



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL RIESGO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN
PARA EVENTOS DE INUNDACIÓN DEL RIO INAMBARI TRAMO
PUENTE APABUCO HASTA LA QUEBRADA HUAYLLABAMBA
DEL DISTRITO DE SANDIA, 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. RICHARD EDWIN MAMANI PUMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DEL RIESGO Y MEDIDAS D
E MITIGACIÓN PARA EVENTOS DE INUN
DACIÓN DEL RIO INAMBARI TRAMO PU
E**

AUTOR

RICHARD EDWIN MAMANI PUMA

RECuento de PALABRAS

43075 Words

RECuento DE CARACTERES

214908 Characters

RECuento DE PÁGINAS

190 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.4MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 18, 2023 6:20 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 18, 2023 6:22 PM GMT-5

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado digitalmente por MELLADO
VARGAS Zenon FAU 20145496170
soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.10.2023 18:37:23 -05:00



Firmado digitalmente por CASTILLO
ARONI Emilio FAU 20145496170
hard
Motivo: Doy V°B°
Fecha: 19.10.2023 08:04:05 -05:00

Resumen



DEDICATORIA

A mis padres por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano. A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por contribuir en el proceso de mi formación profesional.

Richard Edwin Mamani Puma



AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado una excelente educación en el transcurso de mi vida. sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

Richard Edwin Mamani Puma



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 18

ABSTRACT..... 19

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 21

1.1.1 Identificación del problema 21

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 22

1.2.1 Problema general 22

1.2.2 Problemas específicos..... 23

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 23

1.3.1 Hipótesis general 23

1.3.2 Hipótesis específicas..... 23

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 24

1.4.1 Justificación metodológica 24

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 25

1.5.1 Objetivo general 25

1.5.2 Objetivos específicos..... 25



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES	26
2.1.1 Antecedentes internacionales	26
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	28
2.1.3 Antecedentes locales.....	31
2.2 MARCO TEÓRICO.....	32
2.2.1 Análisis y evaluación de peligrosidad	32
2.2.2 Identificación de probable área de influencia del fenómeno en estudio....	33
2.2.3 Inundaciones.....	34
2.2.4 Susceptibilidad.....	36
2.2.5 Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles	37
2.2.6 Definición de escenarios.....	37
2.2.7 Estratificación del nivel de peligrosidad de acuerdo a umbrales.....	37
2.2.8 Análisis de vulnerabilidad	38
2.2.9 Análisis de los elementos expuestos sociales, económicos y ambientales	38
2.2.10 Determinación de los niveles de vulnerabilidad.....	39
2.2.11 Estimación o cálculo del riesgo.....	40
2.2.12 Niveles de riesgo	40
2.2.13 Medidas de mitigación y reducción de desastres	41
2.2.14 Faja marginal.....	42
2.2.15 Delimitación de faja marginal	42
2.2.16 Gestión de riesgo de desastre	43
2.2.17 Evaluación de costos y beneficios.....	44
2.2.18 Sistema nacional de gestión de riesgo de desastres.....	44



2.2.19	Política nacional de gestión de riesgos de desastres.....	44
2.2.20	Plan nacional de gestión de riesgo de desastre.....	45
2.2.21	Definición de términos básicos	45
2.2.22	Método del Proceso Analítico Jerárquico	47

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO	53
3.1.1	Ubicación.....	54
3.1.2	Características sociales.....	55
3.1.3	Características ambientales.....	56
3.1.4	Características geológicas.....	58
3.1.5	Características geomorfológicas.....	60
3.1.6	Características de pendiente	63
3.1.7	Características del uso de suelos	65
3.2	ESTUDIO HIDROLÓGICO	66
3.2.1	Información cartográfica	66
3.2.2	Delimitación de cuenca de estudio	67
3.2.3	Ubicación del punto de aforo del caudal simulado.....	68
3.2.4	Parámetros Geomorfológicos de la cuenca	68
3.2.5	Identificación de las estaciones meteorológicas.....	72
3.2.6	Análisis de consistencia y homogeneidad	73
3.2.7	Instrumentación de la cuenca	75
3.2.8	Cálculo de eventos extremos máximos	77
3.2.9	Prueba de datos dudosos.....	79
3.2.10	Análisis de frecuencia y prueba de bondad y ajuste.....	80



3.2.11	Determinación de la precipitación máxima estación Cuyo Cuyo	82
3.2.12	Cálculo de tormenta de diseño mediante el modelo Dick Peschke	84
3.2.13	Hietograma de diseño	87
3.2.14	Determinación del periodo de retorno de diseño (TR).....	90
3.2.15	Generación de subcuencas.....	91
3.2.16	Estimación de la curva numero	92
3.2.17	Determinación de los tiempos de concentración y retardo.....	98
3.2.18	Determinación de los caudales máximos.	99
3.2.19	Simulación de caudales máximos l modelo hidrológico HEC-HMS	100
3.2.20	Simulación de inundación en el tramo de estudio	105
3.3	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	110
3.3.1	Tipo de investigación.....	110
3.3.2	Diseño de investigación.....	110
3.3.3	Recolección de datos	111
3.3.4	Segunda fase: en campo	122
3.3.5	Tercera fase: en gabinete.	123
3.3.6	Población y muestra de estudio	123
3.3.7	Muestreo aleatorio estratificado	124
3.3.8	Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	125
3.3.9	Variables.....	126
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO.....	129
4.1.1	Parámetro de evaluación.....	130
4.1.2	Susceptibilidad del territorio	132



4.1.3	Análisis de elementos expuestos	139
4.1.4	Cálculo de Niveles de peligro.....	143
4.2	EVALUACIÓN DEL NIVEL VULNERABILIDAD.....	148
4.2.1	Análisis de elementos expuestos sociales, económicos y ambientales ...	149
4.2.2	Análisis de la exposición en la dimensión social	150
4.2.3	Cálculo del nivel de vulnerabilidad.....	164
4.3	EVALUACIÓN DEL NIVEL RIESGO.....	170
4.3.1	Niveles del riesgo	170
4.4	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO	175
4.4.1	Medidas estructurales	175
4.4.2	Medidas no estructurales	177
4.5	DISCUSIÓN.....	178
V.	CONCLUSIONES.....	181
VI.	RECOMENDACIONES.....	184
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	185
ANEXOS.....		188

Area : Hidraulica

Tema : Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación

Linea de investigacion : Hidraulica y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACION : 24 de octubre de 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Sección típica de un Río.....	35
Figura 2	Escala Ordinal de Comparación de SAATY.....	48
Figura 3	Área de estudio.....	53
Figura 4	Contaminación de residuos sólidos del Río Inambari.....	57
Figura 5	Actividades de limpieza del Río Inambari por parte de la entidad local.	57
Figura 6	Geología del área de estudio	60
Figura 7	Unidades geomorfológicas en el barrio Huencalla	62
Figura 8	Unidades geomorfológicas en el barrio Pio León	62
Figura 9	Geomorfología del Área de Estudio.....	63
Figura 10	Pendiente del Área de Estudio	64
Figura 11	Tipo de uso de suelo en el área de estudio	65
Figura 12	Delimitación de cuenca de estudio.....	67
Figura 13	Elevaciones de la cuenca Inambari	69
Figura 14	Parámetros geomorfológicos de la cuenca inambari.....	70
Figura 15	Curva Hipsométrica.....	71
Figura 16	Polígono de Frecuencia de altitudes.....	71
Figura 17	Polígono de Thiessen del área de influencia de las E.M.	73
Figura 18	Curva doble masa.....	74
Figura 19	Análisis de consistencia método Visual Gráfico.....	75
Figura 20	Estación Meteorología de Cuyo Cuyo	76
Figura 21	Ubicación Estación Meteorológica Cuyo-Cuyo.....	77
Figura 22	Histograma Precipitación Máxima en 24hr Est. Cuyo-Cuyo.....	78



Figura 23	Prueba de datos dudosos de precipitación máxima en 24 Hrs Est. Cuyo Cuyo	80
Figura 24	Curva de distribución Pearson III y Log Pearson III	81
Figura 25	Curva de Precipitaciones máxima	84
Figura 26	Precipitaciones totales	85
Figura 27	Intensidades máximas	86
Figura 28	Curva – Intensidad-Duración-Frecuencia	87
Figura 29	Hietograma de precipitaciones de diseño.....	88
Figura 30	Hietogramas de precipitación para TR=10 años y TR=25 años.....	89
Figura 31	Hietogramas de precipitación para TR=50 años y TR=100 años.....	89
Figura 32	Hietogramas diseño para TR=200 años.	89
Figura 33	Riesgo de Falla vs Periodo de Retorno para n=50	91
Figura 34	Subcuencas de la Cuenca del Rio Inambari	91
Figura 35	Modelo de elevación digital de la cuenca de estudio	93
Figura 36	Cobertura vegetal en la cuenca de estudio	94
Figura 37	Uso de suelos en la cuenca de estudio.....	95
Figura 38	Valores de curva número en la cuenca de estudio	97
Figura 39	Esquema de las subcuencas de aporte	100
Figura 40	Esquemmatización de las subcuencas y tramos en el área de estudio.....	101
Figura 41	Ingreso del hietograma al software HEC-HMS	102
Figura 42	Datos de control para la simulación	102
Figura 43	Hidrograma de Avenidas Máximas Punto de Control “Aforo”	104
Figura 44	Gráfico de caudales simulados en el punto aforo.....	105
Figura 45	Modelo digital de terreno	106
Figura 46	Mallado de la superficie de estudio.....	107



Figura 47	Condiciones de contorno.....	108
Figura 48	Altura de inundación en el área de estudio	109
Figura 49	Parámetro disposición de residuos sólidos de la fragilidad ambiental..	121
Figura 50	Parámetro disposición de residuos líquidos de la fragilidad ambiental	121
Figura 51	Parámetro conocimiento de conservación ambiental de la resiliencia ambiental	122
Figura 52	Susceptibilidad del territorio	132
Figura 53	Elementos Expuestos Desestimados al fenómeno de Inundación.....	142
Figura 54	Cálculo de susceptibilidad.....	143
Figura 55	Cálculo del valor del peligro	144
Figura 56	Niveles de peligro.....	144
Figura 57	Valores de peligro para un escenario más alto.....	145
Figura 58	Significancia del peligro.....	146
Figura 59	Mapa de peligro.....	147
Figura 60	Mapa de Vulnerabilidad	168
Figura 61	Número de viviendas por nivel de vulnerabilidad.	169
Figura 62	Niveles de Riesgo ante una inundación fluvial	170
Figura 63	Mapa de Riesgo.....	172
Figura 64	Nivel de Riesgo por Viviendas.....	173
Figura 65	Mapa de Riesgo por inundación fluvial.	174
Figura 66	Medidas estructurales para reducir el riesgo por inundación.....	176
Figura 67	Presupuesto para mitigación estructural.....	177



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ancho de fala marginal	43
Tabla 2	Población según grupo de edades	55
Tabla 3	Tipo de material de construcción por vivienda.....	56
Tabla 4	Población según nivel educativo.....	56
Tabla 5	Rangos de Pendiente del Área de Estudio	64
Tabla 6	Ubicación del punto de aforo.....	68
Tabla 7	Estaciones meteorológicas dentro y fuera del área de estudio.....	72
Tabla 8	Precipitación máxima en 24Hrs.....	79
Tabla 9	Cálculo de precipitaciones máximas con la distribución Log Pearson III...	83
Tabla 10	Parámetros de subcuencas.....	92
Tabla 11	Grupo hidrológico de la cuenca de estudio	96
Tabla 12	CN según descripción cobertura vegetal y Grupo hidrológico.....	96
Tabla 13	Curva número en las subcuencas de estudio	98
Tabla 14	Tiempo de Concentración (Tc) y Retraso (Tr)	99
Tabla 15	Características de los tramos de la cuenca delimitada	103
Tabla 16	Caudales obtenidos en el punto de aforo.	103
Tabla 17	Coeficiente de Manning en el área de estudio	107
Tabla 18	Identificación del parámetro de evaluación y sus descriptores.....	113
Tabla 19	Identificación del factor condicionante uso de suelos y sus descriptores ..	114
Tabla 20	Identificación del factor condicionante pendiente y sus descriptores.....	114
Tabla 21	Identificación del factor condicionante Geomorfología y sus descriptores	114
Tabla 22	Identificación del factor condicionante Geología y sus descriptores.....	115
Tabla 23	Identificación del factor condicionante Geología y sus descriptores.....	115



Tabla 24	Elementos expuestos en el área de estudio	116
Tabla 25	Parámetro de exposición social.....	116
Tabla 26	Parámetro acceso a agua potable de la fragilidad social	117
Tabla 27	Parámetro acceso a energía de la Fragilidad social.....	117
Tabla 28	Parámetro acceso a red de alcantarillado de la Fragilidad social.....	117
Tabla 29	Parámetro Conocimiento GRD de la Resiliencia social	118
Tabla 30	Parámetro de distancia de vivienda a la zona de peligro	118
Tabla 31	Parámetro de material de pared de la Fragilidad económica	119
Tabla 32	Parámetro de estado de conservación de la Fragilidad económica	119
Tabla 33	Parámetro de tipo de actividad económica de la Fragilidad económica	119
Tabla 34	Parámetro de ingreso familiar mensual de la Fragilidad económica	120
Tabla 35	Parámetro distancia vivienda a botadero de la exposición ambiental.....	120
Tabla 36	Matriz de operacionalización de variables.....	126
Tabla 37	Matriz de comparaciones de pares del parámetro altura de inundación	131
Tabla 38	Matriz de normalización de pares del parámetro altura de inundación	131
Tabla 39	Matriz de comparación de pares del parámetro incremento anómalo c.....	133
Tabla 40	Matriz de normalización de pares del parámetro incremento anómalo c ..	133
Tabla 41	Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes	134
Tabla 42	Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes	134
Tabla 43	Matriz de comparación de pares del parámetro uso actual de suelos.	135
Tabla 44	Matriz de normalización de pares del parámetro uso actual de suelos.....	135
Tabla 45	Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente.....	136
Tabla 46	Matriz de Normalización de pares del parámetro pendiente.....	136
Tabla 47	Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología.....	137
Tabla 48	Matriz de Normalización de pares del parámetro geomorfología.....	137



Tabla 49	Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología.....	138
Tabla 50	Matriz de Normalización de pares del parámetro geomorfología.....	138
Tabla 51	Instituciones educativas expuestos.....	139
Tabla 52	Centros de salud expuestos.	140
Tabla 53	Estructuras de agua y desagüe expuestos.....	140
Tabla 54	Redes viales expuestos en zonas de inundación	140
Tabla 55	Viviendas expuestas en zonas inundables.....	141
Tabla 56	Estado actual del terreno de estudio.....	141
Tabla 57	Estratificación del nivel de peligro por inundación fluvial en el Río I	145
Tabla 58	Matriz de Comparación de pares de los elementos expuestos	149
Tabla 59	Matriz de Normalización de pares de los elementos expuestos.....	150
Tabla 60	Matriz de Comparación de pares del parámetro de densidad poblacional.	150
Tabla 61	Matriz de Normalización de pares del parámetro de densidad p.....	151
Tabla 62	Matriz de Comparación de pares del parámetro de acceso a agua potable	151
Tabla 63	Matriz de Normalización de pares del parámetro acceso a agua potable ..	152
Tabla 64	Matriz de Comparación de pares del parámetro de acceso a energía e.....	152
Tabla 65	Matriz de Normalización de pares del parámetro de acceso a energía e ...	153
Tabla 66	Matriz de Comparación de pares del parámetro de acceso a red de Alc. ..	153
Tabla 67	Matriz de Normalización de pares del parámetro de acceso a red de Alc.	154
Tabla 68	Matriz de Comparación de pares del parámetro de conocimiento grd	154
Tabla 69	Matriz de Normalización de pares del parámetro de conocimiento	155
Tabla 70	Matriz de Comparación de pares del parámetro distancia vivienda a p.....	155
Tabla 71	Matriz de Normalización de pares del parámetro distancia vivienda	156
Tabla 72	Matriz de Comparación de pares del parámetro material de pared.....	156
Tabla 73	Matriz de Normalización de pares del parámetro material de pared	157



Tabla 74	Matriz de Comparación de pares del parámetro de estado de c.....	157
Tabla 75	Matriz de Normalización de pares del parámetro material de pared	158
Tabla 76	Matriz de Comparación de pares del parámetro tipo de actividad p.....	158
Tabla 77	Matriz de Normalización de pares del parámetro tipo de actividad p	159
Tabla 78	Matriz de Comparación de pares del parámetro ingreso familiar mensual	159
Tabla 79	Matriz de Normalización de pares del parámetro ingreso mensual.....	160
Tabla 80	Matriz de Comparación de pares del parámetro distancia de vivienda b...	160
Tabla 81	Matriz de Normalización de pares del parámetro distancia viv. al b.....	161
Tabla 82	Matriz de Comparación de pares del parámetro de disposición r sólidos..	161
Tabla 83	Matriz de Normalización de pares del parámetro de disposición de rs.	162
Tabla 84	Matriz de Comparación de pares del parámetro de disposición de rl	162
Tabla 85	Matriz de Normalización de pares del parámetro de disposición de rl.....	163
Tabla 86	Matriz de Comparación de pares de conocimiento de conservación a.	163
Tabla 87	Matriz de Normalización de pares de conocimiento de coservacion a.....	164
Tabla 88	Valor de la dimensión social.....	164
Tabla 89	Valores de la dimensión económica.....	165
Tabla 90	Valor dimensión ambiental.	165
Tabla 91	Valores de vulnerabilidad	165
Tabla 92	Niveles de vulnerabilidad.....	166
Tabla 93	Estratificación del nivel de vulnerabilidad.....	167
Tabla 94	Valor de riesgo por inundación fluvial	170
Tabla 95	Estratificación de Nivel de Riesgo.....	171



ACRÓNIMOS

CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
SIGRID	: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres
USGS	: Servicio Geológico de Estados Unidos
SINAGERD	: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
ANA	: Autoridad Nacional del Agua



RESUMEN

La presente investigación titulada “Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación del Rio Inambari tramo puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia, 2023”. Se realiza observando que en las últimas décadas se viene presentando una gran preocupación en el mundo con el cambio climático sobre las aguas fluviales que vienen provocando inundaciones en el área Urbano y Rural, sin embargo, este problema cada año es más preocupante debido al desinterés de la formulación, financiamiento y ejecución de proyectos de inversión para la reducción de riesgos por los gobiernos locales, regionales y nacionales. Además, indicar la falta de organización, planificación y capacitación para eventos de inundación en la ciudad de Sandia. Siendo el problema planteado ¿Cuál es el nivel de riesgo de inundación fluvial del rio Inambari en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia? El objeto de esta tesis fue “Evaluar el nivel de riesgo provocado por eventos de inundación fluvial en el tramo de estudio” se ha efectuado una investigación descriptiva, basado en la aplicación de tablas provenientes del manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 2 da versión del (CENEPRED). Utilizado la técnica del proceso de análisis jerárquico teniendo como instrumento la Matriz Saaty, Entrevista y el software. Al realizar el procesamiento de la información obtenida en campo y gabinete se ha determinado que el nivel de peligro ante una inundación fluvial para un escenario de 220 m³/s de caudal con un periodo de retorno de 200 años y según el mapa de peligro obtenido de esta investigación el 36% de la superficie evaluada tiene un nivel peligro alto y un 64% de la superficie evaluada tiene un nivel de peligro muy alto, el nivel de vulnerabilidad evaluado en la dimensión social, económica y ambiental es que un 25.80% de las viviendas evaluadas tienen un nivel bajo, 11.37% un nivel medio, 51.04% un nivel alto y un 11.79% nivel muy alto, por lo que se ha obtenido que el nivel de riesgo en el tramo de estudio es un 32.45% de las viviendas evaluadas tienen un nivel bajo, 26.21% Medio, 31.90% alto y 9.43% muy alto. Por otro lado, en esta investigación se propone como medida de mitigación estructural, 3,312.5 metros lineales de muro de contención de concreto ciclópeo y 970 metros lineales de enrocado.

Palabras Clave: Desastre, Gestión del riesgo, Inundación fluvial, Peligro.



ABSTRACT

The present research, titled "Risk Assessment and Mitigation Measures for Flood Events in the Inambari River from the Apabuco Bridge to the Huayllabamba Ravine in the Sandia District, 2023," addresses growing concerns worldwide about climate change affecting river waters and causing floods in both urban and rural areas. This issue has become more alarming each year due to the lack of interest in formulating, financing, and executing investment projects to reduce risks by local, regional, and national governments. Additionally, the lack of organization, planning, and training for flood events in the city of Sandia is noted. The research question posed is: "What is the level of risk of riverine flooding from the Inambari River in the stretch from the Apabuco Bridge to the Huayllabamba Ravine in the Sandia District?" The objective of this thesis is to "Evaluate the level of risk posed by riverine flood events in the study area." The research is descriptive and relies on tables from the manual for risk assessment due to natural phenomena, 2nd version of CENEPRED. The analytical hierarchy process technique, using the Saaty Matrix, interviews, and software, was employed. After processing field and desk information, it was determined that the hazard level for a riverine flood scenario with a flow rate of 220 m³/s and a return period of 200 years is high for 36% of the evaluated area and very high for 64%. The vulnerability assessment in the social, economic, and environmental dimensions indicates that 25.80% of evaluated homes have a low vulnerability level, 11.37% a medium level, 51.04% a high level, and 11.79% a very high level. The overall risk in the study area is 32.45% low, 26.21% medium, 31.90% high, and 9.43% very high for evaluated homes. As a structural mitigation measure, the research proposes the construction of 3,312.5 linear meters of cyclopean concrete retaining walls and 970 linear meters of riprap.

Keywords: Disaster, Fluvial flooding, Vulnerability, Risk management.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, las inundaciones han representado uno de los eventos naturales más perjudiciales para la humanidad. Con el progreso de la ciencia, se han adoptado enfoques preventivos y estrategias de gestión de riesgos frente a las inundaciones, con el objetivo principal de minimizar tanto las pérdidas humanas como los daños económicos y materiales. La presente investigación trata el tema evaluación del nivel de riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación fluvial del río inambari tramo puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba del Distrito de Sandia, 2023. Se establece como objetivo principal evaluar el nivel de riesgo provocado por eventos de inundación fluvial del río Inambari en el Distrito de Sandia.

La localidad de Sandia ha experimentado eventos vinculados a inundaciones ocasionadas por el desbordamiento del río Inambari, en el año 1933 la inundación fluvial en alcanzo hasta el lugar donde en la actualidad se le conoce como Jr. Lima y Jr. Independencia. En los años 1997 ,1999 y 2003 se presentaron incrementos de caudales ocasionando pérdidas materiales. Además, de arrasar con varias viviendas. Los sectores más afectados fueron: toda la periferia de la ciudad de Sandia con el Río.(Municipalidad Provincial de Sandia, 2006)

En este estudio, se llevará a cabo la evaluación de riesgo de inundación fluvial en la ciudad de Sandia mediante la aplicación de la metodología descrita en el "Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales", 2da Versión. Esta metodología posibilita examinar parámetros de evaluación y susceptibilidad, que incluyen factores condicionantes y desencadenantes de los fenómenos o peligros.



Asimismo, permite analizar la vulnerabilidad de los elementos expuestos al fenómeno en función de su fragilidad y resiliencia. Además, facilita la determinación y zonificación de los niveles de riesgo, así como la formulación de recomendaciones destinadas a la prevención y/o reducción de riesgos en la zona de estudio.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Identificación del problema

La evaluación del nivel de riesgo para eventos de inundación fluvial desde años anteriores se ha estado omitiendo en los asentamientos humanos ubicados en las llanuras de inundación (CENEPRED, 2015). Por tales los daños ocasionados por inundaciones en el Perú en el año 2017 a nivel Nacional según Sardon (2022), dejó 107 víctimas mortales, 171,322 damnificados, 1'010208 afectados, 319 heridos y 18 desaparecidos, además hubo 20,301 viviendas colapsadas de las cuales 18,908 quedaron en estado inhabitable. Este fenómeno viene ocurriendo en promedio de 12 departamentos anuales. Este problema cada año es más preocupante debido al desinterés de la formulación, financiamiento y ejecución de proyectos de inversión basados a prevención de riesgos por los gobiernos locales, regionales y nacionales. Una mala planificación del desarrollo urbanístico suele aumentar el riesgo y las consecuencias asociadas a inundaciones, debido a la vulnerabilidad de los bienes expuestos y de la población. (Benito Ferrández et al., 2018).

En el tramo de investigación, el río Inambari muestra un flujo de agua significativamente alto durante las épocas de crecida, mientras que en los períodos de sequía se caracteriza por un caudal mínimo. Según el plano catastral de la Municipalidad Provincial de Sandia esta característica del río ha ido cambiando a



través del tiempo debido al crecimiento de la población en la faja marginal del río delimitando su cauce (Municipalidad Provincial de Sandia, 2006). Lo cual aumenta la probabilidad de ocurrencia de una inundación fluvial debido a que la población no cuenta con estructuras adecuadas para la mitigación de este fenómeno.

El área que se encuentra con mayor riesgo a la ocurrencia de este fenómeno de inundación producida por el desborde del Río Inambari, comprende aquellas áreas que no han cumplido en ancho faja marginal 15.00 m y han erigido sus residencias dentro de esta zona. Estas áreas constituyen el foco principal de la presente investigación, a continuación se hace mención de los barrios que están susceptibles a este fenómeno : Barrio Huencalla, barrio los pinos, barrio 3 de mayo, barrio pio león y toda la periurbe de la población de Sandia producida por el desborde del Río Inambari (Municipalidad Provincial de Sandia, 2006). La situación problemática y los antecedentes investigativos presentados en líneas arriba han demostrado que la falta de proyectos de evaluación de riesgos por inundación en asentamientos humanos cerca de un cauce de un río pueden traer consecuencias catastróficas. Por tal razón es importante evaluar los niveles de riesgo para eventos de inundación fluvial en el Distrito de Sandia, por consecuencia, se plantea el siguiente problema general.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el nivel de riesgo y las medidas de mitigación para eventos de inundación fluvial del río Inambari en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia, 2023?



1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel de peligro para eventos de inundación fluvial del río Inambari en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia, 2023?
- ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad para eventos de inundación fluvial del río inambari del río Inambari en el tramo de estudio, 2023?
- ¿Cuáles son las medidas de mitigación para eventos de inundación fluvial del río Inambari en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia, 2023?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis general

El nivel de riesgo para eventos de inundación fluvial en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia es alto.

1.3.2 Hipótesis específicas

- El nivel de peligro para eventos de inundación fluvial en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia es alto.
- El nivel de vulnerabilidad para eventos de inundación fluvial en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia es alto.
- Mediante el resultado del análisis del riesgo se determinarán las medidas de prevención y reducción de desastres



1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Justificación metodológica

El desarrollo urbano en el Distrito de Sandía, caracterizado por un crecimiento poblacional sin planificación y desorganizada, fue impulsado por la limitación geográfica entre los ríos Inambari y Chichanaco. Esto condujo a la construcción de viviendas en toda la periferia de la ciudad, sin considerar las zonas y sus riesgos potenciales. Esta falta de planificación ha aumentado la vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos naturales, especialmente en las zonas de estudio de esta investigación. Durante la última temporada de lluvias en la zona de estudio, se experimentaron precipitaciones intensas, especialmente en las zonas altas de la cuenca del Inambari, resultando en el desbordamiento del río en la ciudad de Sandía y ocasionando daños sociales, económicos y ambientales.

La evaluación del riesgo y la propuesta de medidas de mitigación para los eventos de inundación en el tramo del río Inambari, desde el Puente Apabuco hasta la Quebrada Huayllabamba, en el distrito de Sandia, resultarán beneficiosas para las entidades e instituciones que estén llevando a cabo proyectos de inversión en áreas propensas a este fenómeno. Con este estudio se busca un modelo integral de gestión de riesgos específicamente diseñado para eventos de inundación, con el objetivo de compartir esta experiencia y facilitar la toma de decisiones tanto en la gestión evaluación como en la correctiva.



1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general

Evaluar el nivel de riesgo y las medidas de mitigación para eventos de inundación fluvial del río Inambari en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia, 2023.

1.5.2 Objetivos específicos

- Evaluar el nivel de peligrosidad de las inundaciones fluviales del río Inambari en el tramo Puente Apabuco hasta la Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia, 2023.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad por inundación fluvial en el tramo Puente Apabuco hasta Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia, 2023.
- Proponer medidas de mitigación estructurales y no estructurales que reduzcan el riesgo de inundación existente en el río Inambari tramo Puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia, 2023.
- Obtener mapa de zonificación del nivel de riesgo por inundación en el tramo Puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba, 2023.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Según Vicencio (2011) “los antecedentes son el recorrido histórico sobre las investigaciones previas que se han desarrollado acerca del fenómeno de estudio” (p. 40), en tal sentido se procedió a sistematizar diversas investigaciones de carácter internacional, nacional y local.

2.1.1 Antecedentes internacionales

A continuación, se exponen una serie de aportes internacionales, que se han dado como elementos en el estudio y comprensión de la situación por la que se atraviesa, destacándose valiosos aportes de investigadores que nos sirven de guía en la presente investigación.

García et al (2017), destacan que la ausencia de estrategias de gestión del riesgo en zonas vulnerables aumenta el nivel de riesgo por inundación, además, se refiere a la recurrente ocurrencia de desastres naturales, sin considerar el nivel de desarrollo de las regiones afectadas. Por lo cual realizo una investigación con la finalidad de evaluar de manera precisa el riesgo provocado por eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana del Yacuma, situado en Beni, Bolivia. Para lograr este propósito, se llevó a cabo un proceso de recopilación de datos fundamentales, análisis exhaustivo de los impactos, causas y efectos en el área de estudio. Los resultados obtenidos indican que Santa Ana del Yacuma enfrenta un riesgo muy alto del 37% en la zona periurbana, un riesgo alto del 50% en ambas zonas y un riesgo medio del 13% en la zona urbana. Finalmente, concluyó que el



nivel de riesgo frente a eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana del Yacuma es "alto ", con impactos considerables en áreas urbanas y periurbanas, incluyendo sectores educativos y económicos, lo que dificulta el desarrollo sostenible de la zona. Como parte de las conclusiones. Además, se ha zonificado la amenaza, vulnerabilidad y nivel de riesgo de exposición a la inundación en un mapa.

Díaz & Rodríguez (2016), identificaron el problema de las inundaciones recurrentes por desbordamiento de ríos, causadas por fuertes o continuas lluvias que superan la capacidad de transporte de los ríos y la absorción del suelo en la comunidad Pradera Alta, sector 2, del municipio Maracaibo. Por lo cual realizo una investigación con el objeto evaluar el riesgo de inundación en esta comunidad, diagnosticando las áreas de amenazas y su vulnerabilidad para diseñar planes de mitigación de riesgos. Para lograrlo, se llevaron a cabo cuatro etapas de investigación que incluyeron la recopilación de datos, análisis cualitativos de riesgos, evaluación de la infraestructura existente y representación cartográfica de los resultados utilizando software especializado. Los resultados destacan la cercanía de ciertas áreas al drenaje, la probabilidad de ocurrencia de eventos de baja intensidad, pero alta frecuencia. Los factores de riesgo incluyen características del suelo, hidrología, topografía, socavamiento y factores antropogénicos, relacionados con la falta de ordenamiento territorial en la zona. Finalmente concluye que existe tres niveles de riesgo en la comunidad los cuales son alto, medio y bajo.

Pedraza (2014), indica que en México los eventos hidrometeorológicos extremos debido a su ubicación geográfica, con un aumento en la frecuencia y



gravedad de estos eventos en los últimos años, ha dejado daños a infraestructuras, desequilibrios ecológicos, problemas de salud, pérdida de vidas y desestabilización económica. Este riesgo de inundaciones se atribuye a una planificación territorial inadecuada, normativas insuficientemente aplicadas. Por lo cual realizo una investigación con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad y resiliencia urbanas ante lluvias intensas en Ensenada, integrando diversas dimensiones. Para lo cual utilizo herramientas metodológicas como trabajo de gabinete, trabajo de campo, entrevistas semi- estructuradas y construcción de indicadores e índices. Observó que los sectores cercanos a drenajes son especialmente vulnerables, con eventos de intensidad relativamente baja pero alta probabilidad. El estudio proporciona una evaluación de vulnerabilidad y resiliencia a nivel local, lo que es relevante para futuras acciones de prevención y mitigación ante desastres por lluvias intensas. Se establece una definición adecuada de vulnerabilidad y resiliencia urbanas, lo que contribuye al entendimiento de estos conceptos en un contexto urbano específico.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Por otro lado, se explica una serie de aportes nacionales, que se han dado como componentes en esta investigación y comprensión de la situación que se atraviesa, resaltando valiosos aportes de investigadores que nos sirven de guía en la presente investigación.

Mondragon (2013), afirma que, a nivel internacional, el riesgo de inundaciones por desbordamiento de ríos ha aumentado debido al incremento de las precipitaciones fluviales y al rápido crecimiento urbano desordenado que no ha considerado medidas preventivas en infraestructura, calidad de construcción y



ubicación. La ciudad de Jaén, con una topografía ondulada dividida por el río Amojú, enfrenta un alto riesgo de inundación en sectores como San Camilo, Las Flores y La Pradera, ubicados cerca de la ribera del río. Por lo cual realizo una investigación con la finalidad de determinar el nivel de riesgo, peligro y vulnerabilidad en esta zona. Para ello, se realizaron encuestas, observaciones de sectores, y se recopilaron datos geológicos y de calidad de suelo. Se emplearon herramientas como modelación hidrológica e hidráulica, análisis probabilísticos y se elaboró un mapa de peligro que muestra la llanura de inundación. Los resultados indican un nivel de peligro muy alto con un valor calculado de 1, vulnerabilidad alta con un valor calculado de 0.636 y un riesgo de inundación alto en la parte baja de Jaén. Además, se delineó un mapa de llanura de inundación que muestra viviendas expuestas a diferentes niveles de peligro: 101 viviendas con riesgo muy alto 20%, 258 viviendas con riesgo alto 51%, 81 viviendas con riesgo medio 16% y 65 viviendas con riesgo bajo 13%.

Mendoza (2017), Indica que la población que reside en las cercanías de la quebrada Romero en el distrito de Cajamarca enfrenta un notable riesgo de inundación debido a la construcción de viviendas dentro de la faja marginal de 5.00 metros. La quebrada se divide en tres zonas: una parte alta con pendiente pronunciada, una zona media con viviendas y una institución educativa, y una parte baja encauzada que cruza la ciudad. Este estudio busca evaluar el riesgo de inundación entre 2011 y 2016, determinar la peligrosidad de la quebrada, analizar la vulnerabilidad de las comunidades cercanas y proponer medidas de mitigación. Los resultados, obtenidos mediante una metodología descriptiva basada en tablas del CENEPRED, indican un nivel de riesgo, vulnerabilidad y peligro altos. La zona más riesgosa abarca desde el Jr. Miguel de Cervantes cuadra 4 hasta el Jr.



Desamparados cuadra 6, donde la construcción de viviendas a ambos lados de la quebrada contribuye significativamente a la situación. Considerando las dimensiones sociales, económicas y ambientales, se confirma una vulnerabilidad alta, especialmente en el tramo mencionado, ratificando así la hipótesis de un alto riesgo de inundación en la zona.

Martínez, (2017), menciona que las fuertes lluvias durante los meses de verano en la zona de estudio, donde el río Yuracyacu, afluente del río Mayo, experimenta un aumento en su caudal durante estas precipitaciones, dan lugar al fenómeno conocido como "Remanso Hidráulico" al enfrentarse a la resistencia del río Mayo. Estas inundaciones generan áreas de riesgo para la población, incrementando su vulnerabilidad. En este contexto, se llevó a cabo una investigación con el propósito de evaluar el riesgo de inundaciones en el Barrio Bajo del Distrito de Yuracyacu en la Región San Martín durante el periodo 2011-2016. Para ello, se empleó el modelo de matrices de Saaty y un análisis multicriterio para identificar la magnitud del riesgo y las áreas vulnerables. El estudio se desarrolla utilizando técnicas de análisis jerárquico, SIG (Sistemas de Información Geográfica) y procesamiento multivariable. Los resultados indican un nivel de peligro muy alto ($0.260 \leq R < 0.503$) según la matriz de peligro. Además, la vulnerabilidad es también muy alta (rango de $0.260 \leq R < 0.503$), atribuida a la susceptibilidad de la población y las características físicas del área. En última instancia, se concluye que el Barrio Bajo del Distrito de Yuracyacu, ubicado en la confluencia de los ríos Yuracyacu y Mayo, presenta un riesgo muy alto de inundación de acuerdo con el Método de Saaty y el análisis Multicriterio.



(Gonzalo & Paucar, 2020) Indica que la ciudad de Puno enfrenta inundaciones debido a la activación de quebradas durante la temporada de lluvias, causando desbordamientos debido a la falta de mantenimiento de canales de evacuación. Estos eventos, comunes entre octubre y marzo, aumentan el riesgo de inundaciones y generan perjuicios sociales y económicos. El problema general se centra en identificar las zonas afectadas en la Microcuenca Llavini mediante un modelo probabilista de riesgo por inundación pluvial. Por lo cual realizó una investigación con la finalidad analizar y estimar las zonas afectadas, identificar el nivel de peligrosidad y analizar la vulnerabilidad social y económica según el manual del CENEPRED. Los resultados revelan niveles de peligrosidad variados en diferentes altitudes, con áreas de peligro muy alto, alto, medio y bajo. En términos de vulnerabilidad, se identifican zonas con vulnerabilidad baja, alta y muy alta desde perspectivas sociales y económicas. El nivel de riesgo muestra que el 85% de las 260 manzanas presentan un riesgo alto, seguido de riesgo medio y bajo.

2.1.3 Antecedentes locales

Así mismo, se explica una serie de aportes locales, que se presentan como referencias estos elementos en esta investigación del estado que se atraviesa, enfatizando valiosos aportes de investigadores que nos sirven de guía en la presente investigación.

MPS (2015), en el proyecto "Evaluación del Riesgo de Desastres del distrito de Sandia" tuvo como objetivo principal llevar a cabo la evaluación del riesgo de desastres naturales en el distrito de Sandia y sus comunidades, particularmente frente a posibles deslizamientos y movimientos en masa. La



finalidad de este análisis fue proponer medidas de control que contribuyeran a la reducción del riesgo de desastres en la ciudad, aspirando a convertirla en un lugar resiliente en un futuro cercano. Como resultado, se llegó a las siguientes conclusiones: 1) La ciudad de Sandia enfrenta un alto nivel de exposición a procesos de caída de rocas, así como a inundaciones causadas por crecidas extremas del río Sandia, afectando de manera significativa la infraestructura urbana crítica para el funcionamiento de la ciudad (ver cuadro de elementos expuestos).

MPS, 2007 en el proyecto “Preparativos ante desastre y reducción de riesgos en la cuenca del río Sandia” indica la cronología de desastres de la siguiente manera: Inundación por el río Inambari en el año 1933 con un impacto de 35 personas fallecidas, viviendas y local municipal destruido, en el año 1933 se produjo un huayco que desapareció las construcciones de Sandia y haciendas desde esa fecha la población se reubicó a la actual Sandia, en el año 1997 ocurrió otro evento de inundación dejando como saldo 120 personas damnificadas, 200 personas afectadas, 16 viviendas destruidas y 40 viviendas afectadas, en el año 1999 se presentó un evento de inundación en la población de Sandia dejando como saldo 28 personas afectadas y 4 viviendas destruidas.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Análisis y evaluación de peligrosidad

La metodología general para la determinación de los niveles de peligrosidad se menciona en los siguientes párrafos, para ello se realiza la recopilación de información de carácter demográfico y urbanístico.



- **Información de carácter geográfico.** Comprende todos los recursos bibliográficos, datos recolectados en el terreno y registros digitales, como información vectorial, imágenes ráster y datos satelitales, que están accesibles y proporcionados por las autoridades regionales, locales y entidades científicas y técnicas. Su finalidad es representar las propiedades relacionadas con el agua, el clima, las costas, y los aspectos geográficos y geofísicos del área bajo estudio. CENEPRED (2015)
- **Información de carácter urbanístico.** Abarca todos los datos relacionados con el entorno urbano y puede ser suministrada por las administraciones locales a través de sus departamentos de planificación urbana y registro de propiedades, en colaboración con el Organismo encargado de Regularizar la Propiedad Informal. (COFOPRI). CENEPRED (2015).
- **Información sobre infraestructuras básicas y servicios esenciales.** Es crucial disponer de datos sobre las estructuras fundamentales y los servicios vitales en áreas vulnerables a riesgos naturales. Por este motivo, la recopilación de información precisa y actualizada proveniente de entidades gubernamentales y privadas responsables de suministrar servicios de agua potable, saneamiento y distribución eléctrica es indispensable. Además, se incluyen en esta categoría de infraestructuras básicas y servicios esenciales a hospitales, centros de salud, puertos y aeropuertos. CENEPRED (2015).

2.2.2 Identificación de probable área de influencia del fenómeno en estudio

En una fase inicial, la determinación de las zonas potencialmente afectadas por fenómenos naturales se lleva a cabo a partir del análisis del registro histórico de los impactos ocasionados por dichos eventos en las áreas geográficas



expuestas. Este proceso se realiza principalmente mediante la organización y sistematización de toda la información detallada recopilada, incluyendo aspectos geográficos, urbanísticos, y de infraestructuras básicas y servicios esenciales. CENEPRED (2015).

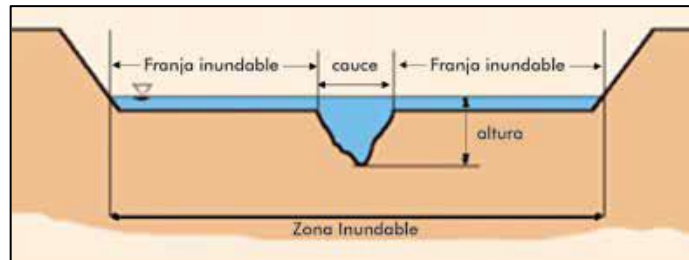
- **Peligros generados por fenómenos de origen natural.** Los riesgos asociados a fenómenos naturales se pueden categorizar en peligros originados por la geodinámica interna (como sismos, tsunamis o maremotos y vulcanismo), aquellos derivados de la geodinámica externa (tales como caídas, volcamientos, deslizamientos de roca o suelo, propagación lateral, flujo, reptación y deformaciones gravitacionales profundas) y los relacionados con fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos (como inundaciones y lluvias intensas) CENEPRED (2015).
- **Peligros generados por fenómenos de origen hidrometeorológico y oceanográfico.** Los peligros generados por fenómenos de origen hidrometeorológico pueden ser los siguiente: Inundaciones, sequias, erosión de suelos y descenso de temperatura, en esta investigación se tratará el peligro generado por inundaciones.

2.2.3 Inundaciones

CENEPRED (2015) señala que las inundaciones ocurren cuando las lluvias intensas o prolongadas exceden la capacidad de retención del suelo, superan el volumen máximo de transporte del río y provocan el desbordamiento del cauce principal, resultando en la inundación de las áreas adyacentes.

Figura 1

Sección típica de un Río



Nota: se puede ver en la figura una sección típica de un río donde se observan el cauce principal y las llanuras de inundaciones, tomado de Mugerza-Perelló (2003)

Las llanuras de inundación, representadas en la Figura 1 como franjas propensas a inundaciones, son extensiones de terreno adyacentes a ríos o arroyos que experimentan inundaciones de forma recurrente. Dada su naturaleza dinámica, es esencial analizar minuciosamente las llanuras de inundación y otras zonas propensas a inundaciones para comprender de qué manera podrían ser impactadas CENEPRED (2015).

