediero et al. (2022), expresa que la superficie inundable alta se refiere a aquellas áreas que son más propensas a sufrir inundaciones con mayor frecuencia y gravedad. Estas zonas suelen estar ubicadas en terrenos bajos, cercanos a cuerpos de agua importantes, como ríos, lagos o mares, o en áreas con una alta acumulación de agua debido a la topografía local. La superficie inundable alta implica un mayor riesgo de inundaciones, dado ello, demanda consideraciones particulares en términos de planificación urbana, gestión de riesgos y al tomar acciones relacionadas a la zonificación

y el tipo de desarrollo que se permita en estas áreas. Deben ser implementadas medidas de mitigación y adaptación a fin de ser reducidos ciertas repercusiones negativas por inundaciones en la población y las infraestructuras (INDECI, 2011).

2.2.2.2. Superficie inundable medio

Así mismo, Yolina et al. (2023), describe que la superficie inundable de grado medio se refiere a áreas que tienen cierta propensión a inundarse durante eventualidades de lluvias intensas o desbordamientos de cuerpos de agua, no obstante, con una menor frecuencia y gravedad en comparación con las áreas de superficie inundable alta. Estas zonas pueden ubicarse en áreas de menor riesgo, como terrenos ligeramente elevados cerca de cursos de agua o en regiones con una capacidad de drenaje razonable. Aunque el riesgo de inundación puede ser menor, es importante considerar medios que gestionen los riesgos y precauciones adecuadas a razón de proteger a las personas y las propiedades en estas áreas. Esto puede incluir ser implementados sistemas de drenaje aptos para ello, la promoción de prácticas de construcción resistentes a inundaciones y el ser planificado adecuadamente el empleo del suelo a razón de ser minimizados las repercusiones negativas de las inundaciones (INDECI, 2011).

2.2.2.3. Superficie inundable bajo

Por último, Weday et al. (2023), define que la superficie inundable de grado bajo se refiere a áreas que tienen una baja propensión a sufrir inundaciones, ya sea debido a su ubicación en terrenos elevados o alejados de fuentes de agua significativas, o debido a una buena capacidad de drenaje del suelo. Estas áreas suelen estar menos expuestas a los riesgos de inundación y, por lo tanto, se consideran de menor peligro en comparación con las áreas de superficie inundable media o alta. Sin embargo, es importante tener en cuenta que ningún lugar está completamente exento de riesgo de inundación, y es esencial tomar precauciones y seguir las regulaciones y prácticas adecuadas de desarrollo y construcción a razón de preservar puntos seguros para las personas y las propiedades en estas áreas. Además, es importante mantenerse informado sobre las variaciones de las condiciones hidrológicas y climáticas las cuales podrían afectar por la inundación según su nivel de riesgo en cualquier área (INDECI, 2011).

Figura 1

Niveles de intensidad por periodo de retorno en años.

Niveles de intensidad	Periodo de retorno en años (Tr)
Muy alta	$1 < T < 5$ años
Alta	$5 < T < 15$ años
Media	$15 < T < 50$ años
Baja	$50 < T < 200$ años ó más

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Figura 2

Niveles de peligrosidad

Nivel de Peligrosidad	Rangos
Peligro Muy Alto	$0,75 < NP \leq 1$
Peligro Alto	$0,50 < NP \leq 0,75$
Peligro Medio	$0,25 < NP \leq 0,50$
Peligro Bajo	$0 < NP \leq 0,25$

Nota. Tomado de INDECI (2011)

2.2.3. CUENCA

Una cuenca es una de las zonas geográficas delimitadas por divisorias de agua, denominadas como línea divisoria, canaliza toda la esorrentía y precipitación hacia únicos puntos de salida, como ríos o embalses; dicha zona de captación comprende todos los terrenos que contribuyen con el flujo de agua hacia puntos específicos denominados puntos de concentración o de cierre. La delimitación de una cuenca es ejecutada por medio del estudio topográfico, siendo identificado cada punto más alto de la cordillera, partiendo de los cuales las aguas fluyen hacia variadas direcciones, siguiendo de las curvas de nivel cierta línea perpendicular desde el área de concentración (Ortiz, 2021).

2.2.3.1. Área

En las cuencas de acuerdo al área de drenaje, logra expresarse en km², comprender las superficies horizontales totales que recogen y canalizan las precipitaciones hacia puntos de concentración; por medio de ello es conocido el volumen potencial de

escorrentías y se obtiene al interpretar un mapa topográfico que evidencia las limitantes de las cuencas y las curvas de nivel. Este medio hace inclusión a la totalidad de subcuencas menores de las cuales convergen dentro del cauce principal, evidenciando visiones completas del sistema hidrológico que comprende tanto zonas montañosas como llanuras (Ortiz, 2021).

2.2.3.2. Perímetro

El perímetro de las cuencas es toda la extensión de sus líneas divisorias, que delimitan la extensión completa del área de drenaje; dicho valor se representa por la letra P, por medio de ellos es hallada la forma y cada característica geométrica de las cuencas. El perímetro se emplea en compañía del área a fin de ser calculado el índice de forma, como el de compacidad, del cual evidencia datos sobre la eficiencia de las cuencas en la concentración y el movimiento del agua; considerar que una cuenca con perímetro más irregular suele tener forma alargada, llegando a influir en el tiempo de concentración y en la dinámica del flujo de las escorrentías (Ortiz, 2021).

2.2.3.3. Índice de compacidad

Es uno de los parámetros adimensionales que relacionan los perímetros de las cuencas con los perímetros de un círculo que tiene la misma área que las cuencas; dicho valor se emplea con el fin de ser descritas las geometrías de las cuencas y están estrechamente vinculados con el tiempo de concentración de los sistemas hidrológicos; si este valor es equivalente a 1 evidencia formas perfectamente circulares, que tiende a concentrar flujos de escorrentía en menor tiempo, lo cual puede llevar a elevaciones de mayor intensidad; un valor mayor indica una forma más alargada o irregular, que dispersa el flujo y puede atenuar las cuencas (Ortiz, 2021).

2.2.3.4. Longitud del Cauce principal

Las longitudes principales son las distancias medidas en toda la extensión de los ríos o arroyos principales desde su origen hasta el punto de concentración; dicho factor tiende a influir en los tiempos de escurrimiento, las magnitudes del caudal y el potencial de erosión de los cauces. Considerar que, a mayores longitudes del cauce, mayores serán los tiempos de tránsito de los cauces, dando por resultados en mayores atenuaciones de las mismas; de igual forma, la longitud de los cauces está correlacionadas por medio del área de las cuencas, de modo que una cuenca más grande tiende a generar el cauce más largo y complejo (Ortiz, 2021).

2.2.3.5. Pendiente del cauce

Logra ser calculada como el vínculo sobre el valor diferencial de la altitud desde el área de inicio hasta los puntos de concentración (cotas máximas menos cotas mínimas) y la longitud total de los cauces; siendo factores determinantes en el escurrimiento del agua respecto a su velocidad y en cada proceso erosivo y de sedimentación de los cauces. Si se cuentan con mayores pendientes implica flujos de agua más veloces, incrementando en el cauca su capacidad erosiva, por otro lado, si se cuenta con pendientes más bajas puede favorecer las sedimentaciones y demás en relación (Ortiz, 2021).

2.2.3.6. Ancho promedio

En las cuencas tiende a ser determinados al dividir el área de drenaje por las longitudes según la cuenca; evidenciando ideas generales de las formas de las cuencas y de su capacidad para ser analizado y canalizado el agua. Las cuencas con anchos mayores promedio tienden a evidenciar formas más compactas y capacidades de retención de agua de mayor elevación, esto en gran parte influye a través del tiempo por respuestas hidrológicas y cómo se distribuye las escorrentías (Sena & Hassan, 2023).

2.2.3.7. Pendiente media

La pendiente media son medidas de las inclinaciones promedios del terreno dentro de las cuencas; esto es hallado a través de la información topográfica detallada; por medio de ello se comprenden las fases erosivas, sedimentadores y de escurrimiento dentro de las cuencas; si estas mismas son pronunciadas evidencian un mayor problema erosivo, llegando a generar una creciente más rápida y torrencial; por otro lado, si estas cuencas evidencian una pendiente suave denotan un problema de drenaje y sedimentación, perjudicando la calidad del agua, al igual que la biodiversidad en el ecosistema local (Ortiz, 2021).

2.2.3.8. Curva hipsométrica

Dicho punto en mención es uno de los gráficos que representan las distribuciones de elevación dentro de las cuencas en relación a las superficies acumuladas; por medio de ello es evaluada la forma en que evoluciona los relieves de las cuencas, así como para ser entendido los ciclos erosivos y de sedimentación. A fin de ser construida las curvas, son graficadas las elevaciones en los ejes verticales y cada superficie acumulada en los ejes horizontales; dicha curva proporciona información a detalle respecto a la estructura altimétrica de las cuencas y se puede emplear a fin de ser comparados las diversas cuencas

o para ser analizadas las variaciones de elevación influyendo en las precipitaciones y el valor térmico; por medio de ello también se conoce las etapas de desarrollo del paisaje fluvial, diferenciando entre una cuenca joven y madura (Sena & Hassan, 2023).

2.2.3.9. Pendientes mayores

Las pendientes mayores dentro de las cuencas son aquellas áreas que evidencian inclinación más pronunciada que supera las pendientes medias de los terrenos; este tipo de zonas tienden a ser particularmente susceptibles a las erosiones originado por las mayores velocidades del flujo de agua superficial, esto conlleva a mayores movilizaciones del sedimento y a ser formados un tipo de barranco y deslizamiento de tierra. Si es evidenciada una pendiente mayor influye en gran significancia sobre la dinámica de los escurrimientos y en la formación del caudal torrencial, incrementando los riesgos por inundación y daño infraestructural; por otro lado, el área con pendiente pronunciada suele puede perjudicar el punto estable de la cuenca (Ortiz, 2021).

2.2.3.10.Red de drenaje

Comprende al conjunto en su totalidad de cauces naturales y artificiales que canalizan el agua de escorrentía desde las áreas más altas hacia el punto de concentración. Esta red incluye ríos, arroyos, quebradas, canales y otros cuerpos de agua que se interconectan para transportar el flujo hídrico a lo largo de la cuenca. La estructura y la forma en que se configura las redes de drenaje se determinan por medio del aspecto topográfico, geológico y el climatológico de la zona, y logran ser relevantes para la hidrología y la forma en que se comporta el flujo de agua de la cuenca (Ortiz, 2021).

2.2.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO

Las estimaciones de los riesgos precisan los resultados potenciales de acuerdo de los desastres, en conformidad a identificar el peligro y poder analizar la vulnerabilidad del mismo (Qi et al., 2020).

2.2.4.1. Nivel del riesgo

El nivel de riesgo caracteriza el comportamiento de las inundaciones repentinas que afectan crónicamente un área, llega a ser de importancia al evaluar que tan tolerante son estos mismo.

Tabla 1*Rangos para el nivel de los riesgos*

Valor	Riesgos
$0.0010 \leq R \leq 0.0050$	Bajos
$0.0050 \leq R \leq 0.0180$	Medios
$0.0180 \leq R \leq 0.0680$	Altos
$0.0680 \leq R \leq 0.2530$	Muy altos

Nota. Tomado de INDECI (2016).

2.2.4.2. Grado de vulnerabilidad

El grado de vulnerabilidad según INDECI (2016), logra ser expresada debido a cómo están localizados ciertas zonas a exposición del peligro, lo que genera una vulnerabilidad baja, media, alta y muy alta.

2.2.4.2.1. Análisis de vulnerabilidad ante peligro

A fin de ser analizada la vulnerabilidad frente a riesgos de inundaciones, se sugiere emplear la siguiente metodología:

- 1° Identificar elementos potenciales vulnerables (ambiente, actividad económica y población).
- 2° Identificar los tipos de vulnerabilidad: física, ecológica y ambiental, educativa, social y económica.
- 3° Identificar y analizar los indicadores según el grado de vulnerabilidad.

2.2.4.2.2. Tipos de vulnerabilidad

- Vulnerabilidad física

Figura 3

Variable: Localización de Viviendas.

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Muy cercana 0.2 – 0 Km.	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Cercana 0.2 – 1 Km.	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Medianamente cerca 1 – 5 Km.	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Muy alejada > 5 Km.	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Figura 4

Variable: Material de Construcción utilizada en viviendas.

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Figura 5*Características geológicas, calidad y tipo de suelo.*

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta con turba, material inorgánico, etc.)	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)**Figura 6***Variable: Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.*

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Con normativa vigente sin cumplimiento	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Con normativa vigente medianamente cumplidas	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Con normativa vigente estrictamente cumplidas	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

El grado de determinación de vulnerabilidades físicas, depende al ser promediada las 4 variables mencionadas anteriormente, cuyos resultados se encuentran entre los grados de vulnerabilidad y rangos de medición.

Figura 7
Grado de Vulnerabilidad.

RANGO DE LA VULNERABILIDAD FISICA	GRADO
$0,75 < V \leq 1$	Muy Alto
$0,50 < V \leq 0,75$	Alto
$0,25 < V \leq 0,50$	Media
$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

- Vulnerabilidad ambiental – ecológica (VAE)

Figura 8
Variable: Explotación de los recursos naturales (Er).

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Practicas negligentes e intensas de degradación en el cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos, recursos forestales), entre otros considerados básicos propios del lugar en estudio)	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Practicas negligentes periódicas o estacionales de degradación de cause y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales)	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Practicas de degradación del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales) sin asesoramiento técnico capacitado. Pero las actividades son de baja intensidad.	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Practicas de consumo/uso del cause y márgenes del río u otro continente de agua (suelos y recursos forestales) con asesoramiento técnico capacitado bajo criterios de sostenibilidad.	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Figura 9

Variable: Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos (Fe).

INDICADOR	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a más del 50% de la población.	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a más de la quinta de la población (entre el 20% y 50% de la población).	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a sectores focalizados de la población (< 20%).	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
El área de estudio no presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, por lo que la población no se ve afectada.	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

El grado de determinación de vulnerabilidad ambiental, depende del promedio de las 2 variables mencionadas anteriormente, cuyos resultados se encuentran entre los grados de vulnerabilidad y rangos de medición.

Figura 10

Grado de Vulnerabilidad.

RANGO DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL - ECOLÓGICA	GRADO
$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
$0,25 < V \leq 0,50$	Media
$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

- Vulnerabilidad económica (VE)

Figura 11

Grado de Vulnerabilidad.

INDICADOR	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
<p>El sistema de producción se basa en una actividad primaria extractiva, sin tecnificación, sin ningún criterio de sostenibilidad. El sistema de producción, bajo las condiciones en que se encuentran, no tiene oportunidades de insertarse a un mercado competitivo.</p> <p>Las actividades económicas realizadas por la población son poco rentables. No existen importantes inversiones. Se presenta un gran nivel de informalidad en las actividades económicas.</p> <p>El área en estudio se encuentra a una distancia que hace que la fluidez entre las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo sea muy pesado (locales y nacionales).</p>	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
<p>El sistema de producción, bajo las condiciones en que se encuentran, tiene muy poca posibilidad de insertarse a un mercado competitivo.</p> <p>Las actividades económicas realizadas por la población son poco rentables en su mayoría. Existen aisladas inversiones de rango medio, que tienen poco arrastre en la dinamización económica del lugar. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas.</p> <p>El área en estudio se encuentra a una distancia que dificulta la fluidez entre las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo (locales y nacionales).</p>	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
<p>El sistema de producción cuenta con algunos puntos que presentan competitividad.</p> <p>Algunas actividades económicas realizadas por la población presentan cierto nivel de rentabilidad. Existen algunas inversiones que empiezan a dinamizar el área en estudio. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas.</p> <p>El área en estudio se encuentra a una distancia que proporciona cierta fluidez (diaria) en las áreas de producción y los mercados de intercambio y consumo (locales, nacionales y/o internacionales).</p>	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
<p>El sistema de producción del área en estudio se encuentra o presenta un proceso importante de inserción a la competitividad.</p> <p>Las actividades económicas presentan un proceso de crecimiento y dinamismo presentando interesantes niveles de rentabilidad.</p> <p>Existen importantes inversiones productivas y económicas que dinamizan o empiezan a dinamizar el área en estudio. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas.</p> <p>El área en estudio una dinámica fluida con sus mercados de intercambio y consumo. (Mercados locales, nacionales y/o internacionales).</p>	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

El grado de determinación de vulnerabilidad, depende del promedio de las 2 variables mencionadas anteriormente, cuyos resultados se encuentran entre los grados de vulnerabilidad y rangos de medición.

Figura 12
Grado de Vulnerabilidad económica.

RANGO DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA	GRADO
$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
$0,25 < V \leq 0,50$	Media
$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

- Vulnerabilidad social (VS)

Figura 13
Variable: Nivel de Organización (Os).

INDICADOR	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
<p>La organización política o social de la población es nula o presenta altos niveles de corrupción en su clase dirigente y desprestigio popular. Existen disputas internas.</p> <p>La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, es nula o muy aislada. Existe un nulo o efímero interés de la población por participar en algún tipo de organización social.</p> <p>No existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros). No existen gremios organizados.</p>	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
<p>La organización política o social de la población es efímera o nunca funcionan. Existen disputas internas entre estas organizaciones. Presentan algunos casos de corrupción en su clase dirigente y desprestigio popular.</p> <p>Existe un bajo interés de la población por participar en algún tipo de organización social. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, debido a su nivel de desorganización tiene poca fuerza en la toma de decisiones. Existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros), pero son muy deficientes en su gestión. No existen gremios organizados.</p>	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
<p>Existe organización política o social de la población. No existen disputas internas entre estas organizaciones con normalidad. Presentan casos aislados de corrupción en su clase dirigente. Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año pero en condiciones de "sobre vivencia".</p> <p>La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, tienen cierta presencia. Sus propuestas son tomadas en cuenta. Existe un cierto interés de la población por participar en algún tipo de organización social.</p> <p>Existen comités vecinales de organización social, que cuentan con deficiencias, en proceso de formación, pero con un capital humano interesante de gestión.</p>	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
<p>Existe organización activa política o social de la población. Existen clases dirigenciales comprometidas con la prevención de riesgos, el desarrollo y la gestión eficiente de su territorio.</p> <p>Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año pero en condiciones de básicas o mejores. La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, tiene importante presencia. Sus propuestas son tomadas en cuenta. Existe interés de la población por participar en algún tipo de organización social.</p> <p>Existen comités vecinales de organización social (de defensa civil, seguridad ciudadana, vaso de leche, entre otros), en proceso de consolidación o con amplia trayectoria y gestión eficiente. Existen gremios organizados.</p>	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Figura 14

Variable: Grado y tipo de Relación e Integración entre las Instituciones y Organizaciones Locales (Gr).

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
No existe relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Débil relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones <locales	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Existe una parcial relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Fuerte relación e integración entre las Instituciones y organizaciones locales	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

El grado de determinación de vulnerabilidad, depende del promedio de las 2 variables mencionadas anteriormente, cuyos resultados se encuentran entre los grados de vulnerabilidad y rangos de medición.

Figura 15

Grado de Vulnerabilidad económica.

VULNERABILIDAD SOCIAL	GRADO
$0,75 < V \leq 1$	Muy Alto
$0,50 < V \leq 0,75$	Alto
$0,25 < V \leq 0,50$	Media
$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

- Vulnerabilidad educativa

Figura 16

Variable: Existencia de Capacitación en colegios en temas concernientes a Defensa Civil.

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
No cuentan ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil.	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Desarrollan insuficientes programas de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura escasa.	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Desarrollan con regular frecuencia programas de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Desarrollan constantemente programas de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura total.	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Figura 17

Variable: Existencia de Capacitación de la población civil en temas concernientes a Defensa Civil

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
La totalidad de la población no cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a Defensa Civil.	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
La población está escasamente capacitada en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura escasa.	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
La población se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
La población se capacita constantemente en temas concernientes a Defensa Civil, siendo su difusión y cobertura total.	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Figura 18

Variable: Campañas de Difusión.

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil para la población local.	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de defensa civil, existiendo el conocimiento total de la población.	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

El grado de determinación de vulnerabilidad educativa, depende del promedio de las 3 variables mencionadas anteriormente, cuyos resultados se encuentran entre los grados de vulnerabilidad y rangos de medición.

Figura 19

Grado de Vulnerabilidad educativa.

VULNERABILIDAD EDUCATIVA	GRADO
$0,75 < V \leq 1$	Muy Alto
$0,50 < V \leq 0,75$	Alto
$0,25 < V \leq 0,50$	Media
$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Figura 20

Formula del cálculo de vulnerabilidad total.

$$A = \frac{VF + VAe + VE + VS + VEd}{5}$$

Figura 21

Grado de Vulnerabilidad Total.

VULNERABILIDAD TOTAL	GRADO
$0,75 < V \leq 1$	Muy Alto
$0,50 < V \leq 0,75$	Alto
$0,25 < V \leq 0,50$	Media
$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota. Tomado de INDECI (2011)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Inundación: Las precipitaciones intensas durante un breve lapso de tiempo pueden exceder en el suelo su capacidad para retener humedad, esto resulta en una expansión del nivel de los ríos (Bernardini et al., 2021).

Área Urbana: Un área geográfica identificada por la concentración de infraestructuras, edificaciones y una alta densidad de población en una ciudad o localidad (Mo et al., 2024).

Quebradas: En términos geográficos, una quebrada es un estrecho y abrupto paso entre montañas. Su formación puede ser resultado del flujo de agua a lo largo del tiempo o debido a actividad tectónica. Usualmente, en las quebradas fluye un riachuelo o arroyo, especialmente después de las lluvias o durante ciertas épocas del año (Babu et al., 2022)..

Área de inundación: El área o zona inundable, comprende ser el territorio del cual resulta afectado a través de desbordamientos del cuerpo de agua como ríos, arroyos, lagos o mares, debido a que es acumulada agua que excede su capacidad normal de contención (Bernardini et al., 2021).

Caudal: El caudal es una medida que indica la cantidad del cual tiende a pasar por puntos determinados de ríos, arroyos u otro cuerpo de agua en períodos específicos de temporalidad. Siendo la representación de la tasa de flujos de agua sobre ese punto en particular y es esencial para comprender la hidrología de una cuenca hidrográfica o sistema fluvial (Olcina & Oliva, 2019).

Periodo de retorno: Es una medida estadística que representa el promedio de años que se estima transcurrirá antes de que ocurra una eventualidad extrema de determinadas magnitudes o mayor en un punto específico (Olcina & Oliva, 2019).

Frecuencia de eventos extremos: Estos eventos, que pueden abarcar desde precipitaciones intensas, olas de calor, tormentas severas, inundaciones, sequías, huracanes, hasta terremotos, entre otros, generan repercusiones significativas en diversas áreas, desde el entorno ambiental hasta la infraestructura y la sociedad. Analizar ello logra ser esencial para comprender su comportamiento y su impacto (Babu et al., 2022).

Coefficiente de Manning: Este coeficiente varía de acuerdo al canal en función de su forma y superficie. Las valoraciones típicas de n oscilan entre 0,010 en canales relativamente lisos, como el concreto pulido, hasta 0,10 o más en vías fluviales que contemplan vegetaciones densas o lechos rocosos (Fernández et al., 2020).

Pendiente de Cuenca: Es un medio del cual indica la inclinación o la pendiente del terreno dentro de la cuenca. Logra ser calculado como el vínculo sobre el cambio de altitud y la distancia horizontal en la cuenca (Addis, 2023).

Longitud de cuenca: Esta distancia se calcula siguiendo el trayecto del río principal y ofrece datos acerca del alcance y la dimensión de la cuenca (Liu et al., 2019).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

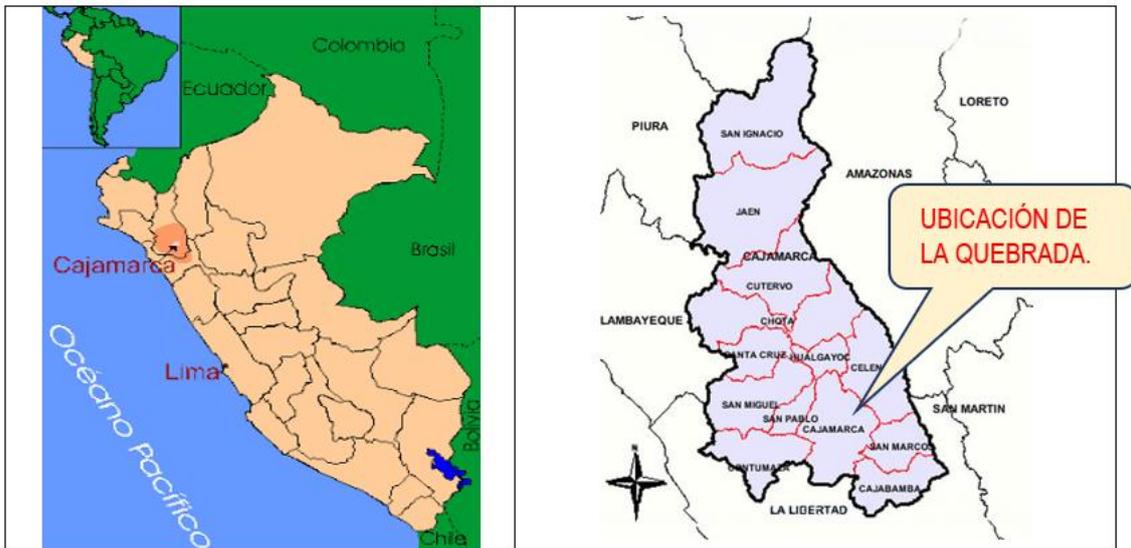
3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El tramo de la quebrada "Shaullo Chico" está situado en:

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Baños del Inca

Figura 22

Ubicación política del tramo en estudio de la Quebrada "Shaullo Chico"



Nota. En la Imagen Izquierda el mapa del Perú, y la localización del Departamento de Cajamarca en el País, en la Imagen Derecha Ubicación de la Provincia de Cajamarca en el Departamento de Cajamarca.

Figura 23

Trazo de la “Quebrada Shaullo Chico” en programa Google Earth.



Tabla 2

Ubicación del cauce principal desde el punto de mayor altura hacia el punto emisor.

Punto	Coordenadas UTM WGS84 (17s)		Altitud media de la cuenca (msnm)
	Este	Norte	
Inicio	780819.855	780819.855	2858.362049
Fin	783817.999	783817.999	

Figura 24

Inicio de la Quebrada “Shaullo Chico”, (cota: 2729.27 m.s.n.m.).



Figura 25

Medición de la altura del agua según la huella en las paredes del canal (cota: 2695.74; $h=0.57$).



Figura 26

Medición de la altura de agua dada la eflorescencia en los márgenes de la quebrada (cota: 2722.29; $h=0.88$).



Figura 27

Punto de control Nro. 1 y 2 con el colector de datos Trimble TSC3



Figura 28

Punto de control Nro. 3 y 4 con el colector de datos Trimble TSC3.



3.2. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es de tipo aplicada porque se usa el Manual de Estimación del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales del INDECI aplicada a una estructura física, donde se evaluó el área vulnerable ante una inundación originada a través del desbordamiento de una quebrada, basándose en conocimientos prácticos relacionados con la evaluación de mapas de inundación. Así mismo tuvo un enfoque cuantitativo, dado que la información recolectada y calculada se basa en representaciones numéricas.