Tipos de inundación

Las inundaciones pueden clasificarse: Por su duración y origen.

- a) **Por su duración.** – Las inundaciones pueden clasificarse según su duración, distinguiéndose entre inundaciones rápidas, y aquellas estáticas o lentas CENEPRED (2015).
 - b) **Según su origen.** - las inundaciones por su origen son aquellas inundaciones pluviales e inundaciones fluviales CENEPRED (2015).
- **Inundaciones fluviales.** Producidas a raíz del desbordamiento de ríos y arroyos, esta categoría de inundaciones se origina por un repentino aumento en el volumen de agua, superando la capacidad natural del lecho o cauce para



contenerla sin desbordarse, generalmente durante un periodo denominado crecida, causado por precipitaciones excesivas CENEPRED (2015).

- **Parámetros de evaluación.** El parámetro de evaluación posibilita la definición y descripción del peligro. Este parámetro se representa cartográficamente como la expresión del peligro en la zona de investigación, sirviendo como indicador de la intensidad de este para un periodo de retorno específico y/o su frecuencia asociada CENEPRED (2015).

2.2.4 Susceptibilidad

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico)(CENEPRED, 2015, p. 106).

- **Factores condicionantes.** Estos factores son cualidades propias del ámbito geográfico, los cuales contribuyan de manera favorable o no al desarrollo del peligro natural. Cada factor condicionante debe tener 5 descriptores y los pesos de estos serán calculados empleando el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (CENEPRED, 2015).
- **Factores desencadenantes.** Existen parámetros que pueden desencadenar eventos y/o sucesos asociados, los cuales a su vez pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo, las lluvias excesivas pueden provocar inundaciones, mientras que los sismos de gran magnitud que ocurren en el mar pueden ocasionar tsunamis(CENEPRED, 2015, p. 107).



2.2.5 Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles

Al respecto es importante indicar que, se cuantifica la probable afectación de los elementos expuestos a un fenómeno de origen natural, Este proceso implica la estimación de las posibles pérdidas o daños, abarcando aspectos como vidas humanas, infraestructura, bienes y el entorno ambiental, que podrían generarse a consecuencia de la manifestación de los fenómenos naturales (CENEPRED, 2015).

Es fundamental analizar las posibles pérdidas en lo siguiente:

- **Dimensión Social:** población, salud, educación.
- **Dimensión Económica:** agricultura, industria, transporte y comunicaciones, energía, agua y saneamiento.
- **Dimensión Ambiental:** recursos naturales renovables y no renovables.

2.2.6 Definición de escenarios

La formulación de escenarios implica plantear una hipótesis para estimar el nivel de riesgo probable frente a un fenómeno natural. Seguidamente, se identifican los parámetros y los factores que condicionan y desencadenan dicho fenómeno en relación con la hipótesis propuesta. Para después realizar un análisis de la exposición para determinar la probabilidad de riesgo en términos social, económico y ambiental (CENEPRED, 2015).

2.2.7 Estratificación del nivel de peligrosidad de acuerdo a umbrales

Con el propósito de clasificar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo, CENEPRED (2015) “propone estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación en los resultados de esta investigación”.



2.2.8 Análisis de vulnerabilidad

Para la evaluación de la vulnerabilidad es necesario analizar los elementos expuestos en la dimensión social, económica y ambiental. A continuación, se menciona lo siguiente.

- **Exposición.** La Exposición se refiere a las decisiones y acciones que colocan a las personas y sus medios de vida en la zona afectada por un peligro. Esta exposición resulta de una interacción inadecuada con el entorno, la cual puede ser consecuencia de un crecimiento demográfico no planificado, migración desordenada, urbanización sin una gestión territorial adecuada o políticas de desarrollo económico no sostenibles. La vulnerabilidad aumenta proporcionalmente a la mayor exposición CENEPRED (2015).
- **Fragilidad.** Hace alusión a las situaciones de desventaja o debilidad que enfrenta el ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, por ejemplo: formas de construcción, no cumplimiento de normativa vigente entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad CENEPRED (2015).
- **Resiliencia.** La Resiliencia hace referencia al grado de adaptación o capacidad de recuperación que poseen el ser humano y sus medios de vida ante la presencia de un peligro. Se vincula con las condiciones sociales y la organización de la población. Cuanto mayor sea la resiliencia, menor será la vulnerabilidad CENEPRED (2015).

2.2.9 Análisis de los elementos expuestos sociales, económicos y ambientales

- **Análisis de la dimensión social.** Este análisis se refiere a la identificación de la población expuesta en la zona afectada por el fenómeno natural, distinguiendo entre aquellos considerados vulnerables y los que no lo son.



Luego, se integra el análisis de exposición social, fragilidad social y la resiliencia social específicamente en la población vulnerable CENEPRED (2015).

- **Análisis de la dimensión económica.** Este análisis se refiere a la identificación de las actividades económicas e infraestructuras presentes en la zona afectada por el fenómeno natural, diferenciando entre los elementos expuestos considerados vulnerables y aquellos que no lo son. Luego, se integra el análisis de la exposición económica, fragilidad económica y la resiliencia económica específicamente en los elementos expuestos vulnerables. Este enfoque contribuye a determinar los niveles de vulnerabilidad económica CENEPRED (2015).
- **Análisis de la dimensión ambiental.** Este análisis se refiere a la identificación de los recursos naturales renovables y no renovables en la zona afectada por el fenómeno natural, distinguiendo entre los recursos naturales considerados vulnerables y los que no lo son. Posteriormente, se integra el análisis de la exposición ambiental, fragilidad ambiental y la resiliencia ambiental específicamente en los recursos naturales vulnerables. Este enfoque facilita la identificación de los niveles de vulnerabilidad ambiental CENEPRED (2015).

2.2.10 Determinación de los niveles de vulnerabilidad

Con el propósito de realizar la Evaluación de Riesgos, (CENEPRED, 2015) “es necesario clasificar las áreas de vulnerabilidad en cuatro niveles distintos: bajo, medio, alto y muy alto”. Las características y los valores correspondientes a cada nivel se describen detalladamente en los resultados de esta investigación.



2.2.11 Estimación o cálculo del riesgo

Esta calculo se realiza para la determinación anticipada de las posibles pérdidas humanas, daños materiales, afectaciones a la propiedad y repercusiones económicas durante un período y ubicación específicos. Se realiza considerando el peligro inherente y la vulnerabilidad presente. La estimación del riesgo determina las posibles consecuencias de un desastre mediante la identificación del peligro y el análisis de la vulnerabilidad INDECI (2006).

Siendo el riesgo el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos.(CENEPRED, 2015, p. 147)

$$R_{ie} = f(P_l, V_e)$$

Donde:

R : Riesgo

F : En función

P_l : Peligro

V_e : Vulnerabilidad de un elemento expuesto.

2.2.12 Niveles de riesgo

La identificación de las zonas con diferentes niveles de riesgo (Nivel de Peligrosidad y Vulnerabilidad), es utilizado en los procesos de ordenamiento y planificación territorial, por lo que estos deben representar el uso que se le puede dar y los daños potenciales a que este uso estaría expuesto. Los niveles de riesgo son: Riesgo bajo, riesgo medio, riesgo alto, riesgo muy alto.



2.2.13 Medidas de mitigación y reducción de desastres

Se le denomina así aquellas acciones que se llevan a cabo previamente a la manifestación de desastres, con el propósito de prevenir su ocurrencia y/o atenuar sus consecuencias. En otras palabras, la reducción del riesgo implica tomar medidas antes del evento CENEPRED (2015). Las medidas de mitigación se pueden clasificar en medidas estructurales y no estructurales.

- **Medidas estructurales.** Estas medidas comprenden intervenciones físicas a través del diseño o fortalecimiento de construcciones ingenieriles, con el objetivo de disminuir o prevenir los posibles efectos de amenazas. Esto se realiza para mejorar la resistencia y la capacidad de recuperación de estructuras o sistemas, contribuyendo así la protección de la población y sus miembros. CENEPRED (2015).
- **Medidas no estructurales.** Comprenden cualquier acción que no implique la construcción física y que utilice el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para disminuir el riesgo y sus efectos. Esto se logra principalmente mediante políticas y leyes, la concienciación pública, la formación y la educación. Estas medidas pueden ser tanto activas como pasivas.

Se refiere a medidas no estructurales activas como aquellas que fomentan la interacción directa con los usuarios, tales como la preparación para situaciones de emergencia, el fortalecimiento de instituciones, la educación convencional y programas de formación, la difusión de información y campañas publicitarias, la participación activa de los ciudadanos y la gestión a nivel local CENEPRED (2015).



Las medidas no estructurales pasivas están más estrechamente vinculadas con aspectos legales y de planificación, abarcando elementos como códigos y normas de construcción, regulaciones de uso del suelo, planificación territorial, incentivos fiscales y financieros, y fomento de seguros. Estas acciones no estructurales no demandan recursos económicos significativos y, por lo tanto, son particularmente adecuadas para fortalecer los procesos de reducción del riesgo en países en desarrollo CENEPRED (2015).

2.2.14 Faja marginal

Conforme a lo estipulado en el Artículo 74 de la Ley N°29338 sobre Recursos Hídricos (2009), se menciona las zonas adyacentes a los cauces, ya sean naturales o creados artificialmente, donde se preserva una franja de tierra fundamental para salvaguardar aspectos como la protección, el uso primordial del agua, el flujo sin obstáculos, la pesca, la creación de rutas de supervisión y otros servicios relacionados.

2.2.15 Delimitación de faja marginal

Según Valdez (2010), Indica que, en términos de resguardar las riberas que delimitan los cuerpos de agua con el propósito de prevenir perjuicios a estructuras cercanas o a la población ribereña, es necesario contar con una faja marginal que pueda mitigar los impactos de sucesos hidrometeorológicos excepcionales. Para ello, el lugar y/o el ancho de la faja marginal se ajustarán según los criterios siguientes.

Tabla 1

Ancho de faja marginal

Ancho de cauce	Ancho de faja marginal
Menor de 10 m	5 m
Entre 10 y 50 m	10 m
Entre 50 y 100 m	25 m
Entre 100 y 200 m	30 m
Entre 200 y 500 m	40 m
Mayor de 500 m	100 m

Tomado de Valdez, 2010.

En la ejecución de esta investigación, se adopta un término medio de 15 metros a ambos lados del río como la franja marginal, ya que este valor es adecuado en de acuerdo a las características del Río Inambari en el tramo de estudio.

2.2.16 Gestión de riesgo de desastre

La Gestión del Riesgo de Desastres es un proceso social Cuyo propósito central consiste en prevenir, reducir y mantener bajo control de manera constante los factores de riesgo de desastre en la sociedad. Asimismo, busca una preparación y respuesta adecuadas ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales, especialmente aquellas relacionadas con lo económico, ambiental, seguridad, defensa nacional y territorio de manera sostenible. La GRD se fundamenta en la investigación científica y en la recopilación de información, y guía las políticas, estrategias y acciones en todos los niveles de gobierno y sociedad con la finalidad de preservar la vida de la población y los bienes tanto de las personas como del Estado. **(Ley N° 29664 2011:Art.3)**



2.2.17 Evaluación de costos y beneficios

La gestión del riesgo de desastres constantemente enfrenta la incertidumbre al evaluar el riesgo frente a las oportunidades y considerar las amenazas futuras en relación con las necesidades presentes. Por ende, es esencial que los costos y beneficios asociados con la gestión del riesgo de desastres se integren completamente en las inversiones tanto públicas como privadas en todos los niveles, en el sistema financiero y en el diseño de los mecanismos destinados a la protección social y a compartir el riesgo. **(Naciones Unidas 2015:xix)**

2.2.18 Sistema nacional de gestión de riesgo de desastres

A través de la Ley N° 29664, se instituye el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) como un sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo. Su propósito es la identificación y reducción de los riesgos asociados a peligros, la minimización de sus efectos, la prevención de la generación de nuevos riesgos, así como la preparación y atención frente a situaciones de desastre. Esto se logra mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos en el ámbito de la Gestión del Riesgo de Desastres. **(Ley N° 29664 2011:Art.1)**

2.2.19 Política nacional de gestión de riesgos de desastres

La Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres consiste en un conjunto de disposiciones destinadas a prevenir o disminuir los riesgos de desastres, prevenir la aparición de nuevos riesgos y llevar a cabo una preparación, atención, rehabilitación y reconstrucción efectivas frente a situaciones de desastre.

Además, busca minimizar los efectos perjudiciales de dichas situaciones sobre la población, la economía y el entorno ambiental.

Las entidades públicas, en todos los niveles de gobierno, son responsables de implementar los lineamientos de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres dentro de sus procesos de planeamiento. (**Ley N° 29664 2011:Art.5**)

2.2.20 Plan nacional de gestión de riesgo de desastre

El Plan Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres - PLANAGERD 2014 - 2021, se formula en el marco de las Políticas de Estado N° 32 de la Gestión del Riesgo de Desastres y N° 34 de Ordenamiento y Gestión Territorial, de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SINAGERD, de su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, así como de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres aprobada como una política nacional de obligatorio cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional mediante el **Decreto Supremo N° 111-2012-PCM**.

2.2.21 Definición de términos básicos

- **Análisis de riesgos:** Procedimiento técnico, que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres. (CENEPRED 2014:189).
- **Análisis de la vulnerabilidad:** Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se analiza los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia en función al nivel de peligrosidad determinada, se evalúa el nivel de vulnerabilidad y se elabora



el mapa del nivel de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada. (CENEPRED 2014:189).

- **Cálculo de riesgos:** Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se determina los niveles de riesgos, se estima (cualitativa y cuantitativa) los daños o afectaciones, se elabora el mapa de zonificación del nivel de riesgos y se recomiendan medidas de control preventivo y de reducción de orden estructural y no estructural. (CENEPRED 2014:189)
- **Desastre:** Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana. (CENEPRED 2014:189).
- **Fenómeno de origen natural:** Es toda expresión de la naturaleza que puede ser percibido por instrumentos científicos de detección y por los sentidos. Se refiere a cualquier evento natural como resultado de su funcionamiento interno. (CENEPRED 2014:190).
- **Mitigación:** Es la reducción de los efectos de una catástrofe, especialmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería, dictado de normas legales, la planificación y otros, están orientadas a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción contra desastres de origen natural, biológicos y tecnológicos. (INDECI 2006:45).



- **Peligro:** Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos. (CENEPRED 2014:45).
- **Vulnerabilidad:** Grado de exposición de un elemento o grupo de elementos frente a la ocurrencia de una amenaza. Puede ser física, social, cultural, económica, institucional y otros. (INDECI 2006:45)
- **Riesgo:** Se define como la valoración o evaluación cuantitativa de las posibles pérdidas de vidas, daños a la propiedad, bienes materiales y la afectación económica durante un período y área específicos, relacionados con un evento de emergencia particular. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. (INDECI 2006:45)

2.2.22 Método del Proceso Analítico Jerárquico

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) fue desarrollado por Thomas L. Saaty (AHP-The Analytic Hierarchy Process, 1980), es un proceso para tomar decisiones estructurado que descompone un problema en niveles jerárquicos, establece criterios y subcriterios, y utiliza juicios comparativos para obtener prioridades tomas satty pag 15.

Este enfoque implica la participación activa de diversos actores, como tomadores de decisiones, expertos técnicos y beneficiarios, con el propósito de obtener asesoramiento práctico y recomendaciones. Su meta es encontrar una solución simplificando al problema. Finalmente, descomponiendo y estructurando el problema, el análisis multicriterio permite avanzar paso a paso hacia la búsqueda de una solución objetiva y razonada. (Loaiza, 2015, p. 7).

Figura 2

Escala Ordinal de Comparación de SAATY

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	absolutamente o machismo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante que el segundo.
1	Igual o diferente a...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o machismo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Recuperado de (CENEPRED, 2015).

- **Proceso de análisis jerárquico.** En la evaluación de criterios, subcriterios y descriptores, se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico, un método multicriterio que posibilita la integración de aspectos cuantitativos (como infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, entre otros) y cualitativos (como programas de capacitación, desarrollo y/o aplicación de normativas, etc.) los cuales se toman en cuenta en el ámbito de la GRD. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres(CENEPRED, 2015, p. 208).

La notación matemática sería: $A = A_{ij}$

- **Para el cálculo de los pesos ponderados.**

Primero: Para determinar los pesos ponderados mediante el método de Saaty, inicialmente se crea la matriz de comparaciones pareadas. Esta matriz refleja las comparaciones entre los descriptores, según el contexto de interés. En el contexto de la ponderación de criterios se utiliza le mencionado en la figura 2, esta matriz facilita la evaluación de la importancia de un criterio en relación con otro, siendo esta información fundamental para el cálculo posterior de los pesos ponderados.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Posteriormente se suma los elementos de cada columna verticalmente. Así se obtienen los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

Segundo: Construimos la matriz de comparaciones normalizada. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir. (CENEPRED, 2015)

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix}$$

Tercero: Generamos la matriz de comparaciones normalizadas mediante la división de cada elemento de la matriz entre la suma total del segundo paso, con el fin de lograr la normalización deseada. Para ello se calcula el vector columna:

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix}$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{c1i} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1$$

- **Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

Se pasa a la comprobación de la posible presencia de consistencia entre los juicios indicados.

Primero: Multiplicamos cada valor presente en la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se está

evaluando, y así sucesivamente para los demás elementos. La suma de estos valores a lo largo de las filas nos proporciona un vector de valores conocido como Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

Segundo: Se procede a la división de los elementos presentes en el vector de suma ponderada entre los valores respectivos de prioridad asignados a cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} VSP_{11} / p_{c11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12} / p_{c12} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ &\dots \\ VSP_{1n} / p_{c1n} &= \lambda_n \end{aligned}$$

Tercero: en seguida se procede a calcular la λ_{max} . Con esto encontramos el índice de consistencia.

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC):

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Esto nos ayuda hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC):



$$RC = IC / IA$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria. Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10.(CENEPRED, 2015)

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_{12} + \dots + \lambda_n) / n$$

CAPITULO III

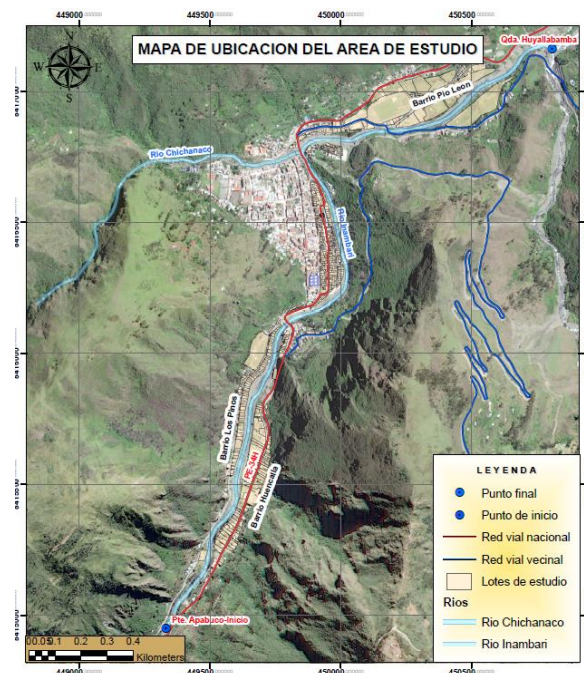
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO

El área de estudio para el presente trabajo de investigación es la cuenca del río Inambari en su paso por la ciudad de Sandia, ubicado en la Región de Puno provincia de Sandia – Distrito de Sandia, esta ciudad fue creada el 5 de febrero del año 1875. El río Inambari en su recorrido y antes de atravesar el distrito de Sandia recibe el aporte de importantes atribuyentes de agua, tanto en la margen izquierda como por la margen derecha, siendo estos Quebrada Chiachaca, Río Chamcharamane, Río Ñaquireque, Río Cuyo Cuyo entre otros. El río Inambari al llegar al distrito de Sandia recibe también el aporte del Chichanaco y Vianaco. Ver anexo 3

Figura 3

Área de estudio



Nota: En la figura se puede observar el tramo de estudio delimitado.



3.1.1 Ubicación

El ámbito de estudio se sitúa exactamente en la faja marginal del río Inambari desde el puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba, recibiendo anualmente serias amenazas de inundación provocado por el río de estudio, a ello se suma el crecimiento población desordenado y la falta de preocupación de las autoridades, como la falta de organización vecinal.

- Ubicación Geográfica

Región Geográfica	:	Selva
Zona	:	Rural
Distrito	:	Sandia
Piso ecológico	:	Ceja de Selva

- Coordenadas UTM

	Inicio	fin
Norte	: 8414950	:841763.33
Este	: 449331	:450807070
Altitud	: 2238.20 m.s.n.m.	:2196.00

- Sistema de coordenadas

Datum: WGS 84

Sistema de proyección cartográfica: Universal transversal de Mercator (UTM).

Zona UTM: 19S

Cuadrícula o Uso: L

Cabe señalar que cuando se desborda todos los años de diciembre a abril, el caudal del río Inambari aumenta significativamente y su nivel de agua es muy

alto en comparación con el período seco, precisamente porque fue la crecida más poderosa que provocó que Huencalla, inundaciones a lo largo de todo el barrio de Pío León, Los Pinos en el barrio y Jr. Inambari.

3.1.2 Características sociales

La información que se presenta en los siguientes cuadros ha sido obtenida de fuentes como el Sistema de Información para la Gestión de Riesgo de Desastres (SIGRID) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

- **Población.** En el área de investigación, la localidad de Sandia alberga una población de 4,071.00 habitantes, la cual se desglosa por grupos de edad según se presenta en la tabla 2 de esta investigación.

Tabla 2

Población según grupo de edades

EDADES	CANTIDAD	%
De 0 a 17 años	1250	30.70%
De 18 a 59 años	2449	60.16%
De 60 a más años	372	9.14%
TOTAL	4071	100.00%

Nota: En la tabla se muestra la población en el distrito de Sandia según su edad en el área identificado a suceder el peligro, esta información fue tomada del INEI Censo 2017.

- **Vivienda.** Igualmente, en el contexto de la investigación, la ciudad de Sandia dispone de 721 viviendas, destacándose material de pared utilizado en la construcción del piso, pared y los cuales se detallan en la tabla 3.

Tabla 3

Tipo de material de construcción por vivienda

VIVIENDAS	CANTIDAD	%
Ladrillo o bloque de cemento	426	59.08%
Adobe	44	6.10%
Triplay/calamina/estera	9	1.25%
Piedra con barro	242	33.56%
Total	721	100.00%

Nota: En la tabla se muestra el tipo de material predominante de pared en las viviendas en el área identificado a suceder el peligro, esta información fue tomada del INEI Censo 2017.

- **Educación.** En el ámbito educativo, la población de la ciudad de Sandia se beneficia de la presencia de instituciones tanto públicas como privadas que abarcan los niveles inicial, primario y secundario. A continuación, se presenta en la tabla siguiente el nivel educativo de la población de Sandia.

Tabla 4

Población según nivel educativo

NIVEL	POBLACIÓN	%
inicial	2	33.33%
Primario	2	33.33%
Secundario	2	33.33%
Total	6	100.00%

Nota: En la tabla se muestra las instituciones educativas expuestas en el área identificado a suceder el peligro, esta información fue tomada del INEI Censo 2017.

3.1.3 Características ambientales

- **Contaminación del Inambari.** El río Inambari, al cruzar la ciudad de Sandia, está experimentando la contaminación a causa de la presencia de residuos sólidos, aguas residuales, desechos hospitalarios y la acumulación de material de arrastre generado por el aumento del caudal y la socavación de los taludes.

Figura 4

Contaminación de residuos sólidos del Rio Inambari



Nota: En la figura se muestra la contaminación que sufre el rio inambari. Tomado en la ciudad de sandia barrio Pio león 2023.

- **Educación Ambiental.** En los últimos años la Municipalidad Provincial de Sandia mediante el área de medio ambiente realizo capacitaciones y charlas sobre la conservación del medio ambiente y la recuperación del Rio Inambari. Aunque actualmente no se han implementado proyectos significativos para la recuperación del río Inambari, existen iniciativas, como "Sandia te queremos limpio", impulsadas por la Municipalidad Provincial de Sandia. Sin embargo, se reconoce que estas acciones no son completamente suficientes.

Figura 5

Actividades de limpieza del Rio Inambari por parte de la entidad local.



Nota: En la figura se muestra las actividades de limpieza que la Municipalidad organiza para la limpieza del Rio inambari. Tomado en la ciudad de Sandia Jr. Inambari 2023.



- **Clima.** El sector oriental de la provincia Sandia corresponde al tipo de clima. **Clima del tipo muy lluvioso y cálido.** Caracterizado por abundantes lluvias en todas las estaciones del año y con una humedad relativa calificada de muy húmeda.

3.1.4 Características geológicas

Las características geológicas encontrados en el área de estudio describen en los párrafos posteriores.

- **Formación Sandia (Os-s).** Esta unidad estratigráfica solo aflora en el sector norte de la región de puno (cerca del Cerro Pichinchani). Fue descrita por LAUBACHER (1973) en el valle de Sandia.(Puno, 2015, p. 15)

Su contacto estratigráfico con la unidad infra yacente no se observa, mientras que el contacto con la Formación Ananea es anormal a través de un sobre escurrimiento. En la base se presentan un conjunto de siltitas (Pizarras silicificadas) finas de 150 m de espesor, con una foliación paralela denominada

como de color gris oscuro a negro; inmediatamente después, vienen unos 700 m de una alternancia métrica o milimétrica de areniscas de grano fino, con cristales de muscovita y siltitas de grano fino, también Cuarzitas, metareniscas, lutitas y pizarras con nódulos calcáreos.(Puno, 2015, p. 15)

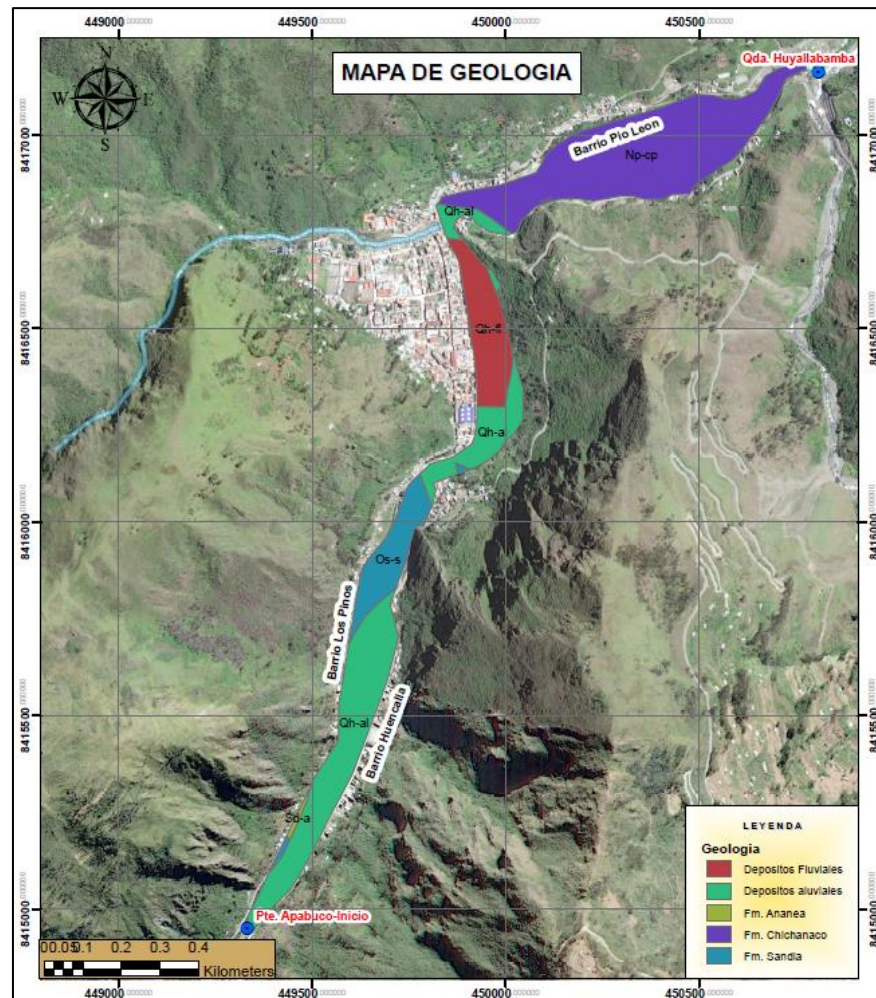
- **Formación Ananea (SD-an).** Esta formación aflora desde parte de la zona central de la región (Cerro Sayacu y Cerro Pucara) hasta llegar al flanco noreste de la Cordillera Oriental (Cerro Sanchani, Cerro Carcapunco y Cerro Iscajollu, Nevado Caballune y Nevado Riti Urmasca), fue denominada y descrita por LAUBACHER (1978) en la Cordillera Oriental.(Puno, 2015, p. 16).



- **Formación chichanaco Np-ch.** Esta unidad litoestratigráfica según informe final del área de geología región Puno es de la era cenozoico del sistema neógeno de la época plioceno, que contiene la siguiente formación geológica Guijas y guijarros arcillosos intercalados con limo arcillas y gravas con clastos de pizarra.
- **Depósitos fluviales (Qh-fl).** Comprende los depósitos actuales de cantos rodados que están compuestos por gravas y arenas ubicados en los lechos de los ríos; estos depósitos se asocian a zonas con variaciones de flujo de caudal de los ríos.(Puno, 2015, p. 48).
- **Depósitos aluviales (Qh-al).** Estos depósitos se encuentran relacionados a fondos de valle, depresiones, llanuras y laderas de montaña, aquí se observan litologías como: arcillas y limos, arenas y gravas no consolidadas depositadas por la corriente de los ríos flujos de agua y corriente laminares todas ellas incluyen sedimentos fluviales y coluviales.(Puno, 2015, p. 46).

Figura 6

Geología del área de estudio



Nota: En la figura se muestra las características geológicas del área de estudio. Adaptada al informe final del área de geología región puno elaborado por el Gobierno Regional Puno.

3.1.5 Características geomorfológicas

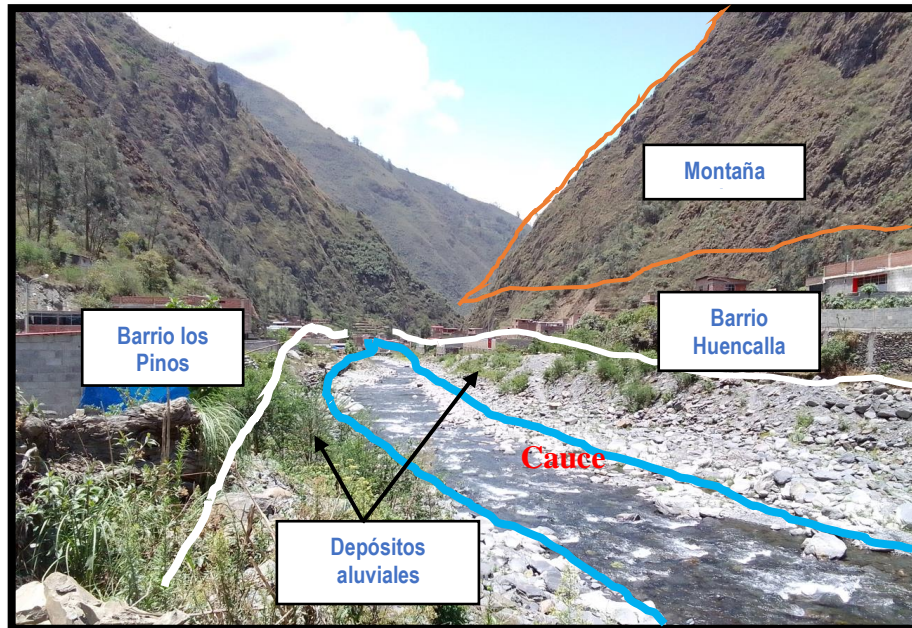
La Geomorfología es el campo científico dedicado al estudio de las configuraciones de la superficie terrestre. Este término generalmente se utiliza para referirse a la disciplina que investiga el origen y desarrollo de la tierra emergida. A continuación, se detallan las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio.



- **Terraza baja aluvial.** Unidad geomorfológica caracterizada por un relieve plano con escasos sectores ondulados, constituida por acumulación de material aluvial sin consolidación, sus pendientes corresponden a inclinación moderada (5° - 15°), esta unidad es susceptible a inundación.
- **Planicies y valles aluviales.** Es la parte orográfica de fondo plano que contiene un cauce y que puede ser inundada ante una eventual crecida de las aguas de este.
- **Vertiente o piedemonte coluvio deluvial.** Recoge sedimentos al pie de gravedad y gravedad fluvial, los cuales se depositan en laderas o bordes de valles; en muchos casos son el resultado de la mezcla de los dos para formar sedimentos de ladera asociados en parte con el grupo de afloramientos metamórficos Sandia y Ananea.
- **Terraza Alta.** Son los niveles más antiguos de deposición aluvial fueron disectados por los cauces de los ríos Purísima y Fortaleza también se les puede ubicar en las quebradas.
- **Montaña en roca metamórfica.** Corresponde a relieve moldeado sobre roca metamórfica de las formaciones Sandia y Ananea; debido a la forma del terreno y las pendientes de la ladera de las montañas varían principalmente de pendiente muy fuerte a muy escarpado. En esta subunidad ocurren principalmente los procesos de movimientos en masa identificados como derrumbes y caída de rocas.

Figura 7

Unidades geomorfológicas en el barrio Huencalla



Nota: En la figura se muestra las unidades geomorfológicas del área de estudio. Tomada en la ciudad de Sandia Barrio Huencalla, 2023.

Figura 8

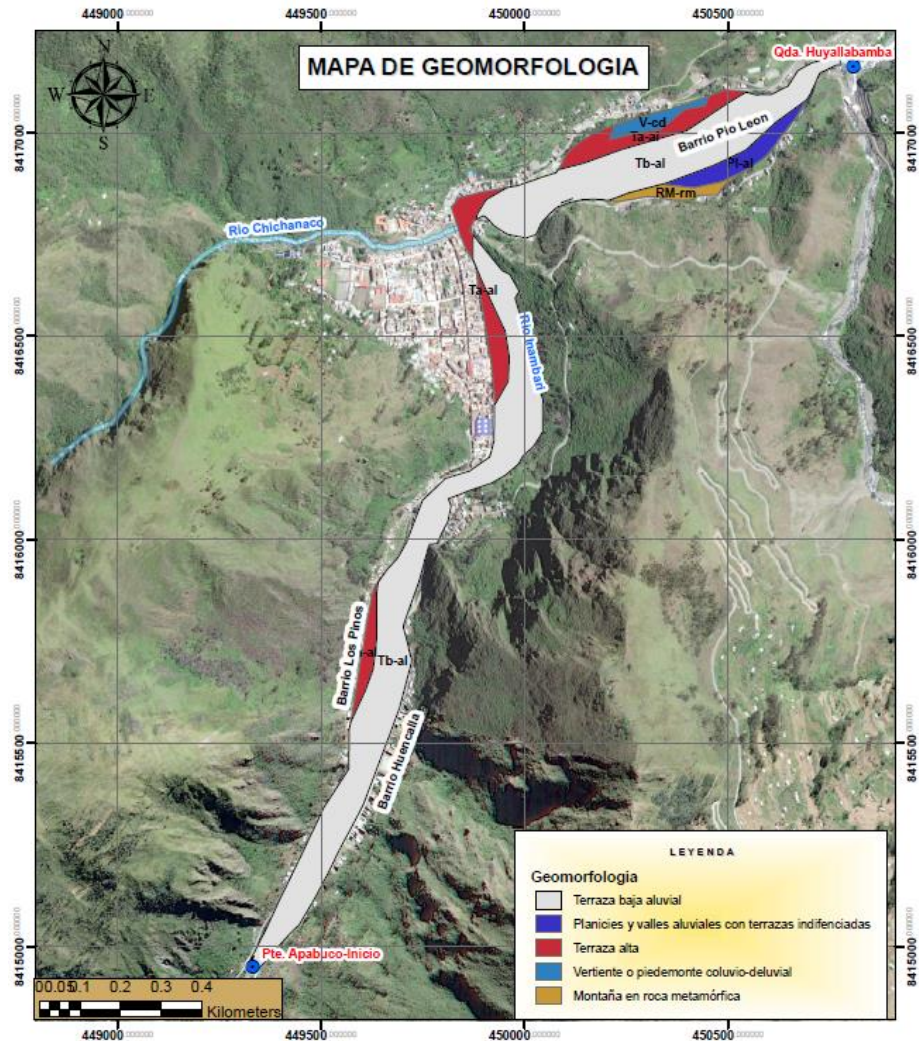
Unidades geomorfológicas en el barrio Pio León



Nota: En la figura se muestra las unidades geomorfológicas del área de estudio. Tomada en la ciudad de Sandia barrio Pio León, 2023.

Figura 9

Geomorfología del Área de Estudio



Nota: En la figura se muestra las unidades geomorfológicas del área de estudio. Tomada en la ciudad de sandia 2023. Adaptado a estudio geomorfológico INGEMET.

3.1.6 Características de pendiente

Las características de pendiente observadas en el ámbito de investigación desde el punto de inicio hasta el final son con las características mostradas en la tabla 5, en donde se puede apreciar que existen pendientes inclinadas y empinadas, con una pendiente mínima en la longitudinal del Río de 0° a 5°.

Tabla 5

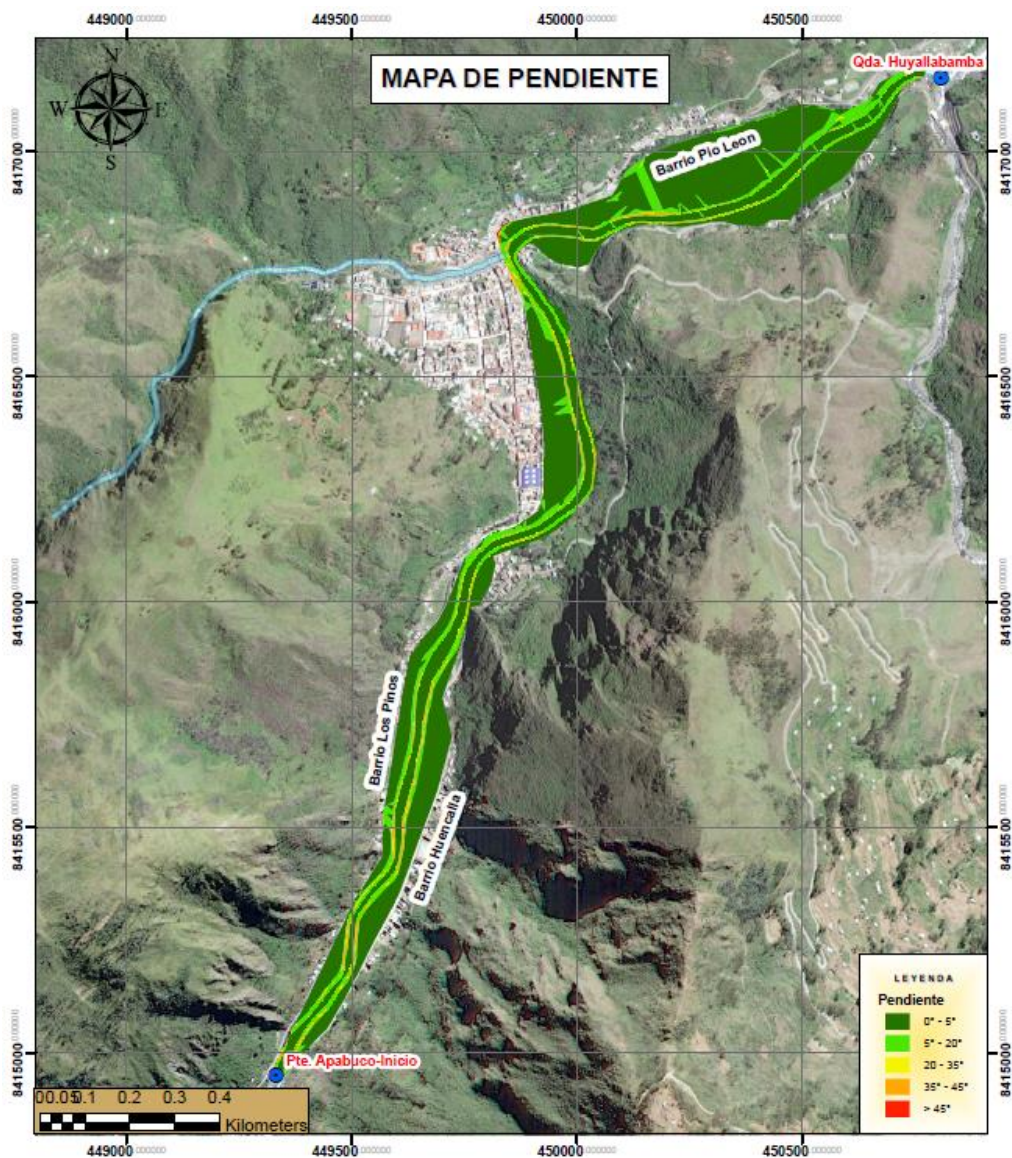
Rangos de Pendiente del Área de Estudio

PENDIENTE (%)	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN
Mayor a 45°	Muy empinadas	Muy alta
35° - 45°	Zonas empinadas	Alta
20° - 35°	Zonas moderadamente empinadas	Media
5° - 20°	Zonas moderadamente inclinadas	Baja
0° - 5°	Zonas ligeramente inclinadas	Muy baja

Nota: En la tabla se muestra los pendientes clasificados en el área de estudio.

Figura 10

Pendiente del Área de Estudio



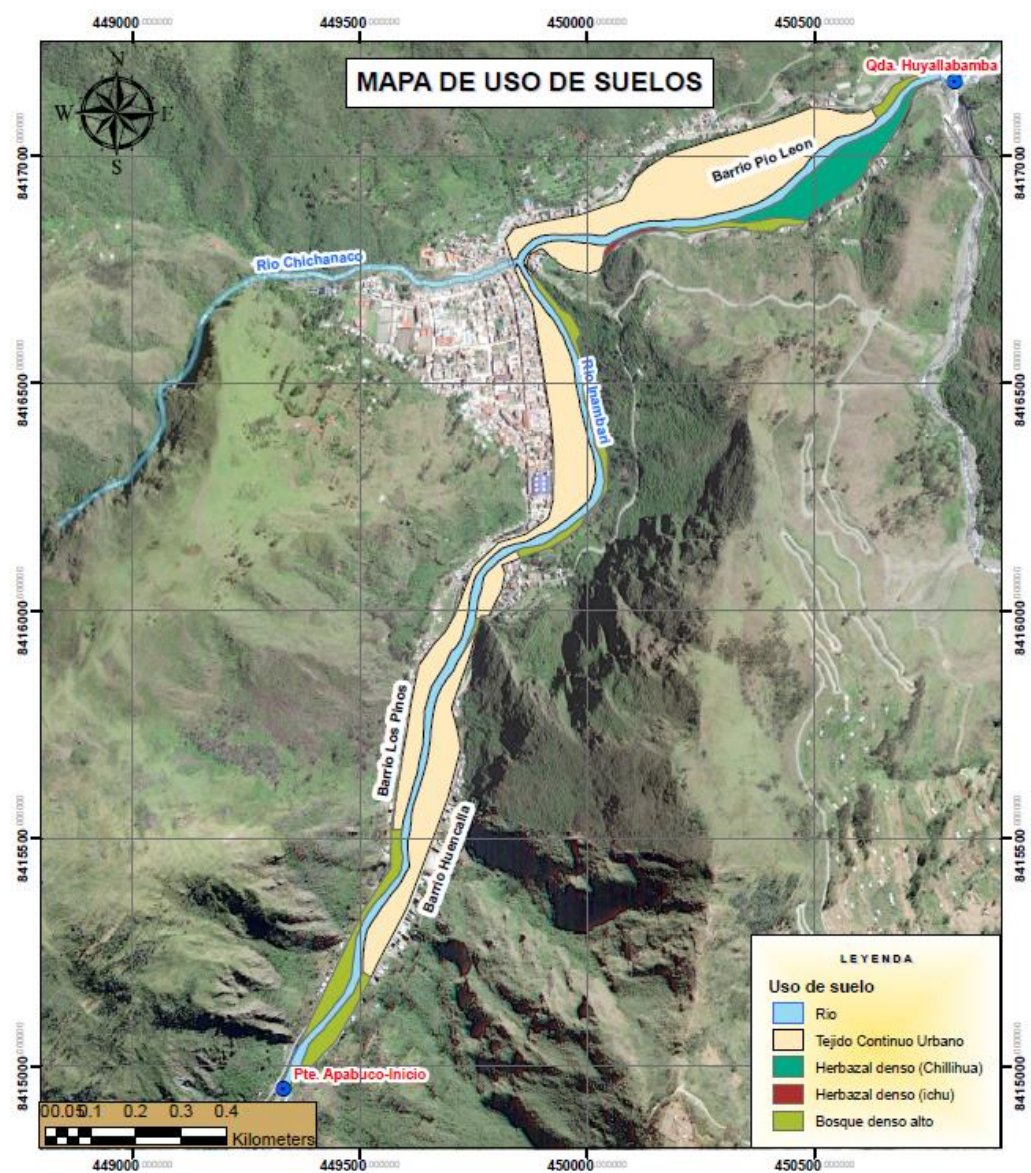
Nota: En la figura se muestra las pendientes del terreno y cauce en el área de estudio. Tomada en la Ciudad de Sandia, 2023.

3.1.7 Características del uso de suelos

En el tramo de la presente investigación se pudo observar el uso de suelo, así como se muestra en la figura 11, donde se puede observar que predomina en el área d estudio en toda su longitud el espacio ocupado por el Rio y el tejido urbano. Esta clasificación se realizó en base a la base de datos SIG del MINAM.

Figura 11

Tipo de uso de suelo en el área de estudio



Nota: En la figura se muestra las el uso de suelos en el área de estudio. Tomado en la ciudad de Sandia, 2023. Adaptado a mapa de uso de suelos ZEE MINAM.

3.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

Este análisis hidrológico se lleva a cabo con la finalidad de obtener los caudales para diferentes periodos de retorno con aforo en el puente Chacapata y así poder realizar la simulación de la inundación en el tramo puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba, De esta manera, se pretende evaluar el nivel de riesgo y proponer medidas de mitigación frente a eventos de inundación.

El estudio hidrológico se ha realizado con los datos de precipitación de la estación Cuyo Cuyo con un registro histórico de 38 años comprendidos entre (1985-2022).

3.2.1 Información cartográfica

La información cartográfica que se describe a continuación se utilizó para delinear y caracterizar la cuenca, así como para describir parámetros topográficos y otros fines cartográficos.

- Sistemas de información geográfica (SIG) así como el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID), (INGEMMET) Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Ministerio de Energía y Minas del Perú,
- Cartas Nacional a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Hoja: Sandia (29-y,) 19S.
- Para el modelamiento hidrológico de la cuenca inambari se usaron imágenes del tipo ASTER Global Digital Elevation Model, de la plataforma Alos Palsar.

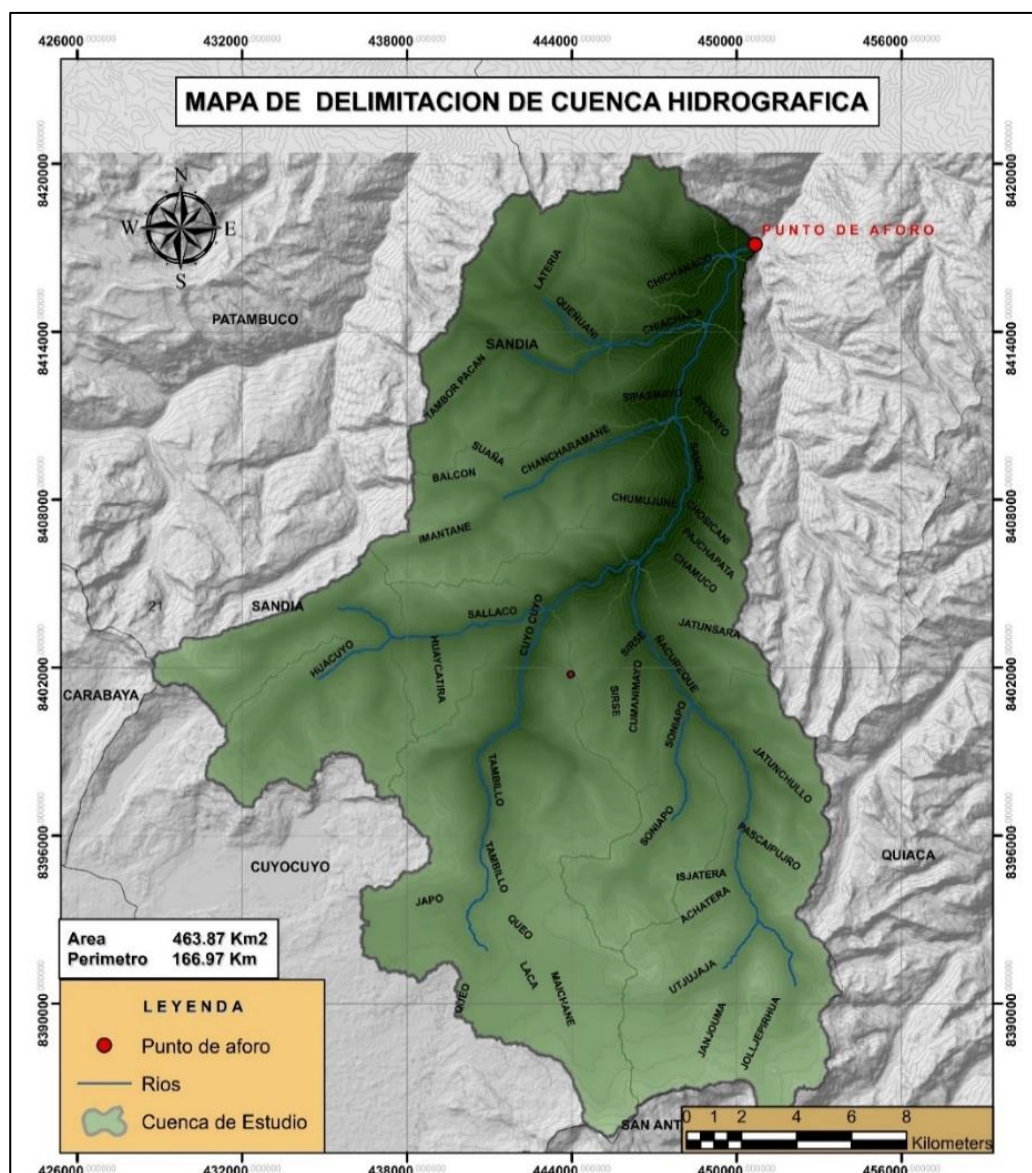
En todos los mapas, el formato digital del plano base utilizado, está en el sistema de coordenadas UTM WGS84, proyectadas para la zona 19S, que es donde se ubica la zona en estudio.

3.2.2 Delimitación de cuenca de estudio

Según el punto de aforo identificado se realiza la delimitación de la cuenca Inambari con un punto de aforo en el puente Chacapta de la ciudad de Sandia. Esta cuenca cuenta con un área de 463.87 km² y un perímetro de 166.97km. Tal como se puede observar en la figura 12.

Figura 12

Delimitación de cuenca de estudio



Nota: En la figura se puede visualizar la delimitación de cuenca Inambari hasta el punto de aforo.

3.2.3 Ubicación del punto de aforo del caudal simulado.

En el marco de este estudio, se seleccionó el punto de Aforo en la ubicación identificada como Puente Chacapata, situado en el Jr. Independencia de la ciudad de Sandia. La referencia geográfica específica de este punto se detalla en la tabla 6.

Tabla 6

Ubicación del punto de aforo.

Nombre	Coordenadas UTM			Zona
	Este	Norte	Alt.	
Puente Chacapata	449334.35	8414954.56	2238	19 S

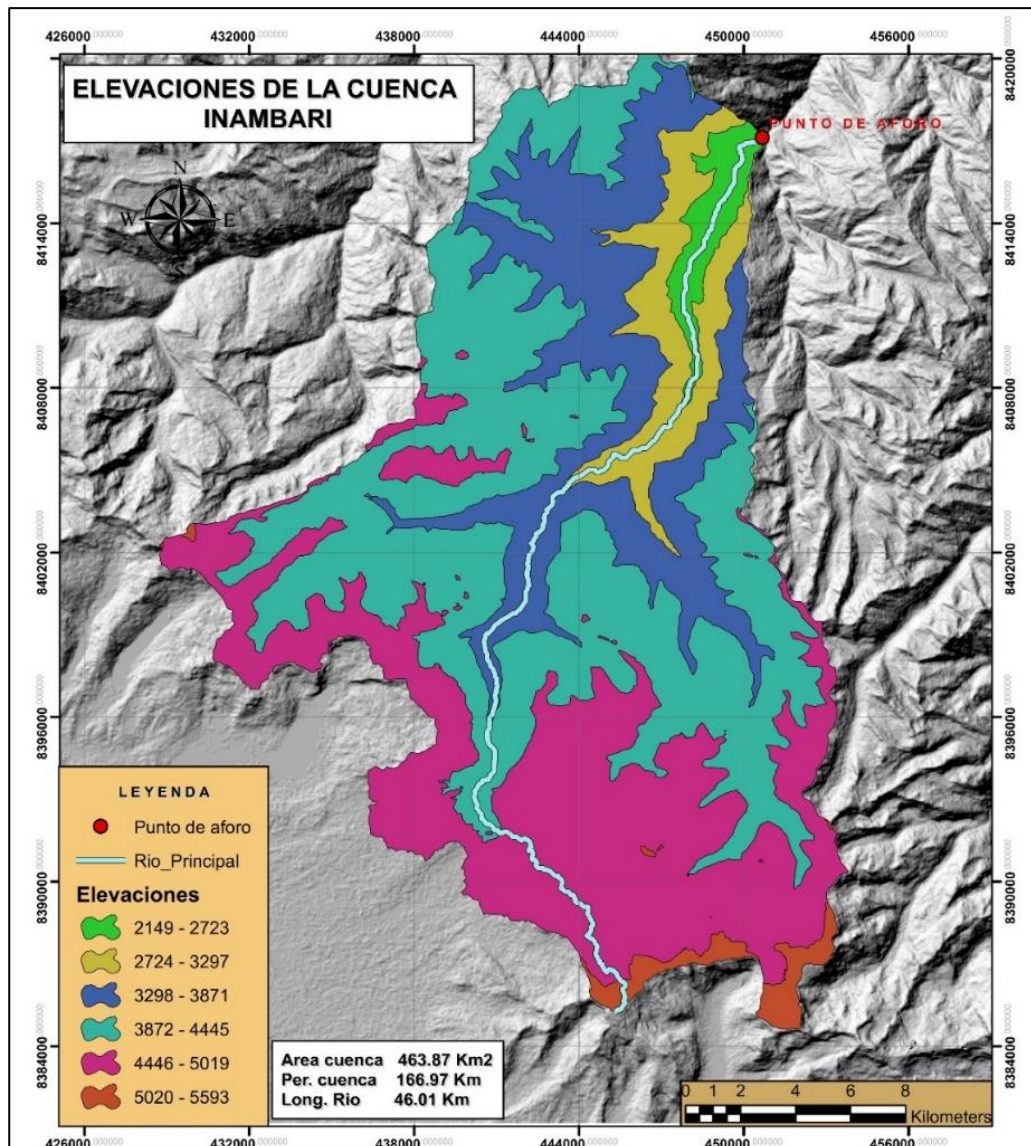
Nota: En la figura se observa la ubicación geográfica del punto de aforo. Fuente Propia

3.2.4 Parámetros Geomorfológicos de la cuenca

Las características más importantes de la cuenca y del cauce principal describen los aspectos morfológicos y fisiográficos. Además, estos dependen de diferentes factores de la morfología como (forma, pendiente, Longitud de cauce, cotas máximas y mínimas, tipo de suelo, área de cuenca y perímetro, para la presente investigación la longitud del cauce principal tiene una longitud de 46.01 km con una pendiente media 6.88% siendo el inicio en el lugar conocido como abra Sallaco hasta el punto de aforo. En la figura 16 se puede ver la distribución de las curvas de nivel a cada 574m. para posteriormente calcular los parámetros geomorfológicos de la cuenca de estudio.

Figura 13

Elevaciones de la cuenca Inambari



Nota: En la figura se puede visualizar las elevaciones de las curvas de nivel a cada 574m.

Según la figura 13 se ha determinado los parámetros geomorfológicos para la cuenca principal y del cauce principal. Obteniéndose una longitud de cauce del río principal de 46.80 km, un área de 463.87km², un perímetro de 166.97 y con una cota máxima y mínima del río principal de 5395 – 2149 m.s.n.m. respectivamente, Tal como se puede observar en la figura 14.

Figura 14

Parámetros geomorfológicos de la cuenca inambari

PARÁMETROS		UND	CUENCA INAMBARI		
Superficie total de la cuenca		Km ²	463.870		
Perímetro		Km.	166.970		
UBICACIÓN	Latitud	°	14°27'22.35"		
	Longitud	°	69°31'11.89"		
	Zona de Proyección UTM	s/U	19		
	X	m	443960.91		
	Y	m	8401755.29		
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		s/U	2.187
		FACTOR DE FORMA	Longitud de la Cuenca	Km.	78.304
			Ancho Medio de la Cuenca	Km.	5.924
	Factor de Forma		s/U	0.076	
	RECTÁNGULO EQUIVALENTE	Lado Mayor	Km.	78.178	
		Lado Menor	Km.	5.934	
Desnivel total de la cuenca		Km.	3.444		
Altura máxima cuenca		m.s.n.m.	5593		
Altura máxima río		m.s.n.m.	5395		
Altura mínima río		m.s.n.m.	2149.00		
Longitud de río principal		Km.	46.80		
Altura media de la cuenca		m.s.n.m.	4132		
Pendiente cuenca (Met. Rectángulo Equivalente)		%	39.55%		
Pendiente cuenca (Escogido)		%	39.55%		
Pendiente general del cauce principal (Taylor y Shuartz)		%	6.88%		

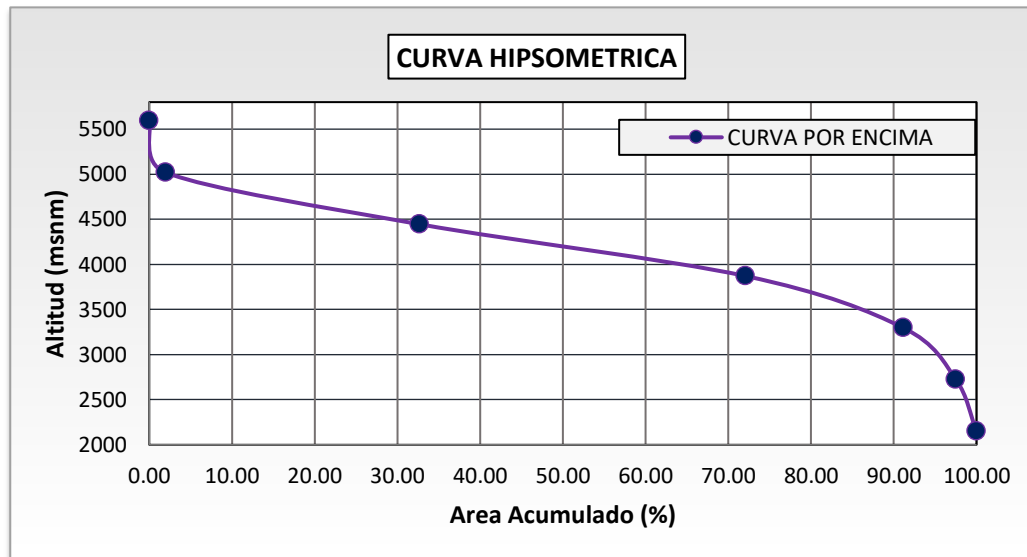
Nota: En la figura se puede observar los parámetros geomorfológicos de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.

- **Curva hipsométrica.** – Según el área acumulado por diferentes altitudes se tiene la curva hipsométrica mostrada en la figura 15. Donde se puede observar

que el Rio Inambari tiene una característica fisiográfica Ríos Jóvenes con gran potencial erosivo.

Figura 15

Curva Hipsométrica

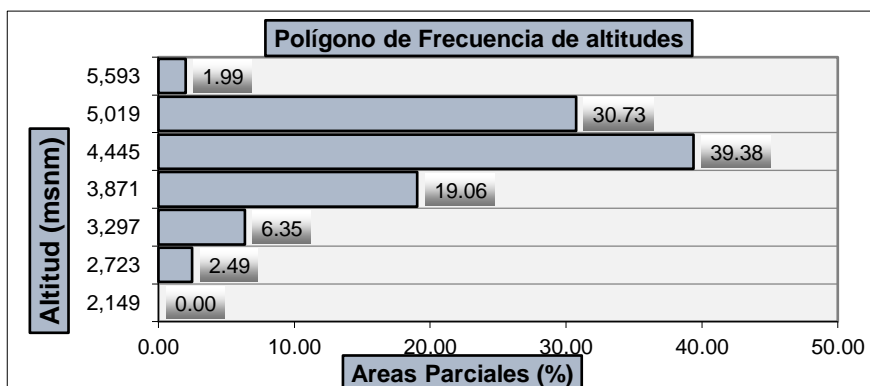


Nota: En la figura se puede la curva hipsométrica.

- **Polígono de Frecuencias.** – Para representar gráficamente las áreas parciales en distintas altitudes se realiza la figura 16. Donde se observa que existe un 39.38% del área total comprendida entre 3872 hasta 4445 m.s.n.m.

Figura 16

Polígono de Frecuencia de altitudes



Nota: La figura representa la relación áreas parciales según elevaciones.

3.2.5 Identificación de las estaciones meteorológicas

En relación con las estaciones meteorológicas ubicadas tanto dentro como fuera de la cuenca delimitada, se pueden consultar en la tabla 7. Estas estaciones están bajo la supervisión del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Tabla 7

Estaciones meteorológicas dentro y fuera del área de estudio

Estación	Estaciones Meteorológicas		Estado
	Este	Norte	
Limbani	423850	8435160	Funcionando
Tambopata	482617	8427140	Funcionando
Sina	469470	8396960	Paralizado
Cuyo Cuyo	440840	8398130	Funcionando
Ananea	439988	8385370	Paralizado
Ananea	442478	8377170	Funcionando

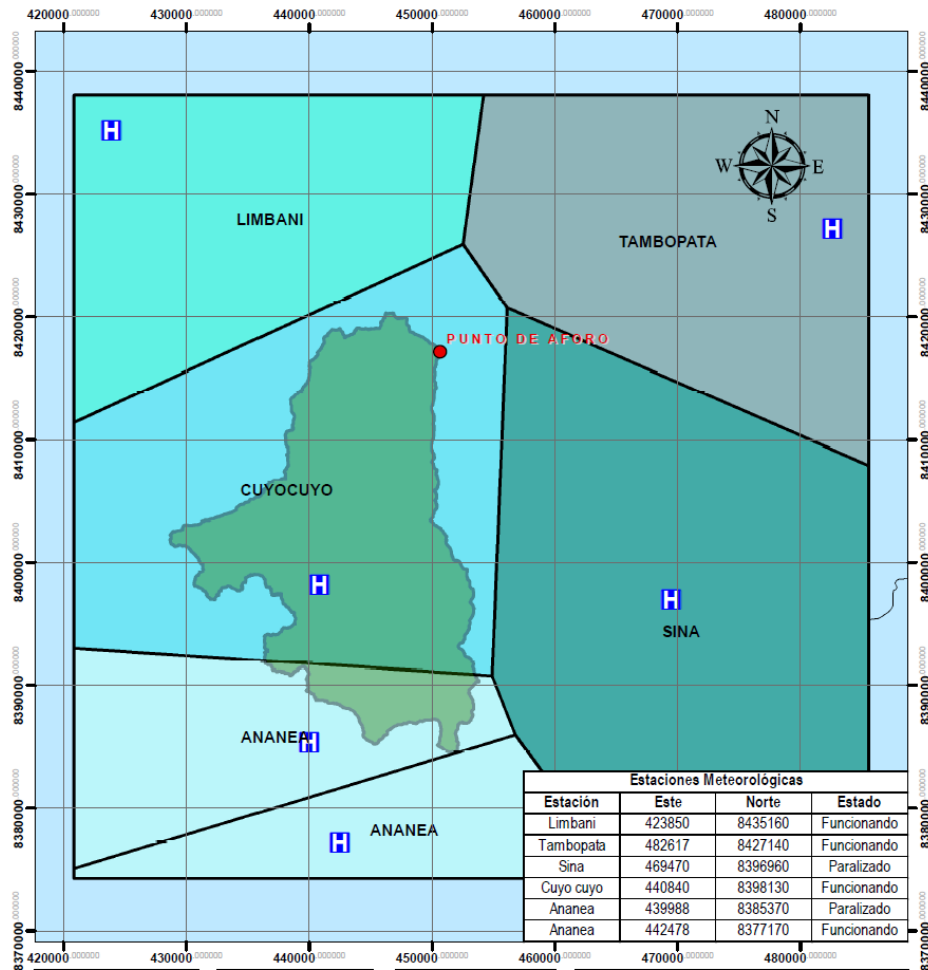
Nota: En la tabla se puede visualizar la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas que se encuentran fuera y dentro de la cuenca delimitada. Datos tomados de la web principal del SENAMHI.

Para el cálculo del área de influencia de cada estación y de la zona interés se hará uso del método del Polígono de Thiessen.

- **Polígonos de Thiessen.** Según el método del polígono de Thiessen para el área de la cuenca delimitada se puede observar en la figura 20 que, las estaciones de Cuyo Cuyo y Ananea son lo que tienen mayor influencia en el área de estudio. Para este estudio se trabaja solo con los datos meteorológicos de la estación de Cuyo – Cuyo debido a que la estación de Ananea se encuentra en estado paralizado según (SENAMHI).

Figura 17

Polígono de Thiessen del área de influencia de las E.M.



Nota: La figura muestra el área de influencia de cada estación. Adaptado a datos de sistema de información geográfica SIG, Senamhi.

3.2.6 Análisis de consistencia y homogeneidad

Se realizará análisis de consistencia y procesamiento de datos en base a la precipitación mensual de la estación meteorológica Cuyo-Cuyo. Las razones para elegir la estación meteorológica Cuyo-Cuyo para su análisis son las siguientes:

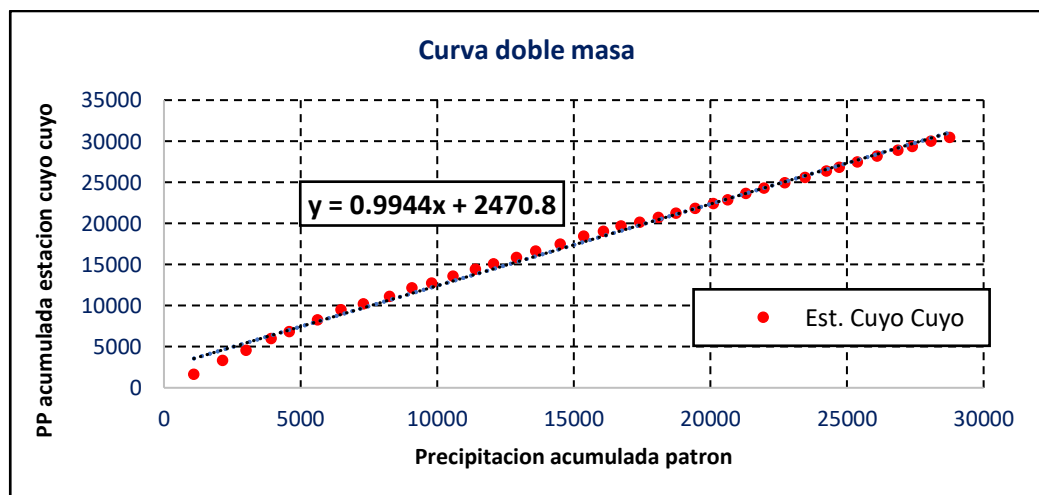
- Que la estación de Ananea se encuentra presenta datos incompletos para el análisis de datos de precipitación y obtener resultados aceptables.

- Los datos pluviométricos en la estación seleccionada tienen la cantidad de datos necesarios desde el año 1964 hasta el año 2022.
- Que el área de interés según el polígono de Thiessen se encuentra con mayor influencia en la estación seleccionada.

En el anexo 19 se puede observar las precipitaciones mensuales desde el año 1985 hasta el año 2022 obteniéndose precipitación máxima mensual de 1696 mm en el año 1986, año en el cual según los antecedentes el distrito de Sandía sufrió una inundación. El análisis de consistencia de las precipitaciones se realizó mediante el método visual gráfico y el método de curva doble masa, ver figuras 18 y 19.

Figura 18

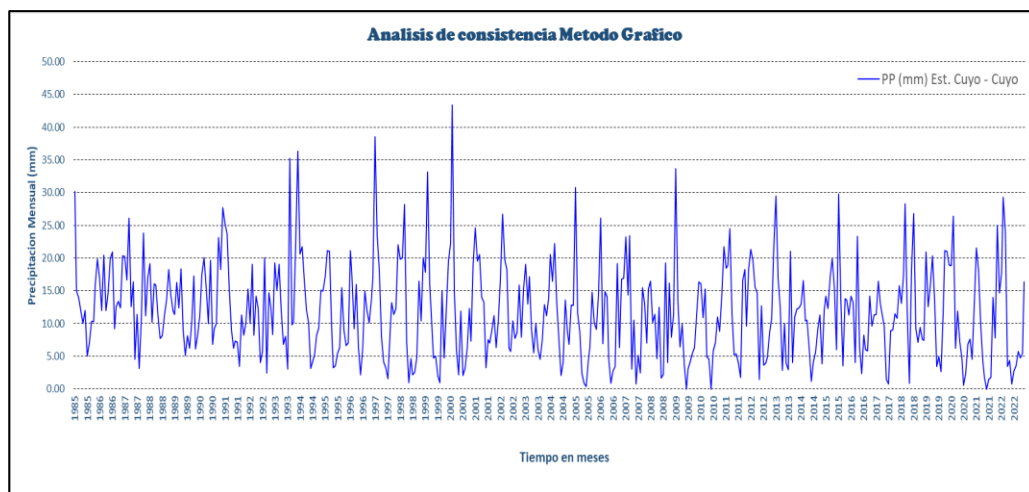
Curva doble masa



Nota: La figura muestra el comportamiento de las precipitaciones de la estación Cuyo Cuyo mediante la curva de doble masa.

Figura 19

Análisis de consistencia método Visual Gráfico



Nota: En la figura se muestra el comportamiento de las precipitaciones mensuales acumuladas.

En la figura 18 se puede visualizar que en el año 1990 existe un quiebre indicando que los datos desde año 1985 hasta el año 1990 se pueda considerar como datos dudosos, para lo cual se realizara el análisis de datos dudosos. De la figura 19 el comportamiento de las precipitaciones se puede dividir en 3 periodos los cuales son en los años: 1985 hasta 1993, 1993 hasta 2005 y 2005 hasta 2022. Además, se puede observar que existe algunos datos muy elevados que se consideran como datos dudosos. Para lo cual se realizará el análisis de datos dudosos.

3.2.7 Instrumentación de la cuenca

En el marco de esta investigación, la cuenca objeto de estudio cuenta con una estación meteorológica específica conocida como Cuyo-Cuyo. Dicha estación se encuentra ubicada en la localidad de Hatun Putina, perteneciente al Distrito de Cuyo-Cuyo de la Provincia de Sandía.

- **Estación Meteorológica de tipo convencional:** Su finalidad es medir y registrar las precipitaciones máximas en un periodo de 24 horas. Esta estación ha estado operativa desde el año 1964, aunque su funcionamiento no ha sido continuo. Esta estación es supervisada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Figura 20

Estación Meteorología de Cuyo Cuyo

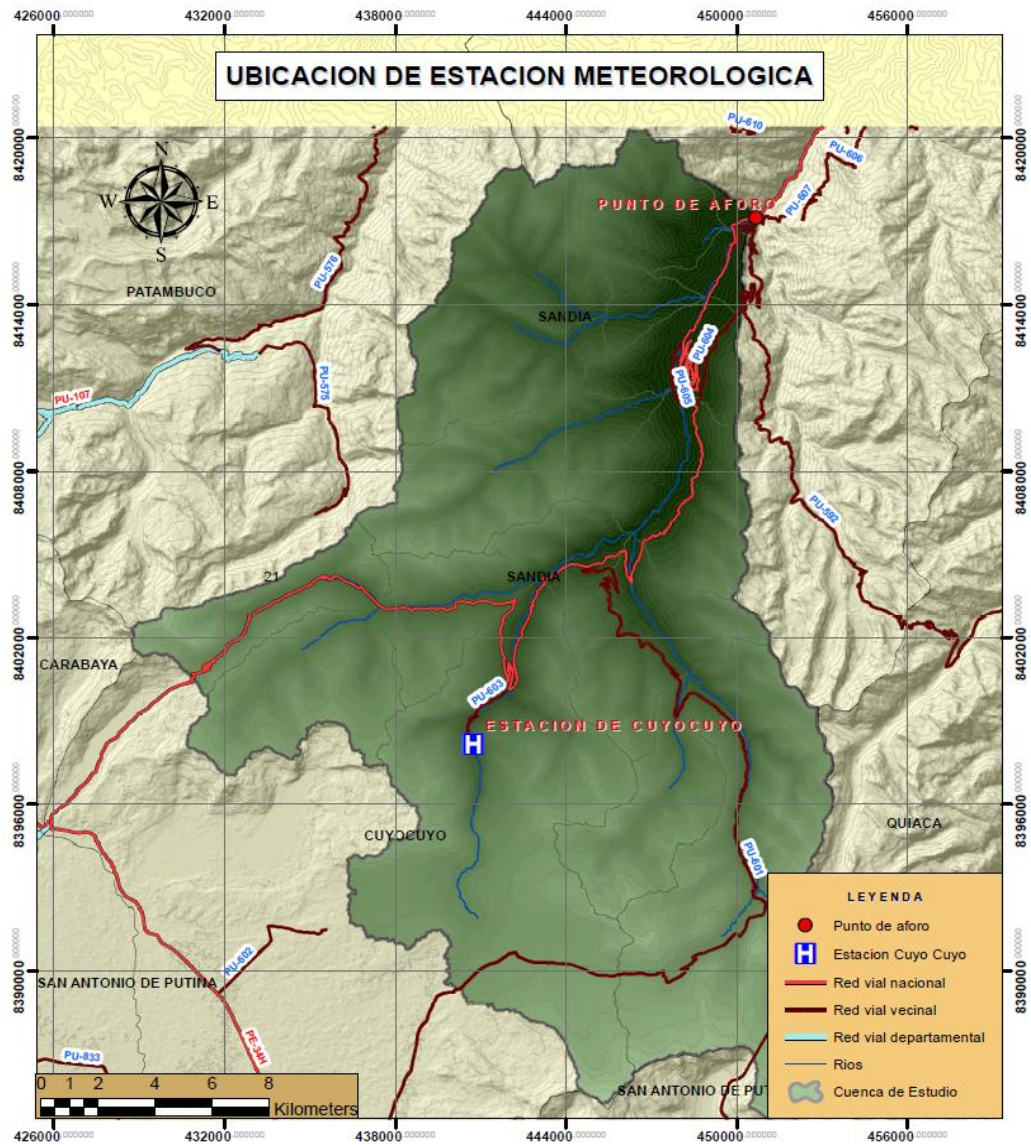
Estaciones Meteorológica Cuyo-Cuyo			
Estación	Este	Norte	Estado
Cuyo - Cuyo	440840	8398130	Funcionando

Nota: en la figura se muestra la ubicación geográfica de estación de Cuyo-Cuyo. Fuente: Senamhi.

En la figura 21 se puede ver la ubicación de la estación meteorológica Cuyo Cuyo, a la que se puede llegar mediante la carretera nacional PE-34H hasta la localidad de Cuyo Cuyo de la ciudad de Sandia. para luego tomar la vía del camino vecinal PU-603 hacia tambillo en un promedio de 20 min. Esta estación es la única que se encuentra en la parte alta de la cuenca inambari hasta el área de interés en la ciudad de Sandia.

Figura 21

Ubicación Estación Meteorológica Cuyo-Cuyo.



Nota: En la figura se observa las vías de acceso y la ubicación de la estación meteorológica Cuyo Cuyo, 2023.

3.2.8 Cálculo de eventos extremos máximos

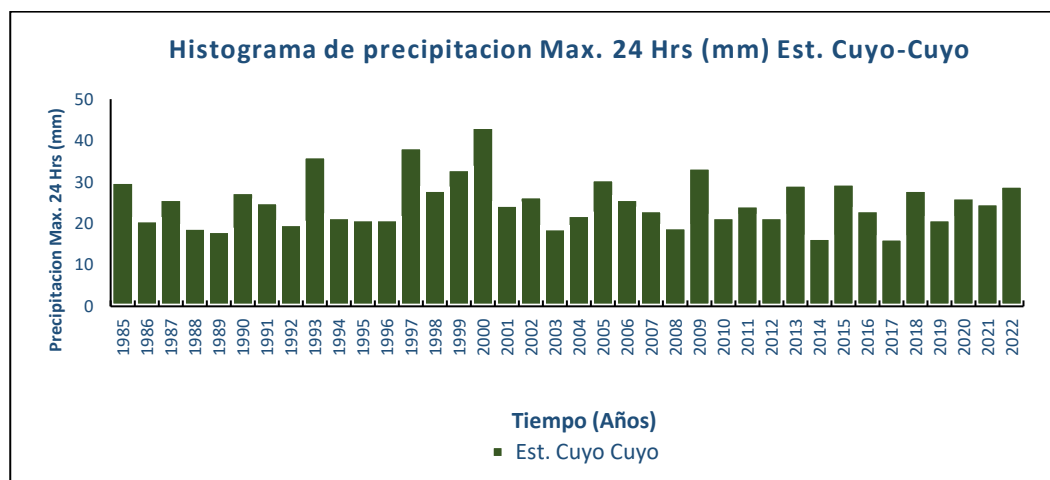
El análisis y determinación de los eventos máximos (caudales máximos) en el tramo de estudio es con la finalidad de obtener los valores de los descriptores del factor desencadenante de esta investigación que es **incremento anómalo de caudal**. Para lo cual se tuvo las siguientes consideraciones.

- Revisión de investigaciones previas a nivel regional que aborden eventos extremos máximos, y que puedan ser útiles para estimar y/o contrastar los resultados derivados de la metodología seleccionada para el estudio del río Inambari.
- Se utiliza el análisis estadístico de las distribuciones probabilísticas de las precipitaciones máximas diarias (24 horas) de la Estación Cuyo Cuyo, proporcionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), que registra datos desde 1985 hasta 2022. A través de estos datos, se realiza el tratamiento de los datos de precipitaciones max. de 24 horas, aplicando ajustes de distribución como Normal, Log-Normal, Pearson III, Log-Pearson, Gumbel y Log-Gumbel, en el Anexo 21 se puede observar las precipitaciones Max.24 horas en la estación Cuyo Cuyo con datos desde el año 1985 hasta el año 2022.

En la figura 22 se observa el histograma a partir de los datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación Cuyo-Cuyo.

Figura 22

Histograma Precipitación Máxima en 24hr Est. Cuyo-Cuyo



Nota: En la figura se puede visualizar el histograma de precipitaciones desde el año 1985 – 2022.

En la figura 22 se observa el histograma de precipitaciones máximas en 24 horas con datos recopilados durante el período de 1985 a 2022. Las precipitaciones se clasificaron en intervalos de 5 mm, y la frecuencia de ocurrencia se presenta en términos de eventos por año. La precipitación máxima registrada durante este período fue de 43.4 mm en el año 2000 y la mínima fue de 16.50 mm en el año 2017. Se observaron eventos extremos en 1993, 1997 y 2000, con precipitaciones superiores a 36.30 mm.

3.2.9 Prueba de datos dudosos

Mediante el método planteado por Water Resources Council (1981) se determina la prueba de datos dudosos de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Cuyo-Cuyo. En la tabla 8 se muestran los Log (Pmax24h) para determinar las precipitaciones máximas y mínimas aceptadas según el método mencionado. Para ver el desarrollo del proceso de cálculo ver anexo 11.

Tabla 8

Precipitación máxima en 24Hrs.

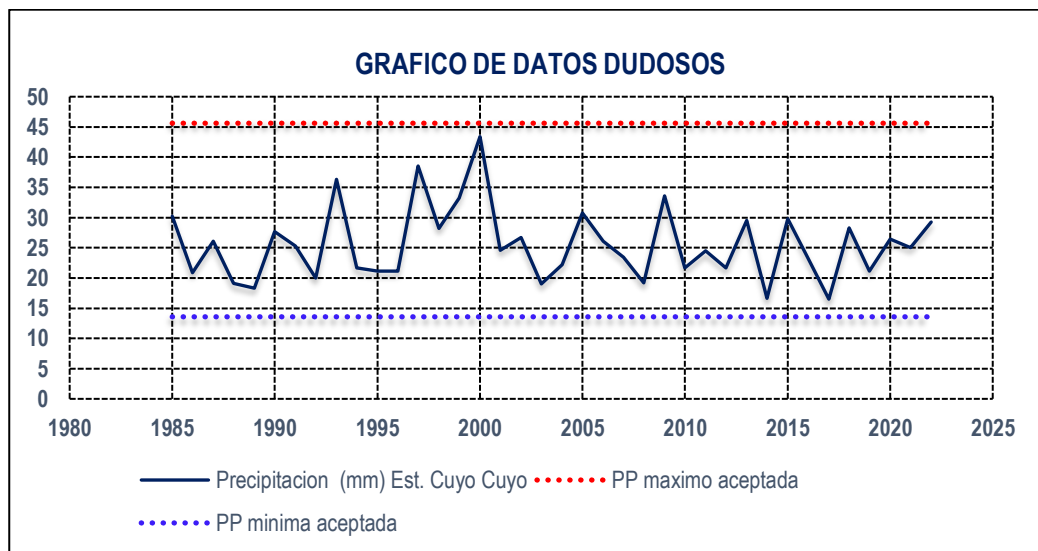
Precipitación Máxima en 24Hrs							
N°	Año	PP Max	Log(p24hr)	N°	Año	PP Max	Log(p24hr)
1	1985	30.2	1.48	20	2004	22.2	1.35
2	1986	20.9	1.32	21	2005	30.8	1.49
3	1987	26.1	1.42	22	2006	26.1	1.42
4	1988	19.1	1.28	23	2007	23.4	1.37
5	1989	18.3	1.26	24	2008	19.2	1.28
6	1990	27.7	1.44	25	2009	33.6	1.53
7	1991	25.3	1.4	26	2010	21.7	1.34
8	1992	20	1.3	27	2011	24.5	1.39
9	1993	36.3	1.56	28	2012	21.7	1.34
10	1994	21.7	1.34	29	2013	29.5	1.47
11	1995	21.1	1.32	30	2014	16.6	1.22
12	1996	21.1	1.32	31	2015	29.8	1.47
13	1997	38.5	1.59	32	2016	23.3	1.37
14	1998	28.2	1.45	33	2017	16.5	1.22
15	1999	33.2	1.52	34	2018	28.3	1.45
16	2000	43.4	1.64	35	2019	21.1	1.32
17	2001	24.6	1.39	36	2020	26.4	1.42
18	2002	26.7	1.43	37	2021	25	1.4
19	2003	19	1.28	38	2022	29.3	1.47

Nota: En la tabla se muestra los valores de log(P24hrs) para datos de precipitación máx. en 24hrs desde el año 1985 hasta 2022.

En la figura 23 se observa que la precipitación máxima aceptada es de 45.61 mm que es mayor que la precipitación máxima que es de 43.40 mm y la precipitación mínima aceptada es 13.58 mm que es menor que la precipitación mínima que es de 16.50 mm. Por ende, no existen datos dudosos altos y bajos que se encuentren fuera de los límites mínimo y máximo mostrados en la figura 23. A continuación, se presenta el grafico del análisis de datos dudosos.

Figura 23

Prueba de datos dudosos de precipitación máxima en 24 Hrs Est. Cuyo Cuyo



Nota: En la figura se puede visualizar gráficamente los límites de valor mínimo y máximo.

3.2.10 Análisis de frecuencia y prueba de bondad y ajuste

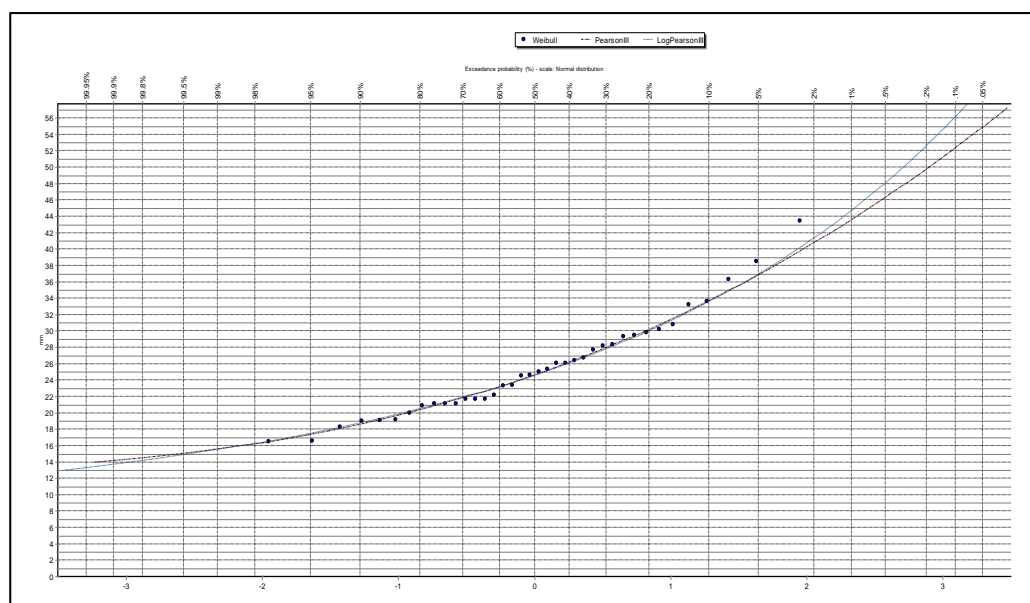
Se empleó la prueba de bondad de ajuste mediante la técnica estadística de Smirnov-Kolmogorov, utilizando para ello las distribuciones teóricas Normal, Log-Normal, Pearson III, Log-Pearson, Gumbel y Log-Gumbel. Esta evaluación se llevó a cabo con respecto a los datos de precipitaciones máximas en 24 horas provenientes de la estación Cuyo Cuyo, Cuyos cálculos se resume en el cuadro mostrado en el anexo 22.