3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

Según el nivel, abordó ser descriptiva, donde solo se describe el proceso de obtención de información de los estudios topográfico, hidráulico e hidrológico, así como el procedimiento a seguir para la simulación de comportamiento hidráulico de la quebrada en estudio.

3.2.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El diseño fue del tipo no experimental, al no llegar a manipularse las variables, solo se evaluó la zona en estudio sobre sus condiciones actuales, a manera de identificar la situación de la misma, posterior a ellos se procesaron la información mediante cálculos y por modelación hidráulica del cual permitió identificar las áreas inundables.

M-----→ Ox

Siendo:

M= Muestra

Ox= La totalidad de los hallazgos importantes derivados de la muestra en estudio (topografía, data pluviométrica)

3.2.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

Le corresponde el método hipotético-deductivo a la presente investigación, puesto que a través de la recolección y procesamiento de la información topográfica, hidráulica e hidrológica se buscó demostrar la hipótesis general y específica. El enfoque deductivo comprende el razonamiento o la lógica de una teoría que deriva las hipótesis que el investigador quiere probar, por lo que el enfoque utilizado es comenzar con lo general y apuntar a lo específico para refutar o probar lo que es exhibido al principio.

3.2.5. POBLACIÓN DE ESTUDIO.

La población estuvo comprendida a través del área que abarca el distrito de Baños del Inca, Cajamarca.

3.2.6. MUESTRA.

Corresponde a la quebrada Shaullo Chico, situada en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca.

3.2.7. UNIDAD DE ANÁLISIS.

Corresponde al área posiblemente afectada por el desbordamiento de la quebrada Shaullo Chico, situado en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca.

3.2.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.2.8.1.TÉCNICAS

Se tomaron por ser las más relevantes a la:

-Observación Directa: Técnica que facilita la recolección de información de los estudios efectuados en campo, así mismo con esta técnica se identificaron la condición de las edificaciones e infraestructura del punto en estudio.

-Análisis Documental: Esta técnica se empleó para el procesamiento de los estudios de medio hidrológico e hidráulico. Así mismo fue efectuada la recolección de información correspondiente a la normativa relacionada con el tema de investigación.

3.2.8.2.INSTRUMENTOS

Por instrumentos o métodos de los cuales se tomaron en consideración por ser las más relevantes serán:

-Guía de Observación: En las guías de información se plasmó la data relacionada con la planimetría y altimetría de la zona estudiada y cada característica de las edificaciones e infraestructura perteneciente a dicha área.

-Guía de Análisis Documental: Guías de información en las cuales se plasmó el cálculo para la obtención de los ríos de su caudal máximo y de la información obtenida en la simulación del comportamiento hidráulico de los ríos.

3.2.8.3.MATERIALES Y EQUIPOS

-Materiales

Yeso (demarcación de las calicatas y de los puntos para el levantamiento topográfico)

Estacas

Martillo

-Equipos

Estación total

Nivel

3.3. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

a) Procesos para obtener la información

- Reconocimiento en campo del área a investigar.
- Levantamiento topográfico del área a investigar.
- Identificación de precipitaciones máximas ocurridas dentro del distrito de Baños del Inca de SENAMHI.
- Realización del estudio hidrológico
- Análisis de la estación meteorológica en sus intensidades máximas correspondiente al área a investigar.
- Empleando el MÉTODO RACIONAL calcular los caudales máximos.
- Simulación hidráulica por medio del software HEC-RAS a fin de llevar a cabo la modelación hidráulica del desbordamiento de los ríos
- Adquisición de los mapas de inundación.
- Determinar los niveles de riesgo en los sectores del distrito de Baños del Inca aplicando el manual para la “Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales” del Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales.
- Generar mapas de riesgo por inundación en la quebrada Shaullo Chico en la zona de estudio.

b) Procesamiento de la información

A fin de ser procesada la información se realizó por medio de softwares computacionales a razón de ser elaborados gráficos, tablas y los planos según los resultados. Estos fueron los siguientes:

- **ArcGIS.** Delimitación de la cuenca perteneciente a los ríos de la zona a investigar y posteriormente ser identificadas las condiciones geomorfológicas.
- **AutoCAD.** Elaboraciones del plano de ubicación, mapas de delimitación de la cuenca, además de mapas de inundación.
- **Civil 3D.** Procesamientos de datos recolectados conforme al levantamiento topográfico
- **Hec-Ras 4.5.** Modelamiento hidráulico.
- **Microsoft Excel.** Procesamientos estadísticos descriptivos de la información que se recopiló en la tesis, cálculo de la evaluación hidrológica.

3.3.1. Ensayos y normativa

- Manual para la evaluación de riesgo originados por inundaciones fluviales
- Manual hidrología, hidráulica y drenaje del MTC

3.4. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se consideró la utilización de un exhaustivo análisis estadístico que incluyó técnicas avanzadas como ANOVA y Kruskal-Wallis para investigar las diferencias significativas entre diversos conjuntos de datos. ANOVA se empleó para comparar las medias entre grupos, mientras que Kruskal-Wallis fue utilizado en situaciones donde las condiciones de homogeneidad y normalidad de varianzas no se daban. Además, se aprovecharon las funcionalidades del software estadístico SPSS para efectuar estos análisis de forma eficaz y detallada.

3.5. AREA INUNDADA POR LA “QUEBRADA SHAULLO CHICO”

Según el modelamiento hidráulico utilizando HEC-RAS, se obtuvo un área de inundación de 21,524.11 m² para un caudal correspondiente a un TR=200 años, el cual fue calculado mediante el método racional como $Q = 9.01 \text{ m}^3/\text{s}$. La información obtenida

en campo reporta un área de 21,832 m², que representa un incremento de aproximadamente 1.43%.

Al ejecutar múltiples simulaciones de caudal en el programa HEC-RAS 6.5, se buscó aproximar el área de inundación reportada mediante encuestas y observación en campo, la cual asciende a 21,832 m². El caudal y el tiempo de retorno que mejor se ajustaron a esta área fueron: $Q = 9.18 \text{ m}^3/\text{s}$ y $TR = 220$ años, ligeramente superior al periodo de retorno de 200 años considerado en el estudio. No obstante, debido al escaso margen de diferencia y a la incertidumbre inherente a las estimaciones realizadas en campo, se concluye que el modelamiento correspondiente a un TR de 200 años representa de manera adecuada las condiciones observadas.

Validación mediante observaciones en campo

Durante el trabajo de campo se recopiló información a través de consultas a la población local, identificando áreas afectadas por eventos hidrometeorológicos extremos. Estas áreas fueron georreferenciadas y se obtuvo una superficie total de 25,201 m² distribuidas en los siguientes sectores:

- Área 01: 9,258 m², Área 02: 3,278 m², Área 03: 6,992 m², Área 04: 2,304 m²

Figura 29

Área de inundación tomada de consultas en a la población en campo ($A=21,832 \text{ m}^2$), área inundada perteneciente a diciembre del 2024.

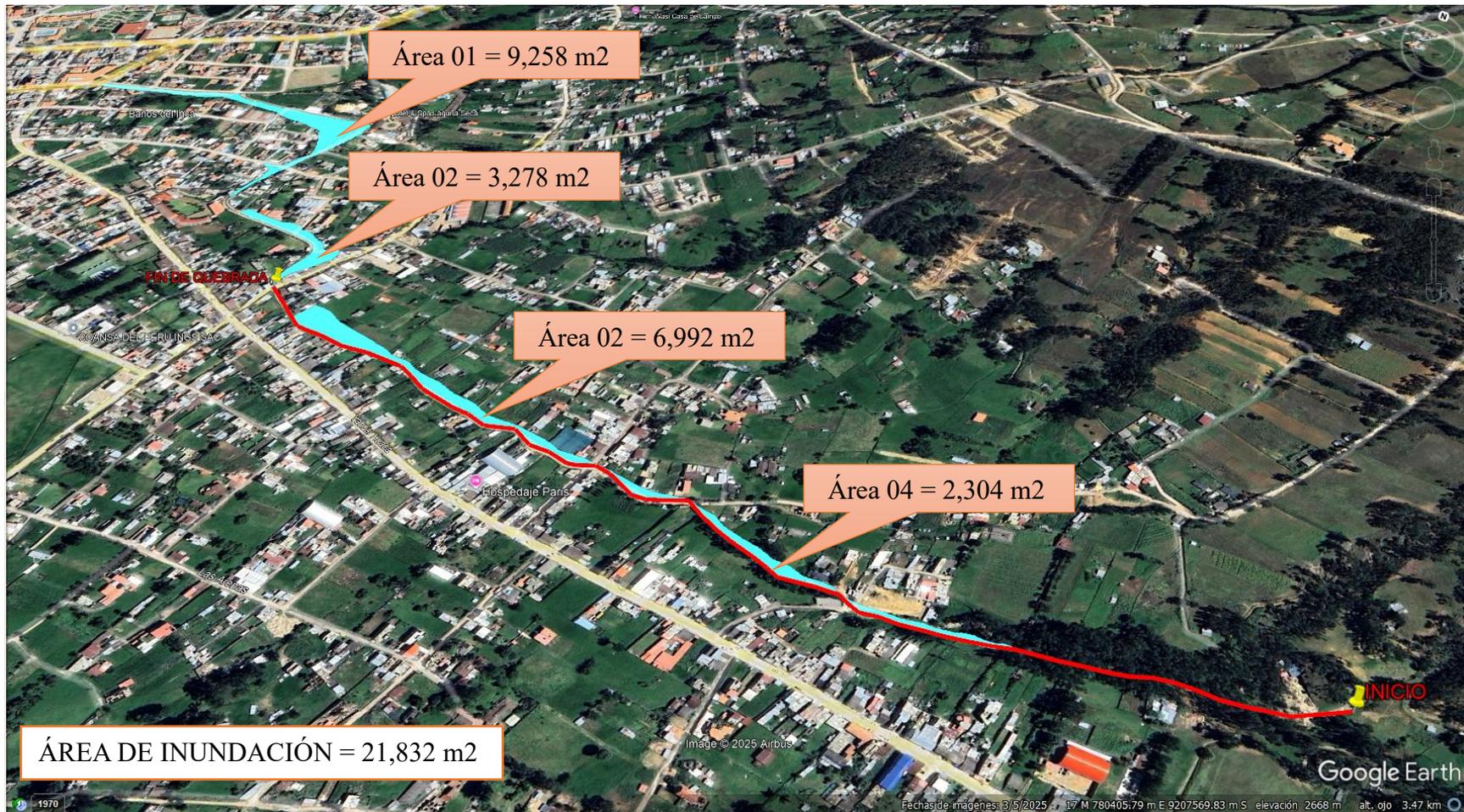


Figura 30

Consecuencias de lluvias reportadas en el mes de diciembre -2024 “Quebrada Shaullo Chico”



Figura 31

Consecuencias de lluvias reportadas en el mes de diciembre -2024 “Quebrada Shaullo Chico”.



Figura 32

Consecuencias de lluvias reportadas en el mes de diciembre -2024 “Quebrada Shaullo Chico”.



Figura 33

Consecuencias de lluvias reportadas en el mes de diciembre -2024 “Quebrada Shaullo Chico”.



CAPÍTULO IV. RESULTADOS

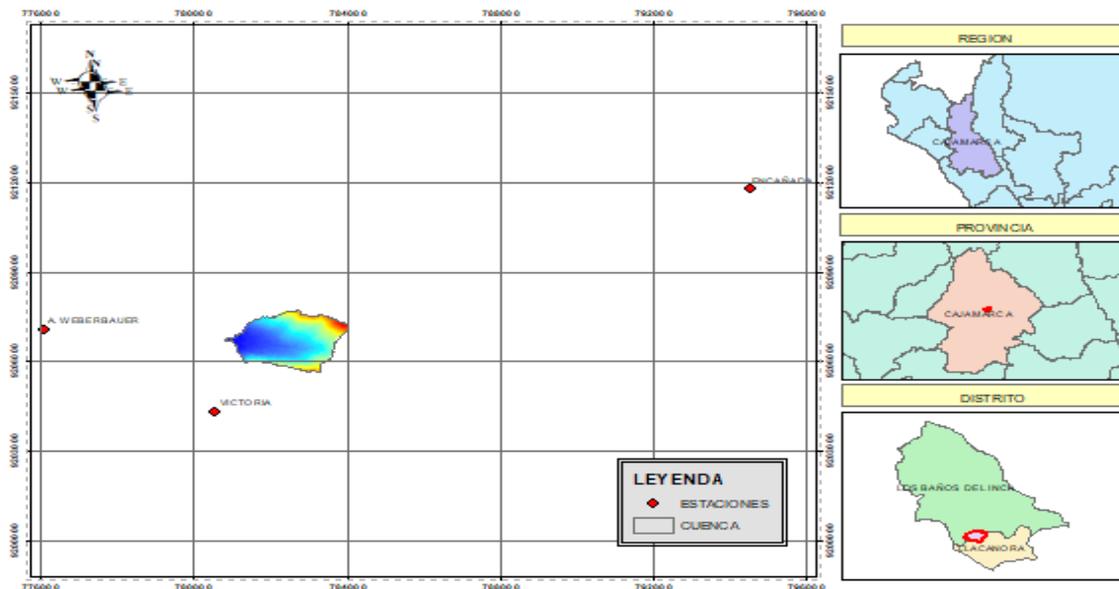
4.1. RESULTADOS

4.1.1. Recolección y sistematización cartográfica e hidrológica de la zona de estudio

La microcuenca en estudio está situada entre los distritos de Los Baños del Inca y Llacanora, provincia y departamento de Cajamarca. Para este análisis se seleccionaron las estaciones meteorológicas Augusto Weberbauer, Victoria y Encañada. Continuando, se evidencia la ubicación de la microcuenca y de las estaciones.

Figura 34

Ubicación de la microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico” y de las estaciones meteorológicas, Augusto Weberbauer, Victoria y Encañada.



4.1.2. Ubicación Política de la microcuenca en estudio

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: Baños del Inca y Llacanora

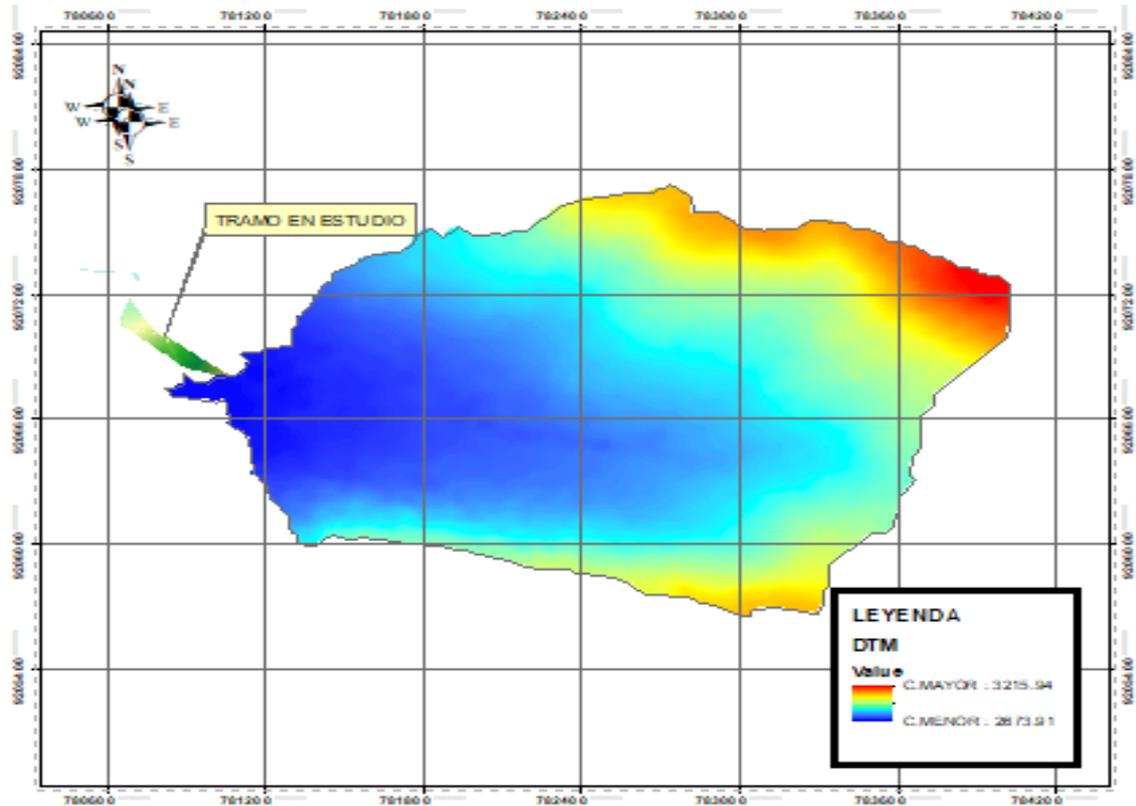
4.1.3. Parámetro geomorfológico de la cuenca

A fin de conocer cada parámetro geomorfológico de la microcuenca de la Quebrada “Shaullo Chico”, fue indispensable poseer la modelación digital de elevación (DTM).

Se logró obtener el DTM a través de la resolución espacial de 5m, obtenida desde la plataforma Land Viewer (dicha resolución espacial se encuentra de forma gratuita en la plataforma ya mencionada).

Figura 35

Modelo digital de elevación delimitada respecto a la cuenca en estudio.



Se efectuó la extracción del DTM respecto a la microcuenca en estudio, para ello fue necesario utilizar una de las herramientas del ArcGis (extract to mask). En la parte de la divisoria de agua, se observa que existe mayor altura respecto a la zona de los tributarios.

4.1.4. INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

No existen estaciones meteorológicas al interior de la quebrada “Shaullo Chico” en su microcuenca y menos aún estaciones hidrométricas, dado ello, fue requerido identificar estaciones meteorológicas adyacentes a la microcuenca en estudio.

Recopilado la Información de las fuentes oficiales de Senamhi y Ana, se procesó dicha información pluviométrica de las estaciones meteorológicas, la Victoria, Encañada y Augusto Weberbauer (estaciones seleccionadas); la primera estación se encuentra a 2.13

km, la segunda estación a 11.48km y la última estación a 4.95 km; todas las distancias mencionadas anteriormente son respecto a la microcuenca en estudio; cabe precisar que la Organización Mundial de Meteorología (OMM), nos recomienda que las estaciones deben estar a una distancia máxima de 30 km.

Tabla 3

Ubicación de las estaciones meteorológicas.

Estación	Código	Tipo	Coordenadas UTM WGS84		Altitud (msnm)
			Este (m)	Norte (m)	
A. WEBERBAUER	000304	Convencional/ climática	776113.9	9207074.7	2536
ENCAÑADA	153331	Convencional/ climática	794583.4	9211773.2	2980
VICTORIA	000318	Convencional/ climática	780577.8	9204337	2630

Asimismo, las precipitaciones históricas se pueden ver en los anexos.

Análisis morfométrico de la microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico”

Forma de la cuenca: Esto es indispensable para conocer el comportamiento morfodinámico de la misma, a través de fórmulas establecidas. Para la delimitación de la microcuenca es necesario emplear un programa del Sistema de Información Geográfica (SIG).

Tabla 4

Parámetros de la forma de la cuenca.

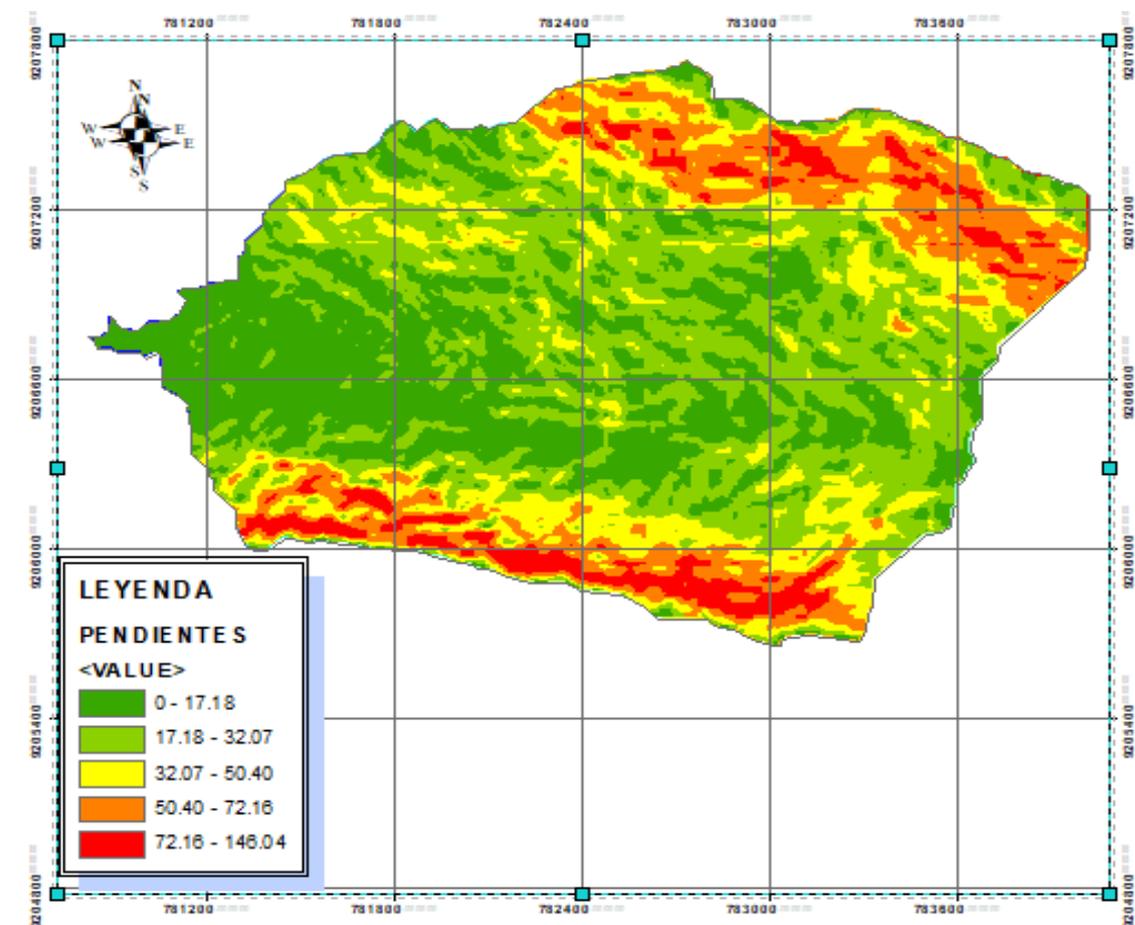
Nº	P.G.	FÓRMULA	RESULTADO
1	ÁREA DE LA CUENCA	-	Ac = 4.29 Km ²
2	PERÍMETRO DE LA CUENCA	-	Pc = 9.21 Km
3	ÍNDICE DE COMPACIDAD	$K_c = 0.2821 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Kc = 1.25 Adimensional
4	ANCHO PROMEDIO DE LA CUENCA	$B = \frac{A}{L}$	B = 1.02 Km

Los valores del área y perímetro de la cuenca, se obtuvo mediante el programa ArcGis V10.8, para lo cual fue necesario tener el modelo digital de elevación (resolución espacial 5m) y un punto emisor ya predeterminado.

El valor de índice de compacidad de la microcuenca es $Kc= 1.25$, por lo que podemos identificar que dicho valor se encuentra entre 1.25-1.50, el cual nos indica que la cuenca **oval redonda a oval oblonga**

Pendientes de la cuenca: En general podemos deducir que a mayor pendiente en la cuenca la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempos menores. Los parámetros de relieve más importantes son: pendiente media de la cuenca, curva hipsométrica y altura media de la cuenca

Figura 36
Mapa de pendientes de la microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico”



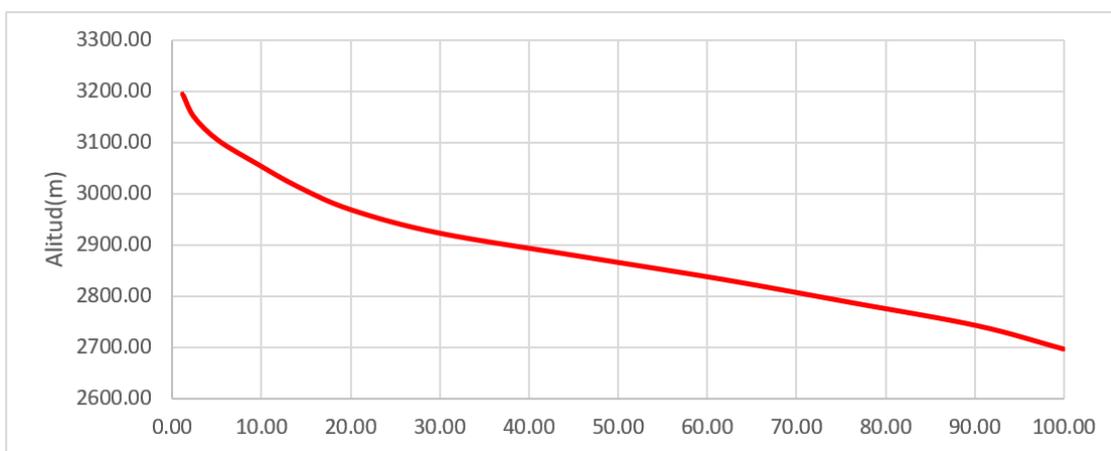
De la figura anterior se puede observar, que existe pendientes mayores a 50% en los límites de la microcuenca (zona de la divisoria de aguas), en este caso en zonas donde existen pendientes altas hay susceptibilidad de erosión ante eventos climatológicos. Asimismo, en áreas adyacentes a la red de drenaje existen pendientes entre 0 %-40% aproximadamente

La pendiente media de la cuenca es **30.75%**, según la clasificación la microcuenca es de tipo **escarpado**

Curva hipsométrica: La curva hipsométrica de la cuenca representa la variación altitudinal por medio de una curva tal, que a cada altura le corresponde un respectivo porcentaje del área ubicada por encima de esa altura. Esta curva nos indica en qué etapa se encuentra la cuenca, fase de juventud, fase de madurez o fase de vejez)

Figura 37

Curva hipsométrica de la microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico”.



Como ya se mencionó anteriormente podemos deducir la microcuenca por la forma se encuentra en una etapa de madurez

Elevación media de la cuenca: La elevación sobre el nivel del mar de la cuenca incide directamente sobre su régimen hidrológico, puesto que esta afecta directamente su comportamiento climatológico. Conociendo el modelo digital de elevación DTM, se utilizó las herramientas del ArcGis V10.8, para poder estimar la altitud media de la cuenca.

Tabla 5

Estimación media de microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico”.

Altitud (m)	Hm (m)	Áreas (m²)	Hm*Área	
2673.91	2764.25	2719.08	1015406.15	2760966673.40
2764.25	2854.58	2809.42	1302881.28	3660334897.46
2854.58	2944.92	2899.75	1096335.56	3179101711.97
2944.92	3035.25	2990.09	454491.88	1358969771.18
3035.26	3125.57	3080.42	298977.78	920976939.97
3125.60	3215.94	3170.77	107449.42	340697204.19
			4275542.07	12221047198.18

Longitud y pendiente del cauce principal: Es el recorrido desde el extremo más distante en dirección ascendente hacia el punto de drenaje descendente del cual realiza una gota de agua. Para nuestro caso del cauce principal le corresponden 3.46 km de longitud.

Figura 38
Longitud del cauce principal de la cuenca de la quebrada “Shaullo Chico”.