Según el anexo 22 se puede observar 38 datos agrupados los cuales se realizarán la prueba de bondad de ajuste para un nivel significancia de 5%, de donde se tiene un valor de delta crítico ($\Delta_0 = 0.2206$). como resultado se puede observar que la diferencia máxima entre la probabilidad teórica $F(x)$ y la probabilidad empírica $P(x)$ es en la distribución Pearson III con un valor de ($\Delta_{max} = 0.06735$) y la distribución Log Pearson III con un valor de ($\Delta_{max} = 0.07353$). Por consiguiente, para ambos casos el $\Delta_0 > \Delta_{max}$ lo cual indica que el ajuste es bueno para el nivel de significancia seleccionado.

Para tomar una decisión de la distribución mas adecuada se realizar a continuación el ajuste grafico para las dos distribuciones el cual se muestra en la figura 24. Se puede observar que la línea de tendencia de Log Pearson III se ajusta más a la dispersión de puntos de precipitación.

Figura 24

Curva de distribución Pearson III y Log Pearson III



Nota: En la figura se puede visualizar el ajuste gráfico. Elaborado en el software hydrognomon.

De los análisis de prueba de bondad y ajuste por los métodos Smirnov-Kolmogorov y ajuste grafico se elige Log Pearson III de tres Parámetros el cual aplicaremos para determinación de la precipitación máxima.

3.2.11 Determinación de la precipitación máxima estación Cuyo Cuyo

Para la determinación de las precipitaciones máximas, se aplicó la distribución probabilística seleccionada, que corresponde a la distribución de Log Pearson III con tres parámetros para distintos periodos de retorno. Para calcular los parámetros, se emplearon las expresiones matemáticas siguientes.

$$K_T = \begin{cases} \text{Variable normal estandar} : z & , C_s = 0 \\ z + Ak + Ak^2 - Ak^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5 & , C_s \neq 0 \end{cases}$$

$$A = (z^2 - 1); \quad B = \frac{1}{3}(z^3 - 6z); \quad k = \frac{C_s}{6}$$

$$y_T = \bar{y} + K_T S_y$$

$$x = 10^{y_T}$$

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.0011308w^3}$$

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{p^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$0 < p \leq 0.5$$

De los datos de la tabla 8 procedemos a realizar el cálculo de las precipitaciones máximas, para ello se obtiene lo siguiente.

X	1.3960	Promedio
S =	0.0989	Desviación estándar
Cs =	0.3349	Coficiente de asimetria

Tabla 9

Cálculo de precipitaciones máximas con la distribución Log Pearson III

Cálculo de precipitaciones diarias máximas probables para diferentes frecuencias								
Periodo de Retorno	P	w	z	k	K_T	y_T	PP. Max	PP máx. Corregido
Años								
2	0.500	1.177	0.000		0.0556	1.3905	24.57	27.77
5	0.200	1.794	0.841		0.8206	1.4771	30.00	33.90
10	0.100	2.146	1.282		1.3117	1.5257	33.55	37.91
25	0.040	2.537	1.751		1.8607	1.5800	38.02	42.96
50	0.020	2.797	2.054		2.2296	1.6164	41.35	46.72
100	0.010	3.035	2.327	0.0558	2.5710	1.6502	44.69	50.50
200	0.005	3.255	2.576		2.8916	1.6819	48.08	54.33
500	0.002	3.526	2.879		3.2908	1.7214	52.65	59.49
1000	0.001	3.717	3.091		3.5778	1.7498	56.21	63.51
10000	0.000	4.292	3.719		4.4634	1.8374	68.76	77.70

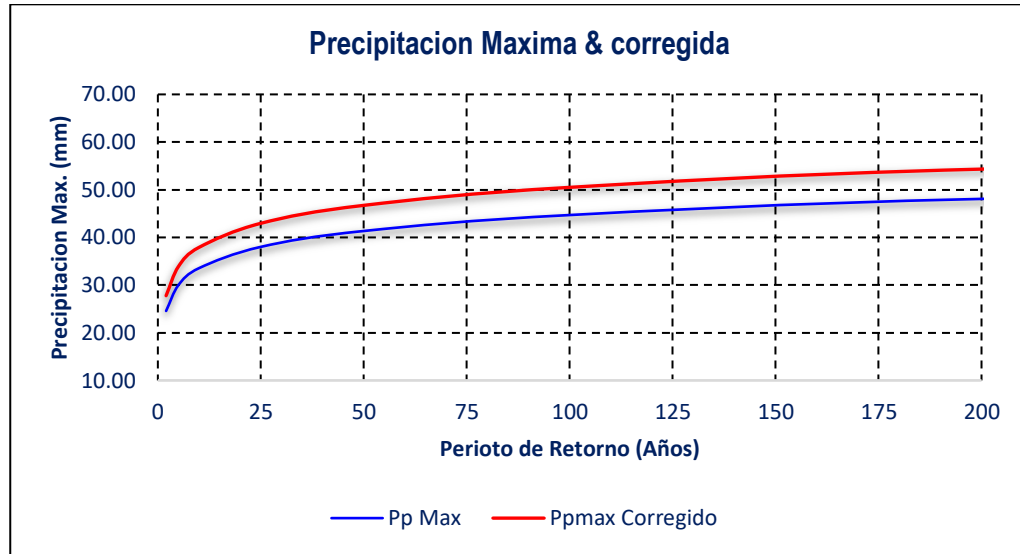
Nota: En la figura se puede visualizar las precipitaciones máximas.

El ajuste de las precipitaciones máximas se llevó a cabo siguiendo la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), mediante un factor de corrección que varía en función del número de observaciones diarias. En este estudio, dicho número es uno, lo que implica un factor de ajuste de **1.13**.

En la figura 25 se observa que para un periodo de retorno de 200 años la precipitación máxima corregida es de 54.33 mm. A continuación, se presenta el grafico de precipitación máxima y precipitación máxima corregido.

Figura 25

Curva de Precipitaciones máxima



Nota: En la figura se puede visualizar gráficamente precipitación máxima.

3.2.12 Cálculo de tormenta de diseño mediante el modelo Dick Peschke

Para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuenten con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas.

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

Donde:

P_d : Precipitación total (mm).

d : Duración en minutos.

P_{24h} : Precipitación máxima en 24Hrs.

En la figura 26 se observa que la precipitación máxima para un periodo de retorno de 200 años es de 54.33mm, así mismo, se muestra los resultados del modelo Dick y Peschke para el cálculo de las precipitaciones totales para diferentes periodos de retorno y una duración acumulada de 24hrs.

Figura 26

Precipitaciones totales

Duración (Minutos)	Precipitación en 24 horas (mm)								
	27.77	33.90	37.91	42.96	46.72	50.50	54.33	59.49	63.51
	Periodo de Retorno (Años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
	Precipitación (mm)								
5	6.74	8.23	9.20	10.43	11.34	12.26	13.19	14.44	15.42
10	8.02	9.79	10.94	12.40	13.49	14.58	15.68	17.17	18.33
15	8.87	10.83	12.11	13.72	14.93	16.13	17.36	19.01	20.29
20	9.53	11.64	13.01	14.75	16.04	17.34	18.65	20.42	21.80
25	10.08	12.30	13.76	15.59	16.96	18.33	19.72	21.60	23.05
30	10.55	12.88	14.40	16.32	17.75	19.19	20.64	22.60	24.13
35	10.96	13.38	14.97	16.96	18.45	19.94	21.45	23.49	25.08
40	11.34	13.84	15.48	17.54	19.07	20.62	22.18	24.29	25.93
45	11.67	14.25	15.94	18.06	19.64	21.23	22.84	25.01	26.70
50	11.99	14.63	16.36	18.54	20.17	21.80	23.45	25.68	27.42
55	12.28	14.99	16.76	18.99	20.66	22.33	24.02	26.30	28.08
60	12.55	15.32	17.13	19.41	21.11	22.82	24.54	26.88	28.69
120	14.92	18.21	20.37	23.08	25.10	27.13	29.19	31.97	34.12
180	16.51	20.16	22.54	25.54	27.78	30.03	32.30	35.38	37.76
240	17.74	21.66	24.22	27.45	29.85	32.27	34.71	38.01	40.58
300	18.76	22.90	25.61	29.02	31.57	34.12	36.70	40.19	42.91
360	19.63	23.97	26.81	30.38	33.04	35.71	38.41	42.07	44.91
420	20.41	24.91	27.86	31.57	34.34	37.11	39.92	43.72	46.67
480	21.10	25.76	28.81	32.64	35.50	38.37	41.28	45.21	48.26
540	21.73	26.53	29.67	33.62	36.56	39.52	42.51	46.56	49.70
600	22.31	27.24	30.46	34.51	37.54	40.57	43.65	47.80	51.03
660	22.85	27.89	31.19	35.35	38.44	41.55	44.70	48.95	52.26
720	23.35	28.51	31.88	36.12	39.29	42.47	45.68	50.03	53.41
780	23.82	29.08	32.52	36.85	40.08	43.32	46.61	51.04	54.49
840	24.27	29.63	33.13	37.54	40.83	44.13	47.48	51.99	55.51
900	24.69	30.14	33.71	38.20	41.54	44.90	48.30	52.90	56.47
960	25.09	30.63	34.26	38.82	42.22	45.63	49.09	53.76	57.39
1020	25.47	31.10	34.78	39.41	42.86	46.33	49.84	54.58	58.27
1080	25.84	31.55	35.28	39.98	43.48	47.00	50.56	55.37	59.10
1140	26.19	31.98	35.76	40.52	44.07	47.64	51.24	56.12	59.91
1200	26.53	32.39	36.22	41.04	44.64	48.25	51.90	56.84	60.68
1260	26.86	32.79	36.67	41.55	45.19	48.84	52.54	57.54	61.43
1320	27.17	33.17	37.09	42.03	45.72	49.41	53.16	58.21	62.15
1380	27.47	33.54	37.51	42.50	46.23	49.97	53.75	58.86	62.84
1440	27.77	33.90	37.91	42.96	46.72	50.50	54.33	59.49	63.51

Nota: En la figura se puede visualizar las precipitaciones para distintos periodos de retorno para una duración de 24 horas.

Para la tormenta de diseño se ha calculado las intensidades máximas, así como se puede visualizar en la figura 27, con una duración en horas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, obteniéndose así una intensidad máxima de 158.25 mm para un TR igual 200 años. Para ello se realiza el cálculo haciendo uso de la siguiente expresión matemática.

$$I = \frac{P_D}{D}$$

Donde:

I : Intensidad (mm/Hr).

PD : precipitación máxima de duración D, en mm.

D : duración de la precipitación, en horas.

Figura 27

Intensidades máximas

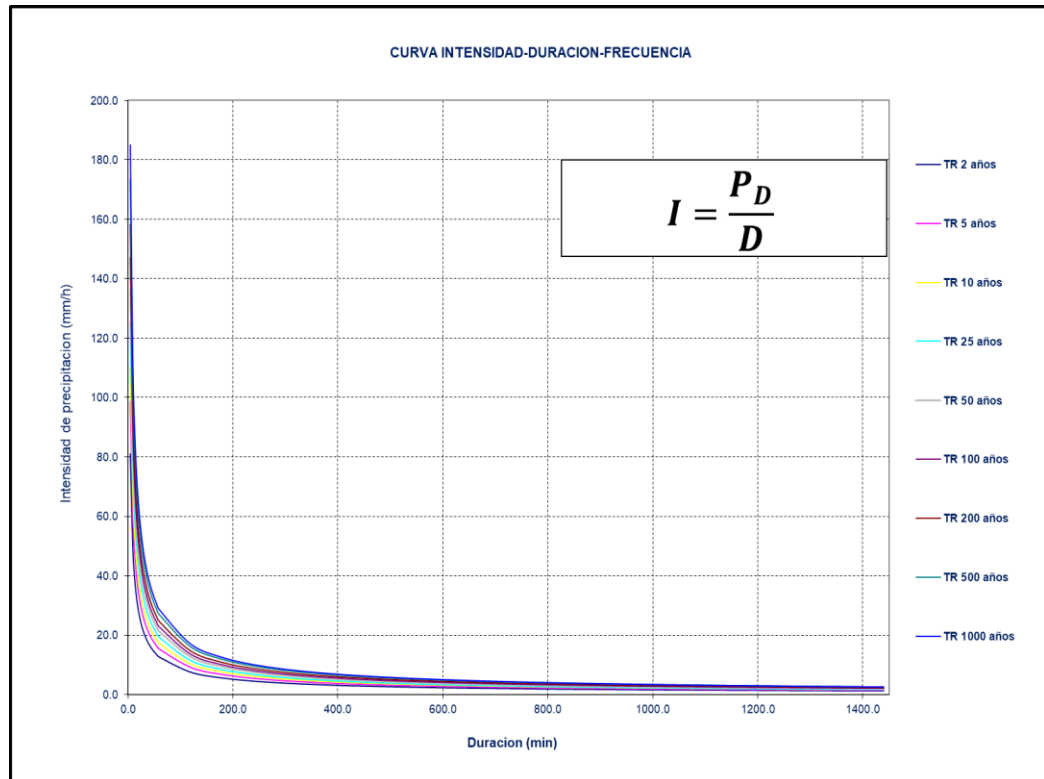
Duracion (Horas)	Duracion (min)	Periodo de Retorno (Años)								
		2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	200.00	500.00	1000.00
		Intensidad (mm/hr)								
0.083	5	80.88	98.75	110.43	125.14	136.10	147.10	158.25	173.30	185.01
0.167	10	48.09	58.71	65.66	74.41	80.93	87.47	94.09	103.05	110.01
0.250	15	35.48	43.32	48.44	54.90	59.71	64.53	69.42	76.03	81.16
0.333	20	28.60	34.91	39.04	44.24	48.12	52.01	55.95	61.27	65.41
0.417	25	24.19	29.53	33.03	37.42	40.70	43.99	47.33	51.83	55.33
0.500	30	21.10	25.76	28.81	32.64	35.50	38.37	41.28	45.21	48.26
0.583	35	18.79	22.95	25.66	29.08	31.63	34.18	36.77	40.27	42.99
0.667	40	17.00	20.76	23.22	26.31	28.61	30.92	33.27	36.43	38.89
0.750	45	15.57	19.00	21.25	24.08	26.19	28.31	30.45	33.35	35.60
0.833	50	14.38	17.56	19.64	22.25	24.20	26.16	28.14	30.82	32.90
0.917	55	13.39	16.35	18.28	20.72	22.53	24.35	26.20	28.69	30.63
1.000	60	12.55	15.32	17.13	19.41	21.11	22.82	24.54	26.88	28.69
2.000	120	7.46	9.11	10.18	11.54	12.55	13.57	14.59	15.98	17.06
3.000	180	5.50	6.72	7.51	8.51	9.26	10.01	10.77	11.79	12.59
4.000	240	4.44	5.41	6.06	6.86	7.46	8.07	8.68	9.50	10.15
5.000	300	3.75	4.58	5.12	5.80	6.31	6.82	7.34	8.04	8.58
6.000	360	3.27	4.00	4.47	5.06	5.51	5.95	6.40	7.01	7.48
7.000	420	2.92	3.56	3.98	4.51	4.91	5.30	5.70	6.25	6.67
8.000	480	2.64	3.22	3.60	4.08	4.44	4.80	5.16	5.65	6.03
9.000	540	2.41	2.95	3.30	3.74	4.06	4.39	4.72	5.17	5.52
10.000	600	2.23	2.72	3.05	3.45	3.75	4.06	4.36	4.78	5.10
11.000	660	2.08	2.54	2.84	3.21	3.49	3.78	4.06	4.45	4.75
12.000	720	1.95	2.38	2.66	3.01	3.27	3.54	3.81	4.17	4.45
13.000	780	1.83	2.24	2.50	2.83	3.08	3.33	3.59	3.93	4.19
14.000	840	1.73	2.12	2.37	2.68	2.92	3.15	3.39	3.71	3.96
15.000	900	1.65	2.01	2.25	2.55	2.77	2.99	3.22	3.53	3.76
16.000	960	1.57	1.91	2.14	2.43	2.64	2.85	3.07	3.36	3.59
17.000	1020	1.50	1.83	2.05	2.32	2.52	2.73	2.93	3.21	3.43
18.000	1080	1.44	1.75	1.96	2.22	2.42	2.61	2.81	3.08	3.28
19.000	1140	1.38	1.68	1.88	2.13	2.32	2.51	2.70	2.95	3.15
20.000	1200	1.33	1.62	1.81	2.05	2.23	2.41	2.60	2.84	3.03
21.000	1260	1.28	1.56	1.75	1.98	2.15	2.33	2.50	2.74	2.93
22.000	1320	1.23	1.51	1.69	1.91	2.08	2.25	2.42	2.65	2.82
23.000	1380	1.19	1.46	1.63	1.85	2.01	2.17	2.34	2.56	2.73
24.000	1440	1.16	1.41	1.58	1.79	1.95	2.10	2.26	2.48	2.65

Nota: En la figura se puede visualizar las intensidades para distintos periodos de retorno para una duración de 24 horas.

Las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia para las precipitaciones determinadas se puede ver en la figura 28, donde se puede observar que la intensidad de 2.26mm/hr con una duración de 24Hrs para una lluvia con periodo de retorno de 200 años.

Figura 28

Curva – Intensidad-Duración-Frecuencia



Nota: En la figura se puede visualizar la curva intensidad- duración – frecuencia de la estación Cuyo Cuyo.

3.2.13 Hietograma de diseño

Para la presente investigación se realizará los hietogramas para determinar los caudales máximos por el método bloque alterno previo análisis de regresión múltiple. En los anexos 13 y 14 se muestra la determinación de los datos para la construcción de los hietogramas para distintos periodos de retorno. En la figura 29 se tiene la duración, intensidad y precipitación máxima para el hietograma de diseño en donde se puede observar que la precipitación máxima para un periodo de retorno 200 años es de 24.382 mm.

Este hietograma se realizó para una duración de precipitación de 24.382 mm entre 12-13 horas y un periodo de retorno de 200 años.

Figura 29

Hietograma de precipitaciones de diseño

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO					
K =	266.783	$I = \frac{266.783 \times T^{0.1280}}{D^{0.750}}$			
T =	200				
m =	0.1280				
n =	0.750				
METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	24.382	24.382	24.382	0-60	0.571
120	14.497	28.995	4.613	60-120	0.611
180	10.696	32.088	3.093	120-180	0.657
240	8.620	34.481	2.393	180-240	0.713
300	7.292	36.459	1.978	240-300	0.780
360	6.360	38.159	1.700	300-360	0.866
420	5.665	39.658	1.499	360-420	0.976
480	5.126	41.005	1.346	420-480	1.127
540	4.692	42.230	1.225	480-540	1.346
600	4.336	43.357	1.127	540-600	1.700
660	4.037	44.403	1.046	600-660	2.393
720	3.782	45.379	0.976	660-720	4.613
780	3.561	46.296	0.917	720-780	24.382
840	3.369	47.162	0.866	780-840	3.093
900	3.199	47.983	0.821	840-900	1.978
960	3.048	48.763	0.780	900-960	1.499
1020	2.912	49.508	0.745	960-1020	1.225
1080	2.790	50.220	0.713	1020-1080	1.046
1140	2.679	50.904	0.683	1080-1140	0.917
1200	2.578	51.561	0.657	1140-1200	0.821
1260	2.485	52.193	0.633	1200-1260	0.745
1320	2.400	52.804	0.611	1260-1320	0.683
1380	2.321	53.394	0.590	1320-1380	0.633
1440	2.249	53.965	0.571	1380-1440	0.590

Nota: En la figura se puede visualizar los datos para la construcción del hietograma de diseño de TR = 200 años.

Figura 30

Hietogramas de precipitación para TR=10 años y TR=25 años.

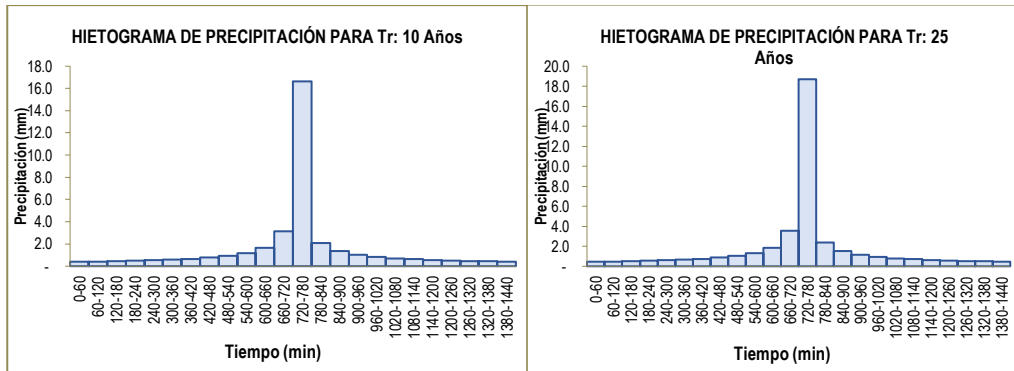


Figura 31

Hietogramas de precipitación para TR=50 años y TR=100 años.

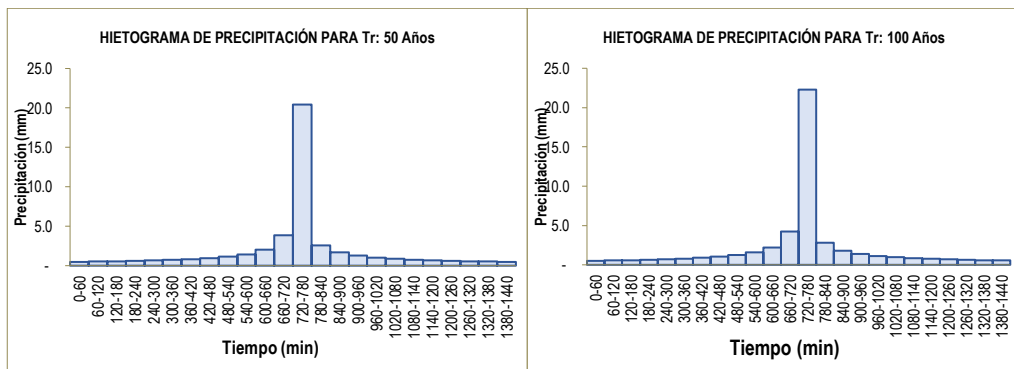
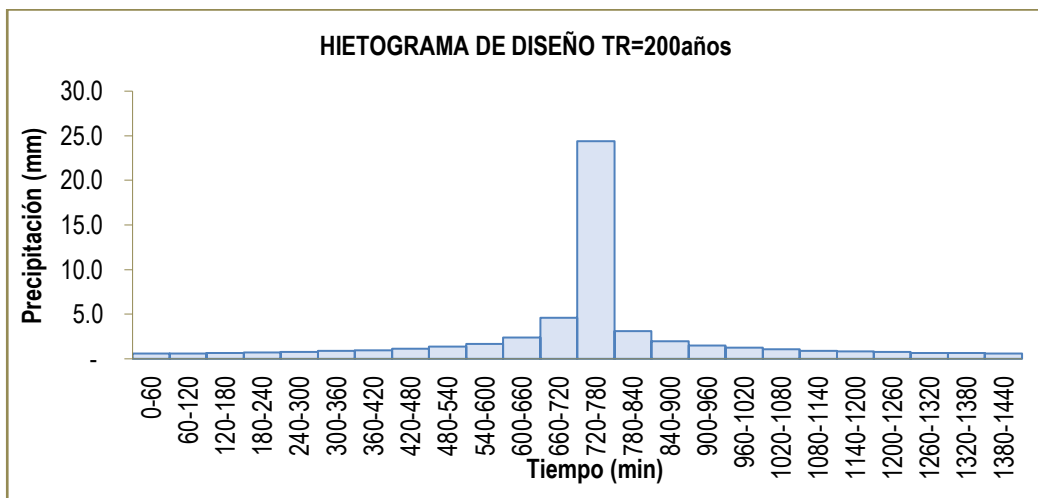


Figura 32

Hietogramas diseño para TR=200 años.



Nota: Hietogramas de precipitaciones método bloque alterno.

En la figura 30, 31, 32 se visualiza los hietogramas para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 200 años. En los que se puede observar que para el hietograma para un periodo de TR=10 años se visualiza una precipitación máxima de 16.16 mm, para TR= 25 una precipitación de 18.864 mm, para TR=50 años una precipitación de 20.42 mm, para un TR= 100 años una precipitación de 22.31 mm y para un TR = 200 años se tiene una precipitación de 24.382 mm.

3.2.14 Determinación del periodo de retorno de diseño (TR)

Para obras longitudinales donde, el riesgo de falla pone en peligro la vida humana, se usan períodos de retorno mayores a 100 años, V. Ponce (2008). En esta investigación se plantea como medida de mitigación no estructural para eventos de inundación obras longitudinales para un periodo de retorno 200 años con una vida útil de estructuras de 50 años y un riesgo de falla es de 22%, el cual está dentro de lo permisible para proyectos de defesas rivereñas y puentes según el manual de hidrología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, ver figura 33.

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

Donde:

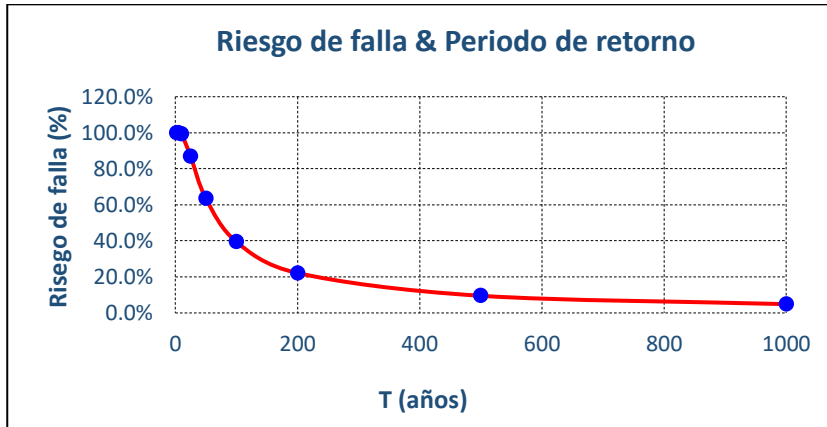
R: Probabilidad de ocurrencia o Riesgo de falla.

T: Periodo de retorno.

n: Vida útil.

Figura 33

Riesgo de Falla vs Periodo de Retorno para n=50

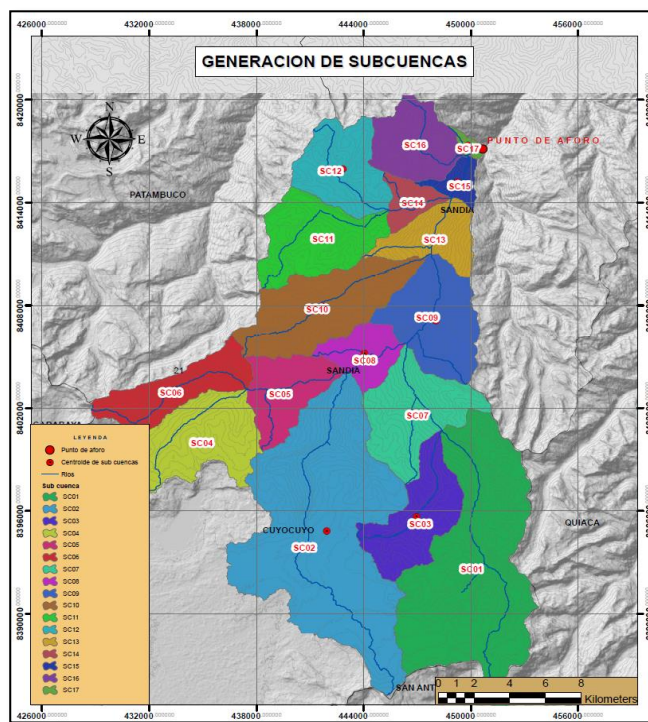


3.2.15 Generación de subcuencas

Para conocer los parámetros geomorfológicos de cada una subcuenca se genera 17 subcuencas de la cuenca principal, ver figura 34. Se determino los siguientes parámetros: Curva Numero (CN), elevaciones mínimas y máximas, tiempos de concentración y retraso, áreas, perímetros y longitudes de cauce.

Figura 34

Subcuencas de la Cuenca del Rio Inambari



Nota: En la figura se muestra la delimitación de las subcuencas.

- **Estimación de parámetros de subcuencas.** Los parámetros geomorfológicos se determinaron a partir de la figura 34. Los cuales se pueden apreciar en la tabla 10 en donde podemos observar que la elevación máxima es de 5593 m.s.n.m y una elevación mínima 2186 m.s.n.m. y la subcuenca de mayor área es la subcuenca 2 con una superficie de 100 km² y una longitud de 26.99 km, en total se tiene 17 subcuencas.

Tabla 10

Parámetros de subcuencas

Ítem	Sub Cuenca	Longitud de cauce	Pendiente (m/m)	E. Max (m.s.n.m.)	E. Min (m.s.n.m.)	Área de cuenca km ²	Perímetro de cuenca
1.00	SC1	20.99	0.10	5593	3428	80.04	67.96
2.00	SC2	26.99	0.08	5395	3301	100.97	80.66
3.00	SC3	11.56	0.11	4752	3428	23.28	33.92
4.00	SC4	10.30	0.10	4821	3813	28.50	36.17
5.00	SC5	9.96	0.17	4564	2882	17.77	26.99
6.00	SC6	9.86	0.13	4553	3301	19.96	33.55
7.00	SC7	12.01	0.10	5042	3813	27.68	34.10
8.00	SC8	10.64	0.19	4498	2441	11.41	20.48
9.00	SC9	14.83	0.15	4658	2447	27.20	30.21
10.00	SC10	6.88	0.25	4572	2882	33.40	40.48
11.00	SC11	11.89	0.11	4486	3174	26.25	31.91
12.00	SC12	7.95	0.21	3957	2251	21.89	27.72
13.00	SC13	5.46	0.24	3479	2182	14.66	25.10
14.00	SC14	6.08	0.29	4022	2252	6.48	16.17
15.00	SC15	9.17	0.12	4320	3174	4.66	14.71
16.00	SC16	3.11	0.47	3601	2149	18.17	24.07
17.00	SC17	7.77	0.26	4191	2186	1.54	8.45

Nota: En la tabla se visualiza los parámetros geomorfológicos de las subcuencas.

3.2.16 Estimación de la curva numero

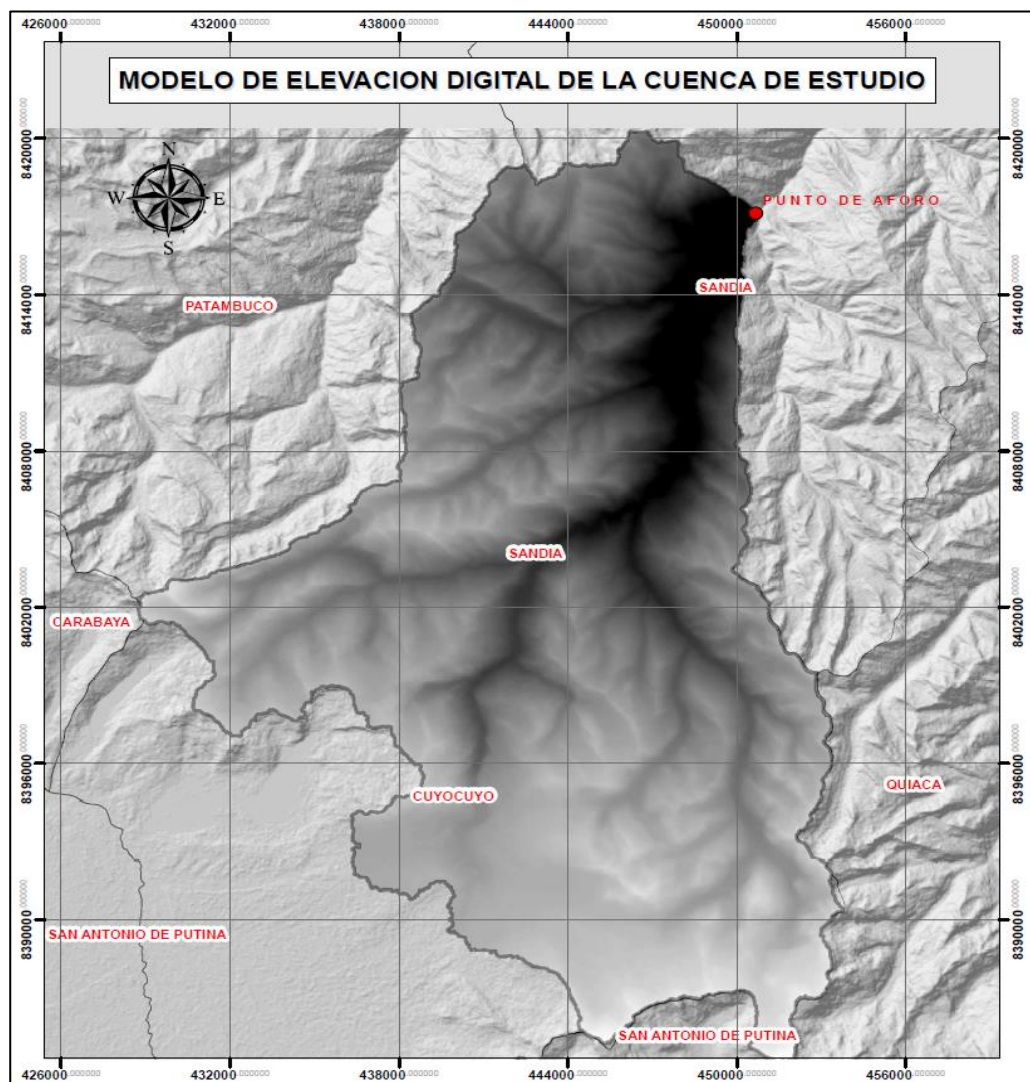
Para caracterizar el comportamiento de la escorrentía de las subcuencas hidrográficas de la figura 34 se determina el número de curva a partir de la información espacial modelo de elevación digital, uso de suelo y cobertura vegetal. Este parámetro se determinó según el manual para la generación de la

curva número (CN) de la autoridad nacional del agua (ANA). A continuación, se realiza el procedimiento.

- **Modelo de elevación digital del área de interés.** El modelo digital de terreno se obtuvo a partir de la plataforma Alos Palsar, el proceso se realizó con un área igual a la delimitación de cuenca hidrográfica el cual nos indica las formas de relieve. Ver figura 35.

Figura 35

Modelo de elevación digital de la cuenca de estudio

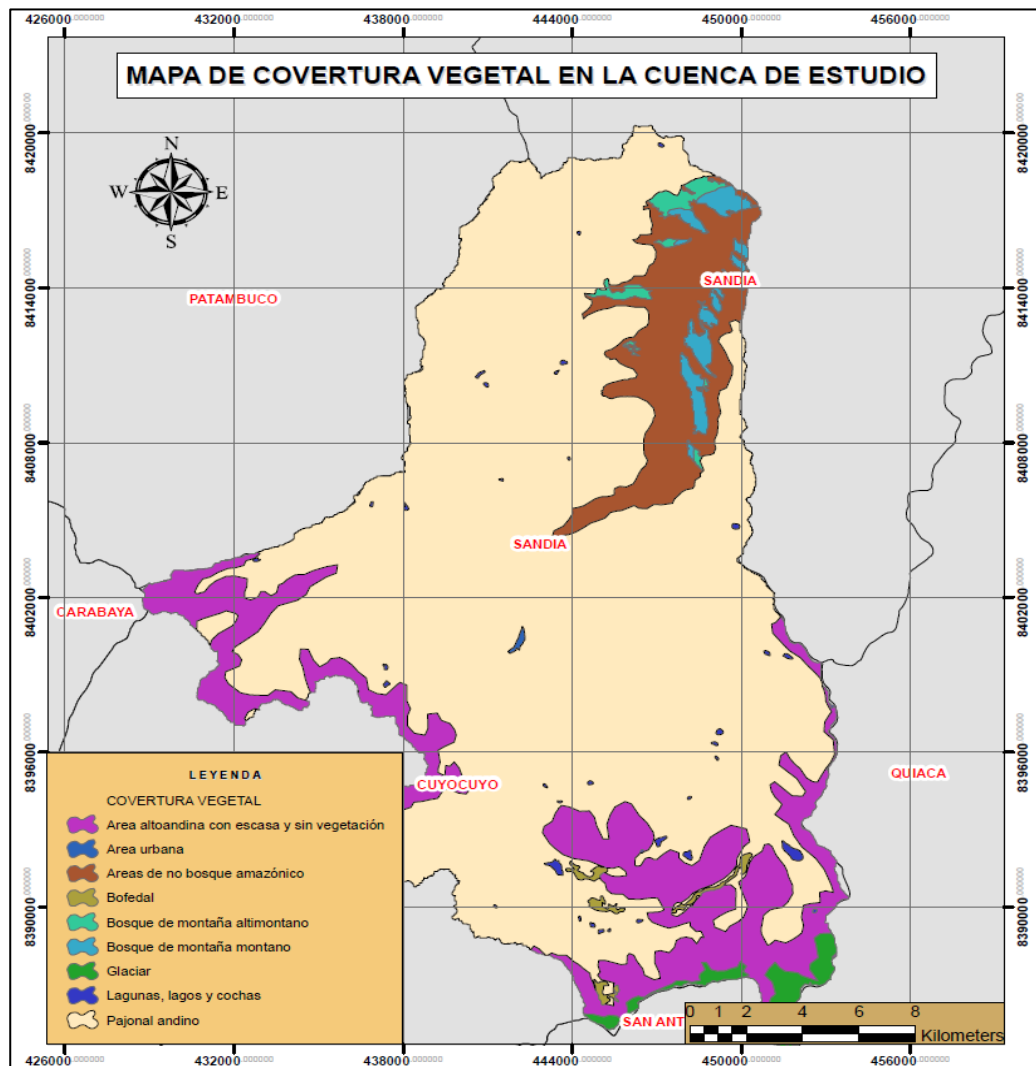


Nota: En la figura se observa el modelo digital de terreno para poder obtener la curva número de las subcuencas. A partir de imagen DEM de la plataforma ALOS PALSAR 2017.

- **Mapa de cobertura vegetal.** Este mapa fue elaborado a partir de los datos del informe geomorfológico elaborado por el Gobierno Regional Puno en toda la región Puno. En la figura 36. se puede visualizar que Área altoandina con escasa y sin vegetación 13.52%, área urbana 0.04%, áreas de no bosque amazónico 7.42%, bofedal 0.37%, bosque de montaña altimontano 0.65%, bosque de montaña montano 1.26%, glaciar 1.33%, lagunas, lagos y cochas 0.29%, pajonal andino 75.13%.

Figura 36

Cobertura vegetal en la cuenca de estudio

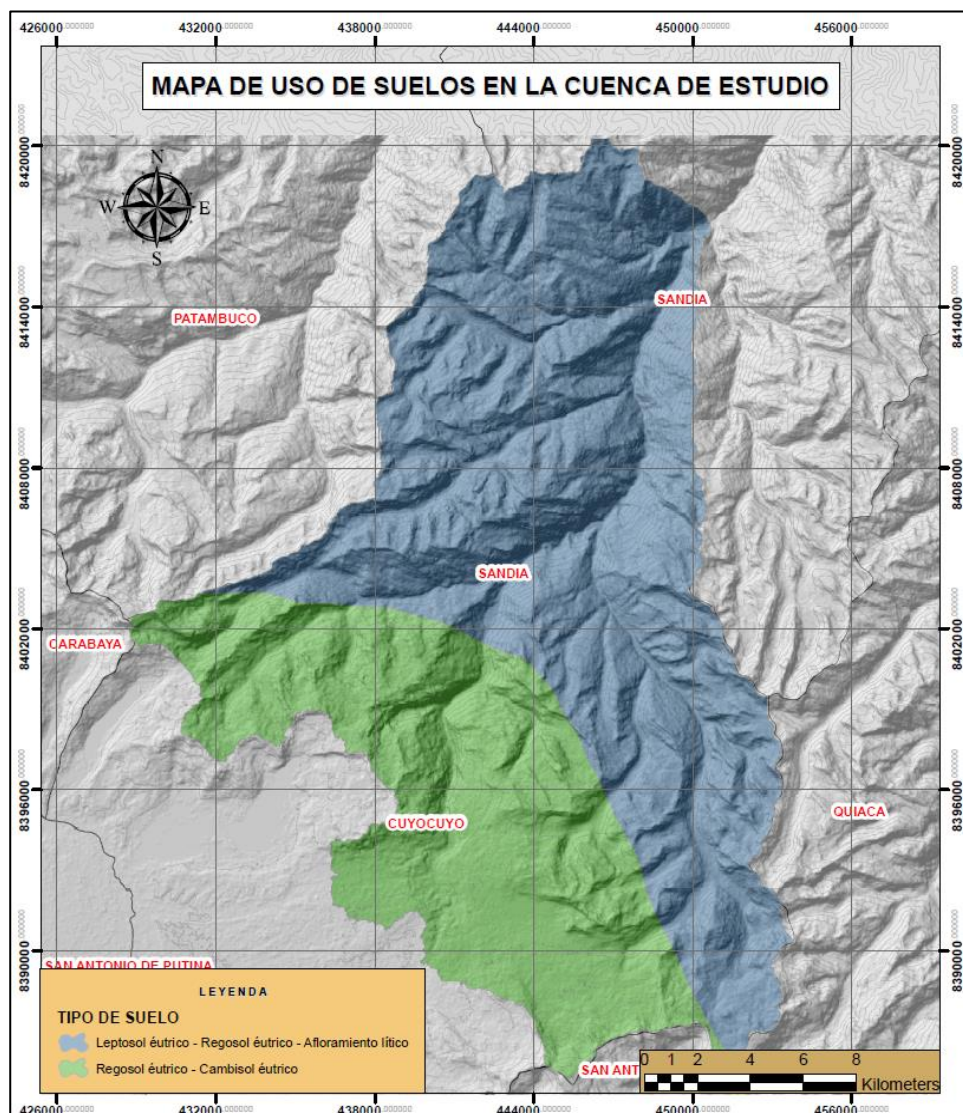


Nota: En la figura se muestra el mapa de la cobertura vegetal. Adaptado a la información SIG del Gobierno regional Puno 2016.

- **Mapa Temático de Suelo.** Este mapa se ha realizado de acuerdo al estudio del uso de suelos elaborado por el Gobierno Regional Puno. En la figura 37 se puede observar que el 37.24% de la superficie de la cuenca representa a uso actual de suelos de regosol éútrico - Cambisol éútrico y el 62.76% de la superficie de la cuenca representa uso actual de suelos de Leptosol éútrico – regosol éútrico - Afloramiento lítico.

Figura 37

Uso de suelos en la cuenca de estudio



Nota: En la figura se muestra el uso de suelos que se tiene en el área de estudio. Adaptado de archivo SIG del Gobierno Regional Puno.

El tipo de Suelo y la cobertura vegetal asignado de acuerdo a lo mostrado en las figuras 36 y 37 se visualiza en las tablas 11 y 12. En donde visualiza que según el tipo de suelo se asignó dos grupos hidrológicos (B y C) y según la cobertura vegetal se tiene un número de curva promedio de 88.

Tabla 11

Grupo hidrológico de la cuenca de estudio

Descripción de suelos	Simbología	Grupo hidrológico
Regosol éútrico - Cambisol éútrico	RGe - CMe	C
Leptosol éútrico - Regosol éútrico - Afloramiento lítico	LPe - RGe-R	B

Fuente: manual para la generación de la curva número (CN) de la autoridad nacional del agua (ANA), 2015.

Tabla 12

CN según descripción cobertura vegetal y Grupo hidrológico.

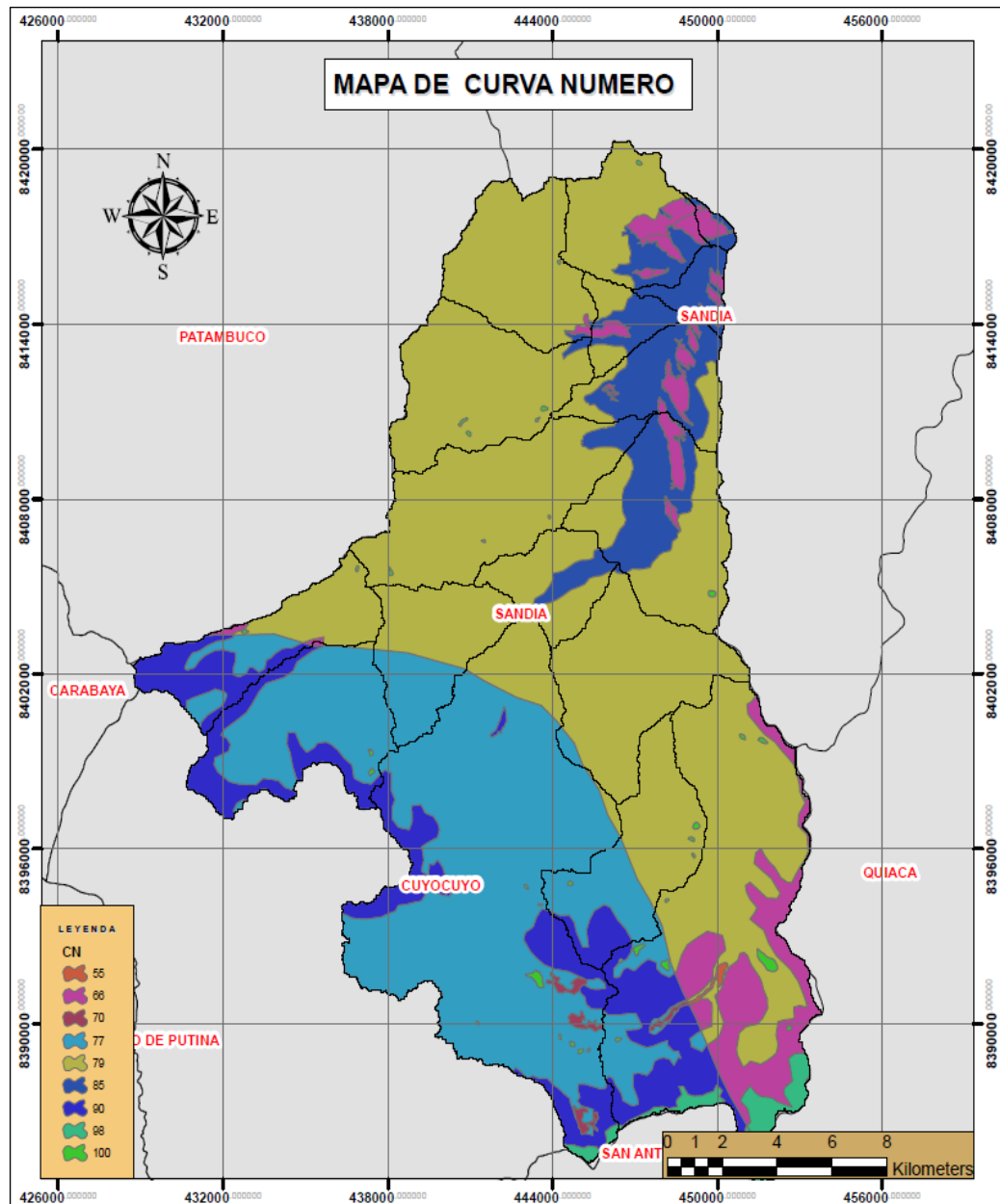
Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo	
	B	C
Área altoandina con escasa y sin vegetación	66	90
Área Urbana	90	90
Áreas de no bosque amazónico	85	55
Bofedal	55	70
Bosque de montaña altimontano	66	66
Bosque de montaña montano	66	66
Glaciar	98	98
Lagunas, lagos y cochas	100	100
pajonal andino	79	77

Fuente: manual para la generación de la curva número (CN) de la autoridad nacional del agua (ANA), 2015.

Para la determinación de los valores de CN que se visualiza en la figura 38 se puede observar que el 48.60% de la superficie total tiene un número de curva de 79 y el 26.52% tiene un número de curva de 77 lo que indica que tiene una permeabilidad lenta. En la tabla 13 se puede observar el número de curva para cada una de las subcuencas.

Figura 38

Valores de curva número en la cuenca de estudio



Nota: En la figura se muestra el número de curva por cada subcuenca de la cuenca inambari.

En la tabla 13 se puede visualizar que la CN II tiene un promedio de 77 el cual obtenido a partir de los mapas de cobertura vegetal figura 36 y el mapa de uso de suelo figura 37, los valores de CN I y CN III se determinaron a partir de las expresiones que nos proporciona el manual para el cálculo de curva número de la autoridad nacional del agua (ANA).

Tabla 13*Curva número en las subcuencas de estudio*

Ítem	Subcuenca	Área de cuenca km ²	" CN II "	" CN I "	" CN III "
1	SC1	80.04	78	60	78
2	SC2	100.97	78	60	78
3	SC3	23.28	77	59	77
4	SC4	28.50	78	60	78
5	SC5	17.77	78	60	78
6	SC6	19.96	81	65	82
7	SC7	27.68	79	62	79
8	SC8	11.41	79	62	79
9	SC9	27.20	81	65	82
10	SC10	33.40	78	60	78
11	SC11	26.25	79	62	79
12	SC12	21.89	77	59	77
13	SC13	14.66	73	54	73
14	SC14	6.48	78	60	78
15	SC15	4.66	71	51	71
16	SC16	18.17	75	56	75
17	SC17	1.54	74	55	74

Nota: En la tabla se muestra los valores del número de curva para cada subcuenca.

3.2.17 Determinación de los tiempos de concentración y retardo

El tiempo de concentración para cada subcuenca se realizó por 10 autores, así como se puede apreciar en el anexo 23. Con fines de realizar la modelación hidráulica en el modelo HEC-HMS se determina el tiempo de retardo para cada subcuenca el cual se puede ver en la tabla 14. Se puede ver que la subcuenca 1 y subcuenca 2 tienen un T_c de 181 min y 224 min respectivamente sin embargo la subcuenca 16 tiene un T_c de 36 min. Por tanto, El (T_c) de una cuenca no permanece invariable, ya que está condicionada por las características específicas de la cuenca., para la determinación del tiempo de retardo se realizó a partir de la siguiente expresión.

$$Tr = 0.6 * Tc$$

Tabla 14

Tiempo de Concentración (Tc) y Retraso (Tr)

Cuenca	CN	Tc	Tr
SC1	78.00	181.00	109 min
SC2	78.00	224.00	135 min
SC3	77.00	118.00	71 min
SC4	78.00	112.00	68 min
SC5	78.00	92.00	56 min
SC6	81.00	100.00	60 min
SC7	79.00	121.00	73 min
SC8	79.00	93.00	56 min
SC9	81.00	121.00	73 min
SC10	78.00	68.00	41 min
SC11	79.00	119.00	72 min
SC12	77.00	76.00	46 min
SC13	73.00	59.00	36 min
SC14	78.00	57.00	35 min
SC15	71.00	99.00	60 min
SC16	75.00	36.00	22 min
SC17	74.00	70.00	42 min

Nota: En la tabla se muestra los tiempos de concentración y tiempo de retardo.

3.2.18 Determinación de los caudales máximos.

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú propone para la estimación de caudales los siguientes métodos.

- Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder
- Sistema de Modelamiento Hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System)

Para esta investigación se ha optado por el método del Sistema de Modelamiento Hidrológico (HMS - Hydrologic Modeling System) por lo siguiente.

- El modelo HEC-HMS dentro de los métodos de transformación que tiene el software. Contempla los métodos de hidrograma unitario sintético de Snyder, hidrograma unitario SCS y otros. En la (figura 44) de esta investigación se

observa que se utilizó el método hidrograma unitario SCS para el cálculo de caudales máximos.

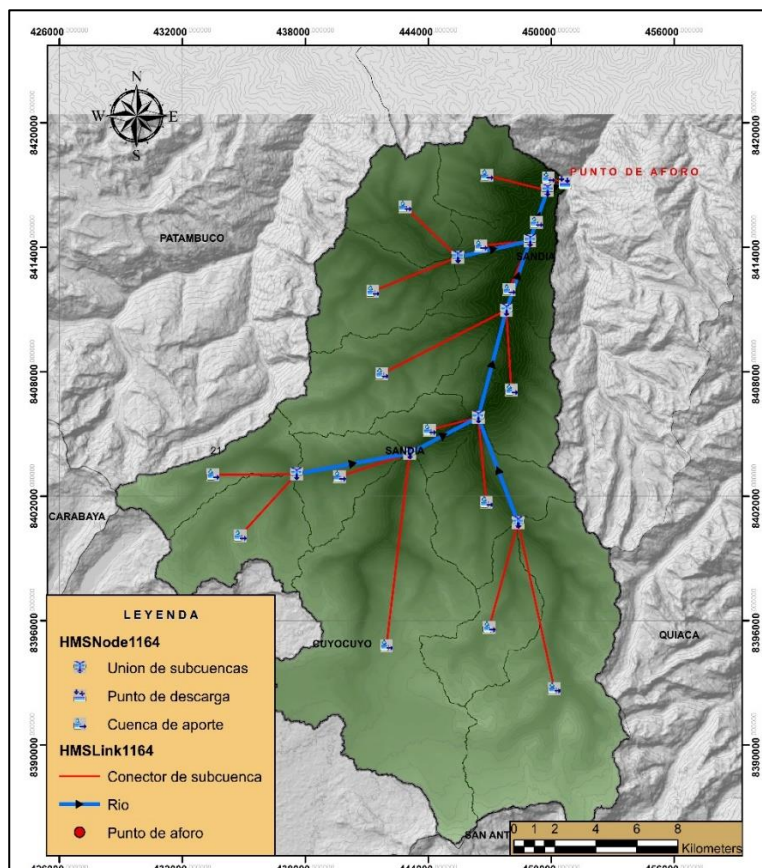
- Debido a la cantidad de subcuencas que se tiene se optó hacer uso del modelo HEC-HMS.

3.2.19 Simulación de caudales máximos en el modelo hidrológico HEC-HMS

Para la simulación de los caudales máximos se ha realizado con modelo hidrológico HEC-HMS, en este caso ingresaremos datos de las tormentas de diseño las que se muestran en las figuras 30, 31, 32 y las características principales de las subcuencas ver tabla 10. La esquematización del modelo hidráulico se puede apreciar en la figura 39.

Figura 39

Esquema de las subcuencas de aporte

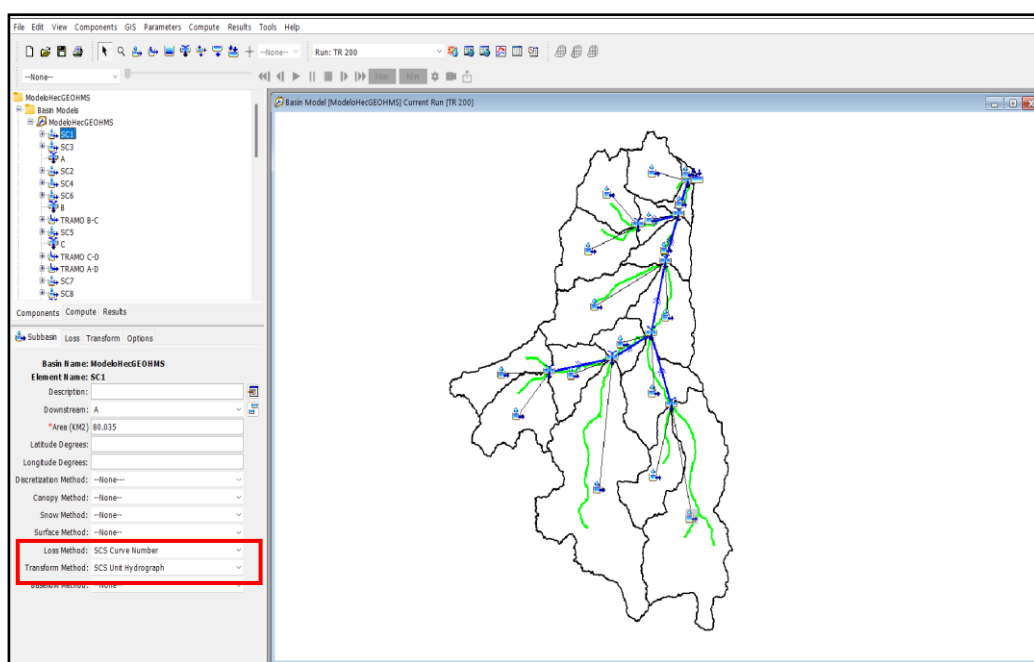


Nota: En la figura se observa los aportes de cada subcuenca al cauce principal.

- **Modelo de Cuenca (Basin Model).** En este proceso se le ha esquematizado en el modelo HEC – HMS 17 subcuencas y 5 tramos. Para la transformación de lluvia-escorrentía se utilizó SCS hidrograma unitario y para la pérdida por infiltración se realizó el método SCS curva número, así como se puede observar en la figura 40.

Figura 40

Esquematización de las subcuencas y tramos en el área de estudio

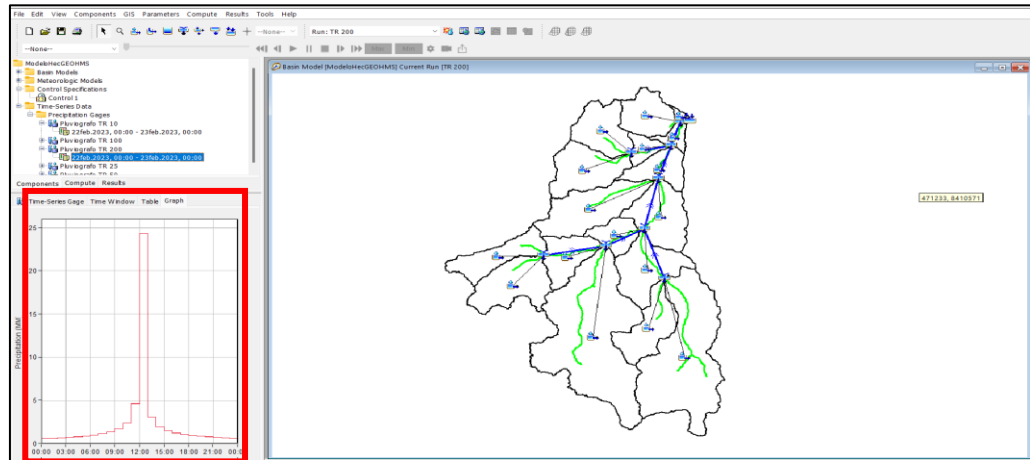


Nota: En la figura se observa los métodos de transformación lluvia – escorrentía. Fuente: Elaborado en HEC-HMS.

- **Administrador de datos Tiempo-Serie (Time-Series Data Manager).** Los datos de entrada al software en este proceso es básicamente los datos de precipitación mediante los hietogramas calculados para los siguientes periodos de retorno: TR = 10 años, TR = 25 años, TR = 50 años, TR = 100 años y TR = 200 años de las figuras 30, 31 y 32. En la figura 41 se puede ver el hietograma ingresado.

Figura 41

Ingreso del hietograma al software HEC-HMS

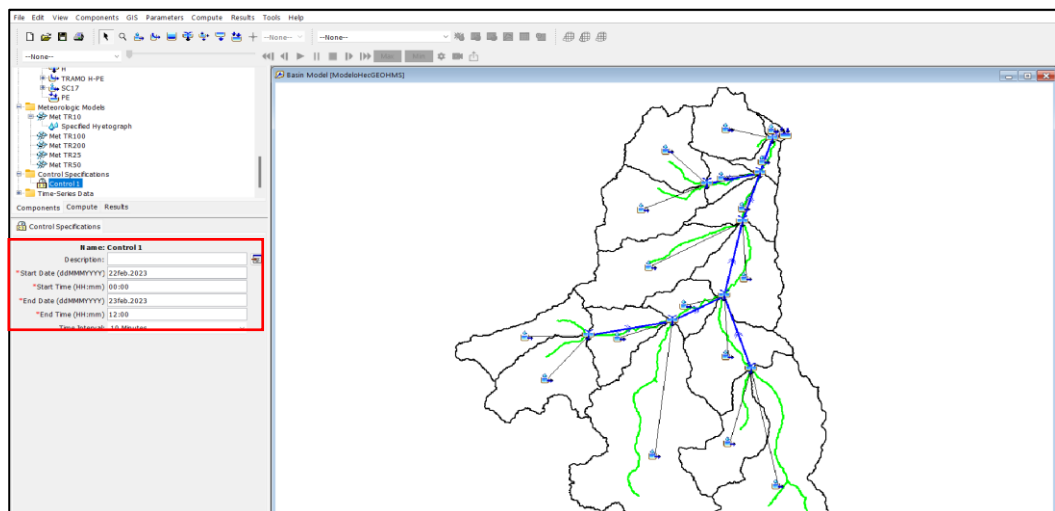


Nota: En la figura se observa el hietograma ingresado. Elaborado en HEC-HMS.

- **Administrador de especificaciones de control (Control Specifications Manager).** Los datos de entrada para el control de la simulación son: Tiempo de simulación de 36 hrs. y con un intervalo de salida de caudal cada 10 min. Teniendo como inicio de lluvia el día 22 de febrero del 2022 a las 00:00 horas hasta las 00:00 del día 23 de febrero del 2023 y con tiempo de retardo de 12 horas ver figura 42.

Figura 42

Datos de control para la simulación



Nota: En la figura se puede apreciar los datos de control de tiempos para la simulación. Elaborado en HEC-HMS.

Tabla 15

Características de los tramos de la cuenca delimitada

Ítem	Tramo	Pendiente (m/m)	Longitud (Km)	Manning "n"	Ancho Promedio
1	Tramo A - D	0.086	6.38	0.050	20
2	Tramo B - C	0.081	6.31	0.035	15
3	Tramo C - D	0.092	4.55	0.030	20
4	Tramo D - E	0.068	6.48	0.030	20
5	Tramo E- G	0.049	3.91	0.030	20
6	Tramo F- G	0.221	4.18	0.070	18
7	Tramo G-H	0.023	3.00	0.030	20
8	Tramo H-PE	0.021	1.08	0.035	30

Nota: Características de los tramos en el modelo HEC – HMS.

- **Resultado de la simulación en el modelo HEC-HMS.** Los caudales determinados de la simulación hidrológica en el modelo HEC – HMS se muestra en la tabla 16, estos datos fueron simulados para distintos periodos de retorno en el punto de interés denominado Puente Chacapata.

Tabla 16

Caudales obtenidos en el punto de aforo.

Punto de interés	Caudales para los siguientes TR en (m ³ /s)				
	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años
Puente Apabuco	77	109	139	175	220

Nota: En la tabla se visualiza los caudales instantáneos para distintos periodos de retorno.

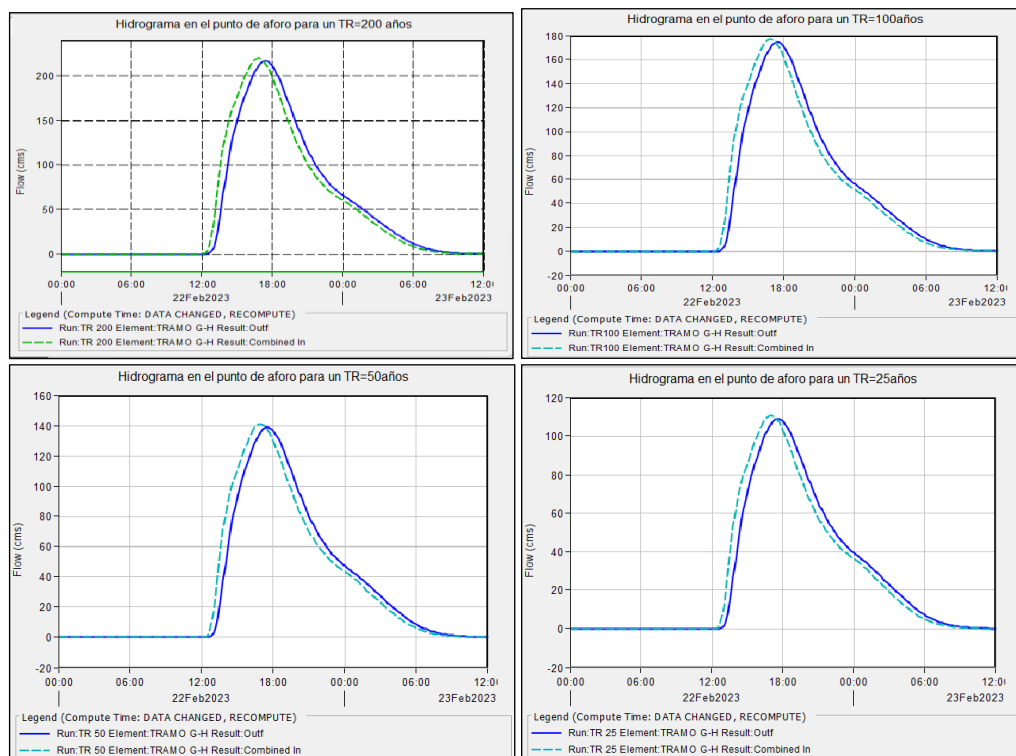
En la figura 43 se puede observar el comportamiento de los hidrogramas para diferentes periodos en donde:

- La primera fase desde el inicio de la lluvia parte del agua precipitada es interceptada por la vegetación, otra es retenida en depresiones. En esta fase no hay escurrimiento superficial directo ocasionado por la precipitación y el tiempo que tarda en incrementar el caudal en el punto de interés es de 12 horas.

- Para la simulación se ingresó hietogramas con una duración de 24 horas lo que indica que la lluvia continua. Según la figura 82 desde las 12 horas hasta las 16 horas el incremento del caudal llega a punto máximo con un caudal de 220 m³/s lo cual indica que todas las cuencas están contribuyendo caudal.
- Según la figura 18 se observa que desde las 18 horas la escorrentía superficial cesa e inicia el descenso del caudal hasta las 0:00 horas del día siguiente en donde termina la precipitación simulada, a partir de este tiempo el caudal inicia la llamada curva de agotamiento.

Figura 43

Hidrograma de Avenidas Máximas Punto de Control “Aforo”

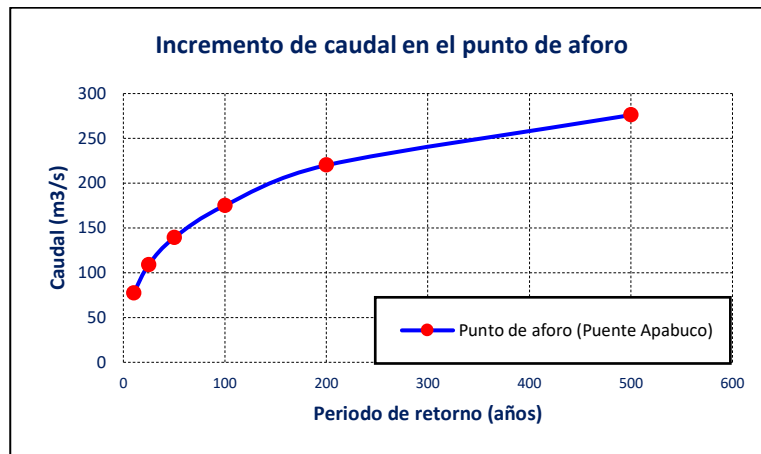


Nota: En la figura se observa los hidrogramas en el punto de aforo. Elaborado en el modelo HEC-HMS.

Para tener gráficamente los caudales en el río Inambari en punto de aforo (puente Chacapata) en distintos periodos retorno. En la figura 44 se puede observar que el caudal para un periodo de retorno de 200 años es de 220 m³/s.

Figura 44

Gráfico de caudales simulados en el punto aforo.



Nota: En la figura se observa los caudales en el río inambari, 2023.

En la cuenca del Río Inambari, las precipitaciones tienen lugar en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, alcanzando las precipitaciones máximas en 24 horas, según los registros del SENAMHI, durante el mes de febrero. Con este contexto, se llevará a cabo la evaluación del riesgo de inundación fluvial para un escenario que implica un evento de máximas avenidas con un periodo de retorno de 200 años y un caudal de 220 m³/s.

3.2.20 Simulación de inundación en el tramo de estudio

Para la simulación de la inundación en el área de estudio se ha realizado en el modelo Iber v2.0 que se usa para el estudio de Cauces e Inundaciones Modelización Hidráulica Bidimensional, esta simulación tiene como objetivo determinar la altura de inundación y las áreas más vulnerables en el área de estudio. A continuación, se hace mención el procedimiento realizado.

- **Topografía del tramo de estudio.** Se llevó a cabo un levantamiento topográfico exhaustivo en el cauce del río Inambari, abarcando el tramo de estudio desde el puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba, con una atención especial en las zonas de llanuras de inundación fluvial y en las áreas más susceptibles en la ciudad de Sandía. La distancia entre el punto de aforo y el final del tramo es de aproximadamente 3 + 200 km. Los datos recopilados durante el levantamiento topográfico se procesaron para generar curvas de nivel utilizando el software Autodesk AutoCAD Civil 3D 2018. Puede consultar los planos en el Anexo 24.
- **Modelo digital de terreno.** Los datos procesados en el Software Civil 3D al software ArcMap para crear el Modelo Digital del Terreno (MDT) ver figura 45. El área que se observa de color plomo indica el relieve del terreno evaluado.

Figura 45

Modelo digital de terreno

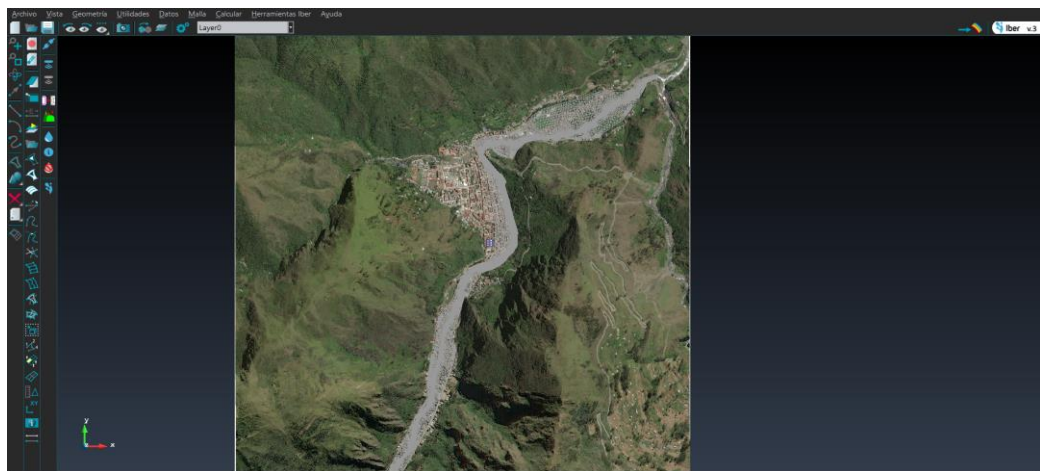


Nota: En la figura se observa el modelo de elevación digital.

- **Condiciones de contorno.** A continuación, se especifican los parámetros utilizados en Iber para llevar a cabo la simulación hidráulica.
- **Cotas:** MDT con celdas de 1 x 1 metros en el cauce del río y 10x10metros en las demás áreas.
- **Mallado:** No estructurado con lado mínimo 1m y máximo 3 m.

Figura 46

Mallado de la superficie de estudio



Nota: En la figura se observa las mallas de la superficie.

Rugosidad: La rugosidad se asignó al uso de suelo mostrado en la figura 11, en la tabla 17 se observa los coeficientes de Manning “n” según Ven-te-Chow,1959. Donde para la superficie ocupada para el río se consideró un valor de 0.04 y para el tejido urbano.

Tabla 17

Coficiente de Manning en el área de estudio

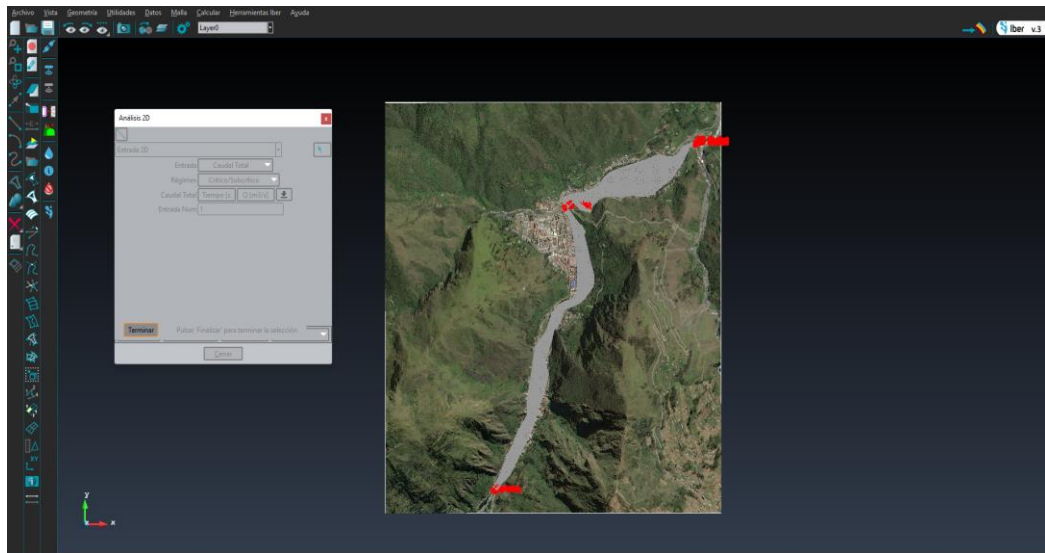
Uso de Suelo	Coficiente de Manning "n"		
	Mínimo	Normal	Máximo
Bosque denso alto	0.045	0.07	0.11
Herbazal denso (Chilligua)	0.03	0.035	0.05
Herbazal denso (Ichu)	0.025	0.03	0.033
Río	0.03	0.04	0.05
Tejido Continuo Urbano	0.025	0.03	0.035

Nota: En la figura se observa los coeficientes de Manning.

- **Entrada de Caudal.** En la presente investigación se tuvo en consideración dos puntos de entrada de caudal según los Hidrogramas mostrados en la simulación en el software HEC-HMS, teniéndose como ingreso del caudal principal en el puente Apabuco y un contribuyente en la intersección del Río Inambari y el Río Chichanaco y como única salida en la quebrada Huayllabamba.

Figura 47

Condiciones de contorno

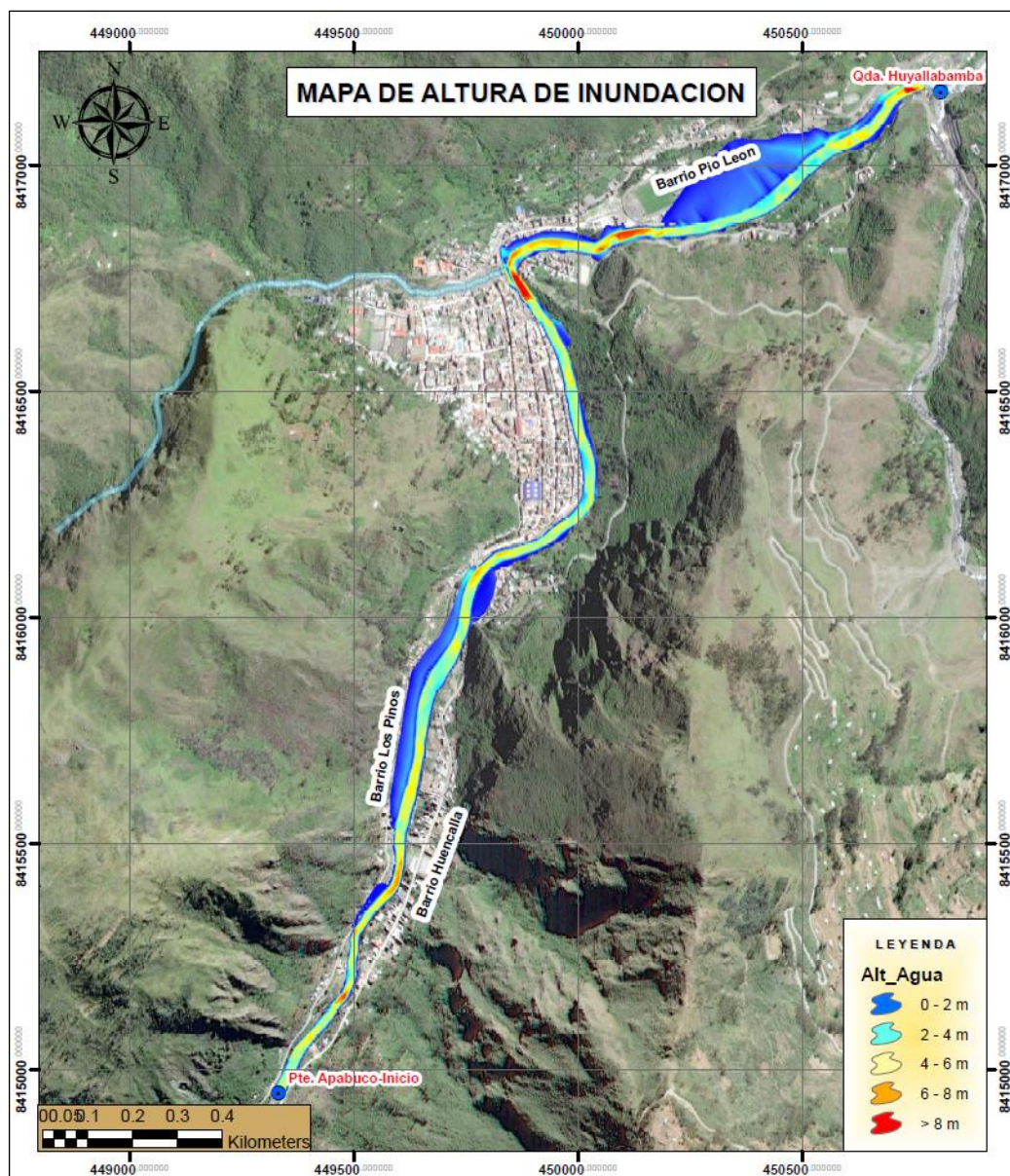


- **Datos de control para la simulación**
 - Tiempos de cálculo:
 - Instante inicial: 0 seg. (00:00 h). Inicio del Hidrograma.
 - Instante final: 62,280 seg. (17:20 h). Fase de declive del hidrograma.
 - Intervalo de resultados: 300 seg. (5 min)
- **Postproceso y exportación de resultados.** Se llevó a cabo una simulación correspondiente al periodo de retorno de 200 años, y los resultados se

exportaron en forma de capas ráster que muestran las envolventes de calados. A partir de esta capa de máximos calados, se generarán otros mapas, incluyendo los mapas de peligrosidad y los mapas de riesgo. Se establece que los calados inferiores a 15 cm no se consideran amenazas, ya que se estima que, por debajo de este valor el agua no causará daños significativos.

Figura 48

Altura de inundación en el área de estudio



Nota: En la figura se observa el mapa de inundación en el área de estudio. Elaboración en el modelo Iber.



De la figura 48 se puede observar que los barrios de Huencalla, los pinos, barrio Pio león llegan a inundarse con una altura de calado de 0 a 2 metros para un caudal de 220 m³/s con un periodo de retorno de 200 años. Generando un daño de 45 viviendas en el barrio los pinos y 26 viviendas en el barrio pio león.

3.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 Tipo de investigación

Para llegar a los objetivos de esta investigación se tomará datos de las características propias del lugar en el año 2023 para describir los fenómenos que afectan el lugar de estudio. Según Bernal (2018), se considera investigación descriptiva aquella que se recoge información para describir rasgos, cualidades o atributos de la población de estudio en una oportunidad única. La presente investigación es de tipo descriptiva – Transversal.

- **Enfoque de investigación.** Este estudio se estructurará utilizando el marco metodológico del enfoque cuantitativo, el cual es el más apropiado para las características y requerimientos de nuestra investigación. “Adoptar el enfoque cuantitativo para la evaluación de riesgos implica obtener información actualizada mediante estudios fundamentales, incluyendo topografía, hidro meteorología y mediciones instrumentales en campo” CENEPRED (2015). La recopilación de datos se llevará a cabo a través de la técnica encuesta y observación, para su posterior desarrollo por el método Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) en cual es un método probabilístico.

3.3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación seleccionado es **investigación no experimental- transeccional - descriptivo**, ya que según (Hernández et al.,



2014), este tipo de diseños de investigación indagan la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables en una población, según Murillo (2007) se trata de un estudio de carácter descriptivo ya que "mediante técnica e instrumentos de observación y descripción se logra determinar características o propiedades específicas de un elemento o variable de estudio". El desarrollo para la obtención de datos hidrológicos se realizó en el ítem 3.2 de esta investigación.

3.3.3 Recolección de datos

Para la recolección de los datos necesarios para determinar los objetivos de esta investigación los cuales son evaluar el nivel peligrosidad, nivel vulnerabilidad y el nivel de Riesgo por inundación fluvial. A continuación, se muestra los materiales de recolección de datos.

- CENSO, 2017. INE (Instituto Nacional de Estadística e Informática).
- Imágenes satelitales SAS Planet 2011,2018,2020.
- Equipo topográfico
- Encuesta estructurada.
- SIG – Sistema de Información Geográfica.
- Plano Catastral Municipalidad Provincial de Sandia.

Primera fase: planeamiento y organización.

La fase inicial abarcó un lapso de tres semanas con el propósito de planificar y organizar todos los materiales a utilizar, así como de delimitar el área de estudio. Durante este periodo, se llevaron a cabo las siguientes actividades:



- **Reconocimiento de campo.** En esta etapa se realizó un primer recorrido de toda de cuenca del Río Inambari desde el Abra Sallacco hasta el punto de aforo, para poder tener una noción del área de los afluentes del Río Inambari en su trayecto hasta la quebrada Huayllabamba de la ciudad de Sandia, y también poder determinar características relevantes de esta.

Además, se realizó el reconocimiento de la ubicación de la Estación pluviométrica situada en el Distrito de Cuyo Cuyo.

- **Delimitación del Río Inambari hasta el punto de interés.** Después de llevar a cabo la inspección y reconocimiento de la cuenca del Río Inambari, se procedió a la delimitación de la misma. Este proceso se llevó a cabo utilizando curvas de nivel e imágenes satelitales, las cuales fueron procesadas mediante el software ArcGIS 10.8.0.
- **Selección de la muestra a estudiar.** En relación con la muestra, se hizo uso de la base de datos del Catastro Urbano del Distrito de Sandia en el periodo comprendido entre 2019 y 2022. Esta base de datos abarca todas las parcelaciones de la ciudad de Sandia, especialmente aquellas viviendas ubicadas dentro de la Cuenca del Río Inambari desde el puente Apabuco hasta la Quebrada Huayllabamba. Se seleccionaron únicamente aquellas viviendas que están situadas dentro de la faja marginal de 50 metros, ya que son las que presentan un mayor riesgo. A estas viviendas se les asignó un número correlativo.
- **Identificación del Parámetro de Evaluación del fenómeno.** Para la selección del parámetro de evaluación se hizo un recorrido en temporada de grandes avenidas en el tramo de estudio. Para ello se realizó una simulación

de inundación con el software Iber en el área de estudio con un caudal de entrada de 220 m³/s. Ver ítem 3.2.

Parámetro: Altura de inundación.

Tabla 18

Identificación del parámetro de evaluación y sus descriptores

	Parámetro	Altura de inundación	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	PEAI1	Mayor 8 m	PPAI1
	PEAI2	6 - 8 m	PPAI2
	PEAI3	4 - 6 m	PPAI3
	PEAI4	2 - 4 m	PPAI4
	PEAI5	0 - 2 m	PPAI5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores que se consideró para el parámetro de evaluación. Adaptado a la figura 48.

- **Identificación de parámetros y descriptores que son susceptibles al fenómeno de estudio.** La identificación de los factores condicionantes y factores desencadenantes se realizó con el recorrido en el tramo de estudio. Según el manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED 2015). La cantidad de los descriptores por cada parámetro se consideró según el manual mencionado.

Parámetro: Uso actual de suelos

Tabla 19*Identificación del factor condicionante uso de suelos y sus descriptores*

Parámetro	Uso actual de suelos	Peso Ponderado	
DESCRIPTORES	FCUS1	Rio	PFCUS1
	FCUS2	Tejido urbano continuo	PFCUS2
	FCUS3	Herbazal denso (Chilligua)	PFCUS3
	FCUS4	Herbazal denso (Ichu)	PFCUS4
	FCUS5	Bosque denso alto	PFCUS5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores que se consideró para el factor condicionante uso actual de suelos.

Parámetro: Pendiente**Tabla 20***Identificación del factor condicionante pendiente y sus descriptores*

Parámetro	Pendiente	Peso Ponderado	
DESCRIPTORES	FCP1	Entre 0° - 5°	PFCP1
	FCP2	Entre 5° - 20°	PFCP2
	FCP3	Entre 20° - 35°	PFCP3
	FCP4	Entre 35° - 45°	PFCP4
	FCP5	Mayor a 45°	PFCP5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores que se consideró para el factor condicionante pendiente.

Parámetro: Geomorfología**Tabla 21***Identificación del factor condicionante Geomorfología y sus descriptores*

Parámetro	Geomorfología	Peso Ponderado	
DESCRIPTORES	FCG1	Terraza baja aluvial	PFCG1
	FCG2	Planicies y valles aluviales con terrazas indiferenciadas	PFCG2
	FCG3	Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial	PFCG3
	FCG4	Terraza alta	PFCG4
	FCG5	Montaña en roca metamórfica	PFCG5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores que se consideró para el factor condicionante pendiente.

Parámetro: Geología

Tabla 22

Identificación del factor condicionante Geología y sus descriptores

	Parámetro	Geología	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FCG1	Depósitos Fluviales	PFCG1
	FCG2	Depósitos Aluviales	PFCG2
	FCG3	Fm. Sandía	PFCG3
	FCG4	Fm. Chichanaco	PFCG4
	FCG5	Fm. Ananea	PFCG5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores identificados para el parámetro Geología. Adaptada al informe final del área de geología región puno elaborado por el Gobierno Regional Puno.

Parámetro: Incremento Anómalo de Caudal

Para este parámetro se tomó como descriptores los valores de la tabla 16 los cuales se pueden observar en la tabla 23.

Tabla 23

Identificación del factor condicionante Geología y sus descriptores

	Parámetro	Incremento anómalo de caudal	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FDC1	Mayor a 220 (m ³ /s)	PDC1
	FDC2	Entre 175 a 220 (m ³ /s)	PDC2
	FDC3	Entre 139 a 175 (m ³ /s)	PDC3
	FDC4	Entre 109 a 139 (m ³ /s)	PDC4
	FDC5	Entre 77-109 (m ³ /s)	PDC5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores que se consideró para el factor desencadenante de incremento anómalo de caudal.

- **Elementos expuestos sociales, económicos y ambientales.** Para el reconocimiento de los elementos expuestos, así como la exposición, fragilidad y resiliencia en las dimensiones social, económica y ambiental se realizó según lo estipulado en manual de evaluación de riesgo del CENEPRED (2015).