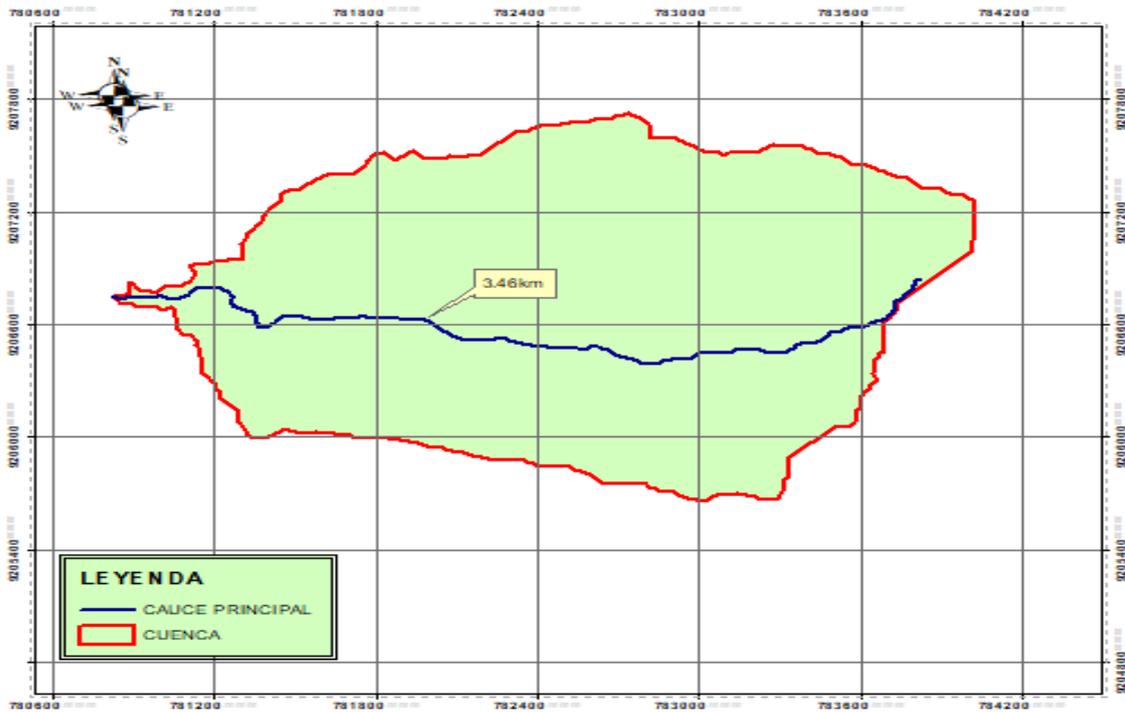


Figura 39
Perfil del cauce principal.

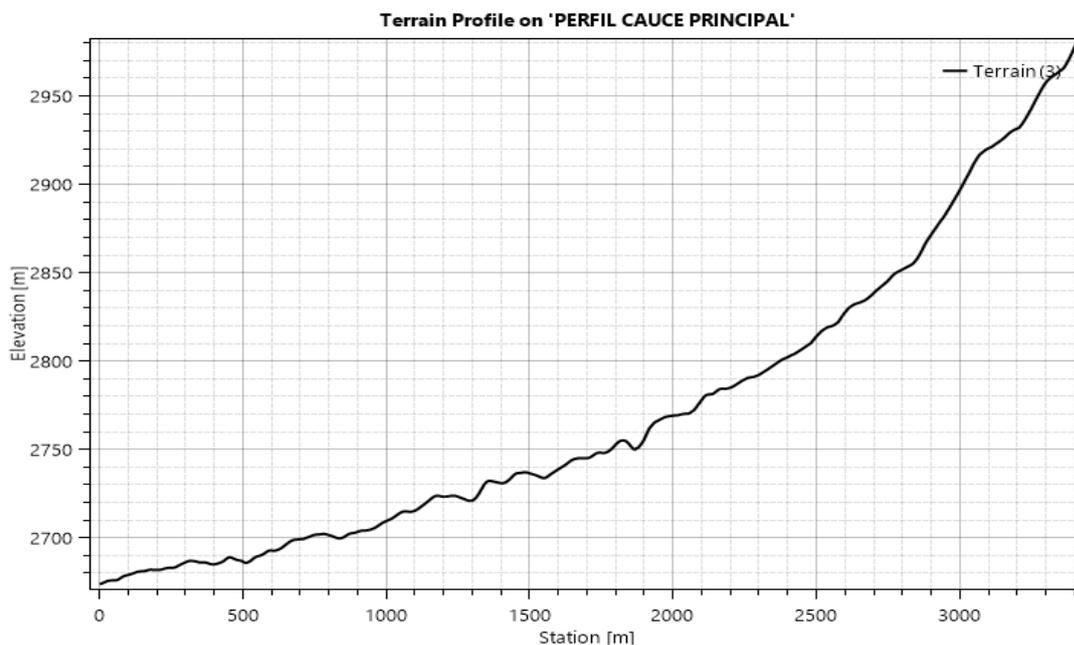


Tabla 6*Estimación de la pendiente del cauce principal según Taylor y Schwarz.*

Progresiva	Longitud (m)	Longitud Acumulada (m)	Cotas	Desnivel	S	1/(S)^0.5
0+000	0.000	0.000	2673.870			
0+200	200.000	200.000	2681.870	8.000	0.040	5.000
0+400	200.000	400.000	2685.150	3.280	0.016	7.809
0+600	200.000	600.000	2692.860	7.710	0.039	5.093
0+800	200.000	800.000	2702.060	9.200	0.046	4.663
0+1000	200.000	1000.000	2707.710	5.650	0.028	5.950
0+1200	200.000	1200.000	2723.860	16.150	0.081	3.519
0+1400	200.000	1400.000	2731.920	8.060	0.040	4.981
0+1600	200.000	1600.000	2736.340	4.420	0.022	6.727
0+1800	200.000	1800.000	2748.960	12.620	0.063	3.981
0+2000	200.000	2000.000	2768.170	19.210	0.096	3.227
0+2200	200.000	2200.000	2784.110	15.940	0.080	3.542
0+2400	200.000	2400.000	2798.590	14.480	0.072	3.716
0+2600	200.000	2600.000	2819.940	21.350	0.107	3.061
0+2800	200.000	2800.000	2844.920	24.980	0.125	2.830
0+3000	200.000	3000.000	2879.820	34.900	0.175	2.394
0+3200	200.000	3200.000	2923.500	43.680	0.218	2.140
0+3400	200.000	3400.000	2961.520	38.020	0.190	2.294
0+3482	82.000	3482.000	2979.780	18.260	0.223	2.119

$$S=0.0607$$

$$S=6.07\%$$

Al estimar la pendiente del cauce principal es necesario dividir en tramos toda la longitud del cauce, de esta manera tener un resultado más preciso. Cabe precisar, que la estimación de la pendiente es respecto del punto de mayor altura respecto al punto emisor

Se consideran corrientes con pendientes fuertes cuando superan el 3%, por lo que asumimos en nuestro caso, que la pendiente estimada es “pendiente fuerte”

4.1.5. ANALISIS HIDROLOGICO

La información sobre las precipitaciones registradas en 24 horas en la zona de estudio se obtiene de tres estaciones meteorológicas (Augusto Weberbauer, la Encañada y la Victoria); Se completó la información de los datos faltantes de la estación Augusto

Weberbauer, correspondiente a los meses de octubre y noviembre del año 2002, por el método “promedio” debido a que solo corresponde 2 meses

Estacion A.Weberbauer -Octubre	Noviembre	
Precipitacion	P(x)	P(x)
Promedio	14.53	17.09

Tabla 7*Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Augusto Weberbauer), completo.*

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1997	16.3	16.3	7.1	8.3	7.5	6.6	0.2	0.0	7.6	10.2	27.6	23.8
1998	12.5	16.5	31.7	22.3	6.3	4.1	1.3	3.5	4.6	17.7	14.6	9.8
1999	15.9	38.8	13.5	10.4	13.9	6.4	11.6	0.5	21.8	14.3	18.6	13.1
2000	17.3	36.1	18.6	19.7	14.4	5.3	1.8	5.0	10.9	3.3	17.9	20.4
2001	27.6	17.7	28.2	14.3	14.7	1.0	6.9	0.0	5.7	14.7	20.3	15.9
2002	8.2	10.8	15.7	18.2	12.7	5.4	4.7	3.4	7.7	14.53	17.09	10.6
2003	18.7	18.4	20.1	8.8	6.7	7.0	1.6	6.1	8.9	19.2	17.1	20.8
2004	11.9	21.5	10.5	12.4	6.5	0.9	6.0	10.2	4.0	9.5	28.1	22.7
2005	20.2	10.0	19.7	10.8	3.6	3.5	0.3	3.5	14.3	9.3	11.6	15.3
2006	15.2	13.5	18.8	17.0	2.2	6.2	1.6	5.4	10.2	4.0	20.6	12.3
2007	15.6	6.8	25.4	21.0	5.2	1.4	3.0	4.0	10.2	19.0	15.7	16.7
2008	20.2	17.1	23.6	27.0	7.4	6.0	1.3	4.8	11.6	10.8	19.7	S/D
2009	21.9	16.4	20.5	17.8	18.2	9.1	5.3	0.9	5.2	18.1	22.2	12.6
2010	14.6	36.4	34.0	21.6	12.6	2.8	2.2	1.3	10.5	16.8	12.8	21.9
2011	14.9	16.4	25.5	22.4	9.7	0.4	5.1	0.0	12.7	9.3	5.2	27.7
2012	18.0	27.9	26.7	11.3	10.8	0.3	0.0	1.9	12.8	24.2	27.3	17.6
2013	11.7	13.1	35.3	15.9	10.2	4.5	2.5	5.7	1.9	19.4	6.1	9.6

2014	13.7	15.3	22.1	24.4	6.8	2.4	2.0	1.7	5.8	13.5	11.1	20.2
2015	23.3	14.0	25.4	11.9	19.5	2.3	3.2	0.1	25.2	4.6	20.5	10.7
2016	13.1	16.7	32.4	12.6	2.6	0.7	1.4	1.1	17.9	17.3	4.5	11.9
2017	12.9	11.6	14.3	14.1	9.6	6.3	2.3	8.2	10.4	21.7	18.2	51.8
2018	16.9	33.5	18.3	12.1	8.7	5.0	0.4	0.0	11.2	13.7	14.0	16.2
2019	14.6	14.8	25.5	12.9	8.5	4.9	4.4	0.0	3.0	19.0	15.7	20.2
2020	11.4	6.5	S/D	S/D	S/D	S/D	10.9	0.4	5.1	14.6	17.2	14.4
2021	15.5	32.6	29.1	31.5	9.8	2.7	1.6	4.7	5.7	20.6	17.2	11.9
2022	12.0	27.4	40.4	22.3	20.7	3.6	4.4	9.2	7.8	9.6	5.9	15.5
2023	19.3	21.2	26.2	9.6	10.0	0.0	1.9	3.0	1.0	22.4	21.2	28.2
2024	11.2	32.7	19.5	17.4	21.6	6.4	2.8	0.6	19.9	20.5	16.4	25.6

Nota. Base de datos SENAMHI

Tabla 8

Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Encañada), completo.

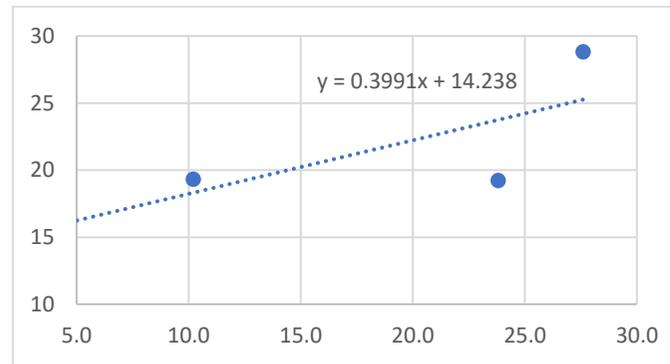
Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1997	20.74	20.74	17.06	17.54	17.22	16.86	14.31	14.23	17.26	19.3	28.8	19.2
1998	20.2	35.7	27.7	35.3	19.4	4.3	0.4	4.5	18.7	37.3	10.1	25.1
1999	22.5	30.1	39.6	18.7	31.4	18.3	7.3	4.7	22.6	11.1	26.1	17.8
2000	11.2	19.5	30.6	18.3	16.4	8.3	0.5	6.1	14.0	1.6	14.1	24.3
2001	43.8	26.3	24.6	26.2	12.8	0.3	1.4	0.8	11.8	28.0	17.7	17.8

2002	16.7	33.4	36.0	27.1	5.7	5.0	1.9	1.1	13.1	S/D	S/D	S/D
2003	9.4	27.9	28.0	18.6	13.4	18.7	0.0	6.8	7.7	21.9	30.5	23.3
2004	27.3	20.9	18.0	23.4	10.9	3.0	9.4	0.5	10.8	42.6	22.5	26.0
2005	20.9	17.4	38.0	13.7	19.8	4.7	1.2	4.7	4.6	28.3	11.1	22.0
2006	35.1	22.2	32.9	47.5	4.8	9.7	8.6	4.9	14.1	20.5	19.7	16.3
2007	20.7	14.6	44.6	18.6	16.0	0.0	8.0	1.7	16.5	26.8	23.7	20.1
2008	29.2	32.5	28.2	30.1	8.3	10.9	5.8	6.7	21.4	32.3	41.3	15.4
2009	27.4	10.0	42.3	24.6	40.2	3.0	4.5	5.4	6.7	16.7	23.7	23.7
2010	19.9	42.3	35.6	37.5	13.2	6.2	4.4	0.0	12.5	31.1	32.8	29.4
2011	17.3	28.9	21.6	25.0	22.2	0.4	7.7	0.0	12.5	10.9	17.9	14.2
2012	28.4	24.0	22.2	17.6	20.4	10.0	0.0	7.5	1.5	21.6	37.2	18.5
2013	14.0	25.5	28.6	12.9	27.2	9.6	2.5	5.2	0.0	36.6	14.1	14.4
2014	22.7	41.1	37.6	19.3	12.6	0.0	0.2	0.4	14.5	23.8	27.7	27.8
2015	31.5	20.5	37.7	20.0	19.0	1.9	5.3	0.0	2.3	6.8	32.8	3.0
2016	21.0	17.0	31.9	21.5	2.1	9.3	0.5	0.6	21.3	24.8	4.8	31.8
2017	19.2	22.5	30.1	24.5	12.5	9.9	3.2	15.7	4.7	22.0	13.2	19.9
2018	17.3	28.3	18.3	21.4	28.7	3.8	0.0	0.0	20.2	21.2	27.0	15.0
2019	12.4	30.4	27.5	30.6	16.3	12.0	3.1	0.0	8.7	17.3	20.9	28.2
2020	14.9	11.4	22.9	17.1	25.8	12.4	17.6	0.9	12.2	26.2	20.8	36.1
2021	19.0	37.0	50.9	19.1	21.2	10.7	0.9	5.2	6.8	33.3	48.0	21.8

2022	17.6	44.6	37.4	28.9	12.2	9.8	3.2	4.6	17.2	21.3	3.5	28.3
2023	45.2	52.8	32.8	21.2	16.3	3.2	3.5	8.8	9.0	25.6	19.6	27.3
2024	32.6	20.6	15.5	29.6	15.8	10.6	7.8	0.0	11.5	30.6	10.3	18.4

Nota. Base de datos SENAMHI

Aplicando el Método de regresión lineal entre la estación Augusto Weberbauer y Encañada. Dada por la siguiente ecuación



Ecuación para determinar los datos faltantes durante el año 1997. Ejemplo para el mes de enero del año en mención.

$$P(x)=0.3991*DC+14.238$$

$$P(x)=0.3991*16.30+14.238=20.74$$

Tabla 9*Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Victoria), completo.*

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1997	18.6	14.1	12.1	10.33	4.2	4.1	0	0	15.7	20.3	29.1	33.6
1998	16.6	1	19.1	10.5	4.7	3.6	0	4.4	5.8	10.7	6.7	9.6
1999	23.9	41.4	15.7	15.8	11.5	7.5	19	2.6	22.5	16.4	15.3	15.3
2000	11.6	16.7	9.9	18.3	13.5	14	10.7	7	8.1	4.6	4.3	12.1
2001	21.7	10.8	16.3	3.5	19.8	7.1	27.2	8.5	7.1	31.7	11.3	24.4
2002	6.3	10	16.5	14.6	12.1	25.7	17.9	14.1	5.2	20.6	10	14.9
2003	22	9	26.2	10	3.4	8.1	12.1	3.2	19.1	11.1	20.5	8.2
2004	6.1	12.3	9.2	5.6	11.3	11.5	9.7	7.5	1.9	13.4	6.4	2.2
2005	12.1	7.5	25.5	8.4	17.1	3.4	5.6	12.7	7	14.1	9.9	15.1
2006	21.1	8.1	7.8	15	19	4.1	9.4	11.7	19.7	10.4	9.9	15.3
2007	15.1	9.9	10.7	11.3	5.5	7.5	11.5	20.9	5.8	17.6	0.8	17.4
2008	12.8	21.6	15.7	10.1	5.6	12.8	15.1	16.6	8.9	6.4	9.1	15.9
2009	17.1	9.6	17.9	9.8	6.6	11.5	11.6	12.3	8.8	10.3	9.7	10
2010	7.3	7.1	13.5	22.1	11.4	3.8	12.5	4.9	7.2	15.6	12	6.4
2011	9	10	13.9	14.1	19.2	20.3	12.1	6.5	11.3	15.9	18.9	9.5
2012	10.8	13.1	11.9	3.5	10.7	15.2	22.3	9.4	6.4	13.7	10.2	21.5
2013	14.8	15.4	17.9	12.7	5.4	18.7	1	4.7	6.3	16.4	3.1	17.6

2014	10.5	12.8	6.3	16.8	11.9	6.1	7.5	7.2	13.8	2.5	10.1	20.8
2015	14.5	12.8	17.7	9.6	7	3.7	2.7	2.7	13.3	8.5	9.4	13
2016	11.6	8.8	11.7	4.7	9.1	6.6	0	12.3	14.6	5.6	3.7	14.8
2017	11.3	2.3	11.7	16.4	16.3	18.9	3.7	5.4	11.4	9.4	16.2	42.8
2018	10.2	17.1	7.3	10	6.8	5.1	10.7	9.2	14.4	10.5	14.6	27.5
2019	14.9	19.4	9.8	7.6	16.8	11	6.3	5.5	9.7	13.8	7.5	15.4
2020	10.1	4.3	2.3	4.1	0	2.6	5.1	1.4	7.5	1.9	0	0.2
2021	6.2	0.7	8.8	5.4	3.9	5.7	2.1	3.8	5.6	18.9	20.8	5.2
2022	18.8	16.3	19.2	7.5	19.5	2.7	6.8	5.1	8.4	7.8	4.8	22.8
2023	11.9	17.8	26.2	9.5	14.1	2.5	10.8	8.5	14.6	14.4	14.6	3.5
2024	0	14.2	16.4	2.2	5.4	0	5.1	0	14.6	0.7	3.7	0.1

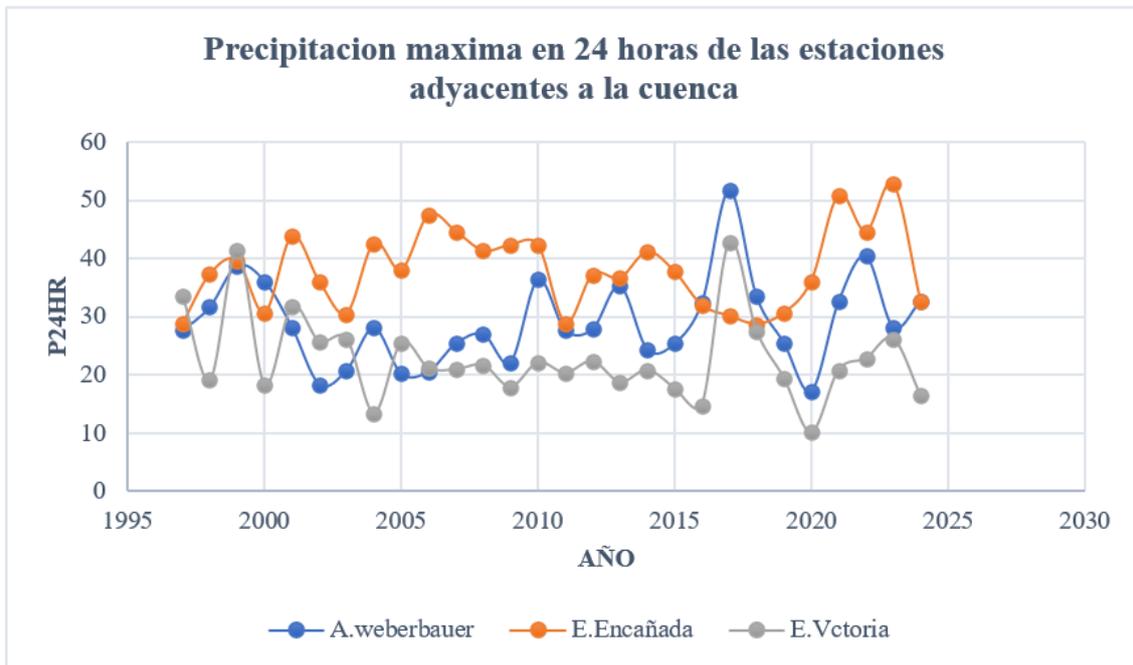
Nota. Base de datos SENAMHI

Se completó la información del dato faltante de la estación Victoria, correspondiente al mes de abril del año 1997, por el método “promedio” debido a que solo corresponde 01 mes.

Estación Victoria - Abril/1997	
Precipitación	P(x)
Promedio	10.33

Figura 40

Registro histórico de P24h de las estaciones A. Weberbauer, Encaña y Victoria.



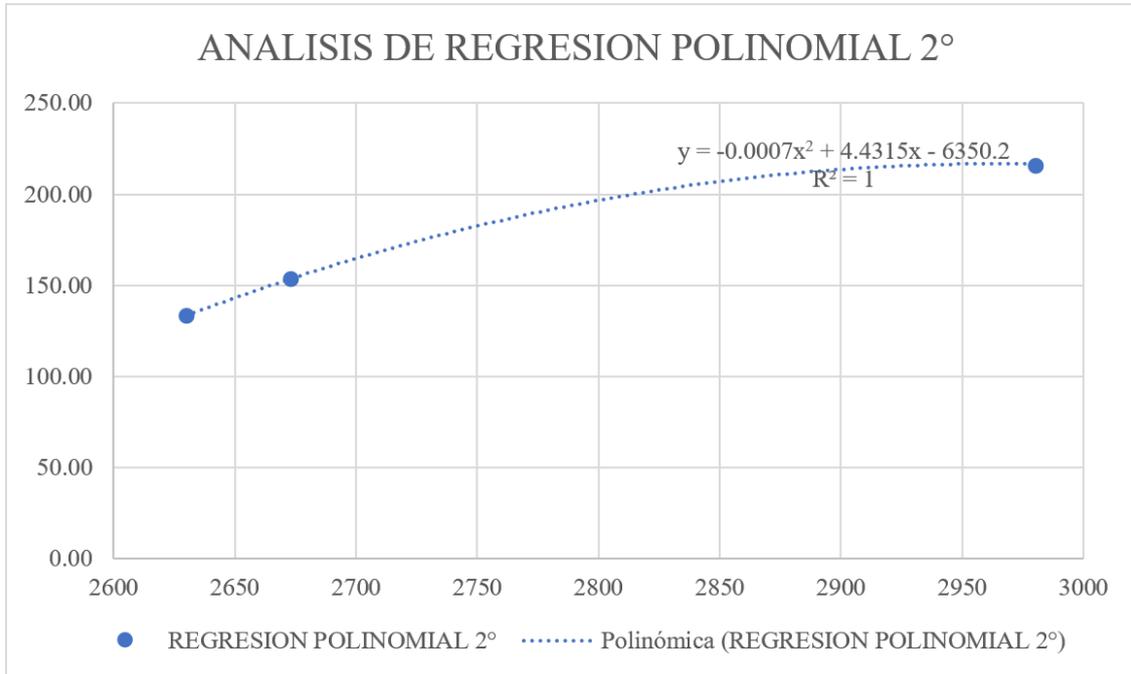
De la información obtenida de las tres estaciones meteorológicas se desarrolla una correlación Precipitación/Altitud, de esta manera obtener una Estación Areal de la microcuenca de la quebrada Shaullo Chico, por medio de las precipitaciones medias anual y altitud de cada estación en estudio

Tabla 10

Precipitación media anual de las estaciones y su altitud.

PRECIPITACION MEDIA ANUAL		
ESTACION	Precipitación media anual (MM)	altitud (MSNM)
A. WEBERBAUER	153.47	2673
ENCAÑADA	216.47	2980
VICTORIA	133.4	2630

Figura 41
Análisis de regresión polinomial de segundo grado.



Ecuación ajustada: $y = -0.0007 * x^2 + 4.4315 * x - 6350.2$

Tabla 11
Cálculo de la altitud y precipitación anual de la quebrada “Shaullo Chico”.

Estación	Altitud (msnm)	P anual
Encañada	2980	427.55
Microcuenca quebrada “Shaullo Chico”	2858.56	402.46

Cálculo de factor altitud

$$F1 = \frac{Pa(\text{Microcuenca})}{\text{Estacion Encañada}} = 0.941$$

Dicho factor de altitud es aplicado en cada dato de precipitación máxima en 24 horas de la estación Encañada, obteniendo de esta forma la estación areal Microcuenca de la quebrada “Shaullo Chico”

Tabla 12*Precipitación máxima en 24 horas, Estación areal para la quebrada “Shaullo Chico”.*

AÑO/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1997	19.52	19.52	16.06	16.51	16.21	15.87	13.47	13.39	16.25	18.17	27.11	18.07
1998	19.01	33.60	26.07	33.23	18.26	4.05	0.38	4.24	17.60	35.11	9.51	23.63
1999	21.18	28.33	37.28	17.60	29.56	17.23	6.87	4.42	21.27	10.45	24.57	16.76
2000	10.54	18.36	28.80	17.23	15.44	7.81	0.47	5.74	13.18	1.51	13.27	22.87
2001	41.23	24.76	23.16	24.66	12.05	0.28	1.32	0.75	11.11	26.36	16.66	16.76
2002	15.72	31.44	33.89	25.51	5.37	4.71	1.79	1.04	12.33	20.99	19.11	9.98
2003	8.85	26.26	26.36	17.51	12.61	17.60	0.00	6.40	7.25	20.61	28.71	21.93
2004	25.70	19.67	16.94	22.03	10.26	2.82	8.85	0.47	10.17	40.10	21.18	24.47
2005	19.67	16.38	35.77	12.90	18.64	4.42	1.13	4.42	4.33	26.64	10.45	20.71
2006	33.04	20.90	30.97	44.71	4.52	9.13	8.10	4.61	13.27	19.30	18.54	15.34
2007	19.49	13.74	41.98	17.51	15.06	0.00	7.53	1.60	15.53	25.23	22.31	18.92
2008	27.49	30.59	26.55	28.33	7.81	10.26	5.46	6.31	20.14	30.40	38.88	14.50
2009	25.79	9.41	39.82	23.16	37.84	2.82	4.24	5.08	6.31	15.72	22.31	22.31
2010	18.73	39.82	33.51	35.30	12.43	5.84	4.14	0.00	11.77	29.27	30.88	27.67
2011	16.28	27.20	20.33	23.53	20.90	0.38	7.25	0.00	11.77	10.26	16.85	13.37
2012	26.73	22.59	20.90	16.57	19.20	9.41	0.00	7.06	1.41	20.33	35.02	17.41
2013	13.18	24.00	26.92	12.14	25.60	9.04	2.35	4.89	0.00	34.45	13.27	13.55
2014	21.37	38.69	35.39	18.17	11.86	0.00	0.19	0.38	13.65	22.40	26.07	26.17
2015	29.65	19.30	35.49	18.83	17.88	1.79	4.99	0.00	2.17	6.40	30.88	2.82
2016	19.77	16.00	30.03	20.24	1.98	8.75	0.47	0.56	20.05	23.34	4.52	29.93
2017	18.07	21.18	28.33	23.06	11.77	9.32	3.01	14.78	4.42	20.71	12.43	18.73
2018	16.28	26.64	17.23	20.14	27.02	3.58	0.00	0.00	19.01	19.96	25.42	14.12
2019	11.67	28.62	25.89	28.80	15.34	11.30	2.92	0.00	8.19	16.28	19.67	26.55
2020	14.03	10.73	21.56	16.10	24.29	11.67	16.57	0.85	11.48	24.66	19.58	33.98
2021	17.88	34.83	47.91	17.98	19.96	10.07	0.85	4.89	6.40	31.35	45.18	20.52
2022	16.57	41.98	35.21	27.20	11.48	9.22	3.01	4.33	16.19	20.05	3.29	26.64
2023	42.55	49.70	30.88	19.96	15.34	3.01	3.29	8.28	8.47	24.10	18.45	25.70
2024	30.69	19.39	14.59	27.86	14.87	9.98	7.34	0.00	10.83	28.80	9.70	17.32

Conociendo la información de la precipitación máxima en 24 horas para nuestro caso, proseguimos para la estimación del caudal máximo de diseño

Modelos de distribución

Se procesó la información meteorológica de P24h para la estación areal.