Tabla 24

Elementos expuestos en el área de estudio

Parámetro		Elementos Expuestos	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	S1	Dimensión Social	PS1
	S2	Dimensión Económica	PS2
	S3	Dimensión Ambiental	PS3

Nota: En la tabla se muestra los elementos expuestos en las tres dimensiones. Tomado del manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED (2015).

- **Dimensión social.** - Los parámetros y descriptores para la dimensión social se consideraron de acuerdo a las características encontradas en la verificación del área de estudio. Esta información fue recopilada según manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales Exposición social
- **Exposición social.** – El parámetro para la exposición social que se identificó ante un evento de inundación fluvial es la densidad poblacional.

Tabla 25

Parámetro de exposición social

Parámetro		Densidad Poblacional	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	ES1	Mayor 6 hab.	PES1
	ES2	6 hab.	PES2
	ES3	5 hab.	PES3
	ES4	4 hab.	PES4
	ES5	3 hab.	PES5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores para el parámetro densidad poblacional. Tomado en la ciudad de Sandía en el área de estudio.

- **Fragilidad social.** - Los parámetros de la fragilidad social que se identificaron ante un evento de inundación fluvial son: Acceso a agua potable, Acceso a

energía y el acceso a red de alcantarillado. A continuación, se hace mención cada uno de los parámetros identificados.

Tabla 26

Parámetro acceso a agua potable de la fragilidad social

	Parámetro	Acceso a agua potable	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FS1	Rio, acequia o manantial	PFS6
	FS2	Camión cisterna	PFS7
	FS3	Tanque de agua Rotoplas	PFS8
	FS4	Conexión a red pública pileta	PFS9
	FS5	Conexión a red pública vivienda	PFS10

Nota: En la tabla se muestra los descriptores para el parámetro acceso a agua potable de la fragilidad social.

Tabla 27

Parámetro acceso a energía de la Fragilidad social

	Parámetro	Acceso a energía	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FS6	No tiene, vela mechera	PFS6
	FS7	Panel solar	PFS7
	FS8	Grupo eléctrico	PFS8
	FS9	Luz colectiva	PFS9
	FS10	Red pública a vivienda	PFS10

Nota: En la tabla se muestra los descriptores para el parámetro acceso a energía de la fragilidad social.

Tabla 28

Parámetro acceso a red de alcantarillado de la Fragilidad social

	Parámetro	Acceso a red de alcantarillado	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FS11	Al aire libre	PFS11
	FS12	Baño publico	PFS12
	FS13	Letrina	PFS13
	FS14	Pozo séptico	PFS14
	FS15	Conexión a red pública de alcantarillado	PFS15

Nota: En la tabla se muestra los descriptores para el parámetro acceso a red de alcantarillado de la fragilidad social.

- **Residencia social.** – El parámetro que se identificó para la resiliencia social es el conocimiento sobre la gestión de riesgos y desastres.

Tabla 29

Parámetro Conocimiento GRD de la Resiliencia social

	Parámetro	Conocimiento GRD	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	RS1	No conoce	PRS1
	RS2	Básico	PRS2
	RS3	Regular	PRS3
	RS4	Avanzado	PRS4
	RS5	Avanzado y aplicado	PRS5

Nota: En la figura se muestra los descriptores para el parámetro conocimiento sobre GRD de la resiliencia social.

- **Dimensión económica.** - Los parámetros y descriptores para la dimensión económica que se identificaron en la verificación del área de estudio fue recopilada según el manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales CENEPRED (2015)
- **Exposición económica.** - El parámetro para la exposición económica que se identificó ante un evento de inundación fluvial es la distancia de vivienda a la zona de peligro.

Tabla 30

Parámetro de distancia de vivienda a la zona de peligro de la exposición económica.

	Parámetro	Distancia de vivienda a la zona de peligro	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	EE1	En el cauce	PEE1
	EE2	A 5 metros	PEE2
	EE3	A 15 metros	PEE3
	EE4	A 30 metros	PEE4
	EE5	Mayor a 30 metros	PEE5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores para el parámetro distancia de vivienda a la zona de peligro de la exposición económica.

- **Fragilidad económica.** - Los parámetros de la fragilidad económica que se identificaron ante un evento de inundación fluvial son: Material de pared, estado de conservación, tipo de actividad económica. A continuación, se hace mención cada uno de los parámetros identificados.

Tabla 31

Parámetro de material de pared de la Fragilidad económica

	Parámetro	Material de pared	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FE1	Triplay o madera	PFE1
	FE2	Adobe	PFE2
	FE3	Barro con piedra	PFE3
	FE4	Ladrillo	PFE4
	FE5	Concreto	PFE5

Nota: En la tabla se muestra los descriptores para el parámetro material de pared de la fragilidad económica.

Tabla 32

Parámetro de estado de conservación de la Fragilidad económica

	Parámetro	Estado de conservación	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FE6	Muy malo	PFE6
	FE7	Malo	PFE7
	FE8	Regular	PFE8
	FE9	Bueno	PFE9
	FE10	Muy bueno	PFE10

Nota: En la figura se muestra los descriptores para el parámetro estado de conservación de la fragilidad económica.

Tabla 33

Parámetro de tipo de actividad económica de la Fragilidad económica

	Parámetro	Tipo de actividad económica	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FE11	Asalariado	PFE11
	FE12	comerciante	PFE12
	FE13	Transportista	PFE13
	FE14	Profesional independiente	PFE14
	FE15	Empresario	PFE15

Nota: En la figura se muestra los descriptores para el parámetro tipo de actividad económica de la fragilidad económica.

- **Residencia económica.** - El parámetro que se identificó para la resiliencia económica es el ingreso familiar mensual.

Tabla 34

Parámetro de ingreso familiar mensual de la Fragilidad económica

	Parámetro	Ingreso familiar mensual	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	RE1	Menos de S/ 1025	PRE1
	RE2	Entre S/ 1025 a 1300	PRE2
	RE3	Entre S/ 1300 a 2500	PRE3
	RE4	Entre S/ 2500 a 4000	PRE4
	RE5	Mayor a S/ 4000	PRE5

Nota: En la figura se muestra los descriptores para el parámetro ingreso familiar mensual de la resiliencia económica.

- **Dimensión ambiental.** - Los parámetros y descriptores para la dimensión ambiental que se identificaron en la verificación del área de estudio fue recopilada según el manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales CENEPRED (2015).
- **Exposición ambiental.** - El parámetro para la exposición ambiental que se identificó ante un evento de inundación fluvial es la distancia de vivienda al botadero.

Tabla 35

Parámetro distancia vivienda a botadero de la exposición ambiental

	Parámetro	Distancia vivienda a botadero	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	EA1	A lado del botadero	PEA1
	EA2	A 10 m	PEA2
	EA3	A 30 m	PEA3
	EA4	A 100 m	PEA4
	EA5	Mayor a 100 m	PEA5

Nota: En la figura se muestra los descriptores para el parámetro de distancia de vivienda a botadero de la exposición ambiental.

- **Fragilidad ambiental.** - Los parámetros de la fragilidad ambiental que se identificaron ante un evento de inundación fluvial son: disposición de residuos sólidos y disposición de residuos líquidos.

Figura 49

Parámetro disposición de residuos sólidos de la fragilidad ambiental

	Parámetro	Disposición de residuos sólidos	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FA1	Al cauce	PFA1
	FA2	A la intemperie	PFA2
	FA3	Contenedor municipal	PFA3
	FA4	Camión recolector municipal	PFA4
	FA5	Relleno sanitario	PFA5

Nota: En la figura se muestra los descriptores para el parámetro de disposición de residuos sólidos de la fragilidad ambiental.

Figura 50

Parámetro disposición de residuos líquidos de la fragilidad ambiental

	Parámetro	Disposición de residuos líquidos	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	FA6	Al cauce	PFA6
	FA7	A la intemperie	PFA7
	FA8	Pozo ciego	PFA8
	FA9	UBS	PFA9
	FA10	Planta de tratamiento de aguas residuales	PFA10

Nota: En la figura se muestra los descriptores para el parámetro de disposición de residuos líquidos de la fragilidad ambiental.

- **Resiliencia ambiental.** - El parámetro que se identificó para la resiliencia ambiental es el conocimiento de conservación ambiental. Este parámetro se eligió debido a que en el río Inambari en el tramo de estudio se observó el río contaminado de desechos sólidos y líquidos. Por qué los pobladores no tienen conocimiento sobre conservación ambiental.

Figura 51

Parámetro conocimiento de conservación ambiental de la resiliencia ambiental

	Parámetro	Conocimiento de conservación ambiental	Peso Ponderado
DESCRIPTORES	RA1	No conoce	PRA1
	RA2	Básico	PRA2
	RA3	Regular	PRA3
	RA4	avanzado	PRA4
	RA5	Avanzado y aplicado	PRA5

Nota: En la figura se muestra los descriptores para el parámetro de conocimiento de conservación ambiental de la resiliencia ambiental.

- **Elaboración de ficha de levantamiento de información para análisis de vulnerabilidad.** Para su elaboración se eligieron las tablas mencionadas y se adaptaron de manera que sirvieran como un documento de evaluación. El propósito fue plasmar la información socioeconómica de los habitantes que residen dentro de la faja marginal del Río Inambari, específicamente en el tramo que va desde el puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba. Esto permitió obtener los datos de campo necesarios para llevar a cabo posteriormente el análisis de vulnerabilidad. **Ver anexo 1**

3.3.4 Segunda fase: en campo

Esta etapa tuvo una duración de dos semanas con el objetivo de recopilar toda la información de campo necesaria para su posterior procesamiento. Las acciones llevadas a cabo en esta fase fueron las siguientes:

- **Observar:** Se observó in situ el estado en el que se encuentra el Río Inambari en su paso por la ciudad de Sandia, realizando un recorrido desde el punto inicio hasta la parte final.
- **Entrevista:** Se llevaron a cabo 63 entrevistas a lo largo de la extensión del río, siguiendo la ficha de recopilación de información diseñada para el análisis de



vulnerabilidad en la sección de estudio, la cual ya había sido previamente evaluada en el área de peligro. ver anexo 2

Esta etapa fue una de las más importantes para el análisis de vulnerabilidad ya que se obtuvo gran parte de la información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

3.3.5 Tercera fase: en gabinete.

Esta fase se realizó en un tiempo de 8 semanas, se procesó la información obtenida en campo además se analizó bases de datos para poder determinar los parámetros de cada una de las tablas a utilizar. Con todas estas etapas se llegó a obtener el nivel de peligro, vulnerabilidad, riesgo y las alternativas de solución estructurales y no estructurales.

3.3.6 Población y muestra de estudio

- **Población.** “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” **Lepkowski (2008)**. La población objeto de estudio incluye las 1071 viviendas ubicadas dentro de la Faja Marginal del Cauce del Río Inambari, en el tramo que abarca desde el puente Apabuco hasta la Quebrada de Huayllabamba.
- **Muestra.** Subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo **Hernández et al., 2014** Para estimar el tamaño de la muestra representativa para una población finita se ha utilizado la siguiente formula.

$$n = \frac{k^2 x P x Q x N}{E^2 x (N - 1) + k^2 x P x Q}$$



Donde:

n:	Tamaño de la Muestra	= ¿?
N:	Población	= 282
k:	Nivel de Confianza al 90%	= 1.64
E:	Error Muestral	= 10%
P:	proporción de individuos que poseen esa característica	= 0.5
Q:	Proporción de individuos que no poseen esa característica	= 0.5

El factor k para un nivel de confianza de 90% corresponde a 1.64.

Según a esta fórmula el tamaño de la muestra es de 63 viviendas ubicadas en la faja marginal del Rio Inambari.

3.3.7 Muestreo aleatorio estratificado

El muestreo aleatorio estratificado también es conocido como muestreo aleatorio proporcional. Ésta es una técnica de muestreo probabilístico en donde los sujetos son inicialmente agrupados en diferentes categorías, tales como la edad, el nivel de educación o el género. (Chahuares, 2012, p. 56)

- **Asignación o fijación proporcional.** - donde los tamaños muestrales de cada estrato, tendrán un número de unidades en forma proporcional a las de los estratos proporcionales.

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right)$$

Donde:

n_i	Tamaño de muestra por estrato
n	Tamaño de muestra total
N_i	Numero de unidades muestrales por estrato
N	Población



En la presente investigación la estratificación se realizó por barrios, puesto que la entrevista se realizó viviendas por barrios. ver anexo 25.

3.3.8 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de investigación que se aplicaron son las siguientes:

- **Técnica.** Se entiende por técnica de investigación, al procedimiento o forma particular de obtener datos o información (Arias, 2006, p. 67). En la presente investigación se utilizará diferentes técnicas, una de ellas es la observación no estructurada, ya que se realizará el recorrido del Río Inambari del puente Apabuco hasta la quebrada para obtener información de las características propias del lugar, otra técnica es el análisis de contenido para la obtención de datos meteorológicos de la estación "CUYO-CUYO" a través de un pluviómetro automático, para complementar la obtención de datos se utilizará la técnica entrevista estructurada. Toda esta información se recopiló de acuerdo al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 2da versión CENEPRED (2015).
- **Instrumento** Los “instrumentos son cualquier recurso, dispositivo y formato (en papel o digital) que se utiliza para obtener, registrar o almacenar la información”. (Arias, 2006, p. 68). A continuación, se indica los instrumentos que se emplearon para el desarrollo de esta investigación.
- **Guía de entrevista.** Para la presente investigación se elaboró una ficha de levantamiento de información como guía de entrevista, con este instrumento se obtendrá los datos en la dimensión social, económica y ambiental los cuales serán de vital importancia para el análisis de vulnerabilidad.

- **Cuadro de registro y clasificación de las categorías (Precipitación).** En esta investigación se trabajó con datos históricos de precipitación proporcionados por Senamhi para el cálculo de caudales máximos en el punto de interés, además se utilizó información existente en estudios de geología, geomorfología a nivel de la región Puno.
- **Arc Gis Desktop.** ArcGIS Desktop (En adelante ArcGIS) es el principal componente de la suite de aplicaciones ArcGIS de ESRI, y el software que contiene las funcionalidades clásicas del SIG de escritorio. ArcGIS es un conjunto de herramientas que permiten la visualización y manejo de información geográfica, y que cuenta con una arquitectura extensible mediante la que pueden añadirse nuevas funcionalidades (Pucha et al., 2017).

3.3.9 Variables

En la presente investigación según a los objetivos planteados, existe básicamente una variable que participa de todo el proceso de investigación: Nivel de riesgo por inundación fluvial. Sin embargo, se tiene las dimensiones de peligro, vulnerabilidad económica, social y ambiental.

Tabla 36

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	indicador	Unidad/Categoría	Escala de medición
Nivel de riesgo por inundación fluvial.	Es la probabilidad que ocurra un fenómeno en determinado tiempo por el desbordamiento de río de su cauce	Peligro	Incremento anómalo de caudal	Q = 220 m ³ /s	Ordinal
				Q = 176 m ³ /s	
				Q = 139 m ³ /s	
				Q = 109 m ³ /s	
				Q = 77 m ³ /s	



Variable	Definición conceptual	Dimensión	indicador	Unidad/Categoría	Escala de medición
	natural.(CENEP RED, 2015)			Rio	
			Uso de suelos	Tejido urbano continuo Herbazal denso (chilligua) Herbazal denso (Ichu) Bosque denso alto	Ordinal
			Geomorfología	Terraza baja aluvial Planicies y valles aluviales Vertiente o piedemonte coluvio	Ordinal
			Pendiente	Terraza alta Montaña en roca metamórfica Entre 0° a 5° Entre 5°-20° Entre 20° - 35° Entre 35° - 45° Mayor a 45°	Ordinal
				Mayor a 6 hab. 6 hab. 5 hab. 4 hab. 3 hab.	Ordinal
			Densidad poblacional	Rio, acequia o manantial Camión cisterna	
Nivel de riesgo por inundación fluvial.	Es la probabilidad que ocurra un fenómeno en determinado tiempo por el desbordamiento de río de su cauce natural.(CENEP RED, 2015)	Vulnerabilidad social	Acceso a agua	Tanque de agua Rotoplas Conexión a red pública pileta Conexión a red pública vivienda	Ordinal
			Conocimiento sobre gestión de riesgos y desastres	No conoce Básico Regular	Ordinal



Variable	Definición conceptual	Dimensión	indicador	Unidad/Categoría	Escala de medición
				Avanzado	
				Avanzado y aplicado	
				En el cauce	
				A 5 metros	
			Distancia de vivienda al peligro	A 15 metros	Ordinal
				A 30 metros	
				Mayor a 30 metros	
		Vulnerabilidad económica		Triplay o madera	
				Adobe	
			Material de pared	Barro con piedra	Ordinal
				Ladrillo	
				Concreto	
			Ingreso familiar mensual	Menos de s/ 1025	Ordinal
				Entre s/ 1025 a 1300	
				A lado del botadero	
				A 10 m	
			Distancia de vivienda al botadero	A 30 m	Ordinal
				A 100 m	
				Mayor A 100 M	
				Al cauce	
		Vulnerabilidad Ambiental		Al interperie	
			Disposición de residuos sólidos.	Contendor municipal	Ordinal
				Camión recolector municipal	
				Relleno sanitario	
			Conocimiento de conservación ambiental.	No conoce	Ordinal
				Básico	

Nota En la tabla se puede observar la matriz de operacionalización de variables.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se analizará la información procesada a partir de los datos obtenidos mediante los instrumentos de investigación aplicados, orientados a la evaluación de las variables del nivel de riesgo, peligro y vulnerabilidad. Utilizando datos determinados en el capítulo anterior estudio hidrológico. Para ello los datos de precipitaciones proporcionados por SENAMHI, datos topográficos y la entrevista que contiene preguntas en dimensión social, económica y ambiental, así como se puede ver en el anexo 1 dirigida a los pobladores que están ubicados en la faja marginal, para lo cual se ha seleccionado una muestra de 63 viviendas. Para llegar a los objetivos planteados en esta investigación es necesario realizar el estudio hidrológico ya que nuestros factores que desencadenan la inundación fluvial es el incremento de caudal y la altura de inundación.

4.1 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO

En relación con el cumplimiento del primer objetivo específico, se produjo información mediante el análisis de los datos de precipitaciones máximas en 24 horas provenientes de la estación Cuyo – Cuyo. Esto se complementó con los detalles recopilados acerca de las características particulares del tramo de estudio y la aplicación del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, segunda versión del CENEPRED (2015).

Con respecto al análisis del peligro ante inundaciones fluviales en el área de estudio se consideró 01 factor desencadenante, 01 parámetro de evaluación y 04 factores condicionantes con sus 05 descriptores respectivos, cada uno de ellos obtenidos en campo

y fruto de procesos hidrológicos. A continuación, se detalla los resultados obtenidos para el análisis de peligro.

4.1.1 Parámetro de evaluación

El parámetro de evaluación que se identificó en el área de estudio se encuentra en las llanuras de inundación, así como se puede observar en la tabla 37. Es importante destacar que estos parámetros de evaluación deben ser expresados en unidades cartografiables, tales como alturas, volúmenes y áreas.



En el contexto de esta investigación, que se centra en la inundación fluvial, se ha empleado como parámetro de evaluación la altura de inundación generada por un caudal máximo de 220 m³/s, con un periodo de retorno de 200 años.

- **Matriz de comparación de pares para el parámetro de evaluación.** En el capítulo previo se aborda el análisis hidrológico de la cuenca y del área de estudio, además de presentarse un mapa temático que representa la altura de flujo. De la tabla 37 se puede apreciar según la escala ordinal de comparación de Saaty que, el descriptor mayor a 8m es muchísimo más importante que el descriptor 0 - 2 m para un análisis de inundación fluvial, puesto que una altura de inundación mayor a 8 generaría mayor daño social económico y ambiental.

Tabla 37

Matriz de comparaciones de pares del parámetro altura de inundación

ALTURA DE INUNDACIÓN	Mayor a 8m	Entre 6 – 8m	Entre 4 - 6m	Entre 2 - 4m	Entre 0 - 2m
Mayor a 8m	1.000	2.000	4.000	6.000	9.000
Entre 6 - 8m	0.500	1.000	2.000	3.000	7.000
Entre 4 - 6m	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
Entre 2 - 4m	0.167	0.333	0.500	1.000	2.000
Entre 0 - 2m	0.111	0.143	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.028	3.976	7.750	12.500	23.000
1/SUMA	0.493	0.251	0.129	0.080	0.043

Nota: Se visualiza la matriz de comparación de pares.

- **Matriz de Normalización para el parámetro de evaluación.** A través de la matriz de normalización de pares, se generará el vector de priorización, que representa los pesos ponderados y refleja la importancia de cada descriptor, así como se puede observar en la tabla 38 donde se muestra en la columna vector de priorización el grado de importancia para cada descriptor. Además, se observa que el descriptor mayor a 8 m tiene un grado de importancia de 47.70% para el análisis de inundación fluvial.

Tabla 38

Matriz de normalización de pares del parámetro altura de inundación

ALTURA DE INUNDACIÓN	Mayor a 8m	Entre 6 - 8m	Entre 4 - 6m	Entre 2 - 4m	Entre 0 - 2m	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Mayor a 8m	0.493	0.503	0.516	0.480	0.391	0.477
Entre 6 - 8m	0.247	0.251	0.258	0.240	0.304	0.260
Entre 4 - 6m	0.123	0.126	0.129	0.160	0.174	0.142
Entre 2 - 4m	0.082	0.084	0.065	0.080	0.087	0.079
Entre 0 - 2m	0.055	0.036	0.032	0.040	0.043	0.041
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: Se puede observar el vector de priorización de cada descriptor.

- **Cálculo de relación de consistencia (RC).** La coherencia en una matriz 5x5 se mide mediante la relación de consistencia, que debe ser inferior al 10% ($RC < 0.1$). Esto señala que los criterios empleados para la comparación de pares son apropiados.

IC	0.008	Índice de consistencia
RC	0.007	Relación de consistencia < 0.1

4.1.2 Susceptibilidad del territorio

Para la valoración de la susceptibilidad del área de influencia ante la inundación fluvial del Río Inambari en la localidad de Sandia (abarca los barrios Huencalla, el centro de la ciudad y Pio León), se tomaron los parámetros que muestran en la tabla 52.

Figura 52

Susceptibilidad del territorio

Factor desencadenante	Factores condicionantes			
Incremento anómalo de caudal	Uso actual de suelos	Pendiente	Geomorfología	Geología

- **Análisis factor desencadenante.** Para la obtención de los pesos ponderados del parámetro del factor desencadenante, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:
- **Parámetro: Incremento Anómalo de Caudal.** En el área de estudio el incremento anómalo de caudal es un factor determinante para la que produzca una inundación fluvial. De la tabla 39 según la escala ordinal de comparación de Saaty: Que el descriptor $Q = 220 \text{ m}^3/\text{s}$ es muchísimo más importante que el descriptor $Q=77 \text{ m}^3/\text{s}$ para un análisis de inundación fluvial, puesto que, a un caudal mayor, la probabilidad de inundación es mayor. De la tabla 40 se puede decir que el descriptor $220 \text{ m}^3/\text{s}$ tiene un grado de importancia de 48.10% para

el análisis de inundación fluvial. Además, el RC es 0.020 que es menor que 0.1 el cual indica que el criterio tomado es apropiado.

Tabla 39

Matriz de comparación de pares del parámetro incremento anómalo del caudal

INCREMENTO ANÓMALO DE CAUDAL	Q = 220 m ³ /s	Q = 176 m ³ /s	Q = 139 m ³ /s	Q = 109 m ³ /s	Q = 77 m ³ /s
Q = 220 m ³ /s	1.000	2.000	4.000	8.000	9.000
Q = 176 m ³ /s	0.500	1.000	2.000	4.000	8.000
Q = 139 m ³ /s	0.250	0.500	1.000	2.000	5.000
Q = 109 m ³ /s	0.125	0.250	0.500	1.000	3.000
Q = 77 m ³ /s	0.111	0.125	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.986	3.875	7.700	15.333	26.000
1/SUMA	0.503	0.258	0.130	0.065	0.038

Nota: Se Puede observar la matriz de comparación de pares.

Tabla 40

Matriz de normalización de pares del parámetro incremento anómalo del caudal

INCREMENTO A. DE CAUDAL	Q = 220 m ³ /s	Q = 176 m ³ /s	Q = 139 m ³ /s	Q = 109 m ³ /s	Q = 77 m ³ /s	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Q = 220 m ³ /s	0.503	0.516	0.519	0.522	0.346	0.481
Q = 176 m ³ /s	0.252	0.258	0.260	0.261	0.308	0.268
Q = 139 m ³ /s	0.126	0.129	0.130	0.130	0.192	0.142
Q = 109 m ³ /s	0.063	0.065	0.065	0.065	0.115	0.075
Q = 77 m ³ /s	0.056	0.032	0.026	0.022	0.038	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: Se Puede observar la matriz de normalización de pares.

Cálculo de relación de consistencia (RC)

IC	0.022	Índice de consistencia
RC	0.020	Relación de consistencia < 0.1

- **Análisis de factores condicionantes.** Con el fin de calcular los pesos ponderados de los parámetros que conforman los factores condicionantes, se empleó el método de análisis jerárquico.

En la tabla 41 se puede decir lo siguiente según la escala ordinal de comparación de Saaty: Que el descriptor **uso actual de suelos** es más importante que el descriptor **geología** para un análisis de inundación fluvial. Así mismo, de la tabla 42 se puede decir que el descriptor uso actual de suelos tiene un grado de importancia de 48.2% para el análisis de inundación fluvial y el RC tiene un valor de 0.005 que es menor que 0.08 lo que nos indica que la ponderación realizada es apropiada.

Tabla 41

Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes

Factores Condicionantes	Uso actual de suelos	Pendiente	Geomorfología	Geología
Uso actual de suelos	1.000	2.000	3.000	5.000
Pendiente	0.500	1.000	2.000	3.000
Geomorfología	0.333	0.500	1.000	2.000
Geología	0.200	0.333	0.500	1.000
SUMA	2.033	3.833	6.500	11.000
1/SUMA	0.492	0.261	0.154	0.091

Nota: Se Puede observar la matriz de comparación de pares.

Tabla 42

Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes

Factores Condicionantes	Uso actual de suelos	Pendiente	Geomorfología	Geología	Vector de priorización
Uso actual de suelos	0.492	0.522	0.462	0.455	0.482
Pendiente	0.246	0.261	0.308	0.273	0.272
Geomorfología	0.164	0.130	0.154	0.182	0.158
Geología	0.098	0.087	0.077	0.091	0.088
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: Se Puede observar la matriz de normalización de pares.

- **Cálculo de relación de consistencia (RC).** Para una matriz de 4x4 este coeficiente debe ser menor al 8% ($RC < 0.08$), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

IC	0.005	Índice de consistencia
RC	0.005	Relación de consistencia < 0.08

Parámetro uso actual de suelos. – con fines obtener la los pesos ponderados de los descriptores del parámetro uso actual de suelos se realiza el siguiente procedimiento.

Tabla 43

Matriz de comparación de pares del parámetro uso actual de suelos.

Uso actual de suelos	Rio	Tejido urbano continuo	Herbazal denso (chilligua)	Herbazal denso (ichu)	Bosque denso alto
Rio	1.000	3.000	5.000	8.000	9.000
Tejido urbano continuo	0.333	1.000	2.000	4.000	8.000
Herbazal denso (chilligua)	0.200	0.500	1.000	2.000	3.000
Herbazal denso (ichu)	0.125	0.250	0.500	1.000	2.000
Bosque denso alto	0.111	0.125	0.333	0.500	1.000
SUMA	1.769	4.875	8.833	15.500	23.000
1/SUMA	0.565	0.205	0.113	0.065	0.043

Nota: Se Puede observar la matriz de comparación de pares.

Tabla 44

Matriz de normalización de pares del parámetro uso actual de suelos.

Uso actual de suelos	Rio	Tejido urbano c.	Herbazal denso (chilligua)	Herbazal denso (ichu)	Bosque denso alto	Vector de priorización
Rio	0.565	0.615	0.566	0.516	0.391	0.531
Tejido urbano continuo	0.188	0.205	0.226	0.258	0.348	0.245
Herbazal denso (chilligua)	0.113	0.103	0.113	0.129	0.130	0.118
Herbazal denso (ichu)	0.071	0.051	0.057	0.065	0.087	0.066
Bosque denso alto	0.063	0.026	0.038	0.032	0.043	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: Se Puede observar la matriz de normalización de pares.

IC	0.020	Índice de consistencia Relación de consistencia < 0.10
RC	0.018	

Parámetro pendiente. - En la tabla 46 se puede apreciar que, el descriptor **Entre 0° a 5°** tiene un grado de importancia de 48.3% para el análisis de inundación fluvial. Además, se observa que la relación de consistencia RC para la ponderación del parámetro pendiente es 0.18 que es menor que 0.10. por lo tanto, el criterio es apropiado.

Tabla 45

Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente.

PENDIENTE	Entre 0° a 5°	Entre 5°-20°	Entre 20° - 35°	Entre 35° - 45°	Mayor a 45°
Entre 0° a 5°	1.000	2.000	4.000	8.000	9.000
Entre 5°-20°	0.500	1.000	2.000	4.000	8.000
Entre 20° - 35°	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
Entre 35° - 45°	0.125	0.250	0.500	1.000	3.000
Mayor a 45°	0.111	0.125	0.250	0.333	1.000
SUMA	1.986	3.875	7.750	15.333	25.000
1/SUMA	0.503	0.258	0.129	0.065	0.040

Nota: Se Puede observar la matriz de comparación de pares.

Tabla 46

Matriz de Normalización de pares del parámetro pendiente

PENDIENTE	Entre 0° a 5°	Entre 5°-20°	Entre 20° - 35°	Entre 35° - 45°	Mayor a 45°	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Entre 0° a 5°	0.503	0.516	0.516	0.522	0.360	0.483
Entre 5°-20°	0.252	0.258	0.258	0.261	0.320	0.270
Entre 20° - 35°	0.126	0.129	0.129	0.130	0.160	0.135
Entre 35° - 45°	0.063	0.065	0.065	0.065	0.120	0.075
Mayor a 45°	0.056	0.032	0.032	0.022	0.040	0.036
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: Se Puede observar la matriz de normalización de pares.

IC	0.020	Índice de consistencia Relación de consistencia < 0.10
RC	0.018	

Parámetro geomorfología. En las tablas 47 y 48 muestran las matrices de ponderación y normalización respectivamente en donde se puede observar que según la escala ordinal de comparación de Saaty: que el descriptor planicies aluviales es ligeramente menos importante que terraza baja aluvial (Tb-al), con un grado de importancia de 42.6% y una relación de consistencia de $0.011 < 0.1$ para un análisis de riesgo por inundación.

Tabla 47

Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología

GEOMORFOLOGÍA	Tb-al	Pl-al	V-cd	Ta-al	RM-rm
Tb-al	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
Pl-al	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000
V-cd	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Ta-al	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
RM-rm	0.167	0.250	0.333	0.500	1.000
SUMA	2.250	4.083	6.833	10.500	16.000
1/SUMA	0.444	0.245	0.146	0.095	0.063

Nota: Se Puede observar la matriz de comparación de pares.

Tabla 48

Matriz de Normalización de pares del parámetro geomorfología

PARÁMETRO	Tb-al	Pl-al	V-cd	Ta-al	RM-rm	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Tb-al	0.444	0.490	0.439	0.381	0.375	0.426
Pl-al	0.222	0.245	0.293	0.286	0.250	0.259
V-cd	0.148	0.122	0.146	0.190	0.188	0.159
Ta-al	0.111	0.082	0.073	0.095	0.125	0.097
RM-rm	0.074	0.061	0.049	0.048	0.063	0.059
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: Se Puede observar la matriz de normalización de pares.

IC	0.012
RC	0.011

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

Parámetro geología. En las tablas 49 y 50 muestran las matrices de ponderación y normalización respectivamente en donde se puede observar que según la escala ordinal de comparación de Saaty, el descriptor depósitos aluviales es ligeramente menos importante que depósitos fluviales, con un grado de importancia de 43.6% y una relación de consistencia de $0.009 < 0.1$ para un análisis de riesgo por inundación.

Tabla 49

Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología

GEOLOGÍA	Depósitos Fluviales	Depósitos Aluviales	Fm. Sandía	Fm. Chichanaco	Fm. Ananea
Depósitos Fluviales	1.000	2.000	3.000	5.000	8.000
Depósitos Aluviales	0.500	1.000	2.000	4.000	8.000
Fm. Sandía	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
Fm. Chichanaco	0.200	0.250	0.500	1.000	2.000
Fm. Ananea	0.125	0.125	0.333	0.500	1.000
SUMA	2.158	3.875	6.833	12.500	22.000
1/SUMA	0.463	0.258	0.146	0.080	0.045

Nota: Se Puede observar la matriz de comparación de pares.

Tabla 50

Matriz de Normalización de pares del parámetro geomorfología

GEOLOGÍA	Depósitos Fluviales	Depósitos Aluviales	Fm. Sandía	Fm. Chichanaco	Fm. Ananea	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Depósitos Fluviales	0.463	0.516	0.439	0.400	0.364	0.436
Depósitos Aluviales	0.232	0.258	0.293	0.320	0.364	0.293
Fm. Sandía	0.154	0.129	0.146	0.160	0.136	0.145
Fm. Chichanaco	0.093	0.065	0.073	0.080	0.091	0.080
Fm. Ananea	0.058	0.032	0.049	0.040	0.045	0.045
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: Se Puede observar la matriz de comparación de pares.

IC	0.011
RC	0.009

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

4.1.3 Análisis de elementos expuestos

Los elementos expuestos susceptibles en el lugar de estudio pueden ser tales como, la población, las viviendas, las instituciones educativas, los centros de salud, los caminos rurales, los servicios públicos básicos, entre otros. Estos elementos están ubicados en la zona de posible impacto de peligro debido a inundaciones fluviales y podrían experimentar consecuencias en caso de que dicho peligro se materialice o manifieste.

- **Elementos expuestos susceptibles al fenómeno de Inundación.** Para esta investigación de evaluación de riesgo para eventos de inundación fluvial se centra como objeto las viviendas que están expuestas a la materialización de este fenómeno. A continuación, se muestra la cantidad de 4071 viviendas expuestas a este fenómeno en toda la ciudad de Sandia.

Departamento	Provincia	Distrito	Ciudad	Población total
Puno	Sandia	Sandia	Sandia	4001

- **Elementos expuestos desestimados al fenómeno de Inundación.** En la tabla 51 y la tabla 52 se muestran los elementos desestimados a la ocurrencia del fenómeno de inundación fluvial, esto quiere decir que existen instituciones públicas y/o privadas que se encuentran dentro del área de posible inundación y que han sido ignorados a la ocurrencia de este fenómeno.

Tabla 51

Instituciones educativas expuestas

N°	IE	Nivel	Alumnos	Docentes	Total, personas
1	Agro Industrial Huencalla	Secundario	35	5	40
2	1048	Inicial	8	1	9

Tabla 52*Centros de salud expuestos.*

N°	Localidad	Entidad	total, de personas
1	Sandia	Centro de seguro integral de Salud	15
2	Sandia	Unidad de gestión educativa local (UGEL)	20

Nota: En la tabla se puede observar las instituciones públicas dentro del área de estudio.

- **Análisis de elementos expuestos por dimensión económica.** Este análisis se realizó de acuerdo al desarrollo de la población y los jirones que cuentan con servicios que se muestran en las tablas 53, 54 y 55. Para esta investigación se tomara en cuenta 721 viviendas a evaluar, este dato se toma en cuenta según a los antecedentes ocurridos de este fenómeno.

- **Elementos expuestos susceptibles al fenómeno de Inundación**

Tabla 53*Estructuras de agua y desagüe expuestas*

Distrito	Localidad	Servicios susceptibles	Longitud (m)	Tipo de material
Sandia	Sandia	Red de agua Potable	2320	Tubería PVC
Sandia	Sandia	Red de Desagüe	2120	Tubería SAL
Sandia	Sandia	Red de Electricidad	2150	Tubería CEL

Nota: En la tabla se puede ver las redes tubería de agua y desagüe en la zona de peligro. Tomado de SIGRID 2017

Tabla 54*Redes viales expuestas en zonas de inundación*

Distrito	Localidad	Vías de comunicación	Longitud	Tipo de material
Sandia	Sandia	Red Vial Nacional	430 m	Asfaltado económico
Sandia	Sandia	Red Vial Vecinal	420 m	Sin afirmar
Sandia	Sandia	Puentes Vehiculares	3	Concreto + Acero
Sandia	Sandia	Puentes Peatonales	1	Concreto + Acero

Nota: En la tabla se puede ver las vías vecinales, nacional en la zona de peligro. Tomado de SIGRID 2017

Tabla 55

Viviendas expuestas en zonas inundables.

Distrito	Localidad	Número de Viviendas	Número de Familias
Sandia	Sandia	721	721

Nota: En la tabla se puede observar la cantidad de viviendas en la zona de estudios. Tomado de Plano catastral de la Municipalidad Provincial de Sandia 2020

- **Análisis de elementos expuestos por dimensión ambiental.** En el área de estudio, en la longitudinal del río Inambari se observa que el 30% de la superficie de investigación se encuentra la erosión fluvial en las riberas del río.

- **Elementos expuestos susceptibles al fenómeno de Inundación**

Tabla 56

Estado actual del terreno de estudio

Elementos expuestos	Descripción	Cantidad (ha)	Estado o condición actual
Suelo desgastado o erosionado	Terreno desgastado debido al proceso de erosión fluvial a lo largo de las orillas del río.	10	Relleno, como protección de las avenidas máximas del río.

Nota: En la tabla se menciona el estado actual de Río y sus alrededores.

- **Elementos expuestos desestimados al fenómeno de Inundación**

Área urbana expuesto a fenómeno de inundación

Elementos expuestos	Descripción	Cantidad (ha)	Estado o condición actual
Área Urbana	El área urbana de la localidad de Sandía, gran parte del área urbana está en la margen derecha e izquierda del río Inambari.	12	La condición del área urbana varía demasiado ya que presenta diferente infraestructura de vivienda y área pavimentada.

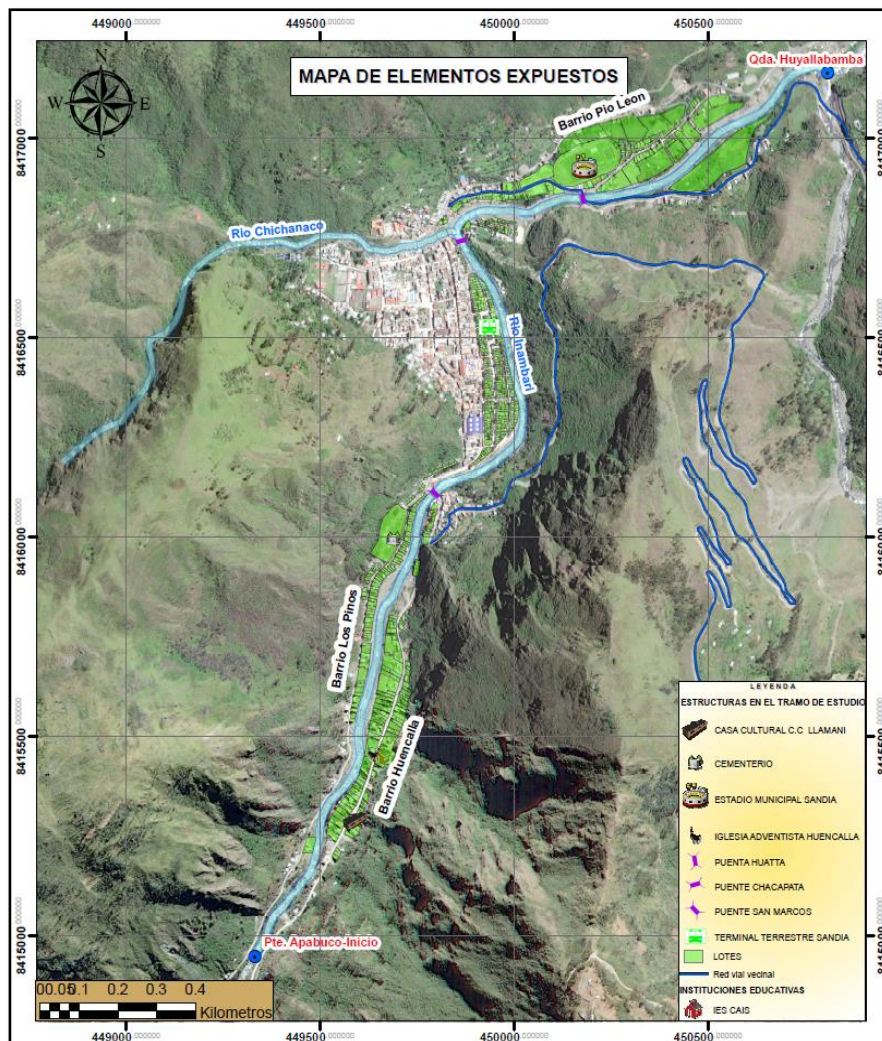
Nota: En la tabla se menciona el área urbana en la ciudad de Sandía de periferias del Río.

En la figura 53 se puede mencionar que existen 721 viviendas expuestas al fenómeno de inundación, además dentro de esta área existen infraestructuras tales como:

- Casa cultural de la comunidad de LLamani.
- 02 puentes vehiculares.
- 01 puente peatonal.
- 01 institución educativa secundaria CAIS.
- Parte de la vía nacional, instalaciones de agua y desagüe y energía eléctrica.
- El estadio municipal de Sandia.

Figura 53

Elementos Expuestos Desestimados al fenómeno de Inundación



Nota: En la figura se puede observar los elementos expuestos en el área de estudio.

4.1.4 Cálculo de Niveles de peligro

En la figura 54, se puede visualizar los pesos para cada descriptor de la susceptibilidad obtenidos en las tablas 40, 42, 44, 46, 48 y 50, los pesos son los de la columna vector de priorización de dichas tablas. Además, se puede observar que la importancia que se le asignó al factor desencadenante es de 70% y 30% a los factores condicionantes. Esto debido a que en el lugar de estudio se pudo observar que la causa principal para la ocurrencia de una inundación es las fuertes precipitaciones generando un incremento del caudal, por ende, esto genera socavaciones, erosión del suelo y desbordamiento de su cauce.

Figura 54

Cálculo de susceptibilidad

FACTORES CONDICIONANTES										FACTOR DESENCADENANTE		SUSCEPTIBILIDAD
Uso actual de suelos		Pendiente		Geomorfología		Geología		Valor	Peso	Incremento anómalo de caudal (m ³ /s)		
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			VALOR	PESO	
0.482	0.531	0.272	0.483	0.158	0.426	0.088	0.436	0.49	0.30	0.481	0.70	0.485
0.482	0.245	0.272	0.270	0.158	0.259	0.088	0.293	0.26	0.30	0.268	0.70	0.265
0.482	0.118	0.272	0.135	0.158	0.159	0.088	0.145	0.13	0.30	0.142	0.70	0.138
0.482	0.066	0.272	0.075	0.158	0.097	0.088	0.080	0.07	0.30	0.075	0.70	0.075
0.482	0.040	0.272	0.036	0.158	0.059	0.088	0.045	0.04	0.30	0.035	0.70	0.037

Nota: En la figura se puede observar los valores de susceptibilidad.

Para la determinación de los valores de peligro se consideró que la susceptibilidad tiene un grado de importancia de 60% y el parámetro de evaluación un 40% tal como se observa en la figura 55. El método del proceso de análisis jerárquico de Thomas Saaty indica que se debe contar con 5 valores de peligro para poder estratificar los niveles de peligro en cuatro niveles. Ver figura 56.

Figura 55

Cálculo del valor del peligro

SUSCEPTIBILIDAD		PARÁMETRO DE EVALUACIÓN		PELIGRO
VALOR	PESO	VALOR	PESO	VALOR
0.485	0.60	0.477	0.40	0.482
0.265	0.60	0.260	0.40	0.263
0.138	0.60	0.142	0.40	0.140
0.075	0.60	0.079	0.40	0.077
0.037	0.60	0.041	0.40	0.039

Nota: En la figura se puede observar los valores de peligro

Figura 56

Niveles de peligro

RANGO		NIVELES DE PELIGRO	
0.263	$\leq P \leq$	0.482	MUY ALTO
0.140	$\leq P <$	0.263	ALTO
0.077	$\leq P <$	0.140	MEDIO
0.039	$\leq P <$	0.077	BAJO

Nota: En la figura se puede observar los rangos de peligro y niveles de peligro. Adaptado al manual de evaluación de riesgos de fenómenos naturales CENEPRED (2015).

- **Definición del escenario.** Para la determinación del mapa de zonificación de peligro y la esterificación de los niveles de peligro se ha considerado el escenario más alto, esto quiere decir que el valor del factor desencadenante de la **tabla 40** tomará un único valor máximo de 0.481, el cual indica que el caudal que fluirá en el área de estudio será de 220 m³/s.

Para un escenario máximo se observa en la figura 57 que el mapa de zonificación de peligro tendrá dos niveles de peligro los cuales son ALTO y MUY ALTO. Estos niveles obedecen a la estratificación de los valores de peligro para un escenario máximo figura 57 en los rangos de peligro de la figura 56, es decir, el valor de peligro 0.482 de la figura 57 está entre los valores $0.263 \leq P \leq 0.482$ de la figura 56 por lo tanto corresponde un nivel muy alto, obteniéndose así los niveles de peligro para el mapa de peligro de **muy alto** y **alto**.

Figura 57

Valores de peligro para un escenario más alto.

SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETRO DE EVALUACIÓN		PELIGRO	Niveles de peligro escenario máximo.
VALOR	PESO	VALOR	PESO	VALOR	
0.485	0.60	0.477	0.40	0.482	MUY ALTO
0.414	0.60	0.260	0.40	0.353	MUY ALTO
0.376	0.60	0.142	0.40	0.283	MUY ALTO
0.359	0.60	0.079	0.40	0.247	ALTO
0.350	0.60	0.041	0.40	0.226	ALTO

Nota: En la figura se puede visualizar los valores y niveles de peligro para un escenario máximo, estos niveles de peligro indican los colores del mapa de peligro. Adaptado al manual de evaluación de riesgos de fenómenos naturales CENEPRED (2015).

- **Estratificación del nivel de peligrosidad.** Para la estratificación de los niveles de peligro se obtiene a partir de los descriptores del parámetro de evaluación, Factor desencadenante, Factores condicionantes para cada nivel que corresponde. Tal como se observa en la tabla 57.

Tabla 57

Estratificación del nivel de peligro por inundación fluvial en el Rio Inambari

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGOS
PELIGRO MUY ALTO	Predomina un caudal de 220m ³ /s (Periodo de Retorno 200años), altura de inundación mayor 8 m, con tipo de suelo ubicada área de tejido urbano, con un pendiente plano de 0° - 5°, ubicada en una Terraza baja aluvial, con una formación geológica de suelo de depósitos fluviales.	0.263 ≤ P ≤ 0.482
PELIGRO ALTO	Predomina un caudal de 176m ³ /s para un (Periodo de Retorno 100 años), altura de inundación entre 6 a 8 metros, con tipo de suelo ubicada área de tejido urbano continuo, con un pendiente moderadamente inclinado de 5° - 20°, ubicada en Planicies y valles aluviales con terrazas indiferenciadas, con una formación geológica de suelo de depósitos aluviales.	0.140 ≤ P < 0.263
PELIGRO MEDIO	Predomina un caudal de 139m ³ /s para un (Periodo de Retorno 50 años), altura de inundación entre 4 a 6 metros, con tipo de suelo Herbazal denso (chilligua), con un pendiente inclinado de 20° - 35°, ubicada en Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial, con una formación geológica sandia.	0.077 ≤ P < 0.140
PELIGRO BAJO	Predomina un caudal entre 77 a 109 m ³ /s (Periodo de Retorno 25 años), altura de inundación entre 2-4 metros, con tipo de suelo Herbazal denso (Ichu), con un pendiente inclinado de mayor a 45°, ubicada en terraza alta, con una formación geológica de Chichanaco y Ananea.	0.039 ≤ P < 0.077

Nota: En la tabla se puede visualizar que factores inciden en cada nivel. Adaptado al manual de evaluación de riesgos de fenómenos naturales CENEPRED (2015).

Figura 58

Significancia del peligro.



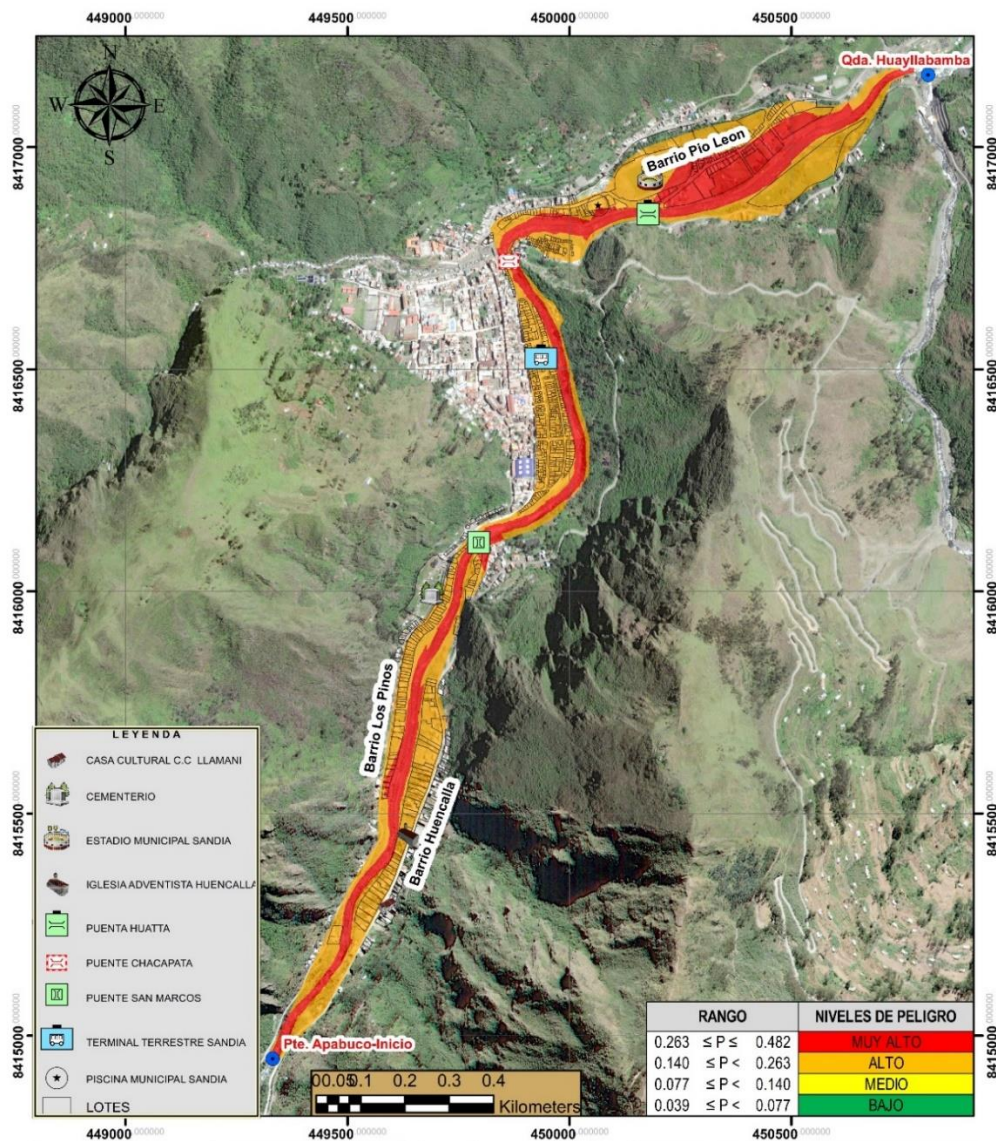
Nota: En la figura se puede visualizar la significancia del nivel de peligro.

La figura 58 representa a la figura 59 (mapa de peligro). En donde se puede observar que la superficie que está en un nivel de peligro muy alto es 36% y la superficie ocupada por el nivel de peligro alto es de 64%.

En la figura 59 se observa que la Casa cultural de la comunidad de LLamani, la institución educativa secundaria CASI, Parte de la vía nacional, instalaciones de agua y desagüe y El estadio municipal de Sandia. Tienen un nivel de peligro Alto para eventos de inundaciones fluviales.

Figura 59

Mapa de peligro



Nota: En la figura se puede visualizar que factores inciden en cada nivel.

- **Análisis**

En la figura 59, que corresponde al mapa de peligro obtenido utilizando la matriz Saaty, teniendo como factor desencadenante el incremento anómalo del caudal, como factores condicionantes el uso del suelo, pendiente, geomorfología

y la geología del área de estudio y como parámetro de evaluación la altura de inundación.

Para el procesamiento de la matriz Saaty se consideró el escenario más alto para un caudal de $220\text{m}^3/\text{s}$ y un periodo de retorno de 200 años. obteniéndose como resultado los niveles de peligro de Alto y muy Alto de acuerdo al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 2da versión del (CENEPRED).

- **Comentario**

Los Barrio Huencalla, los Pinos, Pio Leon y el Jr. Inambari son los más susceptibles a sufrir una inundación fluvial en temporadas de grandes avenidas. Debido a que el uso de suelo es para es para tejido urbano no planificado cerca al cauce del Rio Inambari.

En los barrios mencionados se tiene un crecimiento demográfico desordenado e incumplimiento de las normas el catastro urbano de la Municipalidad Provincial de Sandia por ende se encuentra muy expuestos a un fenómeno de inundación. Figura 96 se puede notar que en los barrios Huencalla, Los Pinos y Pio León se necesita una atención de inmediato con una medida de mitigación estructural.

4.2 EVALUACIÓN DEL NIVEL VULNERABILIDAD

Una vez determinado el área de peligro como se puede ver en la figura 59 e identificado los elementos expuestos figura 56 en el área de peligro, determinamos el nivel de vulnerabilidad utilizando el método del proceso de análisis jerárquico desarrollado por Thomas Saaty. Para llegar u obtener los niveles de vulnerabilidad se ha

analizado vulnerabilidad en dimensión social, económica y ambiental. Además, se realizó el análisis de exposición social, fragilidad y resiliencia en cada dimensión. A continuación, se detalla el desarrollo y resultados.

4.2.1 Análisis de elementos expuestos sociales, económicos y ambientales

Para obtener los pesos según la metodología aplicada se realiza la ponderación de una matriz 3x3 para los elementos expuestos tales como: exposición social, fragilidad social, resiliencia social todo ello en la dimensión social. En las tablas 58, se puede observar que el descriptor exposición social es ligeramente más importante que el descriptor resiliencia social para un análisis de inundación fluvial. De la tabla 59 Que el descriptor **exposición social** es ligeramente más importante que el descriptor **resiliencia social** para un análisis de inundación fluvial. Además, se observa que la relación de consistencia es $0.009 < 0.04$ lo cual indica que el criterio tomado es apropiado.

Tabla 58

Matriz de Comparación de pares de los elementos expuestos

DIMENSIÓN SOCIAL	Exposición social	Fragilidad social	Resiliencia Social
Exposición social	1.000	2.000	3.000
Fragilidad social	0.500	1.000	2.000
Resiliencia social	0.333	0.500	1.000
SUMA	1.833	3.500	6.000
1/SUMA	0.545	0.286	0.167

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 59

Matriz de Normalización de pares de los elementos expuestos

DIMENSIÓN SOCIAL	Exposición social	Fragilidad social	Resiliencia Social	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Exposición social	0.545	0.571	0.500	0.539
Fragilidad social	0.273	0.286	0.333	0.297
Resiliencia social	0.182	0.143	0.167	0.164
	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.005
RC	0.009

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.04

4.2.2 Análisis de la exposición en la dimensión social

Para el análisis de la dimensión social se consideró 01 parámetros de exposición social, 03 parámetros de fragilidad social y 01 parámetro de resiliencia social las que se desarrollan a continuación.

- **Parámetro densidad poblacional.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 60. En donde la población más vulnerable son aquellas viviendas que tienen 5 miembros, 6 miembros y mayores a 6 miembros. Además, en la tabla 61 que las viviendas que tienen mayor a 6 habitantes tienen un grado de importancia de 40.4% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.036 < 0.1$.

Tabla 60

Matriz de Comparación de pares del parámetro de densidad poblacional

DENSIDAD POBLACIONAL	Mayor a 6 Hab.	6	5	4	3
Mayor a 6 Hab.	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
6	0.500	1.000	2.000	4.000	5.000
5	0.333	0.500	1.000	2.000	4.000
4	0.250	0.250	0.500	1.000	3.000
3	0.200	0.200	0.250	0.333	1.000
SUMA	2.283	3.950	6.750	11.333	18.000
1/SUMA	0.438	0.253	0.148	0.088	0.056

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 61

Matriz de Normalización de pares del parámetro de densidad poblacional

DENSIDAD POBLACIONAL	Mayor a 6 Hab..	6	5	4	3	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Mayor a 6 Hab.	0.438	0.506	0.444	0.353	0.278	0.404
6	0.219	0.253	0.296	0.353	0.278	0.280
5	0.146	0.127	0.148	0.176	0.222	0.164
4	0.109	0.063	0.074	0.088	0.167	0.100
3	0.088	0.051	0.037	0.029	0.056	0.052
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.040	Índice de consistencia Relación de consistencia para matriz de 5x5 es < 0.10
RC	0.036	

- **Parámetro: Acceso a agua potable.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 62. En donde la población más vulnerable son aquellas viviendas que tienen acceso a agua potable del río o manantial cerca al río. Además, en la tabla 63 se puede apreciar que las viviendas que tienen acceso a agua potable del río o manantial cerca al río tienen un grado de importancia de 41.3% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.036 < 0.1$.

Tabla 62

Matriz de Comparación de pares del parámetro de acceso a agua potable

ACCESO A AGUA POTABLE	Río, acequia o manantial	Camión cisterna	Tanque de agua Rotoplas	Conexión a red pública pileta	Conexión a red pública vivienda
Río, acequia o manantial	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
Camión cisterna	0.500	1.000	2.000	4.000	5.000
Tanque de agua Rotoplas	0.333	0.500	1.000	2.000	4.000
Conexión a red pública pileta	0.250	0.250	0.500	1.000	3.000
Conexión a red pública vivienda	0.167	0.200	0.250	0.333	1.000
SUMA	2.250	3.950	6.750	11.333	19.000
1/SUMA	0.444	0.253	0.148	0.088	0.053

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 63

Matriz de Normalización de pares del parámetro acceso a agua potable

ACCESO A AGUA POTABLE	Rio, acequia o manantial	Camión cisterna	Tanque de agua Rotoplas	Conexión a red pública pileta	Conexión a red pública vivienda	VECTOR DE PRIORITY.
Rio, acequia o manantial	0.444	0.506	0.444	0.353	0.316	0.413
Camión cisterna	0.222	0.253	0.296	0.353	0.263	0.278
Tanque de agua Rotoplas	0.148	0.127	0.148	0.176	0.211	0.162
Conexión a red pública pileta	0.111	0.063	0.074	0.088	0.158	0.099
Conexión a red pública vivienda	0.074	0.051	0.037	0.029	0.053	0.049
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.040	Índice de consistencia
RC	0.036	Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: Acceso a energía eléctrica.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 64. En donde la población más vulnerable son aquellas viviendas que no tienen energía eléctrica o tienen mecheros. Además, en la tabla 65 se puede apreciar que las viviendas que no tienen energía eléctrica o tienen mecheros tienen un grado de importancia de 40.06% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.024 < 0.1$.

Tabla 64

Matriz de Comparación de pares del parámetro de acceso a energía eléctrica

ACCESO A ENERGÍA	No tiene, vela mechera	Panel solar	Grupo eléctrico	Luz colectiva	Red pública a vivienda
No tiene, vela mechera	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Panel solar	0.500	1.000	2.000	4.000	5.000
Grupo eléctrico	0.333	0.500	1.000	2.000	4.000
Luz colectiva	0.250	0.250	0.500	1.000	2.000
Red pública a vivienda	0.200	0.200	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.283	3.950	6.750	11.500	17.000
1/SUMA	0.438	0.253	0.148	0.087	0.059

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 65

Matriz de Normalización de pares del parámetro de acceso a energía eléctrica

ACCESO A ENERGÍA	No tiene, vela mechera	Panel solar	Grupo eléctrico	Luz colectiva	No tiene, vela mechera	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
No tiene, vela mechera	0.438	0.506	0.444	0.348	0.294	0.406
Panel solar	0.219	0.253	0.296	0.348	0.294	0.282
Grupo eléctrico	0.146	0.127	0.148	0.174	0.235	0.166
Luz colectiva	0.109	0.063	0.074	0.087	0.118	0.090
Red pública a vivienda	0.088	0.051	0.037	0.043	0.059	0.056
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.027
RC	0.024

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: acceso a red de alcantarillado.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 66. En donde la población más vulnerable son aquellas viviendas que no tienen acceso a una red de alcantarillado. Además, en la tabla 67 se puede apreciar que las viviendas que no tienen acceso a redes de desagüe tienen un grado de importancia de 42.4% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.024 < 0.1$.

Tabla 66

Matriz de Comparación de pares del parámetro de acceso a red de Alc.

ACCESO A RED DE ALCANTARILLADO	Al aire libre	Baño publico	Letrina	Pozo séptico	Conexión a red pública de alcantarillado
Al aire libre	1.000	2.000	3.000	5.000	6.000
Baño publico	0.500	1.000	2.000	4.000	5.000
Letrina	0.333	0.500	1.000	3.000	4.000
Pozo séptico	0.200	0.250	0.333	1.000	2.000
Conexión a red pública de alcantarillado	0.167	0.200	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.200	3.950	6.583	13.500	18.000
1/SUMA	0.455	0.253	0.152	0.074	0.056

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 67

Matriz de Normalización de pares del parámetro de acceso a red de Alc.

ACCESO A RED DE ALCANTARILLADO	Al aire libre	Baño publico	Letrina	Pozo séptico	Conexión a red pública de alcantarillado	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Al aire libre	0.455	0.506	0.456	0.370	0.333	0.424
Baño publico	0.227	0.253	0.304	0.296	0.278	0.272
Letrina	0.152	0.127	0.152	0.222	0.222	0.175
Pozo séptico	0.091	0.063	0.051	0.074	0.111	0.078
Conexión a red pública de alcantarillado	0.076	0.051	0.038	0.037	0.056	0.051
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.025
RC	0.022

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: Conocimiento de gestión de riesgos y desastres.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 68. En donde la población más vulnerable es aquellas que no conocen la gestión de riesgos de desastres. Además, en la tabla 69 se puede apreciar que aquellas personas que no conocen la gestión de riesgos de desastres tienen un grado de importancia de 40.60% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.030 < 0.10$.

Tabla 68

Matriz de Comparación de pares del parámetro de conocimiento de GRD

CONOCIMIENTO DE GRD	No conoce	Básico	Regular	Avanzado	Avanzado y aplicado
No conoce	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Básico	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Regular	0.333	0.500	1.000	3.000	4.000
Avanzado	0.250	0.333	0.333	1.000	2.000
Avanzado y aplicado	0.200	0.200	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.283	4.033	6.583	11.500	17.000
1/SUMA	0.438	0.248	0.152	0.087	0.059

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 69

Matriz de Normalización de pares del parámetro de conocimiento de GRD

CONOCIMIENTO DE GRD	No conoce	Básico	Regular	Avanzado	Avanzado y aplicado	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
No conoce	0.438	0.496	0.456	0.348	0.294	0.406
Básico	0.219	0.248	0.304	0.261	0.294	0.265
Regular	0.146	0.124	0.152	0.261	0.235	0.184
Avanzado	0.109	0.083	0.051	0.087	0.118	0.089
Avanzado y aplicado	0.088	0.050	0.038	0.043	0.059	0.055
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.033
RC	0.030

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: distancia de vivienda a la zona de peligro.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 70. En donde la población más vulnerable son aquellas viviendas que están cerca al cauce a menos de 5 metros. Además, en la tabla 71 se puede apreciar que las viviendas que están cerca al cauce a menos de 5 metros tienen un grado de importancia de 40.02% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.027 < 0.10$.

Tabla 70

Matriz de Comparación de pares del parámetro distancia vivienda a la zona de peligro

DISTANCIA DE VIVIENDA A LA ZONA DE PELIGRO	En el cauce	A 5 metros	A 15 metros	A 30 metros	Mayor a 30 metros
En el cauce	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
A 5 metros	0.500	1.000	3.000	4.000	5.000
A 15 metros	0.333	0.333	1.000	2.000	3.000
A 30 metros	0.250	0.250	0.500	1.000	2.000
Mayor a 30 metros	0.200	0.200	0.333	0.500	1.000
SUMA	2.283	3.783	7.833	11.500	16.000
1/SUMA	0.438	0.264	0.128	0.087	0.063

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 71

Matriz de Normalización de pares del parámetro distancia vivienda a la zona de peligro

DISTANCIA DE VIVIENDA A LA ZONA DE PELIGRO	En el cauce	A 5 metros	A 15 metros	A 30 metros	Mayor a 30 metros	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
En el cauce	0.438	0.529	0.383	0.348	0.313	0.402
A 5 metros	0.219	0.264	0.383	0.348	0.313	0.305
A 15 metros	0.146	0.088	0.128	0.174	0.188	0.145
A 30 metros	0.109	0.066	0.064	0.087	0.125	0.090
Mayor a 30 metros	0.088	0.053	0.043	0.043	0.063	0.058
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.030
RC	0.027

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: material de pared.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 72. En donde las viviendas que tienen como material de pared de triplay, madera, adobe y barro con piedra. Además, en la tabla 73 se puede apreciar que las viviendas que tienen como material de pared de triplay y madera tienen un grado de importancia de 39.99% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.052 < 0.10$.

Tabla 72

Matriz de Comparación de pares del parámetro material de pared

MATERIAL DE PARED	Triplay o madera	Adobe	Barro con piedra	Ladrillo	Concreto
Triplay o madera	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Adobe	0.500	1.000	3.000	4.000	4.000
Barro con piedra	0.333	0.333	1.000	2.000	4.000
Ladrillo	0.250	0.250	0.500	1.000	3.000
Concreto	0.200	0.250	0.250	0.333	1.000
SUMA	2.283	3.833	7.750	11.333	17.000
1/SUMA	0.438	0.261	0.129	0.088	0.059

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 73

Matriz de Normalización de pares del parámetro material de pared

MATERIAL DE PARED	Triplay o madera	Adobe	Barro con piedra	Ladrillo	Concreto	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Triplay o madera	0.438	0.522	0.387	0.353	0.294	0.399
Adobe	0.219	0.261	0.387	0.353	0.235	0.291
Barro con piedra	0.146	0.087	0.129	0.176	0.235	0.155
Ladrillo	0.109	0.065	0.065	0.088	0.176	0.101
Concreto	0.088	0.065	0.032	0.029	0.059	0.055
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.058
RC	0.052

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro estado de conservación.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 74. En donde las viviendas con un estado de conservación malo y muy malo son los más vulnerables. Además, en la tabla 73 se puede apreciar que las viviendas con un estado de conservación malo y muy malo tienen un grado de importancia de 42.3% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.031 < 0.10$.

Tabla 74

Matriz de Comparación de pares del parámetro de estado de conservación

ESTADO DE CONSERVACIÓN	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo	1.000	2.000	3.000	5.000	6.000
Malo	0.500	1.000	3.000	4.000	4.000
Regular	0.333	0.333	1.000	2.000	4.000
Bueno	0.200	0.250	0.500	1.000	2.000
Muy bueno	0.167	0.250	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.200	3.833	7.750	12.500	17.000
1/SUMA	0.455	0.261	0.129	0.080	0.059

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 75

Matriz de Normalización de pares del parámetro material de pared

ESTADO DE CONSERVACIÓN	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Muy malo	0.455	0.522	0.387	0.400	0.353	0.423
Malo	0.227	0.261	0.387	0.320	0.235	0.286
Regular	0.152	0.087	0.129	0.160	0.235	0.153
Bueno	0.091	0.065	0.065	0.080	0.118	0.084
Muy bueno	0.076	0.065	0.032	0.040	0.059	0.054
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.035
RC	0.031

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: Tipo de actividad productiva.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 76. En donde las familias que se dedican a una actividad económica asalariado o comerciante son los más vulnerables. Además, en la tabla 77 se puede apreciar que las familias que se dedican a una actividad económica asalariado o comerciante tienen un grado de importancia de 40.01% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.038 < 0.10$.

Tabla 76

Matriz de Comparación de pares del parámetro tipo de actividad productiva

TIPO DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	Asalariado	Comerciante	Transportista	Profesional independiente	Empresario
Asalariado	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Comerciante	0.500	1.000	3.000	4.000	4.000
Transportista	0.333	0.333	1.000	2.000	4.000
Profesional independiente	0.250	0.250	0.500	1.000	2.000
Empresario	0.200	0.250	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.283	3.833	7.750	11.500	16.000
1/SUMA	0.438	0.261	0.129	0.087	0.063

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 77

Matriz de Normalización de pares del parámetro tipo de actividad productiva

TIPO DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	Asalariado	Comerciante	Transportista	Profesional independiente	Empresario	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Asalariado	0.438	0.522	0.387	0.348	0.313	0.401
Comerciante	0.219	0.261	0.387	0.348	0.250	0.293
Transportista	0.146	0.087	0.129	0.174	0.250	0.157
Profesional independiente	0.109	0.065	0.065	0.087	0.125	0.090
Empresario	0.088	0.065	0.032	0.043	0.063	0.058

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.043
RC	0.038

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: ingreso familiar mensual.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 78. En donde las familias que perciben un ingreso familiar mensual de S/ 1025.00 a S/ 1,300.00 soles son los más vulnerables. Además, en la tabla 79 se puede apreciar que las familias que perciben un ingreso familiar mensual de S/ 1025.00 a S/ 1,300.00 tienen un grado de importancia de 41.30% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de 0.021 < 0.10.

Tabla 78

Matriz de Comparación de pares del parámetro ingreso familiar mensual

INGRESO FAMILIAR MENSUAL	Menos de S/ 1025	Entre S/ 1025 a 1300	Entre S/ 1300 a 2500	Entre 2500 a 4000	Mayor a S/ 4000
Menos de S/ 1025	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Entre S/ 1025 a 1300	0.500	1.000	2.000	3.000	4.000
Entre S/ 1300 a 2500	0.333	0.500	1.000	2.000	4.000
Entre 2500 a 4000	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
Mayor a S/ 4000	0.200	0.250	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.283	4.083	6.750	10.500	16.000
1/SUMA	0.438	0.245	0.148	0.095	0.063

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 79

Matriz de Normalización de pares del parámetro ingreso familiar mensual

INGRESO FAMILIAR MENSUAL	Menos de S/ 1025	Entre S/ 1025 a 1300	Entre S/ 1300 a 2500	Entre 2500 a 4000	Mayor a S/ 4000	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Menos de S/ 1025	0.438	0.490	0.444	0.381	0.313	0.413
Entre S/ 1025 a 1300	0.219	0.245	0.296	0.286	0.250	0.259
Entre S/ 1300 a 2500	0.146	0.122	0.148	0.190	0.250	0.171
Entre 2500 a 4000	0.109	0.082	0.074	0.095	0.125	0.097
Mayor a S/ 4000	0.088	0.061	0.037	0.048	0.063	0.059
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.024
RC	0.021

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: distancia vivienda a botadero.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 80. En donde las viviendas que esta ubicados a lado de un botadero o menor a 10 metros son los más vulnerables. Además, en la tabla 81 se puede apreciar que las viviendas que esta ubicados a lado de un botadero o menor a 10 metros tienen un grado de importancia de 41.10% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.020 < 0.10$.

Tabla 80

Matriz de Comparación de pares del parámetro distancia de vivienda al botadero

DISTANCIA VIVIENDA A BOTADERO	A lado del botadero	A 10 m	A 30 m	A 100 m	Mayor a 100 m
A lado del botadero	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
A 10 m	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
A 30 m	0.333	0.500	1.000	2.000	4.000
A 100 m	0.250	0.333	0.500	1.000	2.000
Mayor a 100 m	0.200	0.200	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.283	4.033	6.750	10.500	17.000
1/SUMA	0.438	0.248	0.148	0.095	0.059

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 81

Matriz de Normalización de pares del parámetro distancia viv. al botadero

DISTANCIA VIVIENDA A BOTADERO	A lado del botadero	A 10 m	A 30 m	A 100 m	Mayor a 100 m	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
A lado del botadero	0.438	0.496	0.444	0.381	0.294	0.411
A 10 m	0.219	0.248	0.296	0.286	0.294	0.269
A 30 m	0.146	0.124	0.148	0.190	0.235	0.169
A 100 m	0.109	0.083	0.074	0.095	0.118	0.096
Mayor a 100 m	0.088	0.050	0.037	0.048	0.059	0.056
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.023
RC	0.020

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: disposición de residuos sólidos.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 82. En donde los pobladores que tienen como disposición de residuos sólidos el cauce del río o a la interperie son los más vulnerables. Además, en la tabla 83 se puede apreciar que los pobladores que tienen como disposición de residuos sólidos el cauce del río o a la interperie tienen un grado de importancia de 40.60% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.030 < 0.10$.

Tabla 82

Matriz de Comparación de pares del parámetro de disposición de residuos sólidos.

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Al cauce	Al interperie	Contendor municipal	Camión recolector municipal	Relleno sanitario
Al cauce	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Al interperie	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Contendor municipal	0.333	0.500	1.000	3.000	4.000
Camión recolector municipal	0.250	0.333	0.333	1.000	2.000
Relleno sanitario	0.200	0.200	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.283	4.033	6.583	11.500	17.000
1/SUMA	0.438	0.248	0.152	0.087	0.059

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 83

Matriz de Normalización de pares del parámetro de disposición de residuos sólidos.

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Al cauce	Al interperie	Contendor municipal	Camión recolector municipal	Relleno sanitario	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Al cauce	0.438	0.496	0.456	0.348	0.294	0.406
Al interperie	0.219	0.248	0.304	0.261	0.294	0.265
Contendor municipal	0.146	0.124	0.152	0.261	0.235	0.184
Camión recolector municipal	0.109	0.083	0.051	0.087	0.118	0.089
Relleno sanitario	0.088	0.050	0.038	0.043	0.059	0.055
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.033	Índice de consistencia Relación de consistencia < 0.10
RC	0.030	

- **Parámetro: disposición de residuos líquidos.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 84. En donde los pobladores que tienen como disposición de residuos líquidos el cauce del río o a la interperie son los más vulnerables. Además, en la tabla 85 se puede apreciar que los pobladores que tienen como disposición de residuos líquidos el cauce del río o a la interperie tienen un grado de importancia de 40.40% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.043 < 0.10$.

Tabla 84

Matriz de Comparación de pares del parámetro de disposición de residuos líquidos

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS	Al cauce	Al interperie	Pozo ciego	UBS	Planta de tratamiento de aguas residuales
Al cauce	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Al interperie	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
Pozo ciego	0.333	0.500	1.000	3.000	4.000
UBS	0.250	0.333	0.333	1.000	3.000
Planta de tratamiento de aguas residuales	0.200	0.200	0.250	0.333	1.000
SUMA	2.283	4.033	6.583	11.333	18.000
1/SUMA	0.438	0.248	0.152	0.088	0.056

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 85

Matriz de Normalización de pares del parámetro de disposición de residuos líquidos

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS	Al cauce	Al interperie	Pozo ciego	UBS	Planta de tratamiento de aguas residuales	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
Al cauce	0.438	0.496	0.456	0.353	0.278	0.404
Al interperie	0.219	0.248	0.304	0.265	0.278	0.263
Pozo ciego	0.146	0.124	0.152	0.265	0.222	0.182
UBS	0.109	0.083	0.051	0.088	0.167	0.100
Planta de tratamiento de aguas residuales	0.088	0.050	0.038	0.029	0.056	0.052
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.048
RC	0.043

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

- **Parámetro: conocimiento de conservación ambiental.** La ponderación de este parámetro se puede ver en la tabla 86. En donde los pobladores que no conocen o conocen lo básico sobre conservación ambiental son los más vulnerables. Además, en la tabla 87 se puede apreciar que los pobladores que no conocen o conocen lo básico sobre conservación ambiental tienen un grado de importancia de 40.80% para el análisis de inundación fluvial y el valor de la relación de consistencia es de $0.035 < 0.10$.

Tabla 86

Matriz de Comparación de pares del parámetro de conocimiento de conservación ambiental.

CONOCIMIENTO DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL	No conoce	Básico	Regular	Avanzado	Avanzado y aplicado
No conoce	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
Básico	0.500	1.000	3.000	4.000	5.000
Regular	0.333	0.333	1.000	2.000	3.000
Avanzado	0.250	0.250	0.500	1.000	3.000
Avanzado y aplicado	0.167	0.200	0.333	0.333	1.000
SUMA	2.250	3.783	7.833	11.333	18.000
1/SUMA	0.444	0.264	0.128	0.088	0.056

Nota: En la tabla se puede visualizar la ponderación de los descriptores.

Tabla 87

Matriz de Normalización de pares del parámetro de conocimiento de conservación ambiental

CONOCIMIENTO DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL	No conoce	Básico	Regular	Avanzado	Avanzado y aplicado	VECTOR DE PRIORIZACIÓN
No conoce	0.444	0.529	0.383	0.353	0.333	0.408
Básico	0.222	0.264	0.383	0.353	0.278	0.300
Regular	0.148	0.088	0.128	0.176	0.167	0.141
Avanzado	0.111	0.066	0.064	0.088	0.167	0.099
Avanzado y aplicado	0.074	0.053	0.043	0.029	0.056	0.051
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota: En la tabla se puede visualizar los pesos para cada descriptor.

IC	0.039
RC	0.035

Índice de consistencia
Relación de consistencia < 0.10

4.2.3 Cálculo del nivel de vulnerabilidad

De los resultados de las tablas N° 59, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85 y 87 se obtiene la tabla 88, 89 y 90 los cuales vienen a ser los análisis de vulnerabilidad en la dimensión social, económica y ambiental, donde se puede apreciar los pesos y valores para la dimensión social, económica y ambiental. A continuación, se muestran los resultados del análisis jerárquico para obtener los niveles de Vulnerabilidad y sus respectivos rangos.

Tabla 88

Valor de la dimensión social

DIMENSION SOCIAL																	
EXPOSICION				FRAGILIDAD								RESILIENCIA				VALOR DIMENSION SOCIAL	PESO DIMENSION SOCIAL
DENSIDAD POBLACIONAL		Valor Exposición social	Peso Exposición Social	ACCESO A AGUA POTABLE		ACCESO A ENERGIA		ACCESO A ALCANTARILLADO		Valor Fragilidad social	Peso Fragilidad Social	CONOCIMIENTO DE GRD		Valor Resiliencia social	Peso Resiliencia Social		
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc				
1.000	0.404	0.404	0.539	0.595	0.413	0.277	0.406	0.129	0.424	0.412	0.297	1.000	0.406	0.406	0.164	0.407	0.400
1.000	0.280	0.280	0.539	0.595	0.278	0.277	0.282	0.129	0.272	0.278	0.297	1.000	0.265	0.265	0.164	0.277	0.400
1.000	0.164	0.164	0.539	0.595	0.162	0.277	0.166	0.129	0.175	0.165	0.297	1.000	0.184	0.184	0.164	0.167	0.400
1.000	0.100	0.100	0.539	0.595	0.099	0.277	0.090	0.129	0.078	0.094	0.297	1.000	0.089	0.089	0.164	0.097	0.400
1.000	0.052	0.052	0.539	0.595	0.049	0.277	0.056	0.129	0.051	0.051	0.297	1.000	0.055	0.055	0.164	0.052	0.400

Nota: En la tabla se puede visualizar los valores y pesos en la dimensión social.

Tabla 89

Valores de la dimensión económica

DIMENSION ECONOMICA																	
EXPOSICION				FRAGILIDAD								RESILIENCIA				VALOR DIMENSION ECONOMICA	PESO DIMENSION ECONOMICA
DISTANCIA DE VIVIENDA A LA ZONA DE PELIGRO	Valor Exposición Económica	Peso Exposición Económica	MATERIAL DE PARED	ESTADO DE CONSERVACION		TIPO DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA		Valor Fragilidad Económica	Peso Fragilidad Económica	INGRESO FAMILIAR MENSUAL	Valor Resiliencia Económica	Peso Resiliencia Económica	VALOR DIMENSION ECONOMICA	PESO DIMENSION ECONOMICA			
				Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc								Ppar		
1.000	0.402	0.402	0.539	0.557	0.399	0.320	0.423	0.123	0.401	0.407	0.297	1.000	0.413	0.413	0.164	0.405	0.400
1.000	0.305	0.305	0.539	0.557	0.291	0.320	0.286	0.123	0.293	0.290	0.297	1.000	0.259	0.259	0.164	0.293	0.400
1.000	0.145	0.145	0.539	0.557	0.155	0.320	0.153	0.123	0.157	0.154	0.297	1.000	0.171	0.171	0.164	0.152	0.400
1.000	0.090	0.090	0.539	0.557	0.101	0.320	0.084	0.123	0.090	0.094	0.297	1.000	0.097	0.097	0.164	0.092	0.400
1.000	0.058	0.058	0.539	0.557	0.055	0.320	0.054	0.123	0.058	0.055	0.297	1.000	0.059	0.059	0.164	0.057	0.400

Nota: En la tabla se puede visualizar los valores y pesos en la dimensión económica.

Tabla 90

Valor dimensión ambiental.

DIMENSION AMBIENTAL															
EXPOSICION				FRAGILIDAD						RESILIENCIA				VALOR DIMENSION AMBIENTAL	PESO DIMENSION AMBIENTAL
DISTANCIA VIVIENDA A BOTADERO	Valor Exposición Ambiental	Peso Exposición Ambiental	DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS	DISPOSICION DE RESIDUOS LIQUIDOS		Valor Fragilidad Ambiental	Peso Fragilidad Ambiental	CONOCIMIENTO DE CONSERVACION AMBIENTAL	Valor Resiliencia social	Peso Resiliencia Social	VALOR DIMENSION AMBIENTAL	PESO DIMENSION AMBIENTAL			
				Ppar	Pdesc								Ppar		
1.000	0.411	0.411	0.539	0.600	0.406	0.400	0.404	0.405	0.297	1.000	0.408	0.408	0.164	0.409	0.200
1.000	0.269	0.269	0.539	0.600	0.265	0.400	0.263	0.264	0.297	1.000	0.300	0.300	0.164	0.272	0.200
1.000	0.169	0.169	0.539	0.600	0.184	0.400	0.182	0.183	0.297	1.000	0.141	0.141	0.164	0.168	0.200
1.000	0.096	0.096	0.539	0.600	0.089	0.400	0.100	0.093	0.297	1.000	0.099	0.099	0.164	0.096	0.200
1.000	0.056	0.056	0.539	0.600	0.055	0.400	0.052	0.054	0.297	1.000	0.051	0.051	0.164	0.055	0.200

Nota: En la tabla se puede visualizar los valores y pesos en la dimensión ambiental.

Los valores de los niveles vulnerabilidad ante una inundación fluvial en el Rio inambari del distrito de sandia en el área de investigación se muestra en la tabla 91. Además, en la tabla 92 muestra los rangos y niveles de vulnerabilidad.

Tabla 91

Valores de vulnerabilidad

VALOR DE ELEMENTOS EXPUESTOS						VULNERABILIDAD
VALOR DIMENSION SOCIAL	PESO DIMENSION SOCIAL	VALOR DIMENSION ECONOMICA	PESO DIMENSION ECONOMICA	VALOR DIMENSION AMBIENTAL	PESO DIMENSION AMBIENTAL	
0.407	0.400	0.405	0.400	0.409	0.200	0.407
0.277	0.400	0.293	0.400	0.272	0.200	0.282
0.167	0.400	0.152	0.400	0.168	0.200	0.161
0.097	0.400	0.092	0.400	0.096	0.200	0.095
0.052	0.400	0.057	0.400	0.055	0.200	0.055

Nota: En la tabla se puede visualizar los valores de vulnerabilidad.

Tabla 92

Niveles de vulnerabilidad

RANGO			NIVELES DE VULNERABILIDAD
0.282	$\leq V \leq$	0.407	MUY ALTO
0.161	$\leq V <$	0.282	ALTO
0.095	$\leq V <$	0.161	MEDIO
0.055	$\leq V <$	0.095	BAJO

Nota: En la tabla se puede visualizar los rangos y niveles de vulnerabilidad.

En la tabla 93 se puede apreciar la estratificación de los niveles de peligro, en donde se puede observar que es lo que predomina en cada nivel de vulnerabilidad, además, se puede observar que las viviendas de 6 habitantes a mayores, con distancia de viviendas a la zona de peligro de 5 a 15 metros son los que tienen un peligro de vulnerabilidad de alto y muy alto.