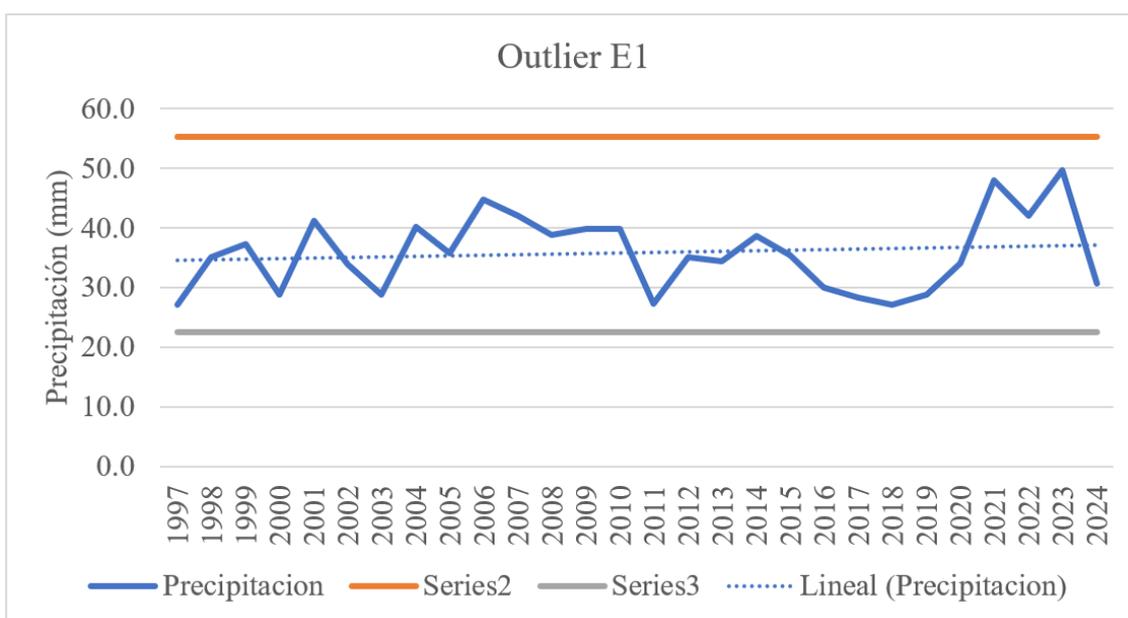
Tabla 13

Prueba Grubbs y Beck aplicado a la estación areal cuenca “Shaullo Chico”.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	28	28
Sumatoria	1002.5	43.33
Valor Máximo	49.7	1.7
Valor Mínimo	27.02	1.43
Media:	35.8	1.547
Varianza:	40.59	0.006
Desviación Estándar:	6.37	0.077
Coefficiente Variación:	0.18	0.05
Coefficiente de Sesgo:	0.35	0.0522
Se Considera:	Detectar Datos Dudosos bajos	

Figura 42

Análisis de Outliers para la estimación de la quebrada “Shaullo Chico”



Debido a que los datos no salen de los límites se concluye que, no existen datos dudosos en la muestra

La finalidad del análisis de frecuencias es estimar las precipitaciones para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos. Se aplicará los siguientes modelos, normal, lognormal2, lognormal3, gamma 2, gamma 3 y Gumbel.

El resultado del análisis probabilístico son las tormentas de diseño en 24 horas para los periodos de retorno de 50,100 y 200 años.

Dado que los datos de precipitación de lluvia son obtenidos a horas de observación fijas, no siempre permitirán conocer las cantidades máximas verdaderas durante el periodo deseado. Las cantidades máximas anuales de lluvia diarias de un único intervalo de observación fijo comprendido entre 1 y 24 horas, se obtendrán valores cercanos a los obtenidos mediante un análisis de máximos verdaderos.

Se utilizará un valor de ajuste de 1.13

Aplicando los datos a distribución normal, por ser a la que mejor se ajustan

Tabla 14

Prueba Grubbs y Beck aplicado a la estación areal cuenca "Shaullo Chico".

Tr (años)	Probabilidad excedencia	Probabilidad no excedencia	E1 P₂₄ (mm)	P₂₄ CORREGIDO (mm)
5	0.2	0.8	41.28	46.65
10	0.1	0.9	44.15	49.89
25	0.04	0.96	47.2	53.34
50	0.02	0.98	49.18	55.57
100	0.01	0.99	50.95	57.57
200	0.01	1	52.58	59.42

Un evento extraordinario con un periodo de retorno de 100 años es recomendado como límite máximo para el estudio de inundaciones en zonas urbanas (Criterio aplicado por la FEMA en Estados Unidos).

Precipitación para intervalos de tiempo menores a 24 horas

Para la determinación de la intensidad máxima, se ha aplicado el modelo de Dick Peschke, el cual asocia la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas.

Tabla 15

Precipitación máxima de duración para intervalos de tiempo menores a 24 horas.

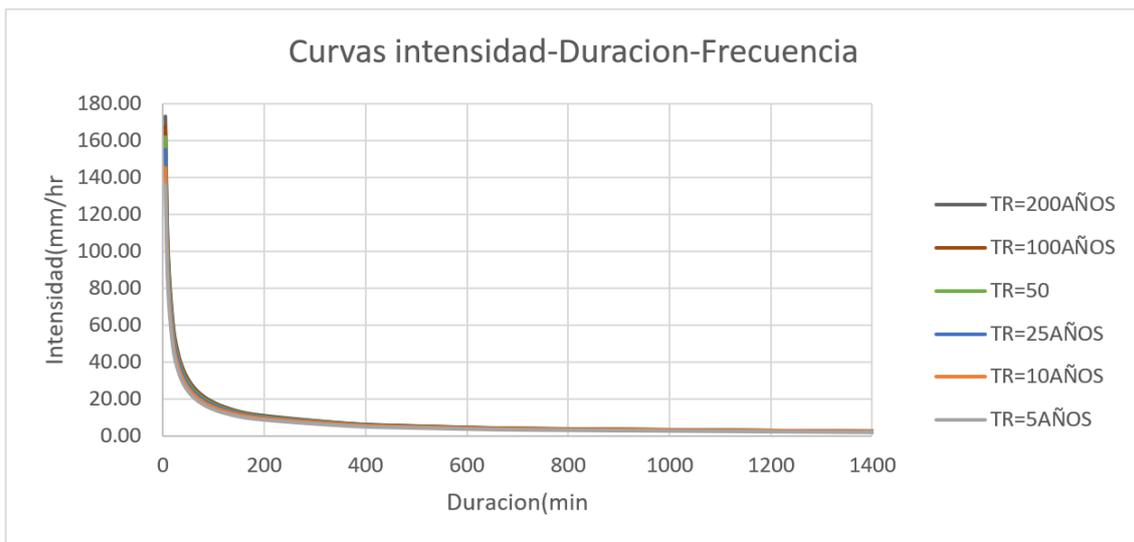
Estación 01						
Duración	Periodo de retorno (años)					
min	5	10	25	50	100	200
5	11.32	12.11	12.95	13.49	13.98	14.42
10	13.47	14.4	15.4	16.04	16.62	17.15
20	16.01	17.13	18.31	19.08	19.76	20.4
30	17.72	18.95	20.26	21.11	21.87	22.57
40	19.04	20.37	21.77	22.69	23.5	24.26
50	20.14	21.54	23.02	23.99	24.85	25.65
60	21.07	22.54	24.1	25.11	26.01	26.84
70	21.9	23.43	25.04	26.09	27.03	27.9
80	22.65	24.22	25.89	26.98	27.95	28.85
90	23.32	24.94	26.67	27.79	28.79	29.71
120	25.06	26.8	28.66	29.86	30.93	31.92
180	27.74	29.66	31.71	33.04	34.23	35.33
360	32.98	35.28	37.71	39.3	40.71	42.01
480	35.44	37.91	40.53	42.23	43.75	45.15
600	37.48	40.08	42.85	44.65	46.26	47.74
720	39.22	41.95	44.85	46.73	48.41	49.96
1440	46.65	49.89	53.34	55.57	57.57	59.42

Intensidad de precipitaciones (mm/hr)

La intensidad de lluvia es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Por ende, la intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración.

Tabla 16*Intensidad máxima para diferentes duraciones por el método Dick Peschke.*

ESTACION E1						
Duración	Periodo de retorno (años)					
	5	10	25	50	100	200
5	135.88	145.33	155.37	161.88	167.71	173.07
10	80.79	86.41	92.38	96.26	99.72	102.91
20	48.04	51.38	54.93	57.23	59.29	61.19
30	35.44	37.91	40.53	42.23	43.75	45.15
40	28.56	30.55	32.66	34.03	35.26	36.38
50	24.16	25.84	27.63	28.79	29.82	30.78
60	21.07	22.54	24.1	25.11	26.01	26.84
70	18.77	20.08	21.47	22.37	23.17	23.91
80	16.98	18.17	19.42	20.24	20.96	21.63
90	15.55	16.63	17.78	18.52	19.19	19.81
120	12.53	13.4	14.33	14.93	15.47	15.96
180	9.25	9.89	10.57	11.01	11.41	11.78
360	5.5	5.88	6.29	6.55	6.79	7
480	4.43	4.74	5.07	5.28	5.47	5.64
600	3.75	4.01	4.29	4.46	4.63	4.77
720	3.27	3.5	3.74	3.89	4.03	4.16
1440	1.94	2.08	2.22	2.32	2.4	2.48

Figura 43*Curvas IDF para diferentes tipos de retorno.*

4.1.6. DETERMINACIÓN DE CAUDALES

Método Racional

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, $A < 10 \text{ km}^2$. Considerar que la duración de P es igual a t_c

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$Q = 0,278 CIA$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km^2).

Se ha determinado

a. Tiempo de Concentración

Método Kirpich:

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

$$T_c = 1.32 \text{ hr}$$

b. Coeficiente de Uniformidad

$$k = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

$$K = 1.09$$

c. Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor

$$KA = 1 - (\log_{10} A/15)$$

$$KA = 0.96$$

d. Precipitación máxima corregida sobre la cuenca

$$P = k_A P_d$$

Tabla 17

Precipitación máxima corregida, estación areal de la cuenca de la quebrada “Shaullo Chico”.

Tr (años)	Prec.Max (mm)	P (mm)
5	46.65	44.683
10	49.89	47.789
25	53.34	51.091
50	55.57	53.234
100	57.57	55.15
200	59.42	56.914

e. Intensidad de precipitación

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - Tc^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Tabla 18

Intensidad de precipitación, estación areal de la quebrada “Shaullo Chico”.

Tr (años)	P (mm)	I (mm/hr)
5	44.683	17.26
10	47.789	18.46
25	51.091	19.74
50	53.234	20.57
100	55.15	21.31
200	56.914	21.99

f. Coeficiente de Escorrentía

$$C = \frac{(P_{24} - P_0) * (P_{24} + 23P_0)}{((P_{24} + 11P_0))^2}$$

g. Numero de Curva

Es un parámetro hidrológico que permite caracterizar el potencial de escorrentía en una cuenca hidrográfica y se determina a partir del tratamiento de la cobertura vegetal y el grupo hidrológico del suelo.

El procedimiento más generalizado y fácil de adaptar a cualquier región es el método del número de curva (NC), que es un método desarrollado por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos en 1950, es un método empírico para el cálculo de la transformación de lluvia-escorrentía.

Figura 44

Método empírico para el cálculo de la transformación de lluvia – escorrentía.

Nº	Coberura vegetal	Simbolo	Fisiografia	Area(Km2)	Codigo	Nc	AREA*CN
1	Area urbana	U		0.206463	C	82	16.93
2	Bosque xérico interandino	Bxe-in	Montaña	0.641909	C	75	48.14
3	Matorral arbustivo	Ma	Montaña	0.965587	C	75	72.42
4	Agricultura costera y andina	Agri		2.469137	C	79	195.06
TOTAL				4.28	332.55		
Area total				4.283	332.55		
Area parcial *CN				332.55			
CN		77.64					

$$P_0 = \frac{5000}{NC} - 50$$

$$P_0 = 14.94$$

Tabla 19

Coefficientes de escorrentía estación areal cuenca quebrada “Shaullo Chico”.

TR (AÑOS)	P (mm)	C
5	44.68	0.26
10	47.79	0.29
25	51.09	0.31
50	53.23	0.32
100	55.15	0.33
200	56.91	0.34

h. Cálculo de caudales

$$Q = 0,278 \text{ CIA}$$

$$A = 4.28 \text{ km}^2$$

Tabla 20

Caudales en diferentes tiempos de retorno, estación areal, cuenca de la quebrada “Shaullo Chico”.

TR(AÑOS)	p(mm)	I (mm/hr)	C	Q(m3/s)
5	44.68	17.26	0.26	5.43
10	47.79	18.46	0.29	6.28
25	51.09	19.74	0.31	7.22
50	53.23	20.57	0.32	7.86
100	55.15	21.31	0.33	8.44
200	56.91	21.99	0.34	9.01

Tabla 21

Se ha determinado los caudales para diferentes tiempos de retorno.

TR (AÑOS)	Q(m3/s)
5	5.43
10	6.28
25	7.22
50	7.86
100	8.44
200	9.01

4.1.7. MODELIZACION HIDRAULICA

La finalidad del análisis en el cauce es la identificación del peligro, en este caso consiste en obtener la modelización de inundación para los caudales máximos para diferente tiempo de retorno estimados con la simulación hidráulica

La modelización hidráulica de la quebrada se ejecuta con el software del cuerpo de Ingenieros hidrológicos del Ejercito de los Estados Unidos (HECRAS)

Mediante el software computacional HECRAS 6.4.1, se realizó la modelización hidráulica de un tramo de la Quebrada “Shaullo Chico”, para ello se utilizó diferentes tiempos de retorno (50 años, 100 años y 200 años)

4.1.7.1. Procedimiento para la modelización Hidráulica mediante el software HECRAS

- Ejecución del programa y creación de un archivo
- Establecer la proyección de referencia espacial
 - UTM WGS84-17S
- Cargar el modelo digital de elevación (DTM)

- Creación de una geometría
- Creación de una malla computacional y afinamiento del cauce principal mediante los breakline
- Condiciones de contorno de entrada y salida
 - En nuestro caso existe 3 entradas
- Ingreso de datos de un flujo inestable, para un $tr=50$ años, $tr=100$ años y $tr=200$ años
- Elección del tipo de ecuación y configuración de la simulación en flujo no estacionario
 - Ecuación de WaterShallow
- Visualización de resultados en RASMAPPER

A continuación, se menciona el procedimiento necesario para la modelización

4.1.7.2. Modelo digital de elevación

Se realizó el levantamiento topográfico del tramo de la quebrada y posteriormente se convirtió a un modelo digital de elevación mediante el programa CIVIL 3d con una resolución de 0.25m

Figura 45

Modelo digital de elevación del tramo de la quebrada “Shaullo Chico”



4.1.7.3. Creación de Ráster y asignación de uso de suelo

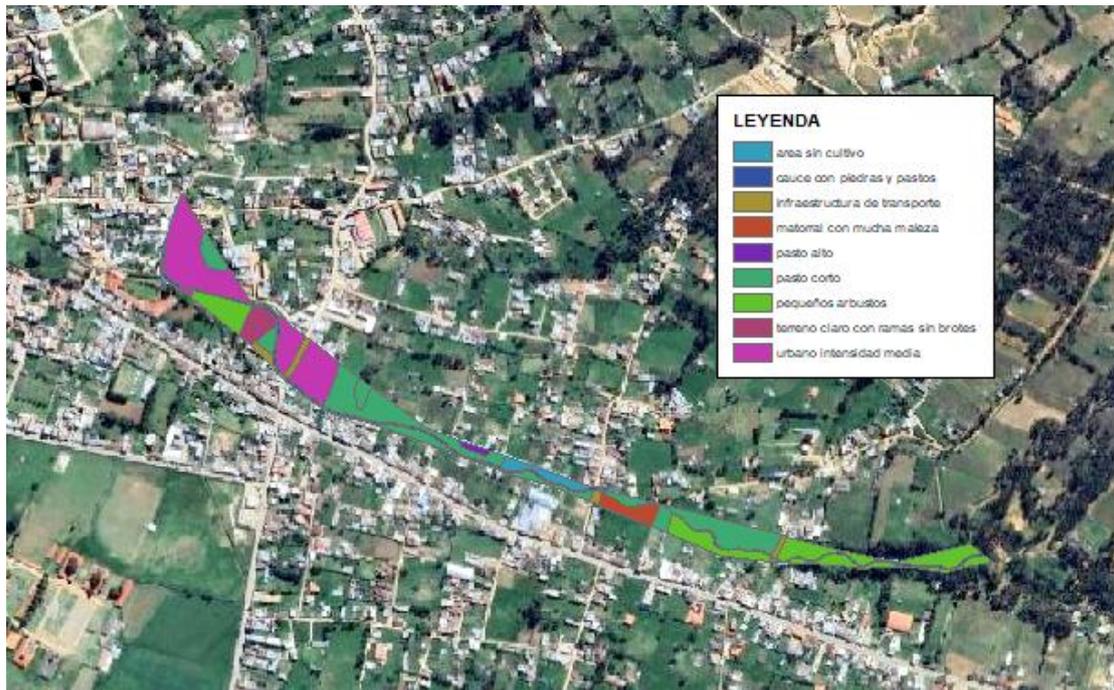
El uso de suelo del tramo a evaluar nos sirvo para establecer el coeficiente de manning, valores indispensables para realizar el modelamiento hidráulico. Para nuestro caso con ayuda de una ortofoto pudimos identificar 9 zonas

Tabla 22

Valores de coeficiente de manning para diferentes usos de suelo.

Coeficiente de rugosidad de manning			
manning	n	manning	n
0.03	pasto corto	0.014	urbana intensidad media
0.035	cauce con piedras y pastos	0.035	pasto alto
0.014	urbana intensidad media	0.02	infraestructura de transporte
0.045	pequeños arbustos	0.02	infraestructura de transporte
0.04	terreno claro con ramas sin brotes	0.02	infraestructura de transporte
0.014	urbana intensidad media	0.02	infraestructura de transporte
0.03	pasto corto	0.02	infraestructura de transporte
0.03	pasto corto	0.02	infraestructura de transporte
0.03	pasto corto	0.02	infraestructura de transporte
0.03	pasto corto	0.02	infraestructura de transporte
0.045	pequeños arbustos	0.03	área sin cultivo
0.045	pequeños arbustos	0.05	matorral con mucha maleza
0.045	pequeños arbustos	0.03	pasto corto
0.014	urbana intensidad media	0.03	pasto corto

Figura 46
Usos de suelos en la imagen satelital.



4.1.7.4. Asignación de condiciones de contorno y malla

En Hecras 6.5, se ingresó las condiciones de contorno a nuestro modelo, se estimó el caudal mediante el método racional; se seleccionó en el software un tamaño de malla variable para cada tipo de suelo, en el cual el más pequeño corresponde a la zona del cauce.

Figura 47
Asignación de condiciones de contorno de malla.



4.1.7.5. Mapa de máximas velocidades

Figura 48

Velocidad máxima para una modelización de $Tr=50$ años.



Figura 49

Velocidad máxima para una modelización de $Tr=100$ años.



Figura 50
Velocidad máxima para una modelización de $Tr=200$ años.



4.1.7.6. Mapa de tirantes máximos

Figura 51
Tirantes máximos para una modelización de $Tr=100$ años.

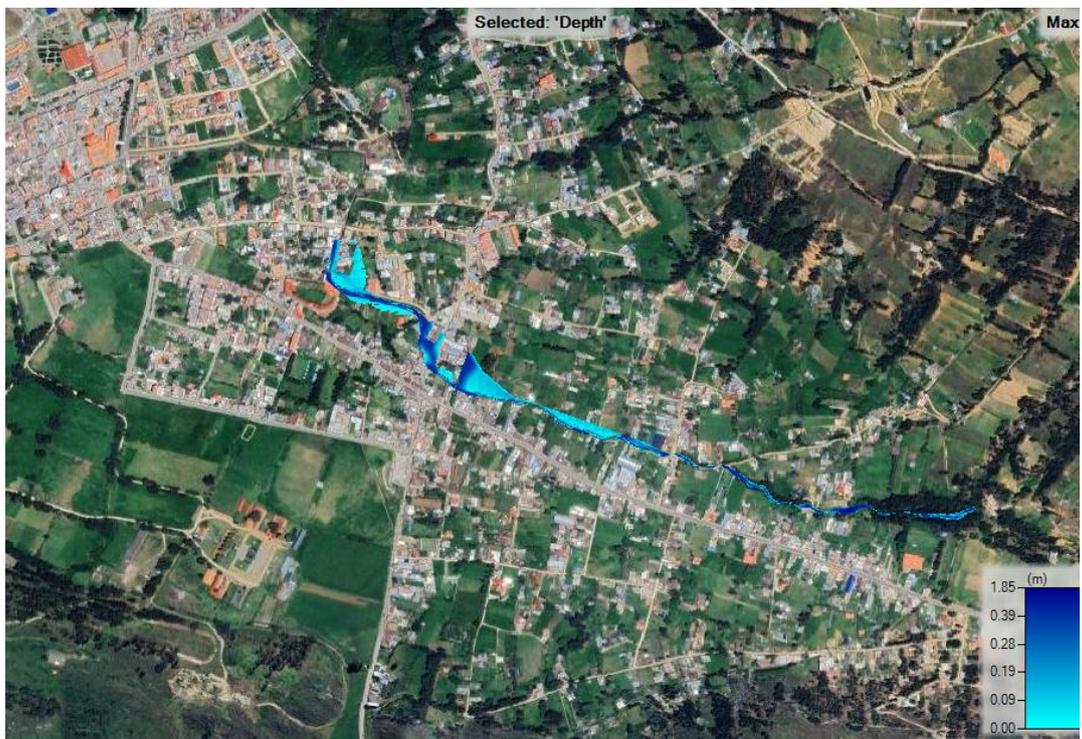


Figura 52

Tirantes máximos para una modelización de $Tr=200$ años.

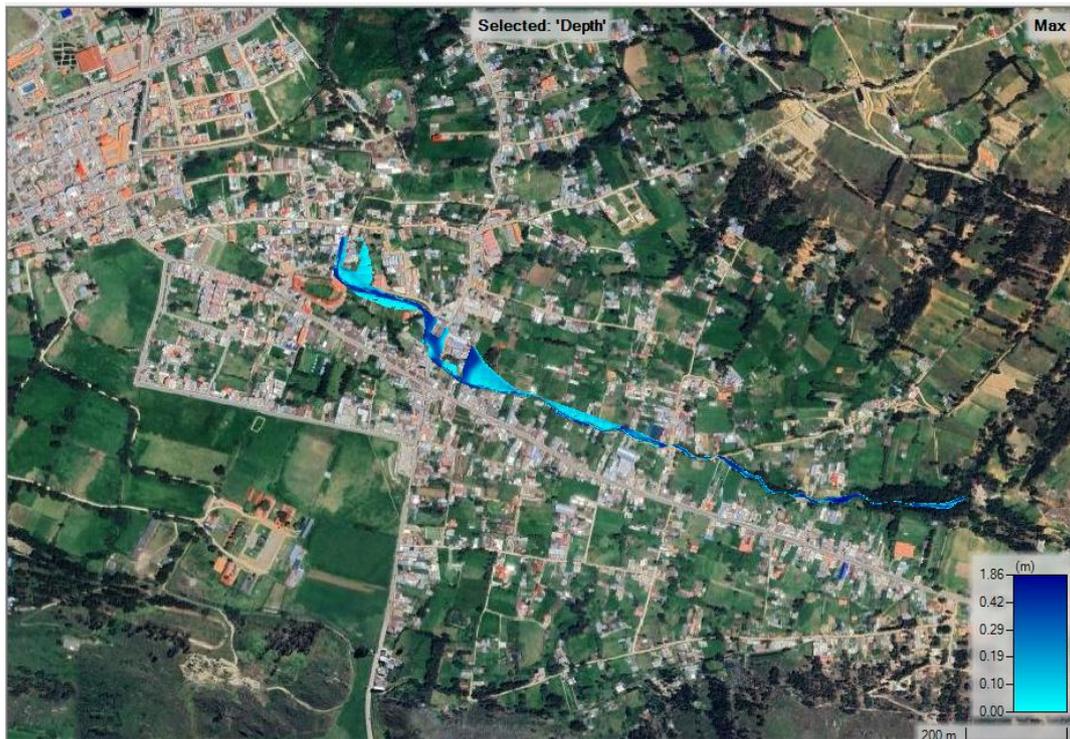


Figura 53

Desborde de la quebrada "Shaullo Chico".

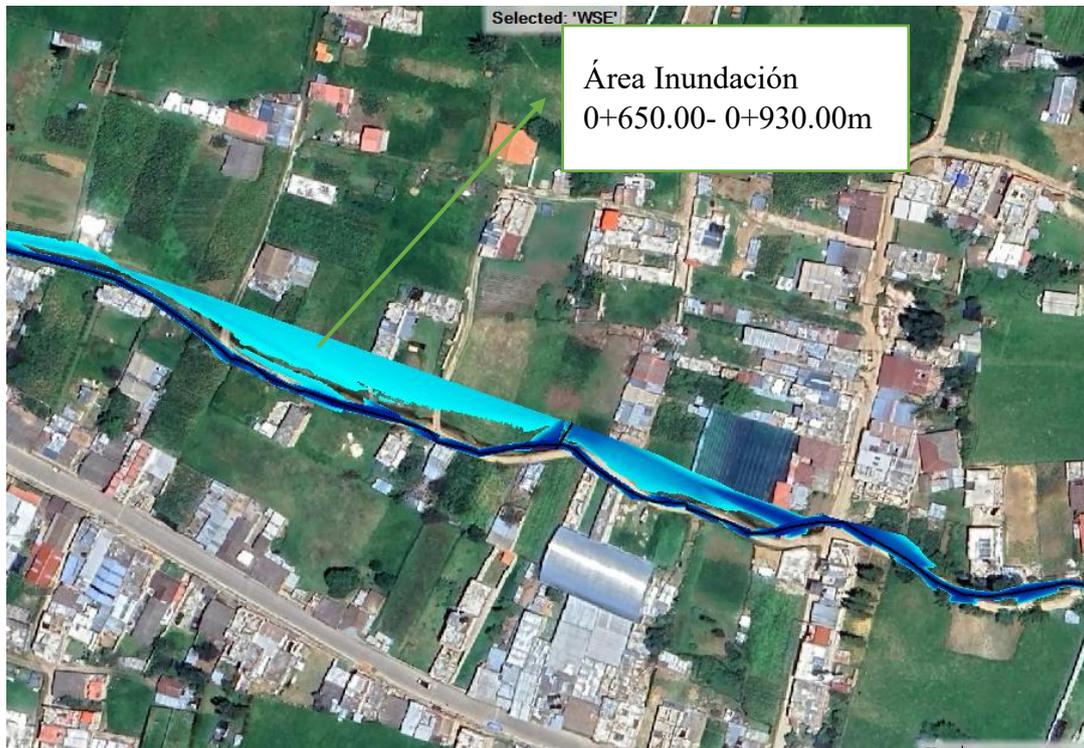
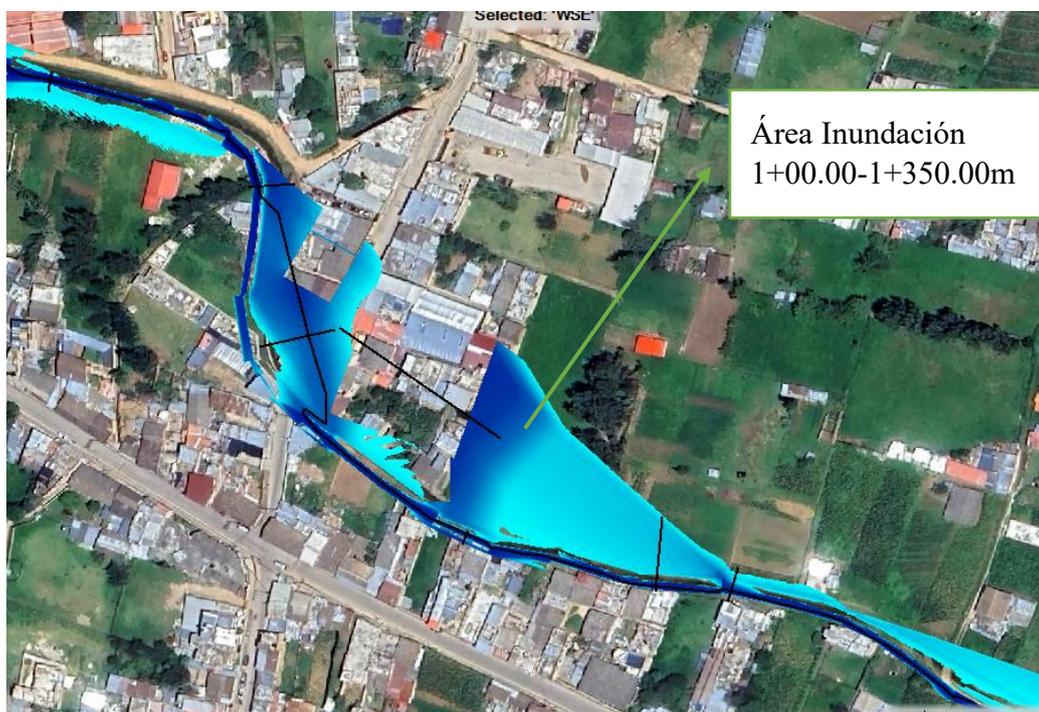


Figura 54
Desborde de la quebrada “Shaullo Chico”.



En la imagen anterior se puede observar tramos más críticos de desborde entre las progresivas 0+650.00- 0+930.00m y 1+00.00-1+350.00m, las cuales se puede constatar que existe una gran afección en la ciudad

4.1.8. Estimación de riesgo ante inundación

4.1.8.1. Nivel de la intensidad o magnitud de la inundación

Los umbrales entre los niveles de intensidad de inundación han sido definidos considerando la peligrosidad que las infraestructuras y población en general son susceptible ante una determinada altura de agua.

Tabla 23
Valores de coeficiente de manning para diferentes usos de suelo.

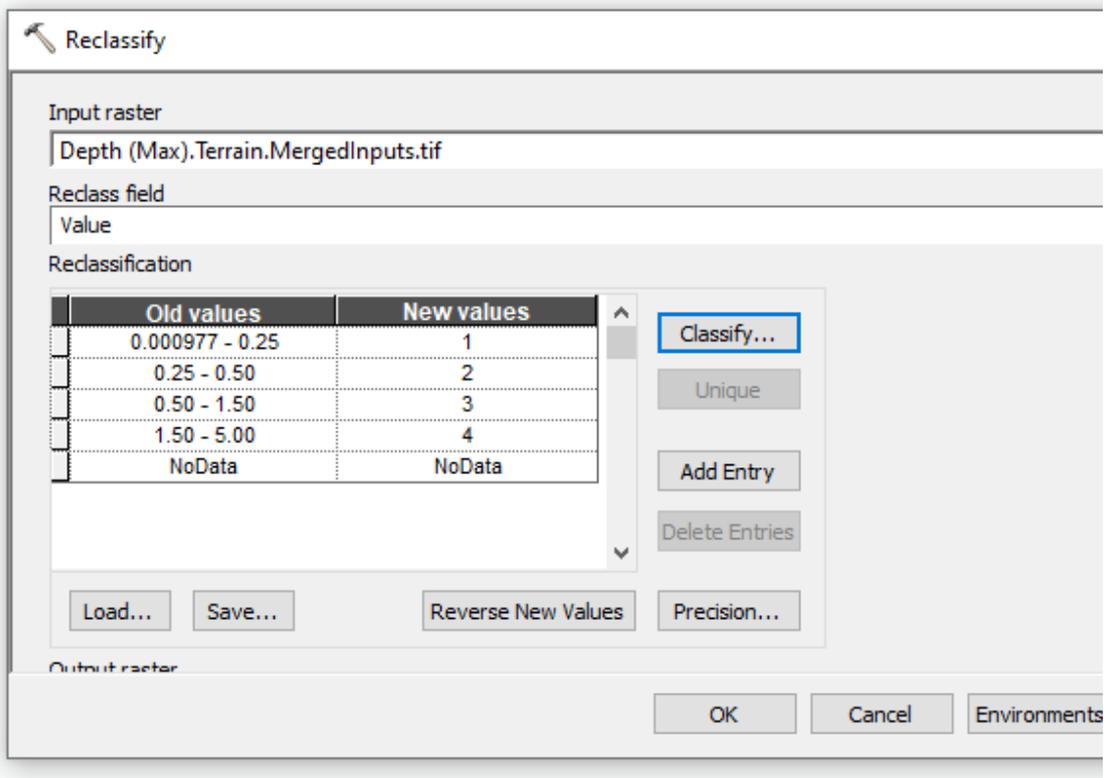
NIVELES DE INTENSIDAD	RANGOS
MUY ALTO	$H > 1.5$ m
ALTO	$0.5 \text{ m} < H < 1.5$ m
MEDIO	$0.25 \text{ m} < H < 0.5$ m
BAJO	$H < 0.25$ m

Nota. Tomado de INDECI (2011)

Para la estimar los niveles de intensidad de inundación se realizó la reclasificación en el software ArcGis V.10.8, con ayuda de los valores establecidos por el INDECI. Cabe recalcar, que la reclasificación se realizó para los 3 tiempos de retorno

Figura 55

Reclasificación de los tirantes de agua en función de los rangos de niveles de intensidad.



Posterior a la reclasificación se realizó la conversión de ráster a polígono mediante el software ArcGIS V10.8. Luego, la identificación de la magnitud de los niveles de inundación (bajo, medio, alto y muy alto) de la quebrada en estudio

Tabla 24

Área de inundación según niveles de intensidad para diferentes tiempos de retorno.

N°	AREA(M2)			RANGO
	50 AÑOS	100AÑOS	200 AÑOS	
1	11122.06	11692.48	12212	BAJO
2	3566.52	3657.41	3730.69	MEDIO
3	4576.83	4766.97	4938.46	ALTO
4	530.59	584.55	642.96	MUY ALTO
AREA TOTAL	19,796	20,701.41	21,524.11	

Figura 56
Niveles de intensidad para un $tr=200$ años.



Figura 57
Niveles de intensidad para un $tr=100$ años.

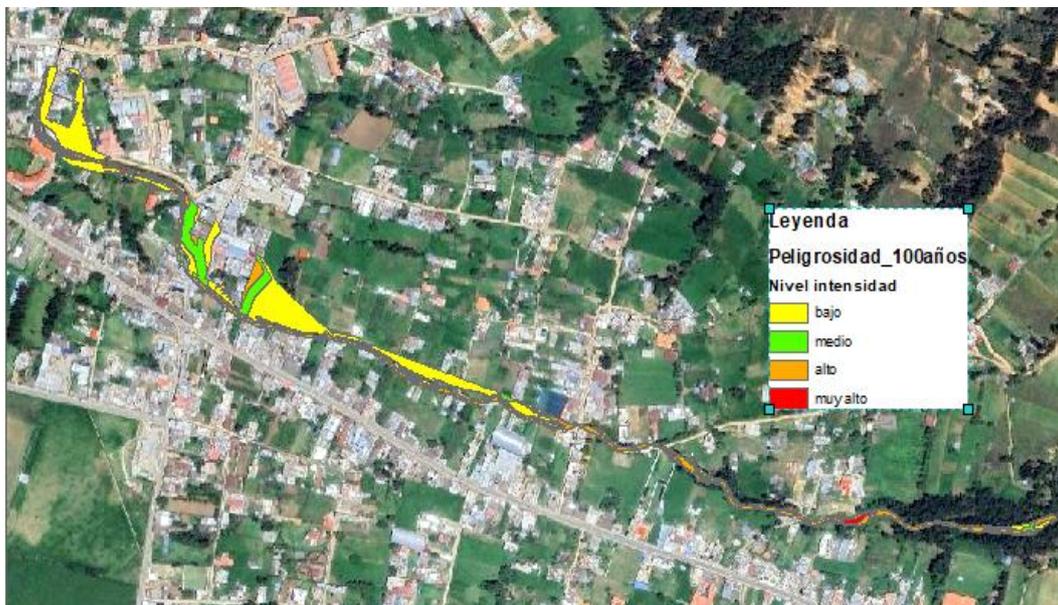
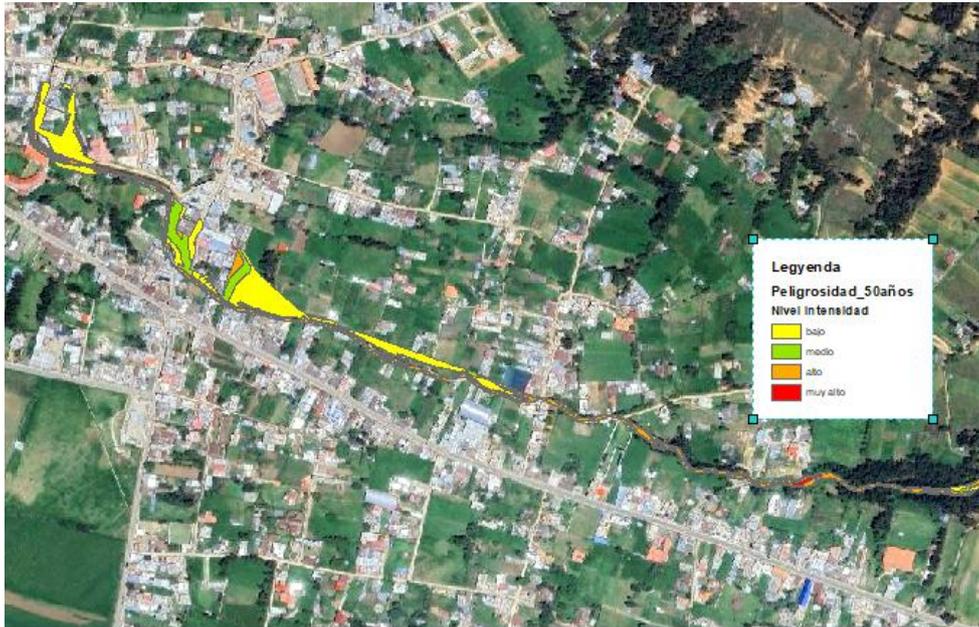


Figura 58
Niveles de intensidad para un $tr=50$ años.



4.1.9. Estimación del nivel o grado de peligrosidad

4.1.9.1. Determinación del peligro de inundación

El calado máximo obtenido con el software Hecras 6.4.1, para un $Tr=200$ años fue de 2.08m, dicho valor tiene influencia en parte la urbana, aproximadamente en la progresiva 01+474.00

Figura 59
Calado máximo obtenido para un $Tr=200$ años.

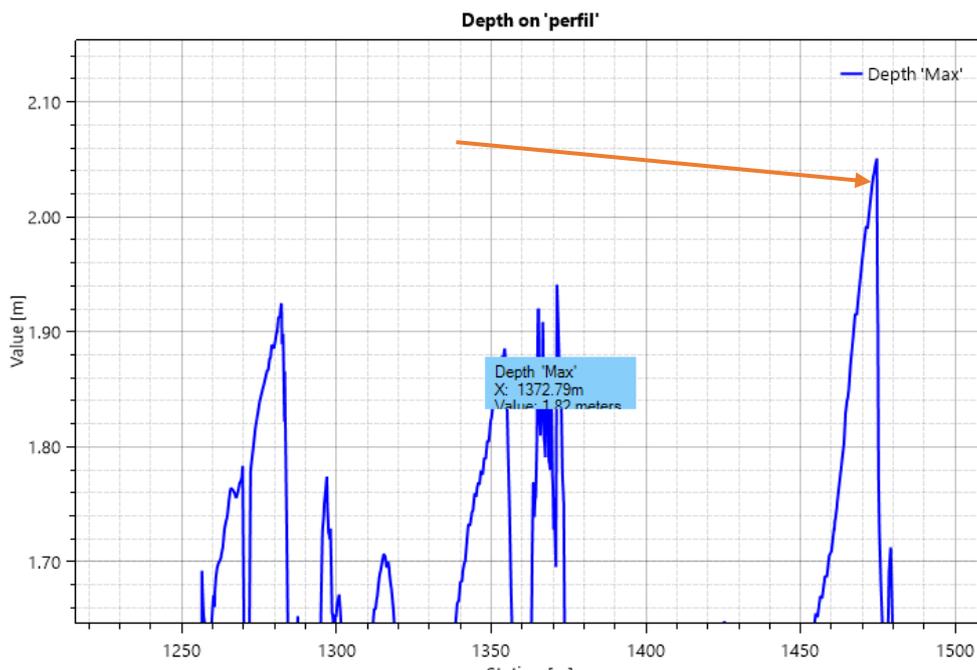


Tabla 25*Determinación del nivel de intensidad.*

Descripción del cauce	Rango	Rango estimado	Nivel
Profundidad de la quebrada	H>1.5	2.08 m	Muy alto
Tipo de inundación fluvial	Estático		
Nivel de intensidad		>1.5	Muy alto

4.1.10. Criterios recomendados para la evaluación de la frecuencia recurrencia

La frecuencia o recurrencia de inundaciones o cada cuanto se inunda una determinada zona dependerá esencialmente de la frecuencia de precipitaciones excepcionalmente fuertes.

Tabla 26*Determinación del nivel de intensidad.*

Descripción del cauce	Rango	Rango estimado	Nivel
Tiempo de retorno	15<T<50	29	Medio
Frecuencia de retorno	29		Medio

El nivel de peligro de inundación se determinó en función de su intensidad y frecuencia de ocurrencia. Con las tablas anteriores se estimó el nivel de peligro.

Tabla 27*Determinación del nivel de peligro de inundación.*

Descripción del evento	Rango	Rango estimado	Nivel
Nivel de intensidad	0.75-1.00	1	Muy alto
Frecuencia de ocurrencia	0.25-0.50	0.5	Medio
Nivel de peligro de inundación		0.5	Alto

4.2. Evaluación del grado de vulnerabilidad frente al peligro de inundación

A razón de ser obtenida la información requerida para calcular el nivel de vulnerabilidad, se empleó al "Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales". Este fue elaborado conforme a las encuestas efectuadas en 82 viviendas, evaluando la vulnerabilidad física, ecológica-ambiental, cultural e ideológica, así como la científica y técnica, como se detalla a continuación.

a. Vulnerabilidad física

Se encontró que 74 viviendas se encuentran muy cercana a 0.2-0 km teniendo por grado “Muy Alto” de vulnerabilidad y las restantes se localizan cercana a 0.2-1 km teniendo por grado de vulnerabilidad “Alto”.

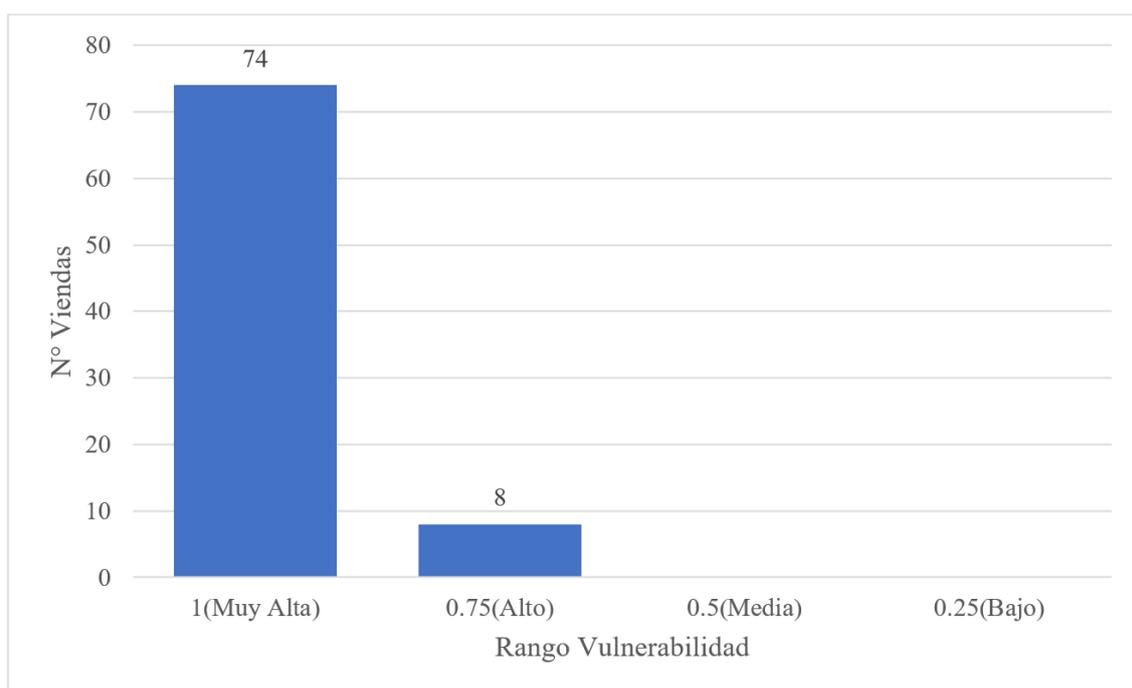
Tabla 28

Localización de Viviendas.

Localización de Viviendas	N° Viviendas	Grado de Vulnerabilidad
Muy alejada > 5 km	0	0.25 (Baja)
Medianamente cerca 1 – 5 km	0	0.50 (Media)
Cercana 0.20 – 1 km	8	0.75 (Alta)
Muy cercana 0.20 – 0 km	74	1 (Muy Alta)

Figura 60

Grado de vulnerabilidad por localización de viviendas.



En las viviendas evaluadas, los materiales de construcción y su grado de vulnerabilidad se distribuyeron de la siguiente manera: 5 viviendas construidas con caña, adobe y demás materiales en relación de menores resistencias en estados precarios evidencian un grado de vulnerabilidad muy alto (1). Además, 14 viviendas con estructuras de adobes, acero o maderas, pero sin refuerzo estructural, tienen por vulnerabilidad alta (0.75). Por otro lado, 70 viviendas, construidas con madera, piedra o concreto sin técnicas constructivas adecuadas, muestran una vulnerabilidad media (0.50). Finalmente, 3

viviendas con estructuras sismorresistentes y con técnicas constructivas adecuadas, de acero o concreto, presentan un grado de vulnerabilidad bajo (0.25).

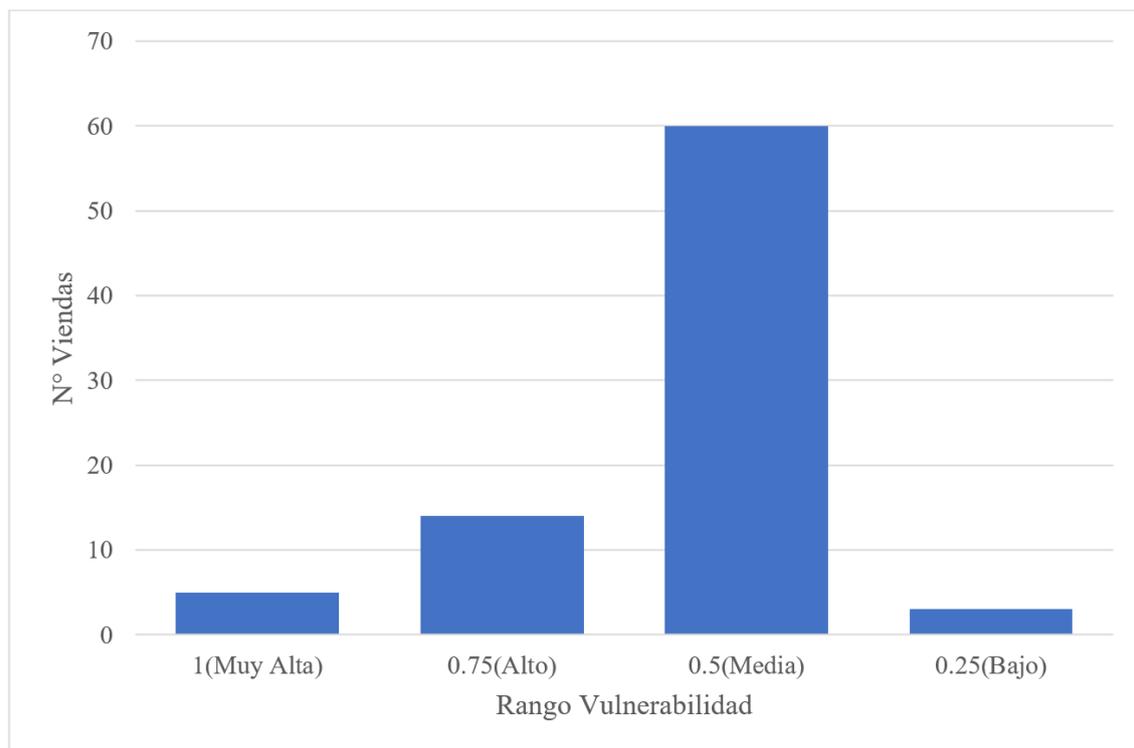
Tabla 29

Material de construcción utilizada en viviendas.

Materiales empleados al ser construidas las viviendas	N° Viviendas	Grado de Vulnerabilidad
Estructura resistente a sismos utilizando métodos constructivos apropiados, ya sea en concreto o acero	3	0.25 (Baja)
Estructuras de concreto, piedra o madera, sin adecuadas técnicas constructivas	60	0.50 (Media)
Estructuras de adobe, acero o madera, sin refuerzo estructural	14	0.75 (Alta)
Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario	5	1 (Muy Alta)

Figura 61

Grado de vulnerabilidad por material de construcción.



En relación con el acatamiento de la normativa técnica en vigencia para las fases constructivas, 70 viviendas muestran incumplimiento y desconocimiento de la normativa, lo que les otorga un grado muy alto de vulnerabilidad (1). Además, 8 viviendas cuentan

con normativa en vigencia, aunque no se ha cumplido ello, presentando una vulnerabilidad alta (0.75). Por otro lado, 4 viviendas cumplen la normativa de manera parcial, lo que las ubica en un nivel de vulnerabilidad medio (0.50). No se registraron viviendas con cumplimiento estricto de la normativa vigente, que correspondería a una vulnerabilidad baja (0.25).

Tabla 30

Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.

Cumplimiento de las normativas técnicas vigentes de los procedimientos constructivos	N° Viviendas	Grado de Vulnerabilidad
Con normativas vigentes estrictamente cumplidas	0	0.25 (Baja)
Con normativas vigentes medianamente cumplidas	4	0.50 (Media)
Con normativas vigentes sin ser cumplidas	8	0.75 (Alta)
Falta de conocimiento e incumplimiento de las normativas vigentes	70	1 (Muy Alta)

Figura 62

Grado de vulnerabilidad por cumplimiento de normatividad técnica.

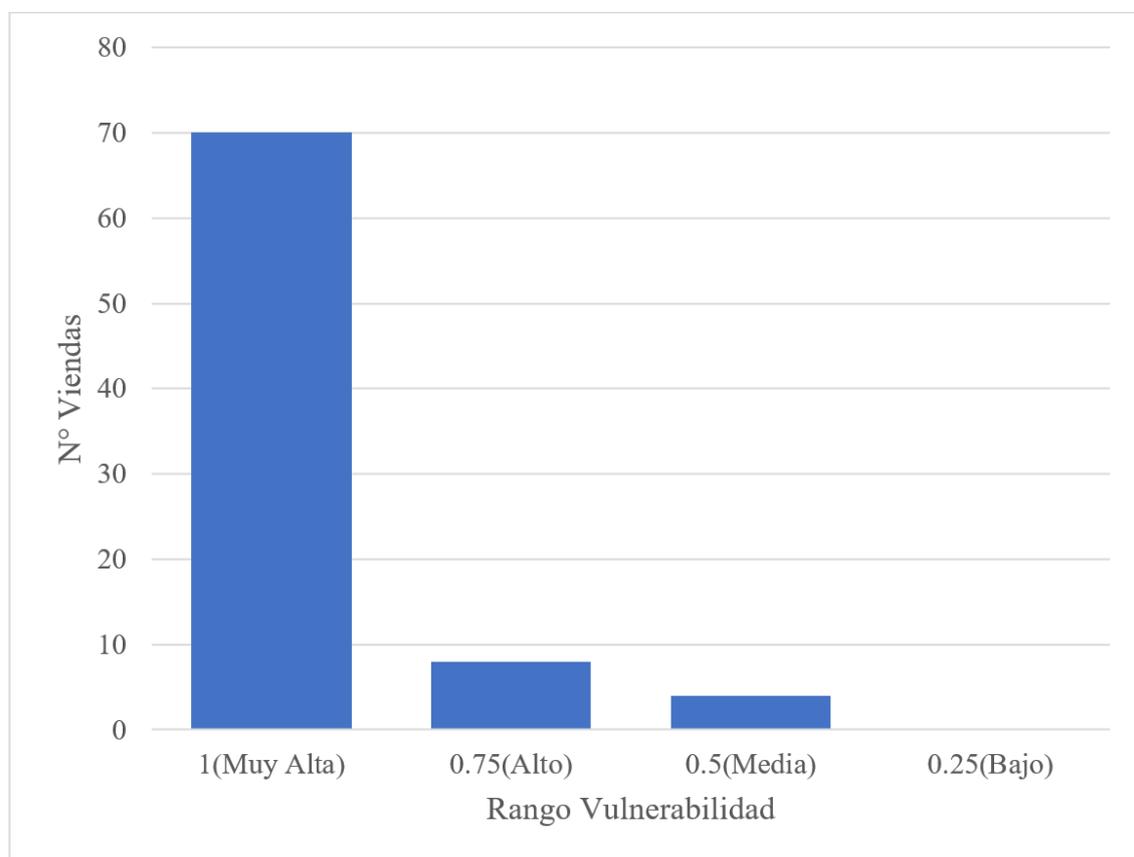


Tabla 31

Variable: Características geológicas, calidad y tipo de suelo.

Indicadores	Rangos	Grado de Vulnerabilidad
Zona ligeramente fracturada, suelos mediana capacidad portante.	$0.25 < V \leq 0.5$	Media

Cálculo de la Vulnerabilidad Física.

$$VF = \frac{1.0 + 0.5 + 1.0 + 0.5}{4}$$

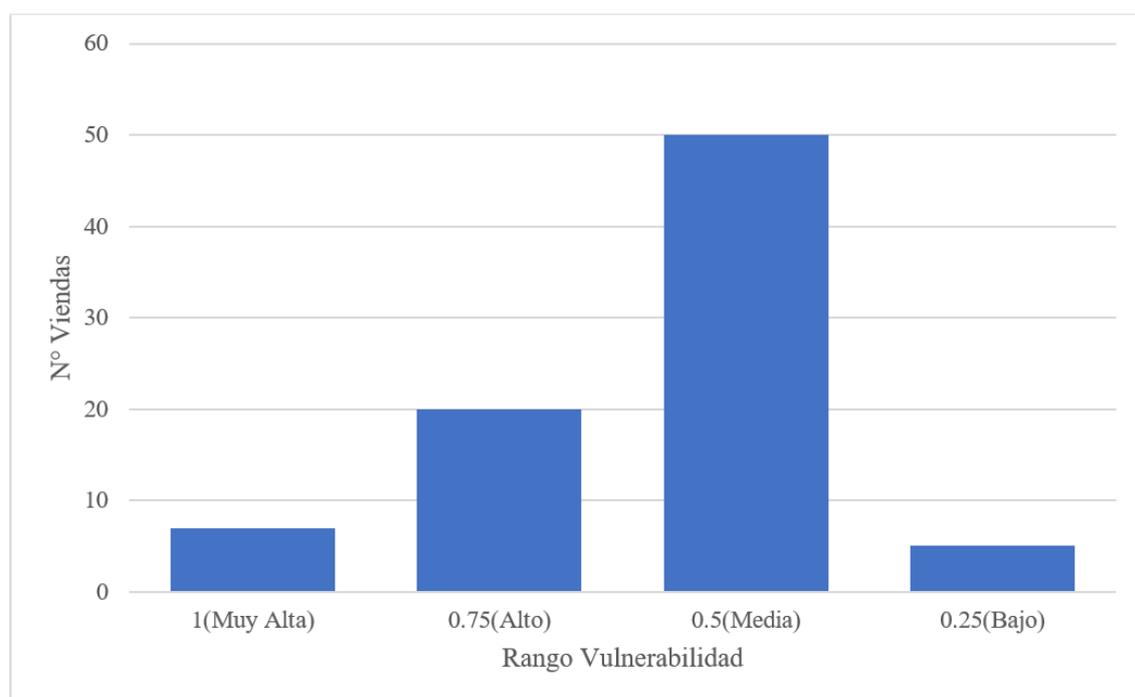
$$VF = 0.75$$

b. Vulnerabilidad Ambiental - Ecológica.

Conforme a la explotación del recurso natural de la localidad de Baños del Inca, el grado de vulnerabilidad varía según las prácticas de degradación del cauce. En donde, 7 personas creen que los pobladores ejecutan prácticas negligentes e intensivas de degradación dentro del cauce, esto genera un nivel de vulnerabilidad muy alto (1). 20 consideran que las prácticas son periódicas o estacionales, con un grado de vulnerabilidad alto (0.75). Además, 50 personas creen que los pobladores realizan actividades degradantes dentro del cauce y margen del río sin asesoramientos técnicos adecuados, esto representa una vulnerabilidad media (0.50). Finalmente, 5 personas piensan que estas prácticas se llevan a cabo con asesoramiento técnico capacitado, lo que se traduce en una vulnerabilidad baja (0.25).

Tabla 32*Variable: Explotación de recursos naturales.*

Variable: Explotación de los recursos naturales	Indicador SI	Grado de Vulnerabilidad
Piensa usted que los pobladores de la Localidad de Baños del Inca realizan actividades de uso o intervención en el cauce y las márgenes del río con el apoyo de asesoría técnica especializada	5	0.25 (Baja)
Piensa usted que los pobladores de la Localidad de Baños del Inca ejecutan acciones que degradan el cauce y las riberas del río sin contar con asesoría técnica especializada	50	0.50 (Media)
Piensa usted que los pobladores de la Localidad de Baños del Inca ejecutan prácticas periódicas o estacionales que afectan negativamente el cauce	20	0.75 (Alta)
Piensa usted que los pobladores de la Localidad de Baños del Inca llevan a cabo acciones irresponsables e intensivas que contribuyen al deterioro del cauce	7	1 (Muy Alta)

Figura 63*Grado de vulnerabilidad por explotación de los recursos naturales.*

En relación con las fuentes emisoras de materiales o sustancias peligrosas en la localidad de Baños del Inca, no se identificaron casos en los que estas emisiones afecten a más del 50% de la población, 3 personas consideran que estas emisiones afectan entre el 20% y 50% de la población, lo que representa un grado de vulnerabilidad alto (0.75), 17 personas creen que las emisiones afectan a menos del 20% de la población, lo que indica una vulnerabilidad media (0.50). Finalmente, 62 personas opinan que las emisiones no tienen impacto en la población, lo que corresponde a una vulnerabilidad baja (0.25).

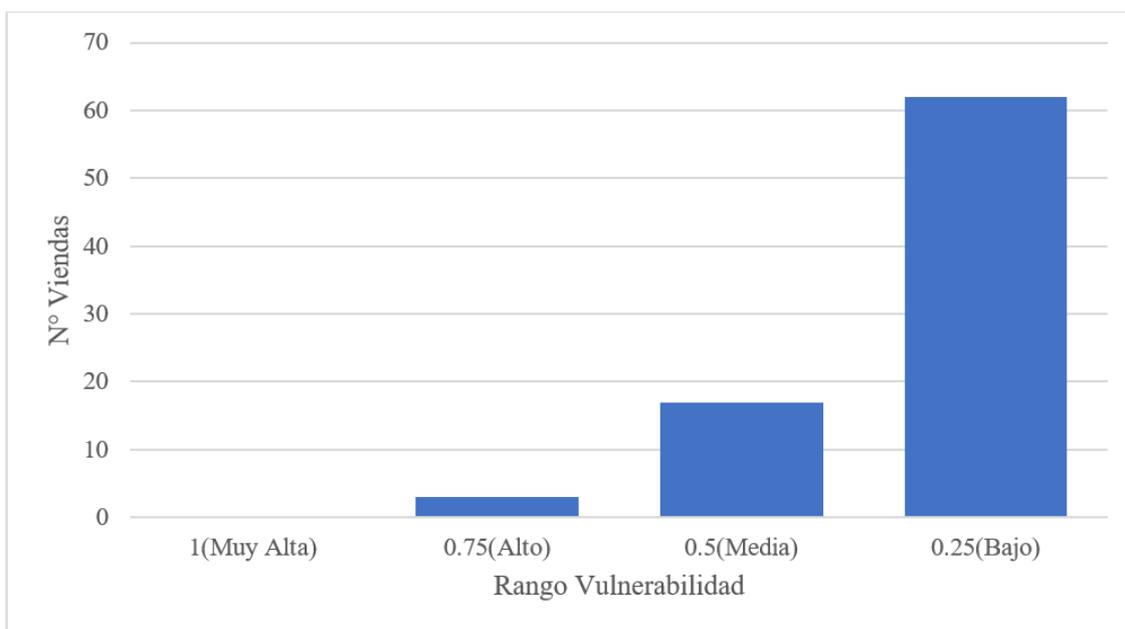
Tabla 33

Variable: Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos.

Variable: Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos	Indicador SI	Grado de Vulnerabilidad
Cree usted que la Localidad de Baños del Inca existen equipamientos o infraestructuras que liberan materiales peligrosos sin ocasionar efectos dañinos en los habitantes	62	0.25 (Baja)
Cree usted que la Localidad de Baños del Inca algunos establecimientos emiten materiales nocivos que impactan a menos del 20% de la población local	17	0.50 (Media)
Cree usted que la Localidad de Baños del Inca operan equipamientos o instalaciones que liberan elementos tóxicos, los cuales perjudican entre un 20% y un 50% de los residentes	3	0.75 (Alta)
Cree usted que la Localidad de Baños del Inca existen instalaciones o infraestructuras que generan la emisión de sustancias o materiales peligrosos, afectando a más del 50% de la comunidad	0	1 (Muy Alta)

Figura 64

Grado de vulnerabilidad por fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos.



Cálculo de la Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica.

$$VAE = \frac{0.5 + 0.25}{2}$$

$$VAE = 0.38$$

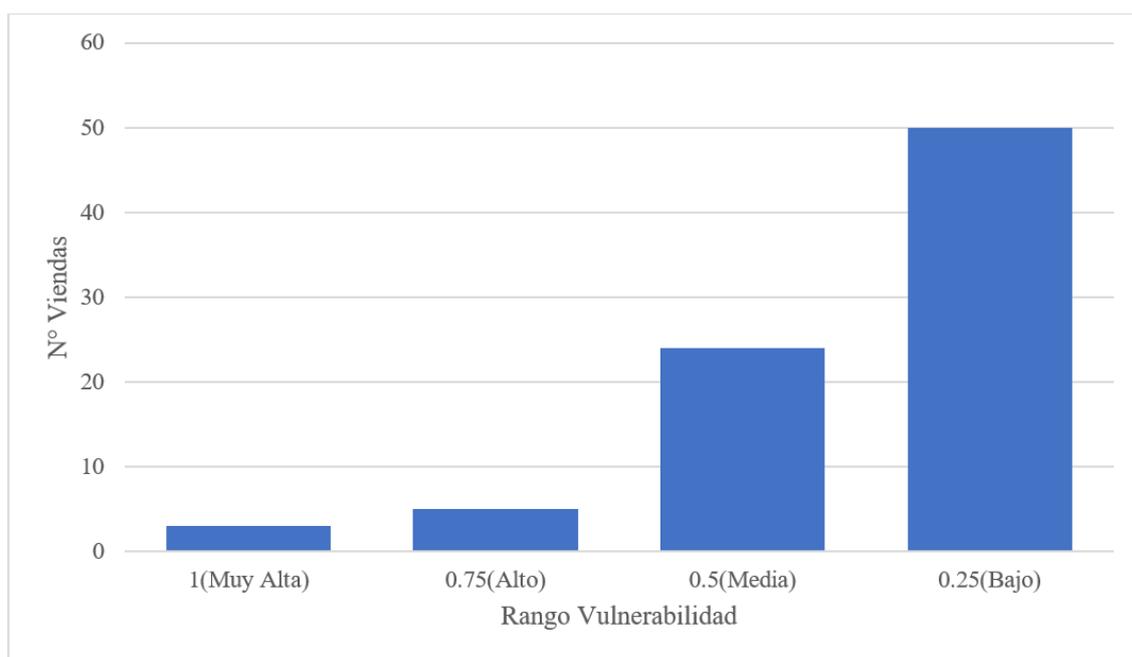
c. Vulnerabilidad Económica

Variable: Actividad económica

Concerniente a la actividad económica en la localidad de Baños del Inca, 3 personas consideran que el sistema productivo se origina en actividades extractivas básicas, sin aplicar tecnologías ni criterios adecuados, lo que genera un nivel muy alto de vulnerabilidad (1); 5 personas creen que el sistema cuenta con muy pocas posibilidades de insertarse en mercados competitivos, con una vulnerabilidad alta (0.75); 24 opinan que el sistema presenta algunos puntos competitivos, aunque las actividades económicas de la población aún muestran vulnerabilidad, clasificándola en un nivel medio (0.50). Por último, 50 personas consideran que el sistema de producción está en proceso de inserción en la competitividad, aunque con un significativo nivel de informalidad, lo que implica una vulnerabilidad baja (0.25).

Tabla 34*Variable: Actividad Económica.*

Variable: Actividad Económica	Indicador SI	Grado de Vulnerabilidad
Opina que el modelo de producción de la localidad de Baños del Inca está avanzando hacia una mayor competitividad, aunque todavía presenta un notable grado de informalidad en sus actividades económicas	50	0.25 (Baja)
Cree que el sistema productivo en Baños del Inca muestra algunos elementos competitivos, aunque las actividades económicas de la población son vulnerables	24	0.50 (Media)
Piensa que el sistema productivo de la localidad de Baños del Inca tiene escasas posibilidades de integrarse en un mercado competitivo	5	0.75 (Alta)
Considera que el sistema productivo de la localidad de Baños del Inca se basa en actividades extractivas primarias, carentes de tecnificación y sin criterios adecuados	3	1 (Muy Alta)

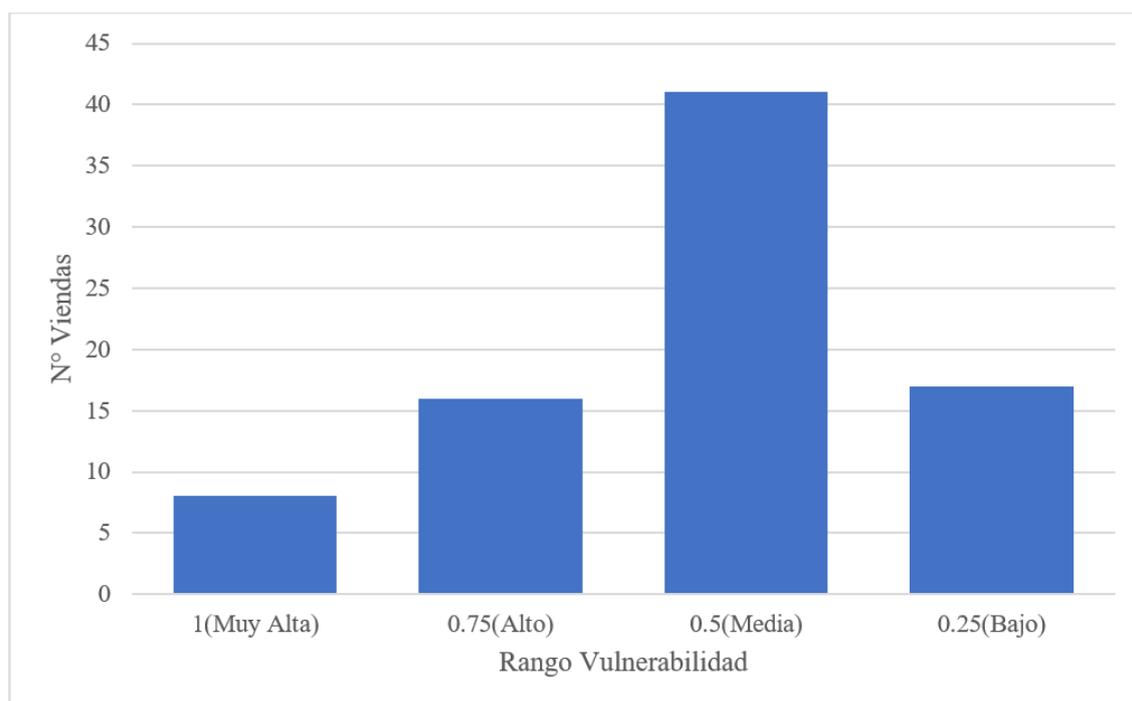
Figura 65*Grado de vulnerabilidad por actividad económica.*

Variable: Grado de escasez (Servicios Básicos).

En cuanto al grado de escasez del servicio básico en la localidad de Baños del Inca, ocho personas consideran que los servicios de luz, agua y desagüe no son continuos y carecen de un adecuado tratamiento del agua servida y potable, esto refleja un grado muy alto de vulnerabilidad (1). Dieciséis personas opinan que estos servicios son de corta duración y evidencian un inadecuado tratamiento, lo que implica una vulnerabilidad alta (0.75). Cuarenta y una personas creen que los servicios son permanentes, aunque el tratamiento del agua servida y potable es esporádico, lo que genera una vulnerabilidad media (0.50). Finalmente, diecisiete personas consideran que los servicios son permanentes y cuentan con un tratamiento adecuado, lo que corresponde a una vulnerabilidad baja (0.25).

Tabla 35*Variable: Grado de escasez (Servicios Básicos).*

Variable: Grado de escasez (Servicios Básicos).	Indicador SI	Grado de Vulnerabilidad
Opina que los servicios fundamentales, como desagüe, agua y luz, son estables y cuentan con un tratamiento adecuado para el manejo de aguas residuales y agua potable	17	0.25 (Baja)
Piensa que los servicios básicos, incluidos el alcantarillado, la provisión de agua y la electricidad, son confiables, pero tienen un tratamiento irregular de aguas servidas y agua potable	41	0.50 (Media)
Cree que los servicios esenciales, como el desagüe, el agua y la luz, presentan una continuidad deficiente y que el tratamiento de aguas residuales y potables es ineficaz	16	0.75 (Alta)
Considera que los servicios básicos de desagüe, suministro de agua y electricidad son inconstantes y carecen de un tratamiento adecuado para las aguas residuales y potables	8	1 (Muy Alta)

Figura 66*Grado de escasez.*

Cálculo de la Vulnerabilidad Económica.

$$VE = \frac{0.25 + 0.5}{2}$$

$$VE = 0.38$$

d. Vulnerabilidad Social

Variable: Nivel de organización

En cuanto al nivel de organización para la localidad de Baños del Inca, 34 personas consideran que la organización social o política es nula o evidencia en su dirigencia elevados niveles de corrupción, lo que indica un grado muy alto de vulnerabilidad (1); 16 personas creen que la organización es efímera o no funciona, lo que refleja una vulnerabilidad alta (0.75). Otras 16 personas opinan que no existen disputas internas en las organizaciones políticas o sociales, lo que señala una vulnerabilidad media (0.50). Finalmente, 16 personas consideran que existe una organización política o social activa, lo que se traduce en una vulnerabilidad baja (0.25).

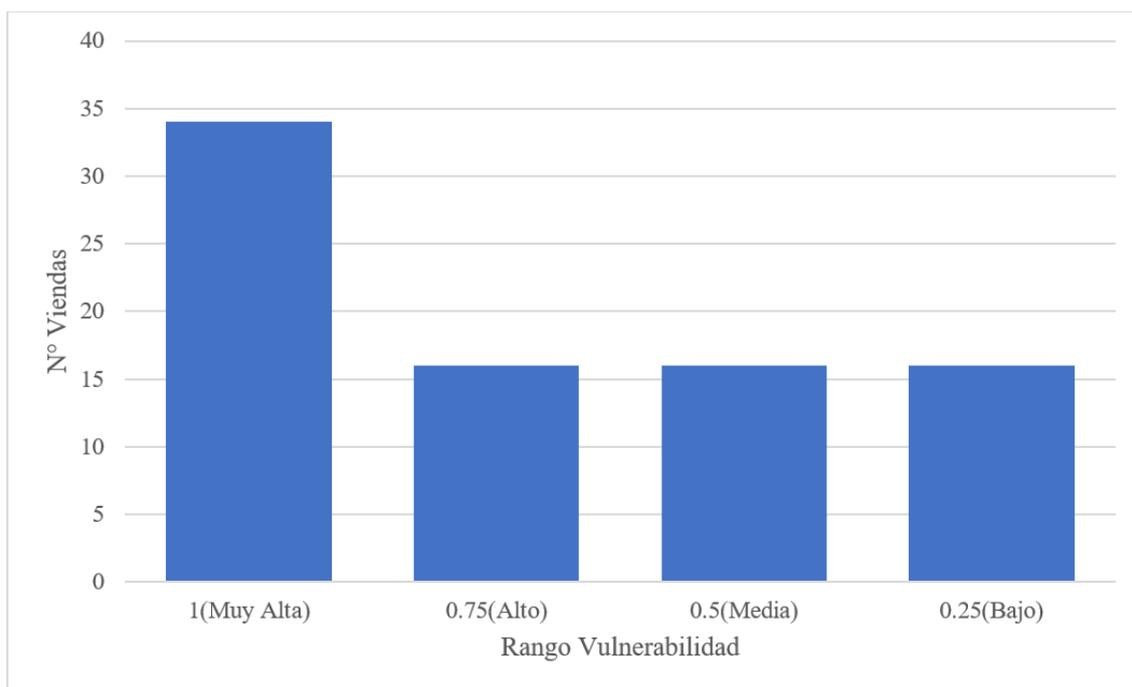
Tabla 36

Variable: Nivel de organización.

Variable: Nivel de organización	Indicador	Grado de
	SI	Vulnerabilidad
Piensa que en la localidad de Baños del Inca hay una <u>participación activa</u> de la población en organizaciones políticas o sociales	16	0.25 (Baja)
Opina que en la localidad de Baños del Inca no hay conflictos internos entre las distintas organizaciones políticas y sociales	16	0.50 (Media)
Cree que las organizaciones políticas o sociales en Baños del Inca son transitorias o carecen de funcionamiento efectivo	16	0.75 (Alta)
Considera que la estructura política o social en la localidad de Baños del Inca es inexistente o está marcada por elevados índices de corrupción en sus líderes	34	1 (Muy Alta)

Figura 67

Grado de vulnerabilidad por nivel de organización.



Variable: Grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales.

En lo que respecta a esta variable, 5 personas consideran que no existe ninguna relación o integración, lo que refleja un grado muy alto de vulnerabilidad (1), 20 personas opinan que hay un frágil relación e integración sobre estas entidades, indicando una vulnerabilidad alta (0.75), 46 personas creen que existe una relación e integración parcial, lo que sugiere una vulnerabilidad media (0.50). Finalmente, 11 personas consideran que hay una relación e integración fuerte sobre cada institución y organización local, esto abarca por grado de vulnerabilidad baja (0.25).

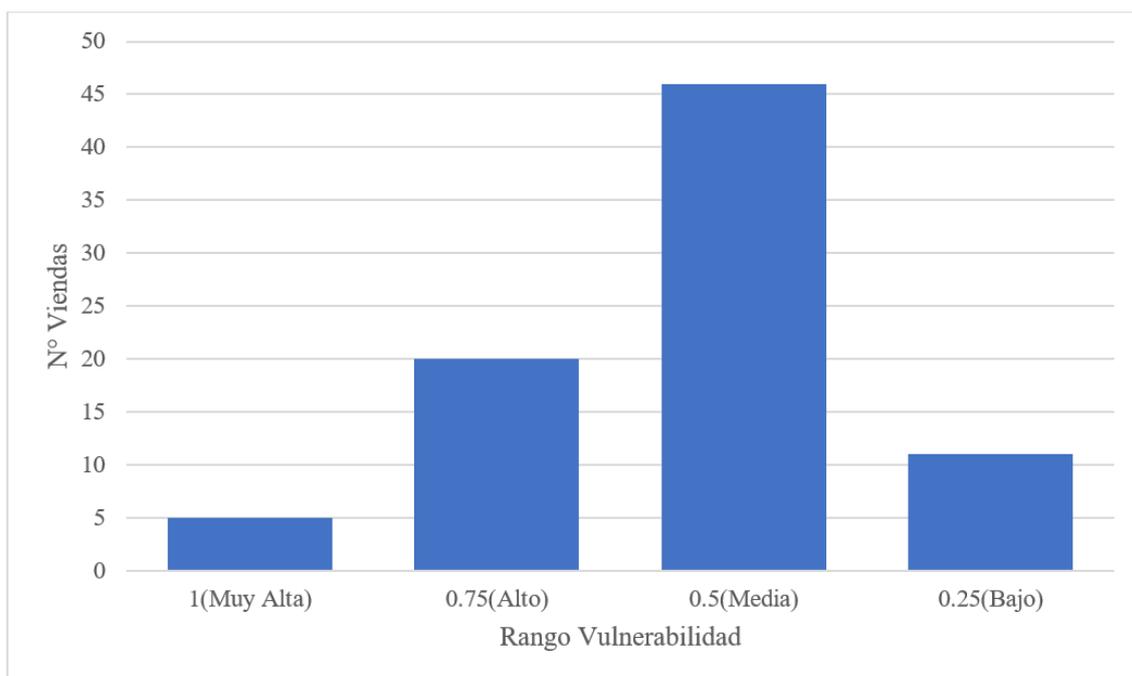
Tabla 37

Variable: Grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales.

Variable: Grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales	Indicador SI	Grado de Vulnerabilidad
Piensa que en la localidad de Baños del Inca hay una relación e integración fuerte y activa entre las instituciones y organizaciones locales	11	0.25 (Baja)
Opina que en la localidad de Baños del Inca hay una relación e integración parcial entre las instituciones y organizaciones, que no es completamente satisfactoria	46	0.50 (Media)
Cree que en la localidad de Baños del Inca la relación e integración entre las instituciones y organizaciones es débil y poco efectiva	20	0.75 (Alta)
Considera usted que en la localidad de Baños del Inca no hay ningún tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones presentes	5	1 (Muy Alta)

Figura 68

Grado de vulnerabilidad por el grado y tipo de relación e integración entre las instituciones y organizaciones locales.



Cálculo de la Vulnerabilidad Social.

$$VS = \frac{1.0 + 0.5}{2}$$

$$VS = 0.75$$

e. Vulnerabilidad Educativa

Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.

En relación con la existencia de capacitación en los centros educativos de la zona sobre temas de defensa civil, cinco personas consideran que no se cuenta ni se desarrolla algún tipo de programa de capacitación, lo que indica un grado muy alto de vulnerabilidad (1). Veintiocho personas opinan que las instituciones educativas desarrollan programas insuficientes en este ámbito, lo que refleja una vulnerabilidad alta (0.75). Cuarenta y una personas creen que se llevan a cabo programas de capacitación con regularidad, lo que sugiere una vulnerabilidad media (0.50). Finalmente, ocho personas consideran que las instituciones educativas logran el desarrollo constante de programas de capacitación en temas de defensa civil, esto comprende un grado de vulnerabilidad baja (0.25).

Tabla 38

Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.

Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.	Indicador SI	Grado de Vulnerabilidad
Opina que las instituciones educativas de la zona están activamente promoviendo programas de capacitación continua en relación con la Defensa Civil	8	0.25 (Baja)
Cree que las instituciones educativas en el área llevan a cabo de manera regular programas de formación en temas de Defensa Civil	41	0.50 (Media)
Piensa que las instituciones educativas de la zona implementan programas de formación sobre Defensa Civil que son insuficientes	28	0.75 (Alta)

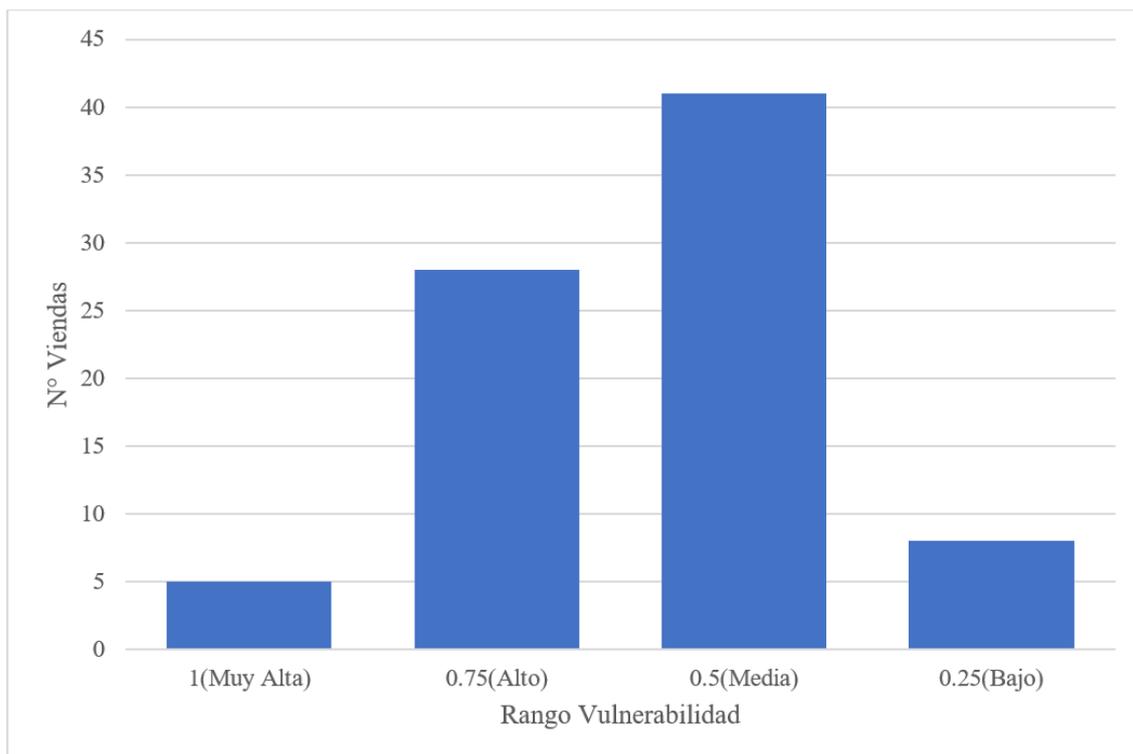
Considera que las instituciones educativas de la región carecen de programas de formación relacionados con la Defensa Civil

5

1 (Muy Alta)

Figura 69

Grado de vulnerabilidad por existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.



Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.

En cuanto a la capacitación de la población de la localidad de Baños del Inca en temas de defensa civil, 20 personas consideran que no se cuenta ni se desarrolla algún tipo de programas, lo que refleja un grado muy alto de vulnerabilidad (1), 50 personas opinan que la población posee una capacitación limitada de estos temas, indicando una vulnerabilidad alta (0.75), 9 personas creen que la capacitación se realiza con regular frecuencia, lo que sugiere una vulnerabilidad media (0.50). Finalmente, 3 personas consideran que la población está capacitada de manera constante en temas de defensa civil, reflejándose en el grado de vulnerabilidad baja (0.25).

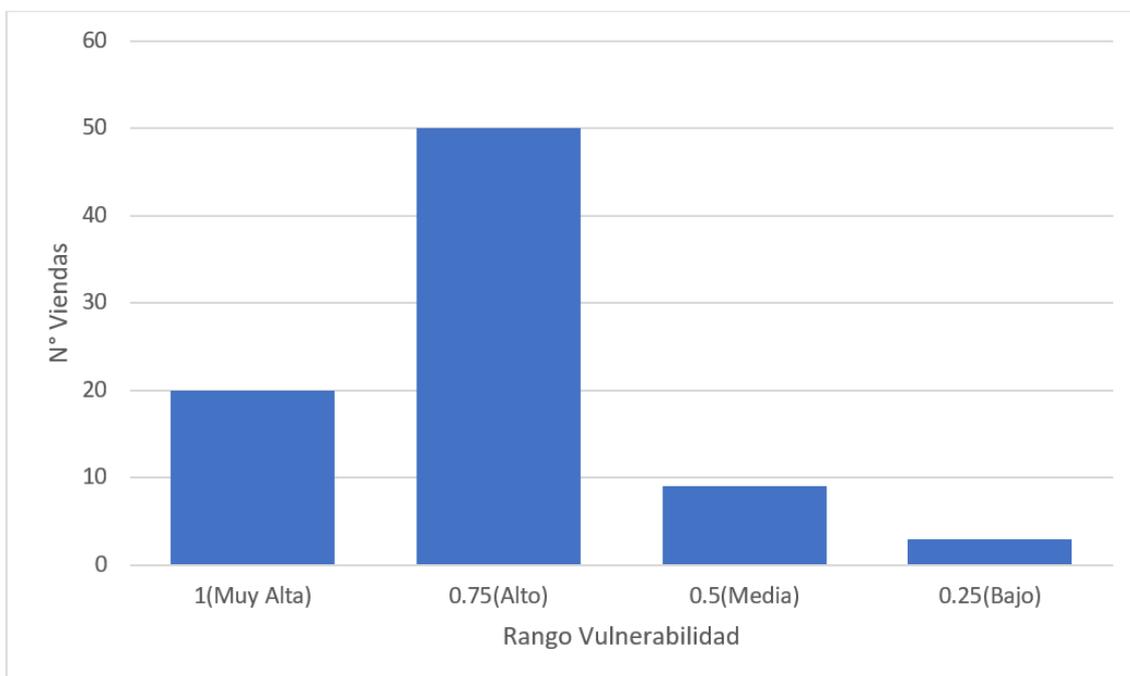
Tabla 39

Variable: Existencia de capacitación en colegios en temas concernientes a defensa civil.

Variable: Existencia	Indicador SI	Grado de Vulnerabilidad
Opina que la comunidad de Baños del Inca se involucra de forma continua en capacitaciones sobre Defensa Civil	3	0.25 (Baja)
Piensa que la población de Baños del Inca participa de manera ocasional en actividades de formación en Defensa Civil	9	0.50 (Media)
Cree usted que los habitantes de Baños del Inca poseen un nivel muy bajo de preparación en aspectos vinculados a Defensa Civil	50	0.75 (Alta)
Considera que en la localidad de Baños del Inca no se implementan ni se llevan a cabo iniciativas de capacitación en temas relacionados con Defensa Civil	20	1 (Muy Alta)

Figura 70

Grado de vulnerabilidad por existencia de capacitación de la población en temas concernientes a defensa civil.



Variable: Campañas de difusión.

En relación con las campañas de difusión respecto a temas de defensa civil en la localidad de Baños del Inca, 20 personas consideran que no hay divulgación en medios de comunicación, lo que indica un grado de vulnerabilidad muy alto (1), 57 personas creen que hay una difusión escasa, lo que genera desconocimiento en gran parte de la población local, reflejando una vulnerabilidad alta (0.75), 5 personas opinan que existe una difusión masiva pero poco frecuente, lo que sugiere que un gran sector de la población está informado, resultando en una vulnerabilidad media (0.50). No se registraron opiniones de que haya una difusión masiva y frecuente, que implicaría una vulnerabilidad baja (0.25).

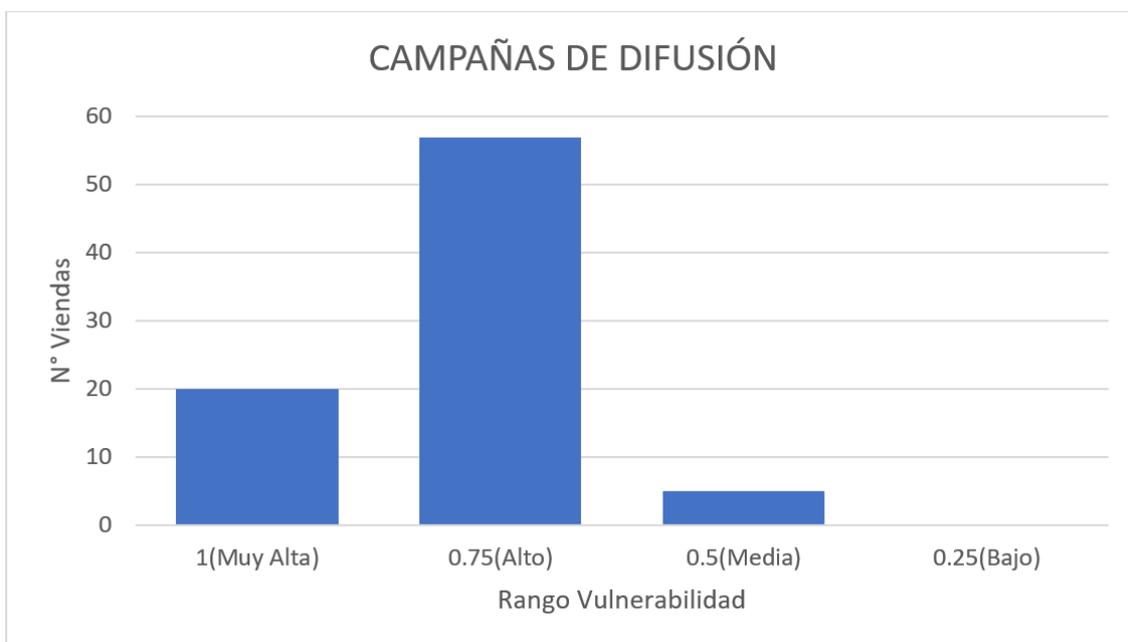
Tabla 40

Variable: Campañas de difusión.

Variable: Campañas de difusión	Indicador SI	Grado de Vulnerabilidad
Opina que en la localidad de Baños del Inca hay una amplia y frecuente transmisión de información sobre defensa civil a través de distintos medios, logrando que toda la población esté completamente informada	0	0.25 (Baja)
Considera que en la localidad de Baños del Inca hay una difusión esporádica y generalizada de información sobre defensa civil en los medios, lo que permite que una parte significativa de la población esté algo informada	5	0.50 (Media)
Cree que en la localidad de Baños del Inca la información sobre defensa civil en los medios de comunicación es limitada, lo que ocasiona que gran parte de la población no tenga conocimiento de estos temas	57	0.75 (Alta)
Piensa que en la localidad de Baños del Inca no se están compartiendo contenidos sobre defensa civil en diversos medios de comunicación para informar a la comunidad	20	1 (Muy Alta)

Figura 71

Grado de vulnerabilidad por campañas de difusión.



Cálculo de la Vulnerabilidad Social.

$$VED = \frac{0.5 + 0.75 + 0.75}{3}$$

$$VED = 0.67$$

f. Vulnerabilidad total

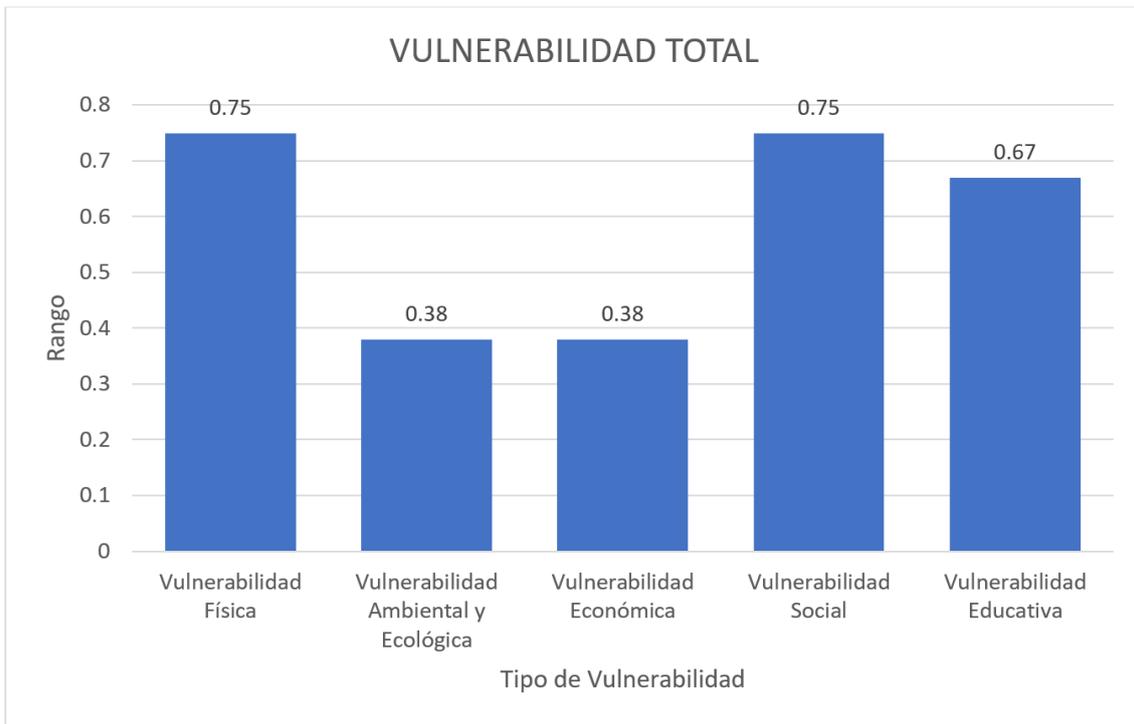
En la zona analizada, predominan la vulnerabilidad tecnológica, científica, social y física, las cuales presentan niveles de vulnerabilidad muy altos; en contraste, la vulnerabilidad ecológica y ambiental se manifiesta en menor medida, registrando un grado de vulnerabilidad medio.

Tabla 41

Vulnerabilidad Total.

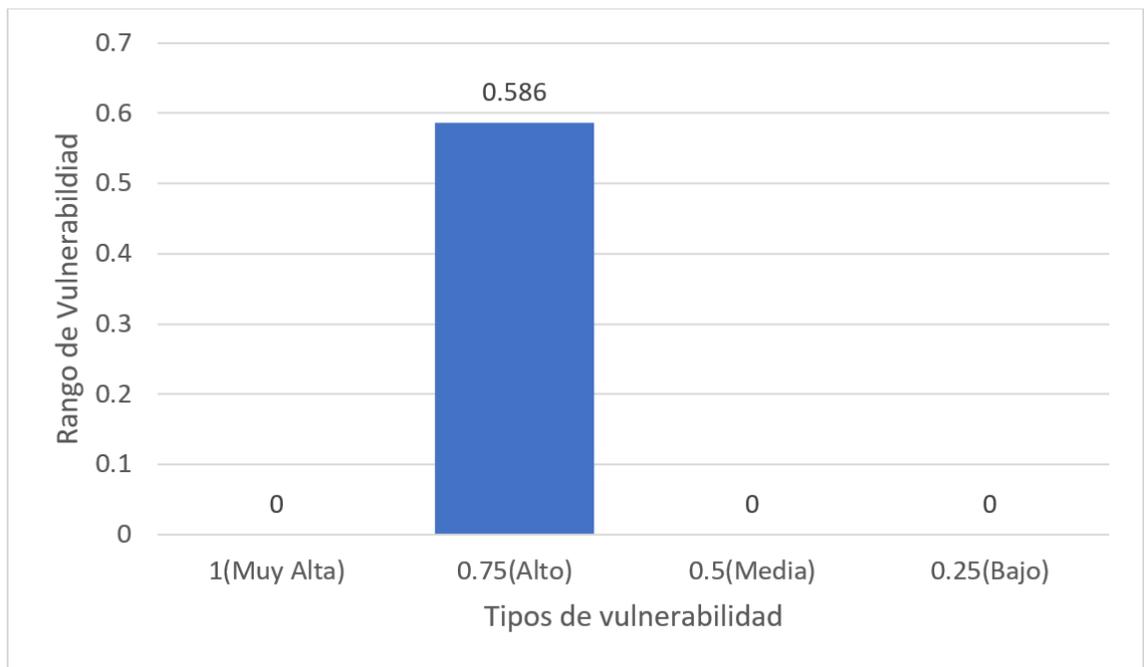
Tipo de Vulnerabilidad	Rango
Vulnerabilidad Educativa	0.67
Vulnerabilidad Social	0.75
Vulnerabilidad Económica	0.38
Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica	0.38
Vulnerabilidad Física	0.75

Figura 72
Tipos de vulnerabilidad por rango.



Teniendo en consideración las características socioculturales, económicas, ambientales y físicas de la localidad de Baños del Inca, evidenció un alto grado de vulnerabilidad.

Figura 73
Grado de vulnerabilidad.



Estimación de riesgo

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesto el área de estudio, y realizado los respectivos análisis de vulnerabilidad, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio

Con los valores obtenidos del grado de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad total, se interrelaciona, por un lado (vertical), el grado de peligrosidad; y por otro (horizontal) el grado de vulnerabilidad total en la respectiva matriz. En la intersección de ambos valores, sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el nivel de riesgo

Tabla 42
Nivel del riesgo.

Peligro Muy alto 1	Riesgo medio 0.25	Riesgo alto 0.5	Riesgo muy alto 0.75	Riesgo muy alto 1
Peligro alto 0.75	Riesgo bajo 0.19	Riesgo medio 0.38	Riesgo alto 0.56	Riesgo muy alto 0.75
Peligro medio 0.5	Riesgo bajo 0.13	Riesgo medio 0.25	Riesgo medio 0.38	Riesgo alto 0.5
Peligro bajo 0.25	Riesgo bajo 0.06	Riesgo bajo 0.13	Riesgo bajo 0.19	Riesgo medio 0.25
	Vulnerabilidad baja 0.25	Vulnerabilidad media 0.5	Vulnerabilidad alta 0.75	Vulnerabilidad baja 1

Se determinó que el nivel de riesgo de inundación por la quebrada “Shaullo Chico” en el distrito de Baños del Inca es medio, ya que se realizó en función del nivel de peligro y el nivel de vulnerabilidad. El nivel de riesgo encontrado es de tipo alto, se le asigna el máximo porcentaje de 56% ante la presencia de fenómenos del tipo inundación.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos a partir de la modelación hidrológica e hidráulica del flujo de la quebrada Shaullo Chico, contrastándolos con antecedentes y estudios similares. El análisis permite contextualizar los hallazgos en el marco de la gestión del riesgo de inundaciones.

Los estudios de Maza (2021) reportan una cuenca de 54,712.036 m² con una pendiente del 2% y una longitud de 698.87 m, mientras que Boakye et al. (2021) analizaron una cuenca de 310.371 km². En comparación, el área analizada en este estudio (4.29 km², con una longitud de 3.46 km y pendiente de 6.07%) evidencia diferencias notables en las condiciones topográficas y geomorfológicas. Esto confirma que las características físicas de cada cuenca influyen significativamente en el comportamiento del caudal y la propagación del riesgo de inundación.

Con respecto a los caudales, Maza (2021) obtuvo un caudal de diseño de 137.58 m³/s para un periodo de retorno de 200 años, mientras que López (2021) registró 3.8 m³/s para el mismo periodo. En este estudio, caudales máximos de 7.86 m³/s, 8.44 m³/s y 9.01 m³/s para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, lo que demuestra variabilidad asociada a la pluviometría local y las condiciones morfológicas de cada cuenca. Así, se reafirma que los parámetros locales deben ser considerados prioritariamente para la modelación hidrológica precisa.

En términos de riesgo, Boakye et al. (2021) estimaron una probabilidad de inundación del 42.59% para un periodo de retorno de 10 años. Asimismo, Ndidi et al. (2022) desarrollaron un modelo que indica un 50% de riesgo bajo, 30% medio y 20% alto para un periodo de 50 años. En contraste, los resultados del presente estudio evidencian que el nivel de riesgo de inundación para la quebrada Shaullo Chico es alto, con un valor de 0.56 en la matriz de riesgo de INDECI, correspondiente a un periodo de retorno de 200 años. Este resultado destaca la vulnerabilidad significativa del área de estudio, particularmente en sectores urbanos de Baños del Inca.

El análisis de vulnerabilidad reveló un índice promedio de 0.75, clasificado como alto. Esta cifra se fundamenta en factores físicos, ecológicos, económicos y sociales identificados mediante encuestas a 82 hogares. Dichos resultados son congruentes con estudios similares (Clar et al., 2023), quienes resaltan la necesidad de estrategias locales diferenciadas en contextos rurales y urbanos para la gestión del riesgo por inundaciones.

Finalmente, se destaca que el modelamiento hidráulico, validado mediante observaciones de campo, permitió estimar un área de inundación de 21,524.11 m², cercana a la reportada por la comunidad (21,832 m²). Esta congruencia respalda la confiabilidad del modelo empleado y la utilidad del enfoque mixto para la estimación del riesgo.

CONCLUSIONES

1. Se estimó el riesgo de inundación asociado a la quebrada Shaullo Chico en la localidad de Baños del Inca – Cajamarca, determinando un nivel de riesgo alto, con un valor de 0.586, según la Matriz del Riesgo de Inundación del INDECI. Este resultado evidencia una amenaza significativa para la población y la infraestructura ubicada en la zona de influencia del cauce.
2. Se logró recopilar y sistematizar información cartográfica mediante vuelos con dron y el uso de GPS diferencial, así como información hidrológica proveniente de tres estaciones pluviométricas cercanas. Esta información fue fundamental para el desarrollo del análisis y permitió una caracterización precisa de la cuenca y del comportamiento de las precipitaciones en la zona.
3. La modelación hidrológica de la quebrada Shaullo Chico se realizó utilizando el software HEC-HMS y el Método Racional, obteniéndose caudales máximos de 7.86 m³/s, 8.44 m³/s y 9.01 m³/s para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, respectivamente. Esta modelación permitió conocer el comportamiento del escurrimiento superficial ante eventos extremos de lluvia.
4. En cuanto a la modelación hidráulica, se determinó que el escenario de mayor área de inundación correspondió al periodo de retorno de 200 años, alcanzando una extensión de 24,524.11 m² y una profundidad máxima de 2.08 m, lo que representa un peligro considerable para la localidad evaluada.
5. Se recolectó información pluviométrica de la estación A. Weberbauer, Encaña y Victoria, en donde se tomó datos del año 1997-2024, 1997-2024 y 1997-2024 respectivamente, en donde el área de la quebrada Shaullo Chico fue de 4.28 km², una longitud de 3.46 km, pendiente de 6.07% y un perímetro de la cuenca de 9.21 km.
6. Se tuvo en el modelamiento hidráulico correspondiente al periodo de retorno un área de P50=19,796 m², P100=20,701.41 m², P200=21,524.11 m²; asimismo un caudal de 7.86 m³/s, 8.44 m³/s y 9.01 m³/s respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las entidades responsables de tomar decisiones, utilizando este estudio como base, adopten medios preventivos a razón de ser mitigado el riesgo por inundación pluvial en la localidad Baños de Inca – Cajamarca.
2. Luego de determinar el riesgo, se debe crear planes de contingencia los cuales contengan la evacuación de la población que se encuentre cerca del área en estudio o ser diseñada una defensa ribereña a razón de lograr salvaguardar sus vidas.
3. Para futuras investigaciones, se sugiere ampliar los hallazgos al ser analizado y evaluado el desplazamiento de sedimentos de esa quebrada, con el fin de establecer los intervalos de limpieza necesarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addis, A. (2023). GIS – based flood susceptibility mapping using frequency ratio and information value models in upper Abay river basin, Ethiopia. *Natural Hazards Research*, 3, 247 - 256. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666592123000173>
- Aponte, E., & Guillen, R. (2021). *Evaluación de riesgos por inundación pluvial en el asentamiento humano Nuevo Indoamérica, del distrito de La Esperanza - 2021*. Trujillo: Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/29401>
- Babel, M., Rahman, M., Budhathoki, A., & Chapagain, K. (2023, Julio 20). Optimization of economic return from water using water-energy-food nexus approach: A case of Karnafuli Basin, Bangladesh. *Energy Nexus*, 10, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100186>
- Babu, B., Raj, K., Asheshwar, R., & Singh, B. (2022). “Flood risk modeling in southern Bagmati corridor, Nepal” (a study from Sarlahi and Rautahat, Nepal). *Progress in Disaster Science*, 16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590061722000473>
- Bernardini, G., Romano, G., & Soldini, L. (2021). How urban layout and pedestrian evacuation behaviours can influence flood risk assessment in riverine historic built environments. *Sustainable Cities and Society*, 70. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721001669>
- Boakye , K., Ahenkorah, I., Ewusi, A., & Bani , E. (2021). Assessment of flood prone zones in the Tarkwa mining area of Ghana using a GIS-based approach. *Environmental Challenges*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100028>
- Clar, C., Junger, L., Nordbeck, R., & Thaler, T. (2023, Marzo 24). The impact of demographic developments on flood risk management systems in rural regions in the Alpine Arc. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 90, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103648>
- Crosato, A., Vásquez, A., Bregoli, F., & Franca, M. (2022, Julio 27). Adaptation of river channels to a wetter or drier climate: Insights from the Lower Pilcomayo River,

South America. *Journal of Hydrology*, 612, 1-14.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128254>

Dong, D., Huang, Y., Pei, Y., Zhang, X., Cui, N., Zhao, P., . . . Lu, L. (2023). Effect of spherical silica fume and fly ash on the rheological property, fluidity, setting time, compressive strength, water resistance and drying shrinkage of magnesium ammonium phosphate cement. *Journal of Building Engineering*, 63, 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105484>

Fang, Y., & Guo, L. (2019). tiempo de concentración se refiere al tiempo que tarda el agua en fluir desde el punto más alejado de una cuenca hidrográfica hasta un punto de salida específico, como un río, arroyo o alcantarilla. Es el tiempo estimado que toma para que la lluvia que cae. *Chemical Physics Letters*, 735, 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.cplett.2019.136768>

Fernández, C., León, A., & Rodríguez, Y. (2020). Influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en las áreas de inundación del río Yanuncay en Cuenca. 41(1).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382020000100115&script=sci_arttext&tlng=pt

Gunathilake, M., Amaratunga, Y., Perera, A., Karunanayake, C., Gunathilake, A., & Rathnayake, U. (2020). Statistical evaluation and hydrologic simulation capacity of different satellite-based precipitation products (SbPPs) in the Upper Nan River Basin, Northern Thailand. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 32, 100743.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100743>

Hasenhundl, Martin, & Blanckaert, K. (2022, Febrero 25). A Matlab script for the morphometric analysis of subaerial, subaquatic and extra-terrestrial rivers, channels and canyons. *Computers & Geosciences*, 162, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2022.105080>

Huang, H., Xie, P., Yiduo, D., Wu, P., & Zhuo, L. (2023, Mayo 3). Cropping pattern optimization considering water shadow price and virtual water flows: A case study of Yellow River Basin in China. *Agricultural Water Management*, 24, 1-14.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108339>

- INDECI. (2011). *Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales*. Dirección Nacional de Prevención. <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1743/doc1743-contenido.pdf>
- Jin, J., Zhang, Y., Hao, Z., Xia, R., Yang, W., Yin, H., & Zhang, X. (2022, Agosto 15). Benchmarking data-driven rainfall-runoff modeling across 54 catchments in the Yellow River Basin: Overfitting, calibration length, dry frequency. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 42, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101119>
- Kamza, A., Kuznetsova, I., & Levin, E. (2023, Marzo 15). Prediction of the flooding area of the northeastern Caspian Sea from satellite images. *Geodesy and Geodynamics*, 14, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2022.08.003>
- Liu, Y., You, M., Zhu, J., Wang, F., & Ran, R. (2019). Integrated risk assessment for agricultural drought and flood disasters based on entropy information diffusion theory in the middle and lower reaches of the Yangtze River, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 38. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212420919301657>
- Lopez, L. (2021). *Evaluación del Riesgo por Inundaciones en las Viviendas del asentamiento humano aagrado corazón de Jesús, Distrito de Castilla - Piura*. Tesis Posgrado, Universidad César Vallejo, Piura. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/87190/Lopez_OLC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maity, R. (2022). *Statistical Methods in Hydrology and Hydroclimatology*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-5517-3>
- Mamo, S., Berhanu, A., & Melesse, M. (2019). Historical flood events and hydrological extremes in Ethiopia. <https://www.researchgate.net/publication/335026212>
- Mantilla, F. (2019). *Identificación de áreas inundables mediante modelamiento hidráulico de la quebrada Chinchinmarca-Sector 24 (Villa Huacariz)-Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3693/IDENTIFICACI%c3%93N%20DE%20%c3%81REAS%20INUNDABLES%20MEDIANT>

E%20MODELAMIENTO%20HIDR%20C3%81ULICO%20DE%20LA%20QUEB
RADA%20CHINCHINMARCA%20-
%20SECTOR%2024%20%28VILLA%20HUACARIZ%29%20-
%20CAJAMARC

Marsal, R. (2023, Febrero 15). Early water management systems on the southern Transjordan plateau. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 47, 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103795>

Maza, Y. (2021). *Diseño de la Defensa Ribereña para Reducción de Riesgos en el Centro Poblado Cochalan, Distrito San José del Alto - Cajamarca*. Tesis Posgrado, Cajamarca. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92572>

Mediero, L., Soriano, E., Oria, P., Bagli, S., Castellarin, A., Garrote, L., . . . Schroter, K. (2022, Mayo 15). Pluvial flooding: High-resolution stochastic hazard mapping in urban areas by using fast-processing DEM-based algorithms. *Journal of Hydrology*, 608, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127649>

Mo, C., Lai, S., Yang, Q., Huang, K., Lei, X., Yang, L., . . . Jiang, C. (2023, Abril 15). A comprehensive assessment of runoff dynamics in response to climate change and human activities in a typical karst watershed, southwest China. *Journal of Environmental Management*, 332, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117380>

Mo , Y., Bao, Y., Wang, Z., & Chen , X. (2024). Spatial coupling relationship between architectural landscape characteristics and urban heat island in different urban functional zones. *Building and Environment*, 257, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111545>

Ndidi , F., Innocent, E., & Ganiy , I. (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*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103097>

Niemi, M., Ojanen, P., Sarkkola, S., Vasander, H., Minkkinen, K., & Vauhkonen, J. (2023, Mayo 1). Using a digital elevation model to place overland flow fields and uncleaned ditch sections for water protection in peatland forest management.

Ecological Engineering, 190, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106945>

Nigatu, G., Abebe, B., Grum, B., Kebedew, M., & Semane, E. (2023, Mayo 6). Investigation of Flood incidence causes and mitigation: Case study of Ribb river, northwestern Ethiopia. *Natural Hazards Research*, 1, 1-31.
<https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.04.009>

Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios. (2023, Marzo 27). *Perú: Lluvias e inundaciones, Reporte de Situación No. 01 (27 de marzo de 2023)*. OCHA:
<https://reliefweb.int/report/peru/peru-lluvias-e-inundaciones-report-de-situacion-no-01-27-de-marzo-de-2023>

Olamrewaju, C., & Reddy, M. (2022). Assessment and prediction of flood hazards using standardized precipitation index—a case study of eThekweni metropolitan area. *J. Flood Risk Manag.*, 1-12. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12788>

Olcina, J., & Oliva, A. (2019). Medidas estructurales versus cartografía de inundación en la valoración del riesgo en áreas urbanas: El caso del barranco de las Ovejas (Alicante, España). *Cuadernos geográficos*, 52(2), 199-220.
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/106913/1/Olcina_Oliva_2020_CuadGeo.pdf

Ortiz, L. (2021). *Cuencas hidrográficas y ecología del paisaje: una guía conceptual y metodológica*. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
https://www.google.com.pe/books/edition/Cuencas_hidrogr%C3%A1ficas_y_ecolog%C3%ADa_del_p/gXmiEAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Cuenca,+%C3%81rea%3B+Per%C3%ADmetro,+%C3%8Dndice+de+compacidad%3B+Longitud+del+Cauce+principal&pg=PT145&printsec=frontcover

Pegliasco, C., Chaigneau, A., Morrow, R., & Dumas, F. (2021, Julio 15). Detection and tracking of mesoscale eddies in the Mediterranean Sea: A comparison between the Sea Level Anomaly and the Absolute Dynamic Topography fields. *Advances in Space Research*, 68, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.03.039>

- Sena, M., & Hassan, Y. (2023, Mayo 10). Thermal-hydraulic behavior simulations of the reactor cavity cooling system (RCCS) experimental facility using Flownex. *Nuclear Engineering and Technology*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.net.2023.05.023>
- Shalisha, A. (2021). Earth Science & Climatic Change Evaluation of Climate Change Impacts on Runoff in the Gidabo River. 1-4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266659212300046X#bbib62>
- Southwell, R., Hilton, S., Pearson, J., Hand, L., & Bending, G. (2023, Julio 1). El caudal de un río puede variar en diferentes momentos del año debido a las fluctuaciones en las precipitaciones, el deshielo de las montañas, la regulación humana de los caudales y otros factores. En las regiones con estaciones secas y lluviosas, es com. *Science of The Total Environment*, 880, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163282>
- Tabari, H. (2020). Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70816-2>
- Team, I. (2023, Julio 25). Altimetry for the future: Building on 25 years of progress. *Advances in Space Research*, 68, 1-45. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.01.022>
- Tramblay, Y., Villarini, G., & Zhang, W. (2020). Observed changes in flood hazard in Africa. *Environ. Res. Lett.* <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb90b>
- Tulip, S., Siddik, M., Islam, M., Rahman, A., Haghghi, A., & Mustafa, S. (2022, Mayo 31). The impact of irrigation return flow on seasonal groundwater recharge in northwestern Bangladesh. *Agricultural Water Management*, 266, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107593>
- Vogeler, I., Cichota, R., Langer, S., Thomas, S., Ekanayake, D., & Werner, A. (2023, Marzo 15). Simulating water and nitrogen runoff with APSIM. *Soil and Tillage Research*, 277, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105593>
- Wang, H., Wu, J., Li, G., Yan, L., & Liu, S. (2023, Febrero 15). Effects of extreme rainfall frequency on soil organic carbon fractions and carbon pool in a wet meadow on

- the Qinghai-Tibet Plateau. *Ecological Indicators*, 146, 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109853>
- Wang, Y., Liu, G., Zhu, S., Hu, W., Zhang, H., Zhou, X., & Peng, Z. (2023, Abril 1). Assessment of impacts of water transfer on lake flow and water quality in Lake Chaohu using a three-dimensional hydrodynamic-ecological model. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 46, 1-14.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101333>
- Wasko, C., Guo, D., Ho, M., Nathan, R., & Vogel, E. (2023, Mayo 5). Diverging projections for flood and rainfall frequency curves. *Journal of Hydrology*, 620.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129403>
- Weday, M., Tabor, K., & Gemedá, D. (2023, Abril 4). Flood hazards and risk mapping using geospatial technologies in Jimma City, southwestern Ethiopia. *Heliyon*, 9, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14617>
- Yolina, H., Rojali, & Irwansyah, E. (2023, Marzo 10). Development of flood-prone area classification program using linear classifier method based on geomorphic flood index and land cover. *Procedia Computer Science*, 216, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.151>
- Yrigoín, K., & Vásquez, R. (2023). *Evaluación del nivel de riesgo a inundación por desborde del río Jallqueño en la ciudad de Lajas, Chota, 2022*. Chota: Universidad Nacional Autónoma de Chota.
<https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/441>
- Zan, R., Blackburn, A., Plaimart, J., Acharya, K., Walsh, C., Stirling, R., . . . Werner, D. (2023, Mayo 15). Environmental DNA clarifies impacts of combined sewer overflows on the bacteriology of an urban river and resulting risks to public health. *Science of The Total Environment*, 7, 1-45.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164282>

ANEXOS

Tabla 43

Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Augusto Weberbauer), sin completar.

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1997	16.3	16.3	7.1	8.3	7.5	6.6	0.2	0.0	7.6	10.2	27.6	23.8
1998	12.5	16.5	31.7	22.3	6.3	4.1	1.3	3.5	4.6	17.7	14.6	9.8
1999	15.9	38.8	13.5	10.4	13.9	6.4	11.6	0.5	21.8	14.3	18.6	13.1
2000	17.3	36.1	18.6	19.7	14.4	5.3	1.8	5.0	10.9	3.3	17.9	20.4
2001	27.6	17.7	28.2	14.3	14.7	1.0	6.9	0.0	5.7	14.7	20.3	15.9
2002	8.2	10.8	15.7	18.2	12.7	5.4	4.7	3.4	7.7	S/D	S/D	10.6
2003	18.7	18.4	20.1	8.8	6.7	7.0	1.6	6.1	8.9	19.2	17.1	20.8
2004	11.9	21.5	10.5	12.4	6.5	0.9	6.0	10.2	4.0	9.5	28.1	22.7
2005	20.2	10.0	19.7	10.8	3.6	3.5	0.3	3.5	14.3	9.3	11.6	15.3
2006	15.2	13.5	18.8	17.0	2.2	6.2	1.6	5.4	10.2	4.0	20.6	12.3
2007	15.6	6.8	25.4	21.0	5.2	1.4	3.0	4.0	10.2	19.0	15.7	16.7
2008	20.2	17.1	23.6	27.0	7.4	6.0	1.3	4.8	11.6	10.8	19.7	S/D
2009	21.9	16.4	20.5	17.8	18.2	9.1	5.3	0.9	5.2	18.1	22.2	12.6
2010	14.6	36.4	34.0	21.6	12.6	2.8	2.2	1.3	10.5	16.8	12.8	21.9
2011	14.9	16.4	25.5	22.4	9.7	0.4	5.1	0.0	12.7	9.3	5.2	27.7
2012	18.0	27.9	26.7	11.3	10.8	0.3	0.0	1.9	12.8	24.2	27.3	17.6

2013	11.7	13.1	35.3	15.9	10.2	4.5	2.5	5.7	1.9	19.4	6.1	9.6
2014	13.7	15.3	22.1	24.4	6.8	2.4	2.0	1.7	5.8	13.5	11.1	20.2
2015	23.3	14.0	25.4	11.9	19.5	2.3	3.2	0.1	25.2	4.6	20.5	10.7
2016	13.1	16.7	32.4	12.6	2.6	0.7	1.4	1.1	17.9	17.3	4.5	11.9
2017	12.9	11.6	14.3	14.1	9.6	6.3	2.3	8.2	10.4	21.7	18.2	51.8
2018	16.9	33.5	18.3	12.1	8.7	5.0	0.4	0.0	11.2	13.7	14.0	16.2
2019	14.6	14.8	25.5	12.9	8.5	4.9	4.4	0.0	3.0	19.0	15.7	20.2
2020	11.4	6.5	S/D	S/D	S/D	S/D	10.9	0.4	5.1	14.6	17.2	14.4
2021	15.5	32.6	29.1	31.5	9.8	2.7	1.6	4.7	5.7	20.6	17.2	11.9
2022	12.0	27.4	40.4	22.3	20.7	3.6	4.4	9.2	7.8	9.6	5.9	15.5
2023	19.3	21.2	26.2	9.6	10.0	0.0	1.9	3.0	1.0	22.4	21.2	28.2
2024	11.2	32.7	19.5	17.4	21.6	6.4	2.8	0.6	19.9	20.5	16.4	25.6

Nota. Base de datos SENAMHI

Tabla 44

Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Encañada), sin completar.

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1997	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	19.3	28.8	19.2
1998	20.2	35.7	27.7	35.3	19.4	4.3	0.4	4.5	18.7	37.3	10.1	25.1
1999	22.5	30.1	39.6	18.7	31.4	18.3	7.3	4.7	22.6	11.1	26.1	17.8
2000	11.2	19.5	30.6	18.3	16.4	8.3	0.5	6.1	14.0	1.6	14.1	24.3

2001	43.8	26.3	24.6	26.2	12.8	0.3	1.4	0.8	11.8	28.0	17.7	17.8
2002	16.7	33.4	36.0	27.1	5.7	5.0	1.9	1.1	13.1	S/D	S/D	S/D
2003	9.4	27.9	28.0	18.6	13.4	18.7	0.0	6.8	7.7	21.9	30.5	23.3
2004	27.3	20.9	18.0	23.4	10.9	3.0	9.4	0.5	10.8	42.6	22.5	26.0
2005	20.9	17.4	38.0	13.7	19.8	4.7	1.2	4.7	4.6	28.3	11.1	22.0
2006	35.1	22.2	32.9	47.5	4.8	9.7	8.6	4.9	14.1	20.5	19.7	16.3
2007	20.7	14.6	44.6	18.6	16.0	0.0	8.0	1.7	16.5	26.8	23.7	20.1
2008	29.2	32.5	28.2	30.1	8.3	10.9	5.8	6.7	21.4	32.3	41.3	15.4
2009	27.4	10.0	42.3	24.6	40.2	3.0	4.5	5.4	6.7	16.7	23.7	23.7
2010	19.9	42.3	35.6	37.5	13.2	6.2	4.4	0.0	12.5	31.1	32.8	29.4
2011	17.3	28.9	21.6	25.0	22.2	0.4	7.7	0.0	12.5	10.9	17.9	14.2
2012	28.4	24.0	22.2	17.6	20.4	10.0	0.0	7.5	1.5	21.6	37.2	18.5
2013	14.0	25.5	28.6	12.9	27.2	9.6	2.5	5.2	0.0	36.6	14.1	14.4
2014	22.7	41.1	37.6	19.3	12.6	0.0	0.2	0.4	14.5	23.8	27.7	27.8
2015	31.5	20.5	37.7	20.0	19.0	1.9	5.3	0.0	2.3	6.8	32.8	3.0
2016	21.0	17.0	31.9	21.5	2.1	9.3	0.5	0.6	21.3	24.8	4.8	31.8
2017	19.2	22.5	30.1	24.5	12.5	9.9	3.2	15.7	4.7	22.0	13.2	19.9
2018	17.3	28.3	18.3	21.4	28.7	3.8	0.0	0.0	20.2	21.2	27.0	15.0
2019	12.4	30.4	27.5	30.6	16.3	12.0	3.1	0.0	8.7	17.3	20.9	28.2
2020	14.9	11.4	22.9	17.1	25.8	12.4	17.6	0.9	12.2	26.2	20.8	36.1

2021	19.0	37.0	50.9	19.1	21.2	10.7	0.9	5.2	6.8	33.3	48.0	21.8
2022	17.6	44.6	37.4	28.9	12.2	9.8	3.2	4.6	17.2	21.3	3.5	28.3
2023	45.2	52.8	32.8	21.2	16.3	3.2	3.5	8.8	9.0	25.6	19.6	27.3
2024	32.6	20.6	15.5	29.6	15.8	10.6	7.8	0.0	11.5	30.6	10.3	18.4

Nota. Base de datos SENAMHI

Tabla 45

Precipitación histórica máx. 24 h (Est. Victoria), sin completar.

Año/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1997	18.6	14.1	12.1	S/D	4.2	4.1	0	0	15.7	20.3	29.1	33.6
1998	16.6	1	19.1	10.5	4.7	3.6	0	4.4	5.8	10.7	6.7	9.6
1999	23.9	41.4	15.7	15.8	11.5	7.5	19	2.6	22.5	16.4	15.3	15.3
2000	11.6	16.7	9.9	18.3	13.5	14	10.7	7	8.1	4.6	4.3	12.1
2001	21.7	10.8	16.3	3.5	19.8	7.1	27.2	8.5	7.1	31.7	11.3	24.4
2002	6.3	10	16.5	14.6	12.1	25.7	17.9	14.1	5.2	20.6	10	14.9
2003	22	9	26.2	10	3.4	8.1	12.1	3.2	19.1	11.1	20.5	8.2
2004	6.1	12.3	9.2	5.6	11.3	11.5	9.7	7.5	1.9	13.4	6.4	2.2
2005	12.1	7.5	25.5	8.4	17.1	3.4	5.6	12.7	7	14.1	9.9	15.1
2006	21.1	8.1	7.8	15	19	4.1	9.4	11.7	19.7	10.4	9.9	15.3
2007	15.1	9.9	10.7	11.3	5.5	7.5	11.5	20.9	5.8	17.6	0.8	17.4
2008	12.8	21.6	15.7	10.1	5.6	12.8	15.1	16.6	8.9	6.4	9.1	15.9

2009	17.1	9.6	17.9	9.8	6.6	11.5	11.6	12.3	8.8	10.3	9.7	10
2010	7.3	7.1	13.5	22.1	11.4	3.8	12.5	4.9	7.2	15.6	12	6.4
2011	9	10	13.9	14.1	19.2	20.3	12.1	6.5	11.3	15.9	18.9	9.5
2012	10.8	13.1	11.9	3.5	10.7	15.2	22.3	9.4	6.4	13.7	10.2	21.5
2013	14.8	15.4	17.9	12.7	5.4	18.7	1	4.7	6.3	16.4	3.1	17.6
2014	10.5	12.8	6.3	16.8	11.9	6.1	7.5	7.2	13.8	2.5	10.1	20.8
2015	14.5	12.8	17.7	9.6	7	3.7	2.7	2.7	13.3	8.5	9.4	13
2016	11.6	8.8	11.7	4.7	9.1	6.6	0	12.3	14.6	5.6	3.7	14.8
2017	11.3	2.3	11.7	16.4	16.3	18.9	3.7	5.4	11.4	9.4	16.2	42.8
2018	10.2	17.1	7.3	10	6.8	5.1	10.7	9.2	14.4	10.5	14.6	27.5
2019	14.9	19.4	9.8	7.6	16.8	11	6.3	5.5	9.7	13.8	7.5	15.4
2020	10.1	4.3	2.3	4.1	0	2.6	5.1	1.4	7.5	1.9	0	0.2
2021	6.2	0.7	8.8	5.4	3.9	5.7	2.1	3.8	5.6	18.9	20.8	5.2
2022	18.8	16.3	19.2	7.5	19.5	2.7	6.8	5.1	8.4	7.8	4.8	22.8
2023	11.9	17.8	26.2	9.5	14.1	2.5	10.8	8.5	14.6	14.4	14.6	3.5
2024	0	14.2	16.4	2.2	5.4	0	5.1	0	14.6	0.7	3.7	0.1

Nota. Base de datos SENAMHI

Con el registro histórico proporcionado por la fuente oficial del Senamhi y Ana, se procesó la información mediante tablas dinámicas en Excel, donde fue hallada dentro de 24 horas (P24h) las precipitaciones máximas.

Figura 74

Mapa del nivel de peligrosidad para un TR = 50 años.



NIVEL DE PELIGROSIDAD TR = 50 AÑOS
1:3,100

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TESIS: "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2023"	
TESISITA: Bch. José Francisco Cruzado Cruz	ESCALA: 1/3200	
ASESOR: Dr. Ing. Gaspar Villo Méndez Cruz	FECHA: mayo 2021	
PLANO: Nivel de Peligrosidad para un Tr=50 años	No.:	008

Figura 75

Mapa del nivel de peligrosidad para un $TR = 100$ años.



NIVEL DE PELIGROSIDAD $TR = 100$ AÑOS
1:3,100

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TÍTULO: "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2023"			
REGISTA:	Bach. José Francisco Cruzado Cruz	ESCALA:	1/3700
ASESOR:	Dr. Ing. Gaspar Vitero Méndez Cruz	FECHA:	mayo 2020
PLANO:	Nivel de Peligrisidad para un $T_r=100$ años	NÚM.	003

Figura 76

Mapa del nivel de peligrosidad para un $TR = 200$ años.



NIVEL DE PELIGROSIDAD $TR = 200$ AÑOS
1:3,100

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TÍTULO: "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2023"	
TEGISTA: Bach. José Francisco Cruzado Cruz	REVISOR: 1/37200	
ASESOR: Dr. Ing. Gaspar Vilco Méndez Cruz	FECHA: mayo 2023	
PLAZA: Nivel de Peligrosidad para un $TR=200$ años	NÚM. 001	

Figura 77
Nivel de vulnerabilidad para un TR = 50 años.



NIVEL DE VULNERABILIDAD TR = 50 AÑOS
 1:3,100

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	TESIS: "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2023"	
TEGUSTA: Bach. José Francisco Cruzado Cruz	ESCALA: 1:3700	
ASESOR: Dr. Ing. Gaspar Vilho Méndez Cruz	FECHA: mayo 2023	
PLANO: Nivel de Vulnerabilidad para un Tr=50 años	No.: 000	

Figura 78

Nivel de vulnerabilidad para un TR = 100 años.



NIVEL DE VULNERABILIDAD TR = 100 AÑOS

1:3,100

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
		TÍTULO: "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2023"	
REGISTA:	Bach. José Francisco Cruzado Cruz	ESCALA:	1:3100
ASESOR:	Dr. Ing. Gaspar Vilta Mendez Cruz	FECHA:	may 2023
PLANO:	Nivel de Vulnerabilidad para un Tr=100 años.	Nº:	004

Figura 79

Nivel de vulnerabilidad para un TR = 200 años.



NIVEL DE VULNERABILIDAD TR = 200 AÑOS

1:3,100

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	TESIS: "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2023"	
TESISISTA: Bach. José Francisco Cruzado Cruz	ESCALA: 1:3700	
ASESOR: Dr. Ing. Gaspar Virde Méndez Cruz	FECHA: mayo 2023	
PLANO: Nivel de Vulnerabilidad para un Tr=200 años	HOJA: 002	

Figura 80

Nivel de riesgo para un TR = 50 años.



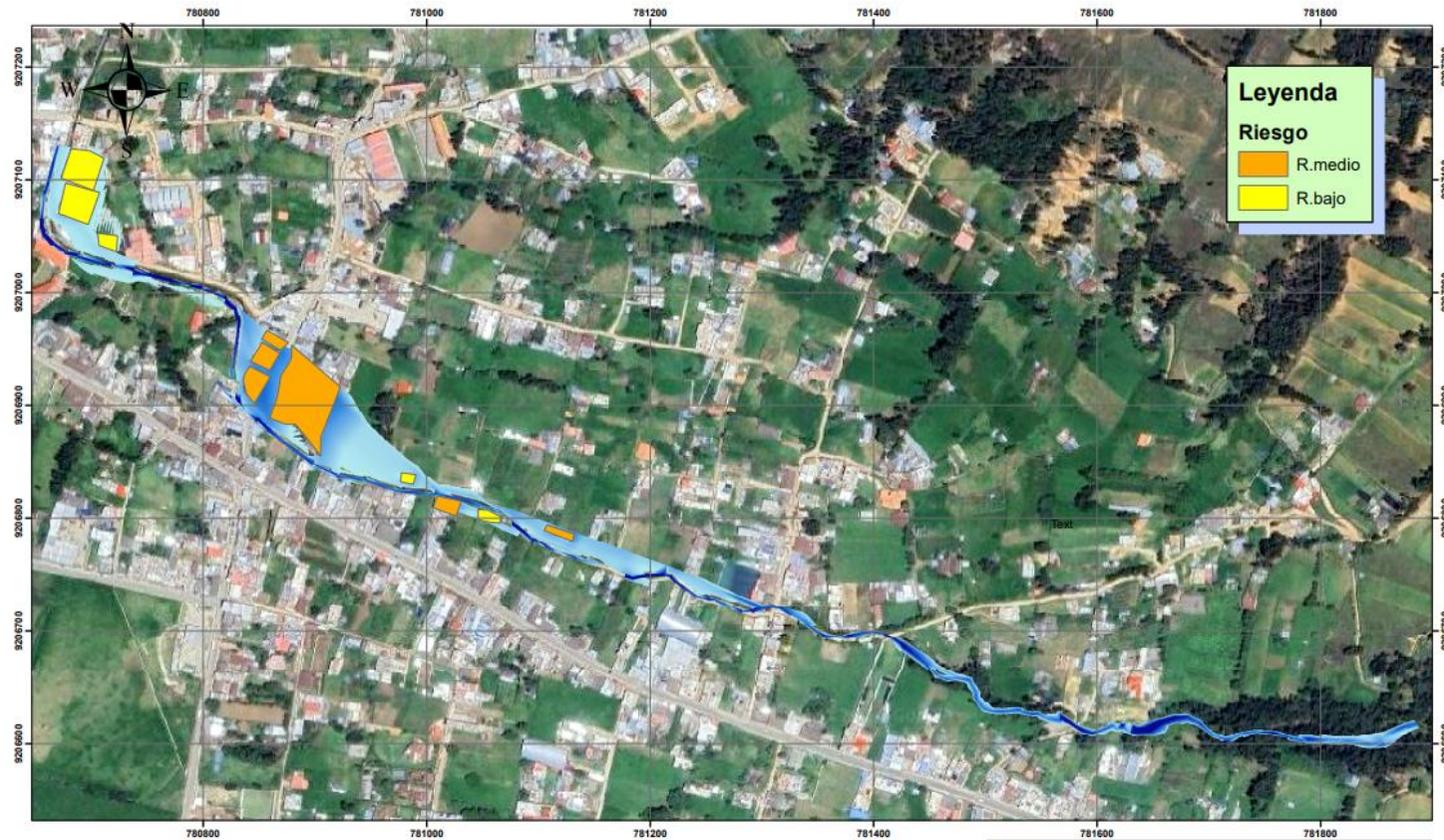
NIVEL DE RIESGO TR - 50 AÑOS

1:3,100

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
		FACULTAD DE INGENIERÍA	
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
		TÍTULO: "RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLÓ CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2023"	
TEJETA:	Bach. José Francisco Cruzado Cruz	ESCALA:	1:3700
ASESOR:	Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz	FECHA:	Mayo 2023
PLANO:	Nivel de Riesgo para un Tr=50 años	Nº:	007

Figura 81

Nivel de riesgo para un TR = 100 años.



NIVEL DE RIESGO TR = 100 AÑOS

1:3,100

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	"RIESGO DE INUNDACIÓN POR LA QUEBRADA SHAULLO CHICO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2023"		
TESISTA:	Bach. José Francisco Cruzado Cruz	ESCALA:	1/3750
ASESOR:	Dr. Ing. Gaspar Vilco Méndez Cruz	FECHA:	mayo 2023
PLAZO:	Nivel de Riesgo para un Tr=100 años	SER:	008

Figura 82

Nivel de riesgo para un TR = 200 años.



NIVEL DE RIESGO TR = 200 AÑOS

1:3,100

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
	FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
TESISTA:	Bach. José Francisco Cruzado Cruz	ESCALA:	1/3700
ASESOR:	Dr. Ing. Gaspar Wilfrido Méndez Cruz	FECHA:	mayo 2020
PLANO:	Nivel de Riesgo para un Tr=200 años	Nº:	001