Tabla 93

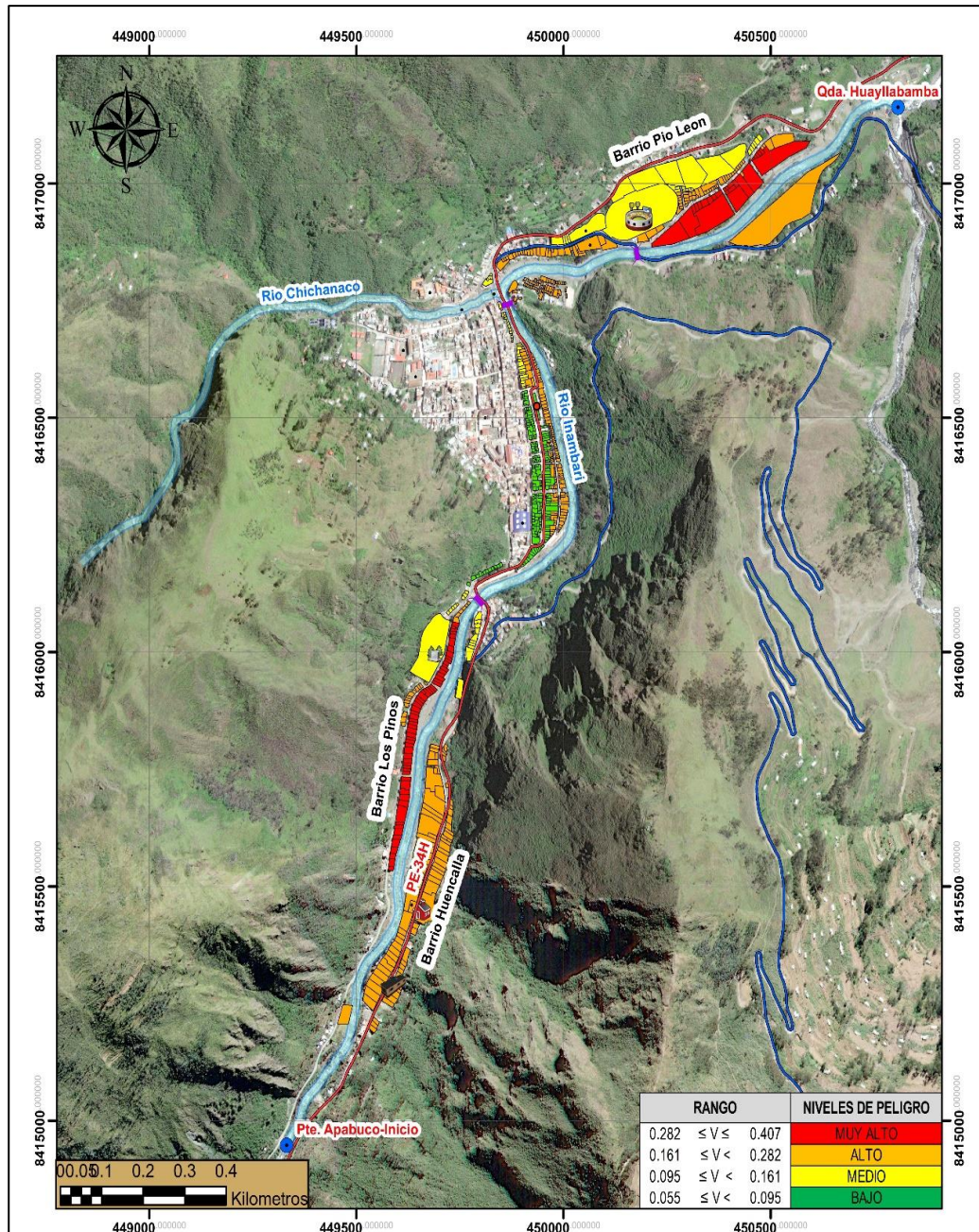
Estratificación del nivel de vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	RANGOS
VULNERABILIDAD MUY ALTO	Predomina una densidad poblacional mayor a 6 Hab., Con a acceso a agua del río o manantial, con personas que no conocen sobre la gestión de riesgos y desastres, con viviendas ubicadas cerca al cauce, con material predominante de pared de triplay o madera, con un estado de conservación muy malo, con un ingreso familiar mensual de menor que S/ 1,025.00 con viviendas ubicadas en la periferia de un botadero, con habitantes que no conocen sobre la conservación ambiental.	0.282 ≤ V ≤ 0.407
VULNERABILIDAD ALTO	Predomina una densidad poblacional entre 5 a 6 Hab., Con a acceso a agua de un camión cisterna, con personas que conocen sobre la gestión de riesgos y desastres a nivel básico, con una distancia de las viviendas al río de 5 metros, con material predominante de pared de adobe, con un estado de conservación malo, con un ingreso familiar mensual de S/ 1,025.00 a 1300, con viviendas ubicadas a 10 metros de un botadero, con habitantes de conocimiento básico sobre la conservación ambiental.	0.161 ≤ V < 0.283
VULNERABILIDAD MEDIO	Predomina una densidad poblacional entre 4 a 5 Hab., Con a acceso a agua de un tanque de agua, con personas que conocen sobre la gestión de riesgos y desastres a nivel regular, con una distancia de las viviendas al río de 15 metros, con material predominante de pared de piedra con barro, con un estado de conservación malo, con un ingreso familiar mensual de S/ 1,300.00 a 2,500.00, con viviendas ubicadas a 30 metros de un botadero, con habitantes de conocimiento regular sobre la conservación ambiental.	0.095 ≤ V < 0.161
VULNERABILIDAD BAJO	Predomina una densidad poblacional entre 3 a 4 Hab., Con a acceso a agua a la red de agua potable, con personas que conocen sobre la gestión de riesgos y desastres a nivel avanzado, con una distancia de las viviendas al río de 30 metros, con material predominante de pared de ladrillo, con un estado de conservación bueno, con un ingreso familiar mensual de S/ 2,500.00 a 4,000.00, con viviendas ubicadas a 100 metros de un botadero, con habitantes de conocimiento avanzado sobre la conservación ambiental.	0.055 ≤ V < 0.095

Nota: En la tabla se puede visualizar la estratificación de los niveles de vulnerabilidad.

Figura 60

Mapa de Vulnerabilidad



Nota: En la figura se puede visualizar el mapa de vulnerabilidad, 2023.

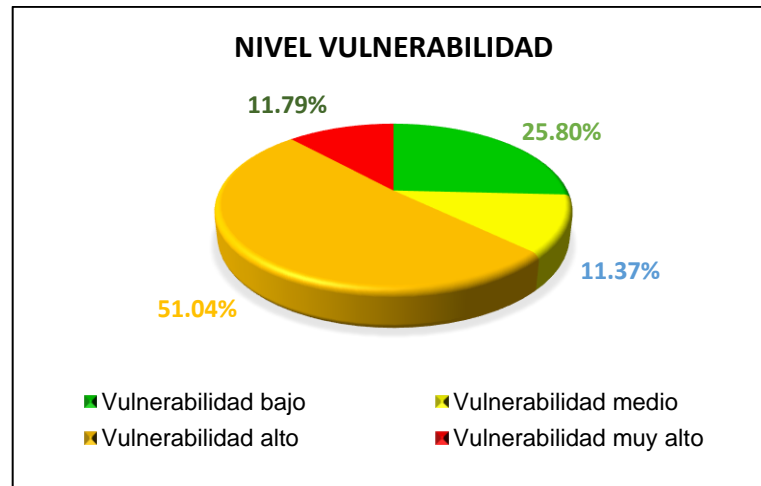
- **Análisis**

La figura 60 muestra en mapa de vulnerabilidad en el área de estudio en donde se puede ver que el Barrio Huencalla tiene un nivel de vulnerabilidad alto, el

Barrio los Pinos tiene una vulnerabilidad muy alto y el barrio Pio León tiene un nivel de vulnerabilidad muy alto. Debido a que las viviendas se encuentran a menos de 10 metros del cauce del Rio Inambari.

Figura 61

Número de viviendas por nivel de vulnerabilidad.



Nota: En la figura se puede visualizar los % viviendas por nivel de vulnerabilidad, 2023.

De la figura 61 se puede observar que:

- El 25.80% (187 viviendas) de las viviendas evaluadas tienen un nivel de vulnerabilidad bajo.
 - El 11.37% (82 viviendas) de las viviendas evaluadas tienen un nivel de vulnerabilidad medio.
 - El 51.04% (368 viviendas) de las viviendas evaluadas tienen un nivel de vulnerabilidad alto.
 - El 11.79% (85 viviendas) de las viviendas evaluadas tienen un nivel de vulnerabilidad Muy alto.
- **Comentario**

En el área de estudio se tiene elementos expuestos con nivel de vulnerabilidad muy alto tales como: Tres Puentes Vehiculares, 01 piscina y una institución educativa secundaria. No hay suficiente control por parte de la

Municipalidad para hacer respetar la faja marginal del Rio. Actualmente el Rio Inambari viene siendo contaminado con residuos sólidos y aguas residuales y materiales hospitalarios.

4.3 EVALUACIÓN DEL NIVEL RIESGO

4.3.1 Niveles del riesgo

El valor de riesgo por inundación fluvial se muestra en la tabla 94. Previamente determinado los valores de peligro y vulnerabilidad. los niveles de riesgo se observan en la figura 62 estratificados de acuerdo al manual de evaluación de riesgos y desastres CENEPRED 2015.

Tabla 94

Valor de riesgo por inundación fluvial

PELIGRO (P)	VULNERABILIDAD (V)	RIESGO $R=P*V$
0.482	0.407	0.196
0.353	0.282	0.100
0.283	0.161	0.046
0.247	0.095	0.023
0.226	0.055	0.012

Nota: En la tabla se puede visualizar los valores de riesgo por inundación fluvial, 2023.

Figura 62

Niveles de Riesgo ante una inundación fluvial

RANGO			NIVELES DE RIESGO
0.100	$\leq P \leq$	0.196	MUY ALTO
0.046	$\leq P <$	0.100	ALTO
0.023	$\leq P <$	0.046	MEDIO
0.012	$\leq P <$	0.023	BAJO

Nota: En la figura se puede visualizar los rangos y niveles de riesgo, 2023.

En la tabla 95 se observa estratificación del nivel de riesgo lo cual nos indica que parámetros influyen en cada nivel de Riesgo.

Tabla 95

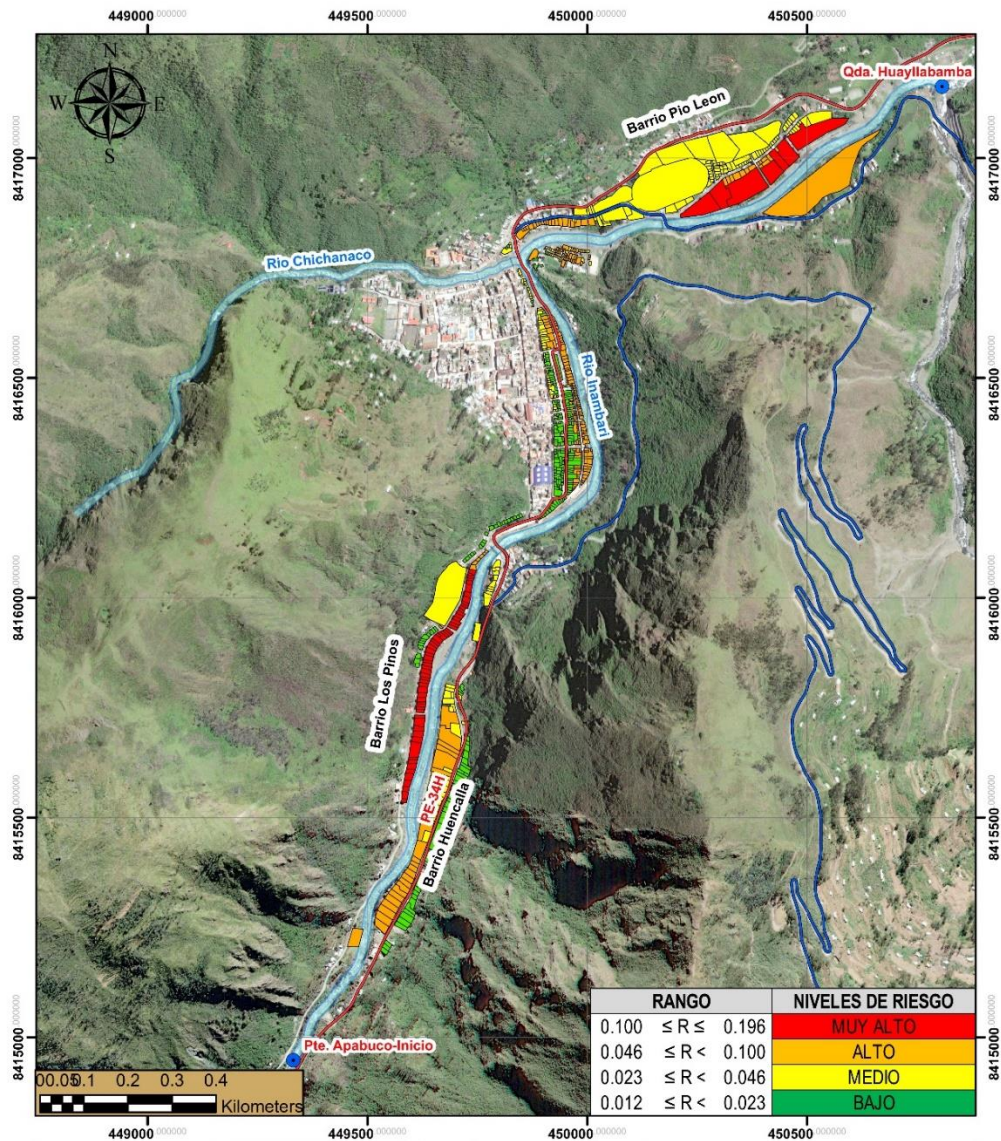
Estratificación de Nivel de Riesgo

NIVELES DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	RANGOS
RIESGO MUY ALTO	Predomina un caudal de 220m ³ /s (Periodo de Retorno 200años), altura de inundación mayor 8 m, con tipo de suelo ubicada área de tejido urbano, con un pendiente plano de 0° - 5°, ubicada en una Terraza baja aluvial, con una formación geológica de suelo de depósitos fluviales. Predomina una densidad poblacional mayor a 6 Hab., Con a acceso a agua del rio o manantial, con personas que no conocen sobre la gestión de riesgos y desastres, con viviendas ubicadas cerca al cauce, con material predominante de pared de triplay o madera, con un estado de conservación muy malo, con un ingreso familiar mensual de menor que S/ 1,025.00 con viviendas ubicadas en la periferia de un botadero, con habitantes que no conocen sobre la conservación ambiental.	0.100 ≤ V ≤ 0.196
RIESGO ALTO	Predomina un caudal de 176m ³ /s para un (Periodo de Retorno 100 años), altura de inundación entre 6 a 8 metros, con tipo de suelo ubicada área de tejido urbano continuo, con un pendiente moderadamente inclinado de 5° - 20°, ubicada en Planicies y valles aluviales con terrazas indiferenciadas, con una formación geológica de suelo de depósitos aluviales. Predomina una densidad poblacional entre 5 a 6 Hab., Con a acceso a agua de un camión cisterna, con personas que conocen sobre la gestión de riesgos y desastres a nivel básico, con una distancia de las viviendas al rio de 5 metros, con material predominante de pared de adobe, con un estado de conservación malo, con un ingreso familiar mensual de S/ 1,025.00 a 1300, con viviendas ubicadas a 10 metros de un botadero, con habitantes de conocimiento básico sobre la conservación ambiental.	0.046 ≤ V < 0.100
RIESGO MEDIO	Predomina un caudal de 139m ³ /s para un (Periodo de Retorno 50 años), altura de inundación entre 4 a 6 metros, con tipo de suelo Herbazal denso (chilligua), con un pendiente inclinado de 20° - 35°, ubicada en Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial, con una formación geológica sandia. Predomina una densidad poblacional entre 4 a 5 Hab., Con a acceso a agua de un tanque de agua, con personas que conocen sobre la gestión de riesgos y desastres a nivel regular, con una distancia de las viviendas al rio de 15 metros, con material predominante de pared de piedra con barro, con un estado de conservación malo, con un ingreso familiar mensual de S/ 1,300.00 a 2,500.00, con viviendas ubicadas a 30 metros de un botadero, con habitantes de conocimiento regular sobre la conservación ambiental.	0.023 ≤ V < 0.046
RIESGO BAJO	Predomina un caudal entre 77 a 109 m ³ /s (Periodo de Retorno 25 años), altura de inundación entre 2-4 metros, con tipo de suelo Herbazal denso (Ichu), con un pendiente inclinado de mayor a 45°, ubicada en terraza alta, con una formación geológica de Chichanaco y Ananea. Predomina una densidad poblacional entre 3 a 4 Hab., Con a acceso a agua a la red de agua potable, con personas que conocen sobre la gestión de riesgos y desastres a nivel avanzado, con una distancia de las viviendas al rio de 30 metros, con material predominante de pared de ladrillo, con un estado de conservación bueno, con un ingreso familiar mensual de S/ 2,500.00 a 4,000.00, con viviendas ubicadas a 100 metros de un botadero, con habitantes de conocimiento avanzado sobre la conservación ambiental.	0.012 ≤ V < 0.023

Nota: En la tabla se puede visualizar la estratificación de los descriptores en cada nivel de riesgo.

Figura 63

Mapa de Riesgo



Nota: En la figura se puede visualizar el mapa de peligro en el año 2023.

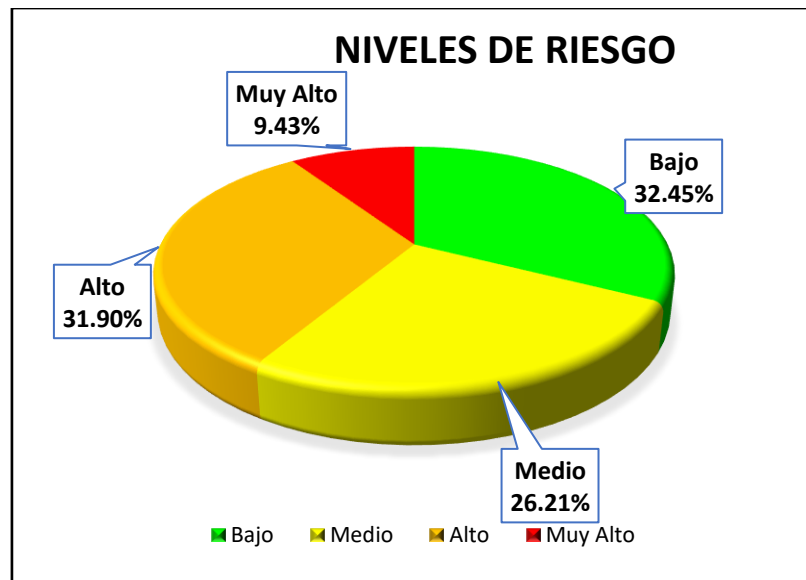
- **Análisis**

La figura 63 muestra en mapa de Riesgo en el área de estudio en donde se puede ver que el Barrio Huencalla tiene un nivel de riesgo alto, el Barrio los Pinos tiene un riesgo muy alto y el barrio Pio León tiene un nivel de riesgo muy

alto. Debido a que las viviendas se encuentran a menos de 10 metros del cauce del Rio Inambari.

Figura 64

Nivel de Riesgo por Viviendas.



De la figura 64 se puede observar que:

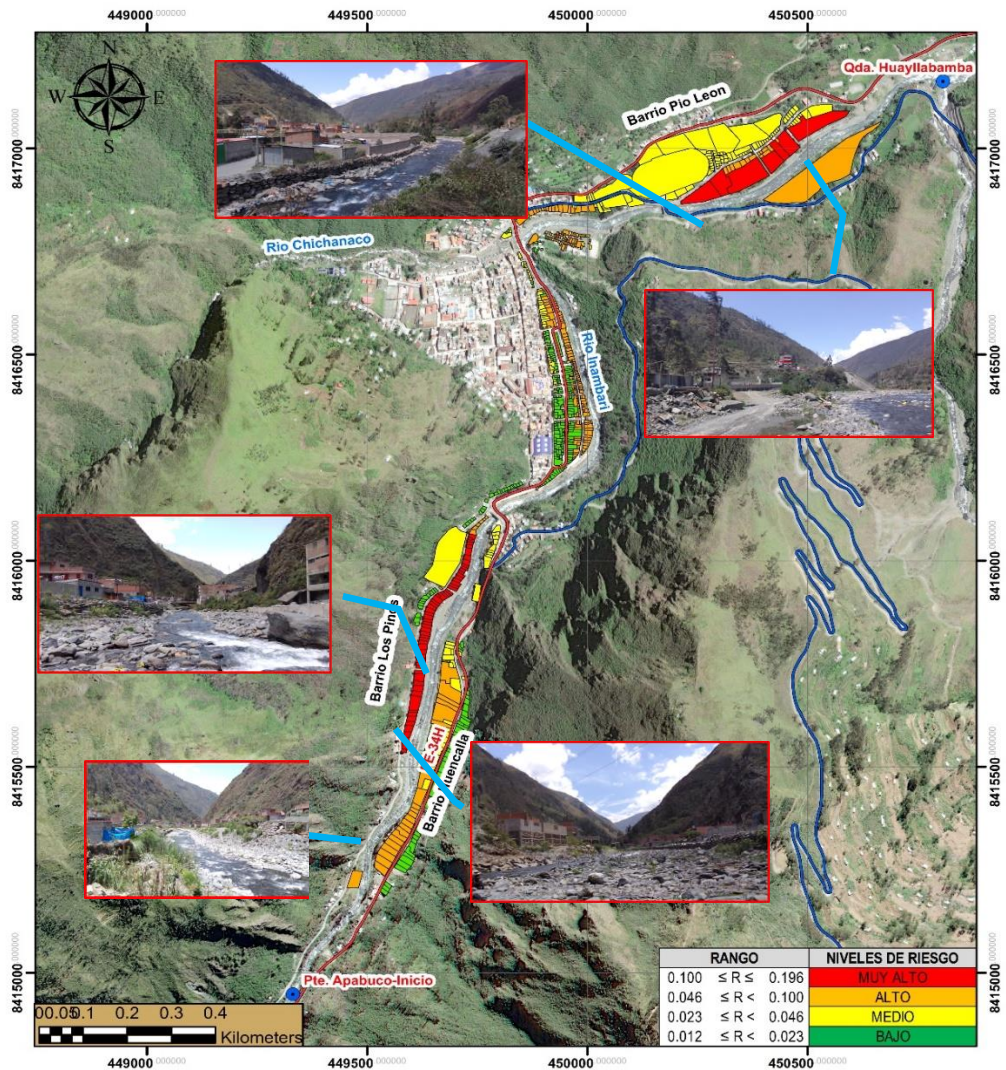
- El 32.45% (234 viviendas) de las viviendas evaluadas tienen un nivel de Riesgo bajo ante un evento de inundación fluvial del rio inambari de Sandia.
- El 26.21% (189 viviendas) de las viviendas evaluadas tienen un nivel de riesgo medio ante un evento de inundación fluvial del rio inambari de Sandia.
- El 31.90% (230 viviendas) de las viviendas evaluadas tienen un nivel de riesgo alto ante un evento de inundación fluvial del rio inambari de Sandia.
- El 9.43% (68 viviendas) de las viviendas evaluadas tienen un nivel de riesgo Muy alto ante un evento de inundación fluvial del rio inambari de Sandia.

- **Comentario**

En el área de estudio se tiene elementos expuestos con nivel de riesgo muy alto tales como: Tres Puentes Vehiculares, 01 piscina y una institución educativa secundaria. No hay suficiente control por parte de la Municipalidad para hacer respetar la faja marginal del Rio. Actualmente el Rio Inambari viene siendo contaminado con residuos sólidos y aguas residuales y materiales hospitalarios.

Figura 65

Mapa de Riesgo por inundación fluvial.



Nota: En la figura se muestra el mapa de riesgo con situación actual.

En la figura 65 se puede observar que el nivel de peligro más alto y alto están en las zonas las viviendas han ocupado parte la faja marginal del río. Además de no contar con ninguna mitigación estructural como muro de contención y otros.

4.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO

Como uno de los objetivos de esta investigación es proponer medidas de mitigación estructural y no estructural, para la reducción de Riesgo ante una inundación fluvial en el tramo de estudio. A continuación, se menciona las propuestas de mitigación.

Cuadro de factores relacionados a inundaciones.

Respuestas	Causas	Presiones	Caracterización	Impactos
Medidas estructurales - Muros de contención - Construcción de enrocados	-Precipitación -Características de la cuenca. -Incremento anómalo del caudal.	-Cambio Climático -Cambios en el uso de suelos urbanización	-Tipos de avenidas -Probabilidad de ocurrencia	Daños socioeconómicos, Medioambientales
Medidas no estructurales - Alerta Temprana - Ordenamiento territorial - Seguros.				

4.4.1 Medidas estructurales

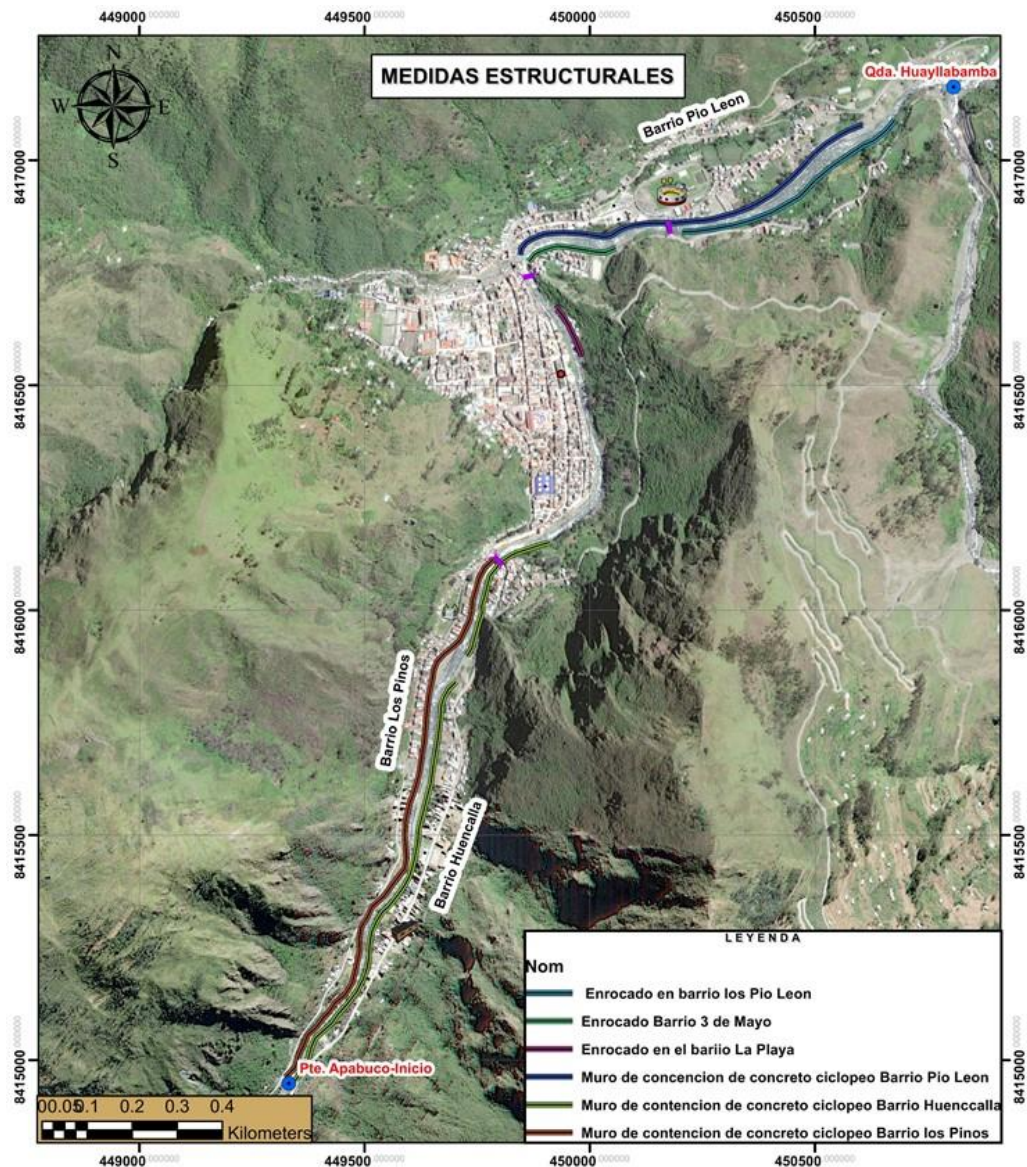
Según el mapa de Riesgos de esta investigación figura 65 se plantea la siguiente propuesta como medida de mitigación estructural para el área de estudio, con objetivo de reducir el riesgo ante una inundación fluvial son los siguientes.

- Para el barrio Huencalla se propone como medida de mitigación estructural 1,202.20 metros lineales de muro de contención por gravedad de concreto ciclópeo, para apreciar los planos de los mismos ver anexo 26.
- Para el barrio los Pinos se propone como medida de mitigación estructural 1,258.80 metros lineales de muro de contención por gravedad de concreto ciclópeo, para apreciar los planos de los mismos ver anexo 26.

- Para el barrio Pio León se propone como medida de mitigación estructural 851.50 metros lineales de muro de contención por gravedad de concreto ciclópeo, para apreciar los planos de los mismos ver anexo 26.

Figura 66

Medidas estructurales para reducir el riesgo por inundación.



Nota: En la figura se puede visualizar las longitudes de las medidas estructurales.

Las medidas estructurales propuestas en esta investigación se pueden apreciar en la figura 66. De donde se tiene lo siguiente:

- 3,312.5 metros lineales de muro de contención de concreto ciclópeo.
- 970.00 metros lineales de enrocado.

Según el anexo 17 el presupuesto para la propuesta de medidas de mitigación estructural para 3,312.5 metros lineales de muro de contención de concreto ciclópeo y 970.00 metros lineales de enrocado se puede ver en la figura 67.

Figura 67

Presupuesto para mitigación estructural

Costo Directo		6,007,835.67
Gastos Generales	8.00%	480,626.85
Utilidad	7.00%	420,548.50
Parcial		6,909,011.02
I.G.V.	18.00%	1,243,621.98
TOTAL :		8,152,633.00
Gastos en Supervision	1.55%	126,365.81
Gastos en elaboracion de Expediente Tecnico	0.57%	46,470.01
PRESUPUESTO TOTAL		8,325,468.82

Nota: En la figura se puede visualizar el presupuesto para la mitigación estructural.

4.4.2 Medidas no estructurales

Las medidas de mitigación no estructurales con el propósito de actuar frente al fenómeno de inundación fluvial en el área de estudio son:

- Elaboración de plan de emergencia ante eventos de inundaciones por la Municipalidad Provincial de Sandia.
- Regulación del desarrollo futuro en áreas propensas a inundaciones: delimitación de zonas en la llanura de inundación y aplicación de limitaciones a las actividades de uso del suelo, junto con la implementación de medidas de aseguramiento contra inundaciones.



- Optimización de la capacidad de reacción ante eventos de inundación a través de estrategias anticipativas: implementación de sistemas avanzados de pronóstico de crecidas y alertas, respaldados por planes de evacuación bien estructurados.

4.5 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos producto de la investigación, respecto a la “evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación del Rio Inambari tramo puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba del Distrito de Sandia, se obtuvo según la figura 63 (Mapa de Riesgo) y la figura 64 de esta investigación que los niveles de riesgo por inundación fluvial en tramo de estudio son bajo, medio, alto y muy alto.

Sobre el particular, (**García et al., 2017**), en el artículo científico “Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia)”, concluye que el nivel de Riesgo asociado a los eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana es Alto y recurrente de forma anual, causando impactos considerables en el área urbana y periurbana, aspectos que podemos relacionarlos con los resultados obtenidos en la presente investigación con cierta similitud, en lo que corresponde a la evaluación de Riesgo por Inundación fluvial en el Distrito de Sandia, puesto que en nuestra investigación se llegaron que el nivel de riesgo es 32.45% alto, 26.21% Medio, 31.90% alto y 9.43% muy alto, ver figura 64.

Por otro lado, (**Mondragón, 2013**) en su tesis “Evaluación del Nivel de Riesgo de Inundación por el río Amojú en la Parte Baja de la ciudad de Jaén” obtuvo como resultado que el nivel de peligrosidad de la quebrada Romero es alto, esto es debido a que la intensidad y las anomalías positivas de precipitación en este periodo de 6 años son elevados, la zona con mayor peligro de inundación está enmarcada entre Jr. Miguel de Cervantes cuadra 4 hasta el Jr. Desamparados cuadra 6, esto es debido a que en esta parte



existen viviendas construidas a ambos márgenes de la quebrada e incluso han invadido el cauce natural de la quebrada. el nivel de vulnerabilidad es alto y el nivel de riesgo de riesgo obtenido es muy alto, podemos afirmar que los resultados obtenidos en el Rio Amaju son similares respecto a los resultados obtenidos en la investigación del Distrito de Sandia, debido a que en nuestra investigación también predomina la distancia de las viviendas al cauce llegándose así a un nivel de vulnerabilidad según la (figura 61): El 25.80% un nivel bajo, 11.37% un nivel medio, 51.04% un nivel alto y un 11.79% nivel alto.

Martínez, 2017 en su tesis “Evaluación de riesgos por inundaciones, en el barrio 231 bajo del distrito de Yuracyacu, Provincia de Rioja, Región San Martín”, llegó a las siguientes conclusiones: 1) La ubicación geográfica del Barrio Bajo del Distrito de Yuracyacu que geográficamente se ubica en la confluencia de los ríos Yuracyacu y Mayo, existe riesgo por inundación, cuyos niveles, han sido calculados en el presente estudio, siendo de nivel muy alto el riesgo, de acuerdo al Método de Saaty y en el análisis Multicriterio, el mapa de riesgos muestra que estos niveles son muchos más altos en lugares cercanos a la confluencia de dichos ríos. Donde podemos afirmar que los resultados obtenidos son similares, debido a que el estudio realizado en la presente investigación también los barrios cercanos al cauce del río tienen un nivel de riesgo alto.

Al comparar los estudios mencionados se podría concluir de manera errónea que son iguales ya que se llegan a los resultados similares, pero esto no es así debido a que el estudio realizado por (Mondragón, 2013) considero una población delimitada por las manzanas paralelas al cauce del Río Maju, además indicar que los resultados de dicha investigación uniformiza los niveles de riesgo encontrados, en cambio el presente estudio se realizó con la población que se ubica dentro de la faja marginal de 15 m; el uso de un



manual más actual influyo en la presentación de resultados de esta investigación. Nuestros resultados de nivel de riesgo estratificado por las viviendas evaluadas en la faja marginal.

Existe un consenso tanto a nivel internacional como local en la importancia de coordinar la gestión del riesgo de desastres, destacando la necesidad de llevar a cabo evaluaciones exhaustivas de los niveles de riesgo asociados a fenómenos naturales. Estos estudios se consideran fundamentales para establecer una base sólida que permita la prevención efectiva de desastres.



V. CONCLUSIONES

- En este estudio, se logró el objetivo de evaluar el nivel de riesgo provocado por eventos de inundación fluvial en el tramo Puente Apabuco hasta la Quebrada Huayllabamba del distrito de Sandia. Teniendo como resultado que el nivel de Riesgo por inundación fluvial en el tramo de estudio es un 32.45% de las viviendas evaluadas tienen un nivel de riesgo bajo, 26.21% nivel medio, 31.90% nivel alto y 9.43% nivel muy alto. (Figura 62 y 64), según la (Tabla 95) para el escenario más alto predomina un caudal de $176\text{m}^3/\text{s}$ a $220\text{m}^3/\text{s}$ para un (Periodo de Retorno 100 a 200 años), altura de inundación entre 6 a 8 metros, con tipo de suelo ubicada área de tejido urbano continuo, con un pendiente moderadamente inclinado de $5^\circ - 20^\circ$, ubicada en Planicies y valles aluviales con terrazas indiferenciadas, con una formación geológica de suelo de depósitos aluviales. Predomina una densidad poblacional entre 5 a 6 Hab., con personas que conocen sobre la gestión de riesgos y desastres a nivel básico, con una distancia de las viviendas al río de 5 metros, con material predominante de pared de adobe y piedra con barro, con un estado de conservación malo, con un ingreso familiar mensual de S/ 1,025.00 a 1300, con viviendas ubicadas a 10 metros de un botadero, con habitantes de conocimiento básico sobre la conservación ambiental.
- Respecto a la evaluación del nivel de peligro por inundaciones fluviales en esta investigación se obtuvo que el nivel de peligro en el tramo de estudio es, que un 36% de la superficie evaluada tiene un nivel peligro alto y un 64% de la superficie evaluada tiene un nivel de peligro muy alto (Figura 58), este resultado es para un escenario más alto de máximas avenidas (Figura 57). Según el mapa de Peligro mostrada en la (figura 59) se puede observar que las viviendas aledañas al Río Inambari tienen un nivel de peligro muy alto.

RANGO			NIVELES DE PELIGRO
0.263	$\leq P \leq$	0.482	MUY ALTO
0.140	$\leq P <$	0.263	ALTO
0.077	$\leq P <$	0.140	MEDIO
0.039	$\leq P <$	0.077	BAJO

- Por otro lado, en el análisis de la vulnerabilidad por inundación fluvial en el tramo de estudio se consideró como elementos expuestos lo mostrado en la (figura 53), de donde realizando el análisis se obtuvo como resultado que el nivel de vulnerabilidad en el tramo de estudio es, que un 25.80% de las viviendas evaluadas tienen un nivel vulnerabilidad bajo, 11.37% un nivel medio, 51.04% un nivel alto y un 11.79% un nivel muy alto ver figura (61). Además, de la tabla 93 se puede apreciar que predomina una densidad poblacional entre 5 a 6 Hab., Con a acceso a agua de un camión cisterna, con personas que conocen sobre la gestión de riesgos y desastres a nivel básico, con una distancia de las viviendas al río de 5 metros, con material predominante de pared de adobe, con un estado de conservación malo, con un ingreso familiar mensual de S/ 1,025.00 a 1300, con viviendas ubicadas a 10 metros de un botadero, con habitantes de conocimiento básico sobre la conservación ambiental.
- Con respecto a las medidas de mitigación, de acuerdo a los resultados obtenidos de los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo se propone la construcción 3,312.5 metros lineales de muro de contención de concreto ciclópeo y 970 metros lineales de enrocado y la descolmatación periódica en el barrio Pio León, así como se puede observar en la figura 67. Cabe señalar, que en el anexo 17 se observa el presupuesto estimado para la propuesta mencionada con un costo total de S/ 8'325,468.82.



Costo Directo		6,007,835.67
Gastos Generales	8.00%	480,626.85
Utilidad	7.00%	420,548.50
Parcial		6,909,011.02
I.G.V.	18.00%	1,243,621.98
TOTAL :		8,152,633.00
Gastos en Supervision	1.55%	126,365.81
Gastos en elaboracion de Expediente Tecnico	0.57%	46,470.01
PRESUPUESTO TOTAL		8,325,468.82

- Los mapas de zonificación de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo por inundación fluvial en tramo Puente Apabuco hasta la quebrada Huayllabamba se pueden ver en los (anexos 4, 5 y 6) respectivamente según al proceso de análisis mediante la Matriz Saaty.



VI. RECOMENDACIONES

- Es importante que las autoridades, en todos los niveles gubernamentales, apliquen de manera rigurosa las regulaciones según a los reglamentos vigentes relacionadas con las franjas ribereñas a lo largo de ríos y quebradas, con el fin de prevenir la amenaza innecesaria para la vida.
- Para reducir el peligro por inundación fluvial se recomienda que se debe contar con un sistema de alerta temprana de máximas precipitaciones e incrementos anómalos de caudal.
- Para reducir la vulnerabilidad, se sugiere llevar a cabo la implementación de un sistema duradero para estabilizar el cauce, considerando la posibilidad de aplicar enrocado en ambos márgenes. Luego, se propone la construcción de defensas ribereñas, priorizando las áreas identificadas como más susceptibles.
- Se recomienda a las autoridades locales la formulación evaluación, aprobación y ejecución de proyectos de inversión de construcción de muros de contención o defensas rivereñas apropiados para mitigar el riesgo por inundación fluvial en el tramo de estudio.
- Se recomienda contar con mapas de zonificación de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo ante inundaciones, al mismo tiempo que se ejerce control sobre el desarrollo futuro en áreas propensas a inundaciones. Esto implica la delimitación zonal de la llanura de inundación, la aplicación de restricciones a los usos del suelo y la consideración de seguros contra inundaciones.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. G. (2006). El proyecto de investigación. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Benito Ferrández, G., Gomes Machado, M. J., Garijo Sarría, C., Martín Anta, D., Salgado Cámara, A., & Tourné Whyte, M. (2018). *Inundaciones y cambio climático*. Gobierno de España Ministerio Para La Transición Ecológica, 106.
- Bernal, C. (2018). *Metodología de la Investigación*. en *Pearson* (Vol. 3).
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>
- CENEPRED. (2015). *Manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales* (N. Estudio (ed.); Primera Ed). Neva Estudio.
- Chahuares, F. R. (2012). *Metodología de investigación para ingeniería civil*.
<https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
- Díaz, L., & Rodríguez, A. (2016). *Evaluación del riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, municipio Maracaibo, Venezuela*. *Minería y Geología*, v.32, 1–15.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223547677001>
- García, W., Suárez, Y., & Herbas, E. (2017). *Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma* (Beni, Bolivia). *Scielo*, (8).
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S168307892017000200002&script=sci_arttext



&tIng=es

- Gonzalo, W., & Paucar, M. (2020). *Análisis y Estimación de un modelo probabilista de Riesgo por Inundación, Aplicado a laa Microcuenca Llavini, Distrito, Provincia y Región de Puno – Peru* [Universidad Nacional del Altiplano de Puno Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13692>
- H, S. (2022). Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. Estudio Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6(August), 128.
- Hernandez, F., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la Ivestigacion*. en McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. (6th ed.). <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf><https://hdl.handle.net/20.500.12380/245180><http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12>
- Martínez, R. (2017). *Evaluación de Riesgos por Inundaciones, en el Barrio Bajo del Distrito de Yuracyacu, Provincia de Rioja, Región San Martín* [Universidad Nacional Federico Villarreal Escuela Universitaria de Postgrado]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1975>
- Mendoza, M. (2017). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada Romero, del distrito de Cajamarca, periodo 2011-2016* [Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/289/TesisMiguelMendoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Mondragon, E. (2013). *Evaluación del nivel de Riesgo de Inundación por el Río Amojú en la parte baja de la Ciudad de Jaén* [Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil].
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/510>
- Municipalidad Provincial de Sandia. (2006). *Preparativos ante desastre y reducción de riesgos en la cuenca del río Sandia* (01).
- Pedraza, A. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad Urbana y Resiliencia ante lluvias intensas en la Ciudad de Ensenada, B.C.* [El Colegio de la frontera Norte]. In *Repositorio UNH*. <https://www.colef.mx/posgrado/tesis/20121050/>
- Puno, G. R. (2015). *Informe final del área de geología región puno* (GORE (ed.)).
http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/memoria_descriptiva_geologia.pdf



ANEXOS

- ANEXO 1:** Ficha de levantamiento de datos para análisis de vulnerabilidad.
- ANEXO 2:** Solicitud de datos meteorológicos a Senamhi.
- ANEXO 3:** Mapa de ubicación.
- ANEXO 4:** Mapa de riesgo.
- ANEXO 5:** Mapa de peligro.
- ANEXO 6:** Mapa de vulnerabilidad.
- ANEXO 7:** Propuesta de medida de mitigación estructural.
- ANEXO 8:** Panel fotográfico.
- ANEXO 9:** Determinación de los parámetros de la cuenca principal.
- ANEXO 10:** Determinación de periodo de retorno.
- ANEXO 11:** Análisis de datos dudosos.
- ANEXO 12:** Calculo de precipitación máxima.
- ANEXO 13:** Análisis de regresión múltiple para determinar el hietograma.
- ANEXO 14:** Datos para la construcción de hietogramas método Dyck Peschcke.
- ANEXO 15:** Calculo de socavación para el diseño de muro de contención.
- ANEXO 16:** Diseño de muro de contención por gravedad.
- ANEXO 17:** Presupuesto estimado para la propuesta estructural
- ANEXO 18:** Mapa de elementos expuestos
- ANEXO 19:** Precipitación mensual de la estación Cuyo Cuyo
- ANEXO 20:** Precipitación mensual de la estación Tambopata
- ANEXO 21:** Precipitación Max. En 24 Horas. Estación Cuyo-Cuyo
- ANEXO 22:** Prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov
- ANEXO 23:** Tiempo de concentración para las 17 subcuencas
- ANEXO 24:** Informe Topográfico
- ANEXO 25:** Cuadro de viviendas encuestadas
- ANEXO 26:** Planos



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Richard Edwin Mamani Puma
identificado con DNI 47670330 en mi condición de egresado de:

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

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación del río Inambari
tramo puente Spabuco hasta la quebrada Huaytabamba del distrito de Sandia - 2023"
"Es un tema original."


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

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

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

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 16 de 10 del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Richard Edwin Hamaari Puma
identificado con DNI 47670230 en mi condición de egresado de:

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

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado Título Profesional denominado:

"Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación del río Mambari tramo puente pabuco hasta la quebrada Huaylabamba del distrito de Sandia - 2023"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

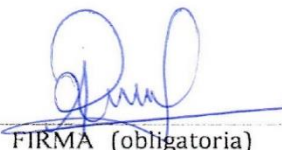
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 16 de 10 del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella