

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**“ESTIMACION DE RIESGOS POR FLUJOS DE DETRITOS EN LA QUEBRADA  
SAN JERONIMO LUNAHUANA - CAÑETE”**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:  
PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES Y SEÑALES**

**MODALIDAD PARA OPTAR EL GRADO DE TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**  
DE LA CRUZ GUTIERREZ, MANUEL ALEJANDRO.

**ASESOR**  
ROJAS LEÓN, GLADYS

**JURADOS**  
LESCANO SANDOVAL, JORGE  
ALVA VELASQUEZ, MIGUEL  
MENDOZA GARCIA, JOSE TOMAS

**LIMA - PERÚ**  
**2021**

**Dedicatoria**

*Esta tesis va dedicada con mucho amor para toda mi familia, en especial para mis padres, mi mamita Modesta y mi hermano Vladimir, que es mi ejemplo a seguir y por brindándome su apoyo incondicional. Muy Agradecidos con todos.*

## **Agradecimiento**

*Mi profundo y sincero agradecimiento a quienes me brindaron su apoyo y por, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso de desarrollo investigativo la presente tesis.*

*A mis padres y a mi hermano Vladimir por tanto apoyo incondicional y desinteresada en el desarrollo de mi tesis.*

*A mis revisores y asesor externo del plan de tesis las ingenieras Carmen Luz Ventura Barrera, Rogelia Guillen León y al Ing. Miguel Ángel Pérez, quienes me ayudaron en la apertura de todo este proceso.*

*A los ingenieros David Valdivia, Jessica Vera y David Prudencio, por su gran ayuda en la elaboración de la simulación de flujos de detritos.*

*Al Lic. Luis Araujo Cajamarca por el apoyo y consulta respecto a los trámites o documentos a presentar para mi sustentación.*

*Finalmente, quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi asesora a la Ing. Gladys Rojas León, principal colaboradora durante todo este proceso, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.*

## Índice

Resumen.....	20
Abstract.....	21
I. Introducción.....	22
1.1 Descripción y formulación del problema.....	24
1.1.1 Descripción del problema .....	24
1.1.2 Formulación del problema .....	26
1.1.2.1 Problema general .....	26
1.1.2.2 Problemas secundarios.....	26
1.2 Antecedentes .....	27
1.2.1 Antecedentes nacionales .....	27
1.2.2 Antecedentes internacionales.....	32
1.3 Objetivos.....	36
1.3.1 Objetivo general.....	36
1.3.2 Objetivos específicos .....	36
1.4 Justificación .....	37
1.5 Hipótesis .....	37
1.5.1 Hipótesis general.....	37
1.5.2 Hipótesis específicas.....	38
II. Marco teórico .....	39
2.1 Bases teóricas.....	39
2.1.1 Flujos de detritos.....	39
2.1.2 Partes del flujo de un huayco .....	41

2.1.2.1 Canal.....	41
2.1.2.2 Cuenca de recepción.....	41
2.1.2.3 Conoide de deyección.....	41
2.1.3 Características del flujo de detritos.....	42
2.1.4 Factores que desencadenan los flujos de detritos.....	43
2.1.4.1 Área de la cuenca de recepción.....	44
2.1.4.2 Pendiente.....	44
2.1.4.3 Clima.....	44
2.1.4.4 Tipo de suelo.....	44
2.1.5 Reología de los flujos de detritos.....	45
2.1.6 Modelamiento numérico por flujos de detritos.....	45
2.1.7 Movimiento de masa.....	47
2.1.7.1 Tipos de movimiento de masa.....	47
2.1.8 Prevención.....	48
2.1.9 Desastre.....	48
2.1.10 Riesgo de desastre.....	49
2.1.11 Peligro.....	49
2.1.12 Clasificación de peligros originados por fenómenos de origen natural.....	50
2.1.13 Factores condicionantes.....	52
2.1.14 Factores desencadenantes.....	53
2.1.15. Elemento expuesto.....	54
2.1.16 Resiliencia.....	56
2.1.17 Fragilidad.....	57

2.1.18 Vulnerabilidad.....	58
2.1.19 Análisis de vulnerabilidad.....	59
2.1.20 Vulnerabilidad ambiental.....	59
2.1.21 Vulnerabilidad económica .....	59
2.1.22 Vulnerabilidad social .....	59
2.1.23 Proceso de análisis jerárquico (PAJ).....	60
2.1.24 Riesgo .....	61
2.1.25 Estimación del riesgo.....	62
2.1.26 Cálculo del riesgo .....	62
III. Método .....	63
3.1 Tipo de investigación.....	63
3.1.1 Enfoque de la investigación .....	63
3.1.2 Nivel de la investigación.....	63
3.1.3 Diseño de la investigación .....	63
3.2 Ámbito temporal y espacial .....	64
3.2.1 Ámbito temporal .....	64
3.2.2 Ámbito espacial .....	64
3.3 Variables .....	64
3.3.1 Operacionalización de variables .....	64
3.4 Población y muestra.....	66
3.5 Instrumentos, materiales y softwares .....	66
3.5.1 Instrumentos.....	66

3.5.2 Materiales.....	67
3.5.3. Softwares.....	67
3.6 Procedimientos.....	68
3.7 Análisis de datos .....	71
IV. Resultados.....	72
4.1 Caracterización de la zona de estudio .....	72
4.1.1 Características generales .....	72
4.1.1.1 Localización .....	72
4.1.1.2 Accesibilidad.....	74
4.1.2 Características físicas.....	77
4.1.2.1 Geología regional.....	77
4.1.2.2 Geología local .....	78
4.1.2.3 Geodinámica .....	80
4.1.2.4 Movimiento masa.....	82
4.1.2.5 Temperatura .....	83
4.1.2.6 Clasificación climática.....	84
4.1.2.7 Geomorfología. ....	84
4.1.2.8 Zonificación sísmica. ....	88
4.1.2.9 Hidrología. ....	89
4.1.2.10 Precipitación. ....	90
4.1.2.11 Suelo .....	91
4.1.2.12 Capacidad uso mayor de suelos (CUM). ....	93
4.1.2.13 Cobertura vegetal. ....	93
4.1.3 Características sociales .....	93

4.1.3.1 Población total. ....	93
4.1.3.2 Población según grupo etario. ....	95
4.1.3.3 Vivienda. ....	96
4.1.3.5 Tipo de abastecimiento de agua. ....	101
4.1.3.6 Servicios higiénicos. ....	103
4.1.3.7 Alumbrado eléctrico. ....	105
4.1.3.8 Nivel educativo. ....	107
4.1.4 Características económicas ....	107
4.1.4.1 Niveles de empleo. ....	107
4.2 Identificación de zonas de riesgo por aplicación de modelo numérico ....	108
4.2.1 Método de simulación numérica ....	109
4.2.2 Método de simulación numérica utilizando programa LaharZ. ....	109
4.2.3 Simulación de flujos de detritos. ....	119
4.2.3.1 Escenario 1. ....	120
4.2.3.2 Escenario 2. ....	122
4.2.4 Zonas afectadas por flujos de detritos en la simulación ....	124
4.2.4.1 Escenario 1. ....	124
4.2.4.2 Escenario 2. ....	125
4.3 Identificación y determinación de peligros ....	126
4.3.1 Metodología para la determinación del peligro ....	126
4.3.2 Recopilación y análisis de información ....	127
4.3.3 Identificación del peligro ....	128
4.3.4 Caracterización del peligro ....	128

4.3.5 Ponderación del parámetro del peligro .....	128
4.3.5.1 Parámetro de evaluación del evento altura de flujos de detritos.....	128
4.3.6 Susceptibilidad del territorio.....	130
4.3.6.1 Análisis del factor desencadenante .....	130
4.3.6.2. Análisis del factor condicionantes .....	133
4.3.7 Análisis de los elementos expuestos .....	139
4.3.8 Definición de escenario.....	140
4.3.9 Niveles de peligro .....	140
4.3.10 Estratificación del nivel de peligro .....	140
4.3.11 Mapa de peligro .....	141
4.4 Análisis de vulnerabilidad.....	143
4.4.1 Metodología de aplicación.....	143
4.4.2 Análisis de la dimensión social.....	144
4.4.2.1 Análisis del factor exposición de la dimensión social .....	144
4.4.2.2. Análisis del factor fragilidad de la dimensión social .....	147
4.4.2.3. Análisis del factor resiliencia de la dimensión social .....	150
4.4.3 Análisis de la dimensión económica.....	153
4.4.3.1 Análisis del factor exposición de la dimensión económica. ....	154
4.4.3.2 Análisis del factor fragilidad de la dimensión económica .....	156
4.4.3.3 Análisis del factor resiliencia de la dimensión económica .....	160
4.4.4 Niveles de vulnerabilidad .....	165
4.4.5 Estratificación de vulnerabilidad .....	166
4.4.6 Mapa de vulnerabilidad.....	167

4.5 Estimación del riesgo y medidas de control para la reducción o disminución de riesgo existentes.....	169
4.5.1 Metodología para la determinación de los niveles del riesgo .....	169
4.5.2 Determinación de los niveles de riesgo .....	170
4.5.2.1 Niveles de riesgo.....	170
4.5.2.2 Matriz del riesgo .....	170
4.5.2.3 Estratificación del riesgo.....	170
4.5.2.4 Mapa de riesgo.....	172
4.5.3 Medidas de prevención y reducción de riesgos .....	174
4.5.3.1 Medidas estructurales.....	174
4.5.3.2 Medidas no estructurales.....	176
4.5.4 Control de riesgos .....	176
V. Discusión de resultados.....	181
VI. Conclusiones.....	184
VII. Recomendaciones .....	185
VII. Referencias .....	186
IX. Anexos .....	196
9.1 Anexo 1: Mapas temáticos.....	196
9.2 Anexo 2: Ejemplo de formato de matrices .....	204
9.3 Anexo 3: Información primaria .....	205

## Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de movimiento de masas.....	47
Tabla 2 Operacionalización de variables .....	65
Tabla 3 Instrumentos que se utilizarán en la investigación .....	66
Tabla 4 Materiales que se utilizarán en la investigación .....	67
Tabla 5 Clases de pendientes según Van (1986) .....	86
Tabla 6 Umbrales de precipitación para la estación Pacarán.....	91
Tabla 7 Asociación de grandes grupos de suelos.....	92
Tabla 8 Uso mayor de suelos de la cuenca río Cañete.....	93
Tabla 9 Población censada en el distrito de Lunahuaná .....	94
Tabla 10 Población según grupo etario en el anexo de San Jerónimo.....	95
Tabla 11 Tipos de vivienda en el anexo de San Jerónimo.....	97
Tabla 12 Material predominante de paredes exteriores .....	98
Tabla 13 Material predominante de pisos .....	100
Tabla 14 Tipos de abastecimiento de agua en el anexo San Jerónimo .....	102
Tabla 15 Tipos de servicio higiénico en el anexo San Jerónimo.....	104
Tabla 16 Tipos de alumbrado eléctrico en el anexo San Jerónimo.....	106
Tabla 17 Cálculos de volúmenes para el ingreso de datos en lahar distal zones.....	117
Tabla 18 Puntos de inicio y control de flujos de detritos.....	118
Tabla 19 Alturas de flujo en zona afectada.....	129
Tabla 20 Matriz de comparación de pares - altura de flujo en la zona afectada.....	129
Tabla 21 Matriz de normalización - altura de flujo en la zona afectada.....	130
Tabla 22 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro altura de flujo .....	130

Tabla 23 Matriz de comparación de pares – umbrales de precipitación.....	131
Tabla 24 Matriz de normalización – umbrales de precipitación.....	132
Tabla 25 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el factor desencadenante umbrales de precipitación .....	133
Tabla 26 Matriz de comparación de pares – pendientes .....	133
Tabla 27 Matriz de normalización - pendientes.....	134
Tabla 28 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el factor condicionante pendientes .....	134
Tabla 29 Matriz de comparación de pares – unidades geomorfológicas .....	135
Tabla 30 Matriz de normalización – unidades geomorfológicas .....	135
Tabla 31 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el factor condicionantes unidades geomorfológicas .....	136
Tabla 32 Matriz de comparación de pares – unidades geológicas.....	136
Tabla 33 Matriz de normalización – unidades geológicas.....	137
Tabla 34 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el factor condicionantes unidades geológicas .....	137
Tabla 35 Matriz de comparación de pares – factores condicionantes .....	138
Tabla 36 Matriz de normalización – factores condicionantes .....	138
Tabla 37 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para los factores condicionantes .....	139
Tabla 38 Elementos expuestos directamente en la zona de estudio.....	139
Tabla 39 Niveles de peligro .....	140
Tabla 40 Estratificación del peligro.....	140
Tabla 41 Parámetro de dimensión social .....	144
Tabla 42 Matriz de comparación de pares – grupo etario.....	144

Tabla 43 Matriz de normalización – grupo etario.....	145
Tabla 44 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro grupo etario .....	146
Tabla 45 Matriz de comparación de pares – número de personas en vivienda.....	146
Tabla 46 Matriz de normalización – número de personas en viviendas .....	147
Tabla 47 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro número de personas en viviendas.....	147
Tabla 48 Matriz de comparación de pares – estado de conservación de vivienda .....	148
Tabla 49 Matriz de normalización – estado de conservación de vivienda .....	148
Tabla 50 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro estado de conservación de vivienda.....	149
Tabla 51 Matriz de comparación de pares – número de pisos de vivienda .....	149
Tabla 52 Matriz de normalización – número de pisos de vivienda .....	150
Tabla 53 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro número de pisos de vivienda.....	150
Tabla 54 Matriz de comparación de pares – tenencia de vivienda .....	151
Tabla 55 Matriz de normalización – tenencia de vivienda .....	151
Tabla 56 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro tenencia de vivienda.....	152
Tabla 57 Matriz de comparación de pares – nivel educativo.....	152
Tabla 58 Matriz de normalización – nivel educativo.....	153
Tabla 59 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro nivel educativo .....	153
Tabla 60 Parámetros de dimensión económica.....	154
Tabla 61 Matriz de comparación de pares – localización de la edificación .....	154

Tabla 62 Matriz de normalización – localización de la edificación .....	155
Tabla 63 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro localización en la edificación. ....	155
Tabla 64 Matriz de comparación de pares – antigüedad de edificación .....	156
Tabla 65 Matriz de normalización – antigüedad de edificación .....	156
Tabla 66 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro antigüedad de edificación.....	157
Tabla 67 Matriz de comparación de pares – material predominante en paredes .....	157
Tabla 68 Matriz de normalización – material predominante en paredes .....	158
Tabla 69 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro material predominante en paredes.....	158
Tabla 70 Matriz de comparación de pares – material predominante en pisos .....	159
Tabla 71 Matriz de normalización – material predominante en pisos .....	159
Tabla 72 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro material predominante en pisos.....	160
Tabla 73 Matriz de comparación de pares – ingreso familiar mensual promedio .....	161
Tabla 74 Matriz de normalización – ingreso familiar mensual promedio .....	161
Tabla 75 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro ingreso familiar mensual promedio.....	162
Tabla 76 Matriz de comparación de pares – servicios básicos .....	162
Tabla 77 Matriz de normalización – servicios básicos .....	163
Tabla 78 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro servicios básicos.....	163
Tabla 79 Matriz de comparación de pares – actividad laboral .....	164
Tabla 80 Matriz de normalización – actividad laboral .....	164

Tabla 81 Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro actividad laboral .....	165
Tabla 82 Niveles de vulnerabilidad .....	165
Tabla 83 Estratificación de la vulnerabilidad .....	166
Tabla 84 Niveles de riesgo.....	170
Tabla 85 Matriz del riesgo .....	170
Tabla 86 Estratificación del riesgo .....	171
Tabla 87 Valoración de consecuencias .....	177
Tabla 88 Valoración de frecuencia .....	177
Tabla 89 Nivel de consecuencia y daños .....	178
Tabla 90 Medidas cualitativas de consecuencias y daño .....	178
Tabla 91 Valoración de aceptabilidad y/o tolerancia.....	179
Tabla 92 Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia.....	179
Tabla 93 Prioridad de intervención.....	180
Tabla 94 Análisis comparativo de simulación de flujos de detritos con Fernández (2016) ..	181
Tabla 95 Análisis comparativo del análisis de vulnerabilidad con Sánchez (2018).....	182
Tabla 96 Matriz de comparación de pares del parámetro altura de flujo.....	204
Tabla 97 Matriz de normalización de pares del parámetro altura de flujo .....	204
Tabla 98 Resultados de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC), e índice aleatorio (IA) para el parámetro altura de flujo .....	204

## Índice de figuras

Figura 1 Deslizamiento de flujos de detritos .....	40
Figura 2 Representación de corte del desarrollo de flujos de detritos .....	41
Figura 3 Partes de flujos de detritos.....	42
Figura 4 Daños originados por flujos de detritos.....	44
Figura 5 Modelamiento numérico para flujos de detritos .....	46
Figura 6 Inundación por caída de flujos de detritos.....	49
Figura 7 Clasificación de peligros .....	50
Figura 8 Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales .....	51
Figura 9 Clasificación de peligros según Zapata (2008) .....	52
Figura 10 Factores condicionantes del peligro .....	53
Figura 11 Factores desencadenantes del peligro.....	54
Figura 12 Elemento expuesto (áreas de cultivo y vía asfaltada).....	55
Figura 13 Elemento expuesto (viviendas).....	55
Figura 14 Análisis fragilidad - resiliencia.....	57
Figura 15 Derrumbe y asentamiento en el sector Daza .....	58
Figura 16 Escala de Saaty .....	61
Figura 17 Mapa de ubicación de la quebrada San Jerónimo .....	72
Figura 18 Estado actual del cauce de flujos de detritos en la zona de estudio .....	73
Figura 19 Trayecto inicial vía principal panamericana sur (paradero parque zonal) hacia el distrito de San Vicente .....	74
Figura 20 Trayecto del distrito San Vicente al distrito de Imperial.....	75
Figura 21 Trayecto final distrito Imperial (paradero mercado) hacia Plaza de Armas de Lunahuaná (paradero badén).....	75

Figura 22 Vía local principal “LIMA-LDptal JUNIN” .....	76
Figura 23 Columna cronolitoestratigráfica de las unidades aflorantes del distrito de Lunahuaná.....	77
Figura 24 Mapa geológico en el ámbito de estudio .....	79
Figura 25 Mapa geodinámico externo de la ciudad de Lunahuaná .....	81
Figura 26 Condiciones térmicas costeras.....	84
Figura 27 Mapa geomorfológico en la zona de estudio.....	85
Figura 28 Mapa de pendientes en la zona de estudio.....	87
Figura 29 Mapa de sismicidad regional de la región central del Perú.....	88
Figura 30 Mapa de orden de ríos de la cuenca del río Cañete .....	90
Figura 31 Cantidad de personas censadas en el anexo San Jerónimo.....	95
Figura 32 Cantidad de personas censadas en anexo San Jerónimo por grupo etario.....	96
Figura 33 Cantidad de tipos de viviendas censadas en anexo San Jerónimo.....	97
Figura 34 Cantidad de tipos de material predominante de paredes exteriores en anexo San Jerónimo.....	99
Figura 35 Tipos de material predominante de pisos censados en anexo San Jerónimo .....	101
Figura 36 Tipos de abastecimientos de agua en anexo San Jerónimo .....	103
Figura 37 Tipos de servicios higiénicos en viviendas censadas en anexo San Jerónimo .....	105
Figura 38 Disponibilidad de alumbrado eléctrico en anexo San Jerónimo .....	106
Figura 39 Calificación laboral de la PEA en el distrito de Lunahuaná.....	108
Figura 40 Dimensiones de un Lahar idealizado.....	110
Figura 41 Fórmulas de área de inundación y su sección planimétrica .....	111
Figura 42 Descarga del DEM de la zona de estudio .....	112
Figura 43 Ubicación de puntos y delimitación de áreas dentro de la quebrada.....	113
Figura 44 Añadiendo extensión lahaz.py a caja arctoolbox .....	114

Figura 45 Ubicando la herramienta create surface hydrology raster .....	115
Figura 46 Ingreso de datos para el mapa hidrológico raster .....	115
Figura 47 Mapa hidrológico raster generado .....	116
Figura 48 Ingreso de datos a la opción lahar distal zones.....	117
Figura 49 Mapa de zona de peligros de lahares en la quebrada San Jerónimo.....	119
Figura 50 Registro de datos históricos metereológicos de la estación Pacarán.....	120
Figura 51 Zona de inundación por flujo de detritos de 40000m <sup>3</sup> de volumen.....	121
Figura 52 Zona de inundación por flujo de detritos de 60000m <sup>3</sup> de volumen.....	123
Figura 53 Afectación de zonas por flujo de detritos de 40000m <sup>3</sup> de volumen .....	124
Figura 54 Afectación de zonas por flujo de detritos de 60000m <sup>3</sup> de volumen .....	125
Figura 55 Procedimiento para la determinación de niveles de peligros .....	126
Figura 56 Flujograma general para el proceso y análisis de información .....	127
Figura 57 Mapa de peligro por flujos de detritos en la zona de estudio .....	142
Figura 58 Procedimiento para el análisis de vulnerabilidad .....	143
Figura 59 Mapa de vulnerabilidad por flujos de detritos en la zona de estudio .....	168
Figura 60 Flujograma para estimar los niveles de riesgo .....	169
Figura 61 Mapa de riesgo por flujos de detritos en la zona de estudio.....	173
Figura 62 Ubicación de áreas a reforestar como medidas estructurales .....	174
Figura 63 Área aproximada de descolmatación.....	175
Figura 64 Mantenimiento del dique de encauzamiento .....	176
Figura 65 Población de estudio.....	196
Figura 66 Muestra de estudio.....	197
Figura 67 Cobertura vegetal.....	198
Figura 68 Mapa de suelos .....	199
Figura 69 Mapa de sismicidad .....	200

Figura 70 Clasificación climática .....	201
Figura 71 Mapa de capacidad de uso de tierras .....	202
Figura 72 Mapa de elementos expuestos .....	203
Figura 73 Encuesta para la presente investigación .....	205

## Resumen

La investigación tiene como objetivo principal abordar la estimación de riesgos por flujos de detritos en la quebrada de San Jerónimo, estableciendo los daños afectados en la población que se ubican dentro y fuera de la parte baja de la quebrada en mención, teniendo en cuenta que en los últimos años están expuestos a estos flujos de detritos por la ocurrencia de lluvias intensas, generando daños inminentes. Esta tesis se apoyó en la metodología propuesta por el Centro Nacional de Estimación, Prevención, y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), manual para la evaluación de riesgo originados por fenómenos naturales segunda versión, que se utilizará en puntos específicos para el desarrollo de la investigación, como el proceso de análisis jerárquico, que permite incorporar criterios cuantitativos y cualitativos que son considerados en la gestión del riesgo de desastres. Para la estimación de riesgos como etapa de recolección de información, se reconocieron las condiciones urbanas, aspectos físicos, socioeconómicos de nuestro ámbito de estudio y haciendo uso de otros estudios relevantes. El resultado de la investigación fue el diagnóstico situacional de las condiciones urbanas del ámbito de estudio, identificando las zonas de riesgos con imágenes raster mediante la simulación de flujos por modelamiento numérico, la identificación y caracterización nivel de peligrosidad, el análisis de vulnerabilidad respecto a los elementos y propuestas de medidas estructurales y no estructurales como alternativas de mitigabilidad, puesto que los resultados del análisis de la investigación se estimó un nivel de riesgo alto en la zona de estudio.

***Palabras claves:*** estimación de riesgos, análisis de vulnerabilidad, modelo numérico y riesgo de desastres

### **Abstract**

The main objective of this investigation is to address the risk estimation for debris flows in San Jerónimo gorge, establishing the damages affected in the population that are located inside and outside the lower part of the gorge. Taking into account that in recent years they are exposed to these debris flows due to the heavy rains, generating imminent damage. This thesis was supported by the methodology proposed by the National Center for the Estimation, Prevention, and Reduction of Disaster Risk (NCEPRDR), "Manual for risk assessment caused by natural hazards" second version, which will be used at specific points for the development of the investigation, such as the hierarchical analysis process, which allows the incorporation of quantitative and qualitative criteria that are considered in disaster risk management. For estimation of risks as a data collection stage, the urban conditions, physical and socioeconomic aspects of our field of study were recognized and other relevant studies were used. The result of the investigation was the situational diagnosis of the urban conditions of the study field, identifying the risk areas with raster images through the simulation of flows by numerical modeling, the identification and characterization of the level of danger, the analysis of vulnerability with respect to the elements and proposals for structural and non-structural measures as mitigability alternatives, since the results of the analysis of the investigation estimated a high level of risk in the study area.

**Keywords:** risk estimation, vulnerability analysis, numerical modeling and disaster risk.

## I. Introducción

Este tipo de acontecimientos naturales son muy comunes en el Perú y su origen se da por las excesivas precipitaciones en las quebradas de nuestro país, y a consecuencia de ellos su activación. Como se mencionó anteriormente, tienen una gran capacidad destructiva, debido a los daños que causa en su gran mayoría dejan grandes pérdidas a las poblaciones aledañas. Ante este tipo de fenómenos no existe la posibilidad de encontrar una solución efectiva que consiga reducir su capacidad destructiva en su totalidad, pero si existen alternativas de mitigación que pueden lograr reducir su capacidad destructiva (Santuyo y Zambrano, 2019, p. 1). Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo conocer la estimación de riesgos por flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo con el propósito de proponer medidas de control, que logren reducir la capacidad destructiva por la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada de estudio, a consecuencia de los eventos suscitados en los últimos años. Un antecedente reciente fue el Fenómeno del Niño Costero en el año 2017, el cual afectó varias localidades en nuestro país como los departamentos de Lambayeque, La Libertad, Ancash, Piura y Lima (provincias) donde fueron las más golpeadas, causando destrucción y daños de muchas viviendas, colmatación de diques, tuberías inoperativas colapsadas (carencia de fluido eléctrico y agua potable), paralización de las vías principales de acceso, destrucción de pistas y veredas, entre otras infraestructuras (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2018, p. 4).

En tal sentido, la presente investigación, se ha desarrollado mediante de la normativa de la ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) N° 29664, que tiene por finalidad identificar y reducir los riesgos asociados al peligro y evitar la generación de nuevos riesgos, así como una correcta formación y atención ante situaciones de desastres, basado en la planificación, participación, que involucra diferentes actores, para una adecuada toma de decisiones por parte de las autoridades competentes, con mayor énfasis en

la gestión prospectiva, correctiva y reactiva, contribuyendo a mejorar la calidad de la vida de los habitantes y al desarrollo sostenible.

Internacionalmente, una normativa que esté vinculado con la gestión de riesgo de desastres es la oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), que tiene como propósito velar por la aplicación de estrategia para la reducción del riesgo de desastres, fomentar la conciencia pública para comprender el riesgo, la vulnerabilidad y reducción de desastres, asimismo obtener el compromiso de las autoridades para implementar políticas y actividades en reducción de desastres, coordinación y acuerdos de actores de la estrategia para la reducción de riesgos a través del marco del Sendai que orienta en adoptar medidas sobre las tres espacios del riesgo de desastre (exposición, vulnerabilidad y capacidad, y características de las amenazas). Esta institución sirve como centro de coordinación dentro del sistema de las Naciones Unidas para asegurar las sinergias entre las diferentes organizaciones para la reducción de desastres.

El presente trabajo de investigación se ha constituido en 08 capítulos, donde a continuación, resumiremos su contenido:

En el capítulo I, se plantea la introducción, donde se desarrolla la descripción y formulación del problema, antecedentes, los objetivos específicos y general, y se contrasta la justificación e hipótesis.

En el capítulo II, presenta el marco teórico y todas las conceptualizaciones o bases teóricas sobre el tema de investigación realizada.

En el capítulo III, se desarrolla el método, implicando el tipo de investigación, también se presenta la población y muestra de la investigación, los instrumentos para la recolección de datos, las técnicas para el procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo IV, se plantean los resultados de la investigación, cabe resaltar que es la parte más importante de la presente investigación.

En el capítulo V, se discuten resultados obtenidos en el capítulo anterior.

En el capítulo VI, se mencionan las conclusiones de la investigación.

En el capítulo VII, teniendo en cuenta las conclusiones, se proponen las recomendaciones de la investigación.

En el capítulo VIII se citan todas las referencias buscadas y recopiladas durante el proceso de investigación.

## **1.1 Descripción y formulación del problema**

### ***1.1.1 Descripción del problema***

Debido a las características geográficas, hidrometeorológicas, geológicas, entre otros factores condicionantes que conllevan o exponen a la ocurrencia de fenómenos de origen natural como tsunamis, sismos, erupciones, movimiento de masas, heladas y erosión de suelos (factores desencadenantes); cada uno de estos con sus propias características como intensidad, magnitud, periodo de retorno, etc.

Nuestro territorio se encuentra ubicado en el borde oriental del cinturón de fuego del Océano Pacífico, por la presencia de la Corriente Peruana, la proximidad a la línea Ecuatorial, la influencia de la Amazonía y la topografía accidentada, así como la Cordillera de los Andes con una geomorfología variada, que cruza longitudinalmente el territorio nacional, está expuesta a diversos peligros, como sismos, deslizamientos (flujos de detritos), derrumbes y erosión, así como a variaciones climáticas en determinadas regiones, como precipitaciones, vientos intensos, granizadas y heladas, entre otros (Vélez, 2005, p. 18).

La ocurrencia de precipitaciones de alta intensidad en la costa del país, incluyendo la parte baja de las cuencas donde normalmente carece de lluvias o llueve muy poco, eleva significativamente las descargas de los ríos y la activación de quebradas, cambia el curso de los mismos, genera deslizamientos (flujo de detritos), incrementa la erosión de los suelos de la cuenca y la capacidad de transporte de sedimentos en los ríos, superando la capacidad de

conducción de sus cauces naturales y provocando grandes inundaciones, los cuales afectan la infraestructura urbana, agrícola y vial. De forma similar al problema de inundaciones, gran parte del territorio está expuesto a periódicas sequías, incluyendo regiones importantes de costa y sierra, cuya intensidad estaría asociada a la ocurrencia de condiciones climáticas especiales, inversas al Fenómeno del Niño.

Los daños de tales sequías inciden fundamentalmente en la agricultura provocando pérdidas económicas mayores en las áreas dependientes directamente de la lluvia (Vílchez, 2004, p. 3).

Otras de las dificultades o problemas relacionados con los fenómenos climatológicos y la presencia de recursos hídricos son los deslizamientos y los huaycos, que frecuentemente ocurren por la presencia de altas precipitaciones, frecuentemente en los cauces de las quebradas (Huamán, 2009, p. 12).

Desde el año 1989, a consecuencia de las fuertes lluvias que se registran en las zonas alto andinas de Lima provincia, en la quebrada de San Jerónimo ocurre una problemática donde la población de los anexos San Jerónimo, Paullo y Langla se encuentran situados en distintos conos deyectivos activos y no activos.

La población asentada en la quebrada de San Jerónimo (anexo San Jerónimo), se caracteriza por presentar una población de escasos recursos, de bajos niveles de organización social y una falta importante de interés en temas de mitigación y prevención de desastres, de manera continua, se manifiesta la ineficiencia de las autoridades en gestión local.

En la quebrada de San Jerónimo encontramos la problemática de la población vulnerablemente asentada tanto para las zonas de San Jerónimo alto y bajo, identificando como el peligro principal los flujos de detritos originados por sus altas precipitaciones en los últimos años, sumado a esto a la ausencia de un programa de planificación preventivo de respuestas

ante desastres naturales para evitar tanto las pérdidas económicas como humanas registradas ante estos acontecimientos.

Según Valderrama (2006, p. 103), los flujos de detritos son movimientos complejos que no pueden representarse por medio de los métodos que se aplican comúnmente para fluidos como el agua. Esto se debe a que la alta concentración volumétrica hace que estos fluidos tengan un carácter de fluidos no-newtonianos, en los que es necesario que actúe un esfuerzo superior a un determinado esfuerzo crítico, para que el fluido mantenga el movimiento.

Por tal motivo, en el presente trabajo de investigación aportará con la estimación de riesgos producidos por los flujos de detritos con la finalidad de disminuir los efectos o daños a la población e infraestructura ubicada en el entorno de la quebrada de San Jerónimo contribuyendo en la mejora de la calidad de vida de la población.

### ***1.1.2 Formulación del problema***

**1.1.2.1 Problema general.** A continuación, se formula el problema principal de la tesis de investigación:

¿Cuál es la estimación de riesgos por flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo, considerando modelamiento de simulación numérica, niveles de peligrosidad, análisis de vulnerabilidad y medidas de control?

**1.1.2.2 Problemas secundarios.** Se presentan los siguientes problemas secundarios de la presente investigación:

- ¿De qué manera se puede aplicar el modelamiento de simulación numérica para la identificación de zonas de riesgos sobre cartografía raster digital?
- ¿De qué manera se puede identificar los niveles de peligrosidad ante la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada San Jerónimo?
- ¿En qué forma se puede realizar el análisis de vulnerabilidad ante la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada San Jerónimo?

- ¿Cuáles son las medidas de control para la reducción o disminución de riesgos existentes?

## **1.2 Antecedentes**

### ***1.2.1 Antecedentes nacionales***

Sánchez (2018), por medio del estudio análisis de vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada Carossio, distrito de Lurigancho – Chosica, Lima

- Lima sostuvo lo siguiente:

Definió como objetivo analizar la vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujos de detritos con la finalidad de obtener el nivel de afectación física y respuesta social en la quebrada en mención. Su metodología de aplicación es bajo un enfoque mixto, mediante análisis cuantitativo y cualitativo, donde se ha evaluado la realidad del ámbito de estudio, mediante instrumentos de recolección información entre ellos tenemos: entrevista, encuesta, observación, igualmente se analizaron los datos obtenidos de los aspectos físicos de los lotes ubicados en el área de estudio. Esta investigación concluye que el análisis de vulnerabilidad en el ámbito de estudio ha tomado como unidad de análisis las viviendas de los 92 lotes de estudio, que determinan las condiciones urbanas basadas en la recopilación de datos mediante encuesta y lo observado en campo, tomando como base la información predominante en cada lote, permitiendo conocer en la presente investigación la conducta de los habitantes expuestos ante la probable ocurrencia de flujo de detritos, de igual forma la susceptibilidad física de las construcciones, del mismo modo se determina una alta incidencia de vulnerabilidad al proceso de ocupación urbana dentro del ámbito de estudio, según análisis realizado no ha existido una adecuada planificación en el territorio que ha generado en los últimos años destrucciones y daños irreparables en la sociedad (párr. 2-3).

Vélez (2005), mediante la investigación Análisis de la vulnerabilidad frente al peligro de huaycos en la quebrada Corrales- Chosica, 2005 indica que:

El objetivo de contribuir con la reducción de la vulnerabilidad, mediante la identificación y análisis de los elementos en riesgo con la finalidad de establecer el bienestar de la población en la quebrada Corrales – Chosica. La metodología de trabajo es descriptiva, analítica y de síntesis, analiza de manera de ocurrencia y como se manifiesta el peligro de huaycos, realizando diagnóstico del tema o problema de investigación. En este trabajo se concluye que la vulnerabilidad en la quebrada Corrales es determinante, dependiendo de la magnitud en que se presenten los próximos huaycos, así como en razón de determinadas políticas económicas, comportamiento de los actores sociales directamente afectados, de la antigüedad, calidad y/o deterioro de las construcciones, la mayor o menor conciencia de los pobladores derivadas de su experiencia a través de los años, sus tradiciones culturales y las medidas de prevención que tomen, se tendrá una situación de mayor o menor peligro en el futuro. Todos los asentamientos humanos ubicados en el cono deyección de la quebrada Corrales, junto con sus procesos de crecimiento y expansión, construcción, desarrollo y deterioro, son muy vulnerables. Pero los mayores daños sufridos son en la asociación. Del Sol y las Magnolias ubicados en la margen izquierda y derecha del cauce respectivamente (p. 12).

Vílchez (2004), desarrollo la investigación titulada Evaluación de peligros por geodinámica externa en la microcuenca San Jerónimo, Lunahuaná – Cañete, 2004 refirió que:

En este estudio se determinó las áreas de peligros por geodinámica externa en el poblado de San Jerónimo. Mediante la aplicación de la metodología del Sistema de Información Geográfica (SIG) y el diseño de modelos cartográficos digitales a fin de proponer las medidas de prevención y mitigación correspondientes. En este trabajo

concluye que el análisis y evaluación de los procesos de geodinámica externa nos indican que estos se encuentran acondicionados tanto a factores hidrológicos como a los fenómenos de meteorización, fracturación, alteración, etc. De la masa rocosa de la microcuenca, siendo los huaycos, inundaciones, erosiones e inestabilidad de taludes (asentados en el cuaternario aluvial) los fenómenos de geodinámica externa más destructivos. Afectando principalmente a terrenos de cultivo la población y las vías de comunicación, limitando su normal desarrollo. Las técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica, son herramientas eficaces para el tratamiento y análisis de la información georreferenciada para realizar los mapas temáticos (párr. 2-4).

Acuña (2005), mediante la investigación denominada Análisis de vulnerabilidad y mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado de EMAPA Cañete S.A., 2005 el autor sostuvo que:

Los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario la cual cumplen una función muy importante en el proceso de desarrollo y progreso en nuestro país puesto es un elemento esencial para garantizar las condiciones de salud y de bienestar de la población, más aún en situaciones de desastre. En el Perú al igual que en otros países los desastres naturales provocan con frecuencia severos daños en estos sistemas con grandes pérdidas económicas y alteraciones graves en la calidad de los servicios. El funcionamiento de los sistemas de abastecimiento se deteriora con el transcurso del tiempo; citando un ejemplo: las fuentes de agua se contaminan y su uso se hace difícil en especial en caso de inundaciones; o en el caso de ocurrencia de un sismo existe la posibilidad de colapso o pérdida total de la fuente en mención; u otras amenazas las mismas que se convierten en desastres naturales ocasionando daños. Así, la operación de los sistemas cobra gran importancia, no sólo para recuperar el servicio sino para

evitar daños a terceros y a sus propios componentes. En casos de desastre los sistemas de agua potable y saneamiento suelen estar entre las infraestructuras más afectadas, y su impacto es inmediato en las condiciones de vida y salud de la población afectada, o bien por la escasez de agua o por su contaminación ambiental. En las estrategias de operación y mantenimiento de servicios, las empresas que operan los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado deben contar con planes de mitigación y de emergencia dirigidos a disminuir la vulnerabilidad, y a dar la mejor respuesta posible una vez producido el impacto.

En conclusión, la herramienta básica es el análisis de vulnerabilidad, el cual no sólo se aplica a las estructuras físicas de los sistemas o componentes, sino también a la organización y administración de las empresas para determinar sus debilidades y establecer las medidas correctivas que deban implementarse para eliminar o disminuir su vulnerabilidad. En el presente trabajo se presenta el análisis de la vulnerabilidad, una adecuada planificación para mitigación de desastres naturales en los sistemas de agua potable y alcantarillado y un plan de emergencia dirigida a la empresa de agua potable y alcantarillado Cañete S.A. EMAPA CAÑETE S.A., referente a los distritos que ella administra (párr. 1).

El Instituto Nacional de Defensa Civil ([INDECI], 2015), elaboró el Informe de Emergencia N°021 huayco afecta a los distritos San Vicente de Cañete y Lunahuaná, provincia Cañete – Lima, 2015 sostiene que:

Este informe de emergencia tiene como objetivo principal el diagnóstico situacional del acontecimiento efectuado el día 10 de enero del 2015 a las 01:00 horas aproximadamente, a consecuencia de las constantes precipitaciones pluviales se activaron quebradas en las zonas altas produciendo huaycos que afectó viviendas en la localidad de San Carlos, distrito de San Vicente de Cañete y localidad de Ramadilla, distrito Lunahuaná, provincia de Cañete, departamento de Lima. Tiene como metodología una evaluación preliminar de daños ocurridos

en los sectores afectados (personas damnificadas, personas afectadas, heridos, viviendas construidas, viviendas destruidas, caminos rurales afectados, áreas de cultivo afectados y animales perdidos). Este informe preliminar tiene por conclusión el accionar cronológico de los hechos que son establecidos en el momento que se originó este desastre, será de suma importancia la información cuantificativa y el accionar hacia estos efectos generados por el huayco, como antecedentes ante una futura eventualidad (p. 2).

Huamán (2009), mediante la investigación que lleva por título Lineamientos de desarrollo para el distrito de Lunahuaná – Cañete. Gestión de riesgos de desastres por huaycos, 2009 y sostiene que:

El informe de suficiencia de gestión de riesgo de desastre por huayco y los peligros o amenazas naturales como se materializan pueden desencadenar desastres que ocasionen un retroceso en el desarrollo de una unidad social, además de las pérdidas materiales y de vidas humanas que puedan generar. El objetivo de gestionar el riesgo al que está expuesta una unidad social es precisamente evitar que ocurra un desastre. Parte de ello se basándose en un correcto ordenamiento territorial y medidas para la mitigación en las zonas de riesgo muy alto, permitiendo así que el desarrollo del distrito se continuo y en aumento y sostenible. Las conclusiones que se detallaron para este estudio son los siguientes: Uno de los principales peligros que se presenta en el distrito de Lunahuaná por su frecuencia, magnitud y daños, son los huaycos. Las zonas con mayor incidencia de ocurrencia de este fenómeno se encuentran en los anexos de San Jerónimo, Jita y Condoray. Los eventos del fenómeno del huayco ocurridos en las zonas mencionadas tienen una relación con la presencia de altas precipitaciones, especialmente en la época del niño, ya que estas quebradas están predispuestas por sus condiciones geológicas e hidrológicas. Las zonas identificadas con riesgo muy alto abarcan viviendas, áreas de cultivos, canales de regadío, líneas de servicio de luz, agua, desagüe y un tramo de la

carretera que se encuentran expuestas. De ocurrir el fenómeno se vería afectada la población, la producción y actividad agrícola en dichas zonas, así como el cierre provisional al acceso principal al distrito y a la provincia de Yauyos. Por tal motivo se propone un mejor ordenamiento territorial en la zona identificada para evitar el uso de viviendas, cambiar el tipo de cultivo y mejorar la ubicación y/o protección de las líneas de servicio (p. 10).

### ***1.2.2 Antecedentes internacionales***

Menéndez (2010), mediante la investigación denominada Metodología para la construcción de mapas de riesgo de inundación sobre la costa argentina del río de la Plata, 2010 detalla que:

Los mapas se construyen para un escenario de línea de base (década de 1990) y dos escenarios futuros de cambio climático (década de 2030 y 2070), permitiendo evaluar las alturas y duraciones de las inundaciones para diferentes períodos de retorno. Para llevar a cabo los mapas de riesgo de inundación se utilizó un modelo hidrodinámico denominado RPP-2D, previamente calibrado y verificado, que permite representar la dinámica del río de la Plata. Con el modelo se han obtenido niveles del río en estaciones de control, que permiten generar diferentes análisis estadísticos. Por un lado, se estudió la frecuencia de ocurrencia de eventos para el caso de recurrencias interanuales y por el otro se efectuó un análisis de extremos bivariado para el caso de recurrencias interanuales. Con la información estadística y el modelo digital del terreno se construyeron los respectivos mapas de riesgo de inundación. Este trabajo, financiado como proyecto 1180 mapas de duraciones de crecidas en la costa argentina del río de la Plata considerando el cambio climático por el Instituto Nacional del Agua (INA), es la continuación del proyecto Impacto of global change on the Coastal Areas of the río de la Plata: Sea Level Rise and Meteorological Effects, financiado por la AIACC

(Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change), orientado a estudiar los impactos del cambio climático y las posibles adaptaciones al mismo en los países en desarrollo. Se llegó a concluir que dicho proyecto fue efectuado en colaboración con las facultades de ciencias exactas y naturales, filosofía y letras e ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA) durante el período 2002/05 (p.1).

Salgado (2005), mediante la investigación titulada Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras, 2005, desarrolló la investigación en la microcuenca del río Gila, Copán Honduras y desarrollada durante los meses de enero-agosto del año 2005 y refiere que:

Averiguando como determinar el riesgo a inundaciones y deslizamientos, como base para un proceso de planificación y gestión del riesgo en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras. El estudio se organizó en una serie de fases en las que se realizaron varias actividades preparatorias para la recopilación, análisis e interpretación de la información, entre ellas la determinación de la vulnerabilidad global tanto para deslizamientos como para inundaciones, mediante la realización de talleres y dinámica participativa, encuestas, que ayudaron a identificar los indicadores biofísicos y socioeconómicos. El estudio desarrollado da a conocer las principales amenazas (naturales y antrópicas) que afectan la microcuenca del río Gila en Copán, Honduras, así como a definir las áreas críticas o de mayor riesgo a la ocurrencia de un evento de desastre. Para tal fin se empleó el uso de SIG como herramienta base para la elaboración de los mapas tanto de vulnerabilidad como amenazas y de esta manera tener una idea que oriente la gestión de riesgo en la zona para el accionar de los pobladores (párr.1-3).

Pacheco (2009), desarrollo una investigación titulada Identificación de riesgo por inundación en Tlapa, Guerrero, sostiene que:

El objetivo de su investigación identificó los riesgos de la población por inundación en la ciudad de Tlapa, Guerrero. Indica también que en el estudio de los riesgos por inundación en la ciudad de que se ha convertido en un centro comercial y religioso a nivel regional, ya que ofrece algunas oportunidades económicas y servicios a los pobladores que difícilmente se ofrecen en otras partes de la región, por lo que muchos de los habitantes de las comunidades indígenas cercanas han inmigrado a estas tierras. La metodología que presento esta investigación fue en la elaboración de mapas de riesgo mediante programas acorde al sistema geográfico, ubicando a las tierras de Tlapa y en particular las colonias adyacentes al cauce del río Jale, son afectadas cada año por avenidas de agua provenientes de la parte alta de la cuenca, provocando inundaciones súbitas. Como conclusión de este trabajo fue de que dichas inundaciones se presentan en la temporada de lluvias, principalmente cuando existen fenómenos causantes de lluvias extremas como los huracanes y tormentas tropicales. Por otro lado, la cuenca del río Jale presenta un fuerte deterioro en su cobertura. La ganadería y agricultura principalmente han invadido los lomeríos y partes altas de la cuenca, dando pie a que el agua precipitada baje violentamente, trayendo consigo basura y gran cantidad de sedimentos (párr.2-3).

Lara (2013), elaboró la investigación Percepción social en la gestión del riesgo de inundación de un área mediterránea, sostuvo lo siguiente:

Este estudio tiene como objetivo dar a conocer la percepción de la sociedad civil organizada y no organizada respecto a la problemática de las inundaciones y su gestión. Refiere que, a partir de un caso de estudio configurado por los municipios de Calonge, Torroella de Montgrí y Tossa de Mar. Esta investigación presenta cinco objetivos específicos que buscan su concreción a través de ocho grandes interrogantes a investigar, todos ellos orientados a conocer tanto la vulnerabilidad social frente a las

inundaciones como también a aspectos referidos a la percepción social sobre la capacidad de afrontamiento, la capacidad de resiliencia, la gestión prospectiva del riesgo y el papel de la participación pública. Se obtienen resultados tanto a nivel general del caso de estudio como particular para cada uno de los municipios, los cuales permiten realizar análisis comparativos y de transferencias de resultados, como también ahondar en las experiencias de aprendizaje entorno a la percepción social en la gestión del riesgo de inundación. Para ello ha desarrollado una metodología mixta que combina aspectos cualitativos y cuantitativos y se aplican técnicas complementarias de recolección de datos: encuestas a los residentes de las zonas expuestas a las inundaciones; entrevistas a los alcaldes y técnicos de medio ambiente de cada uno de los respectivos municipios de estudio; y sesiones de *focus groups* o grupos de discusión con representantes de la sociedad civil previamente definidos (párr.1- 4).

Fernández (2016), desarrolló una investigación denominada Análisis de susceptibilidad de flujos de detritos a escala regional en la puna Argentina, 2016 y sostiene que:

Este trabajo de investigación tiene como objetivo dar a conocer una propuesta metodológica para el análisis tanto de las zonas en donde se inician los flujos de detritos como de aquellos sectores que pueden verse afectados por la propagación de los mismos pendientes abajo. El estudio fue llevado a cabo en un área de la Puna Argentina, localizada entre los poblados de San Antonio de los Cobres y Olacapato en la provincia de Salta. Esta metodología fue implementada a escala 1:100.000 y permite obtener una zonificación del grado de susceptibilidad del terreno a la generación de propagación de flujos de detritos mediante la combinación de la valoración y ponderación relativa de los factores que controlan este tipo de movimiento bajo un entorno SIG. Teniendo como resultado, el modelo planteado previamente evaluado con información de campo en

donde se realizó un inventario de movimientos de ladera observándose un buen ajuste entre las zonas de alta susceptibilidad y el lugar de ocurrencia de los flujos de detritos. Finalmente, el presente estudio posibilitó desarrollar este modelo en una zona donde los datos climáticos son escasos y antiguos, en combinación con datos Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 30 metros, utilizado para los parámetros geomorfométricos, el modelo demostró ser útil para el relevamiento regional del peligro derivado de deslizamientos en zonas de difícil acceso situadas por encima de los 4000 m.s.n.m. Los mapas de susceptibilidad a los flujos de detritos son de gran importancia para los futuros proyectos de obras ingenieriles lineales como gaseoductos, tendidos eléctricos, rutas, etc. que atraviesan extensas áreas o para la planificación de los planes de acción ante la ocurrencia de eventos externos (párr.1-3).

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Conocer la estimación de riesgos por flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo con la finalidad de proponer medidas de control para reducción o disminución de riesgos existentes.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Aplicar modelamiento de simulación numérica para la identificación de zonas de riesgos sobre cartografía raster digital.
- Identificar los niveles de peligrosidad ante la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada San Jerónimo.
- Realizar el análisis de vulnerabilidad ante la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada San Jerónimo.
- Proponer medidas control para la reducción o disminución de riesgos existentes.

## **1.4 Justificación**

El propósito del presente estudio es conocer la estimación de riesgos por flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo con la finalidad de proponer medidas de control para reducción o disminución de riesgos existentes en la zona del anexo San Jerónimo.

Esta investigación se justifica con el aporte de la estimación de riesgos obtenidos mediante el modelo de simulación numérica, identificación y determinación de peligros y el análisis de la vulnerabilidad, estos aportarán en la formulación de medidas de control para la ocurrencia de flujos de detritos en periodos de retorno en un tiempo determinado. Del mismo modo, esta investigación es útil pues se justifica como instrumento de gestión de riesgo de desastres que beneficia a la adecuada toma de decisiones por parte de las autoridades competentes y el adecuado proceso de respuesta de los habitantes ante una eventualidad de este tipo de fenómeno, evitando pérdidas o daños estructurales.

Cabe resaltar que la investigación ayudará económicamente a la reducción de costos presupuestales ante emergencias por riesgos de desastres, puesto que ayuda en el proceso de acción y respuesta de la gestión reactiva a enfrentar un desastre inminente.

La presente investigación es válida para el ámbito de estudio del anexo San Jerónimo, debido a que los parámetros geomorfológicos en otros tramos varían de acuerdo a la información geográfica. El periodo de precipitaciones en la zona de estudio se presenta anualmente entre los meses de diciembre a marzo.

## **1.5 Hipótesis**

### ***1.5.1 Hipótesis general***

El conocimiento de la estimación de riesgos por flujos de detritos permite plantear medidas de control con la finalidad de reducir o disminuir los riesgos existentes en la quebrada San Jerónimo.

### ***1.5.2 Hipótesis específicas***

- En la medida que se aplique el modelo de simulación numérica, tendremos como resultado la identificación de zonas de riesgo sobre cartografía raster digital.
- Si se identifica los niveles de peligrosidad, entonces se podrá determinar la susceptibilidad de los factores condicionantes y desencadenantes en el ámbito de estudio ante la ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada San Jerónimo.
- Si se realiza el análisis de vulnerabilidad, entonces se podrá determinar los niveles de vulnerabilidad en la zona de estudio ante la ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo.
- Si se recomienda medidas de control, entonces tendremos como resultado la reducción o disminución de riesgos existentes ante la ocurrencia de flujos de detritos.

## II. Marco teórico

### 2.1 Bases teóricas

#### 2.1.1 *Flujos de detritos*

Es una masa móvil, saturada en agua, que está compuesta por una mezcla de rocas, sedimentos, agua y gases, donde entre el 50 y el 80% de este material es sólido y se encuentra suspendido en agua. Se desliza pendiente abajo por influencia de la gravedad, posee un rápido avance, movilidad y gran capacidad destructiva (Servicio Nacional de Geología y Minería [SERNAGEOMIN], 2020).

Fenómeno geológico de drenaje natural, de lluvias cortas y torrenciales, que producen una erosión, transporte y depósitos rápidos y violentos de materiales detríticos inconsolidados, en una cuenca pequeña y con pendiente pronunciada. Presenta características físicas de un fluido de agua y lodo que se lanza repentinamente cuesta abajo como una masa acuosa y lodosa, con diferentes grados de densidad, lleva una carga pesada conformada por bloques de rocas que destruye todo lo que esté en su camino. El huayco típico en el que ocurre en zonas desérticas y semidesérticas (Guadalupe y Carrillo, 2012, p. 70). En la Figura 1, se muestra el deslizamiento de flujos de detritos.

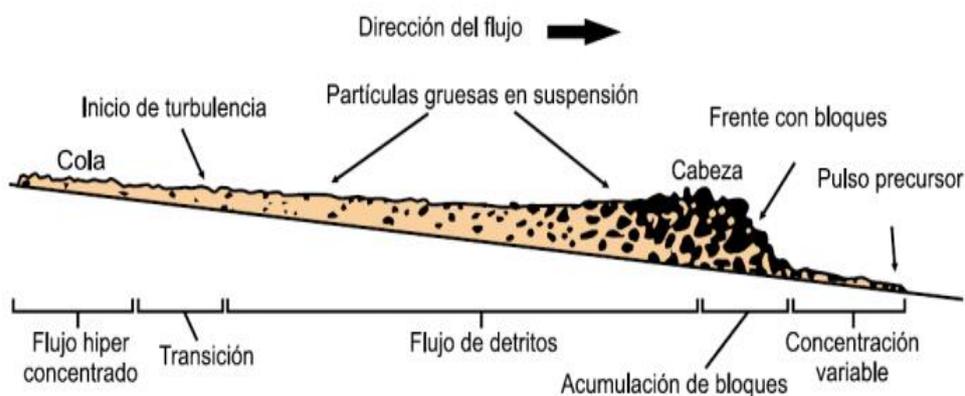
**Figura 1***Deslizamiento de flujos de detritos*

**Nota.** Deslizamientos de flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo a consecuencia del Fenómeno del Niño ocurrido en el mes de febrero 2017. De Panamericana Televisión. (2017). Deslizamiento de los flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo. [https://www.youtube.com/watch?v=zb\\_aW3v4eRE](https://www.youtube.com/watch?v=zb_aW3v4eRE)

Durante su desarrollo, el flujo de detritos exhibe una morfología típica. Presenta una cabeza en el frente, donde se acumulan y transportan los clastos de mayor tamaño (bolones y bloques). Esta sección representa la mayor altura del flujo. Tras la cabeza, el flujo muestra un cuerpo donde se desarrolla el flujo de detritos propiamente tal, transportando partículas gruesas incluso en suspensión. Detrás del cuerpo el flujo exhibe una cola, que se caracteriza por ser la parte más tardía del paso del flujo y corresponde a un flujo más diluido (flujo hiperconcentrado). Entre la cola y el cuerpo hay una zona de transición entre un flujo de detritos y un flujo hiperconcentrado, donde se inicia la turbulencia. En ocasiones, antes del paso del frente del flujo, pueden existir pulsos precursores de concentración variable, pero de alturas menores. En la Figura 2, se muestra la morfología descrita anteriormente (Muñoz, 2018, p. 9).

**Figura 2**

*Representación de corte del desarrollo de flujos de detritos*



**Nota.** Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso de flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986). De Proyecto Multinacional Andino. (2007). *Movimientos en masa en la Región Andina : Una guía para la evaluación de amenazas*. Editorial Publicación Geológica Multinacional. <http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/2792>.

### 2.1.2 Partes del flujo de un huayco

**2.1.2.1 Canal.** Las cárcavas y pequeñas quebradas de la cuenca de recepción se unen aguas abajo y se inicia el canal, que se caracteriza por tener pendiente menos empinada por donde discurre el flujo de huayco, el canal generalmente baja en forma serpenteante, sus paredes laterales son casi verticales, en muchos casos la población invade el canal o construye sus casas cerca de él y en crecidas extraordinarias las construcciones son arrasadas (Guadalupe y Carrillo, 2012, p. 70).

**2.1.2.2 Cuenca de recepción.** Es el área más extensa del huayco, se emplaza en la parte alta, se caracteriza por tener pendientes empinadas, está compuesto de varias cárcavas o pequeñas quebradas, pero como estas se ubican en la parte alta y empinada no ha construcciones, por lo que generalmente no se generan daños (Guadalupe y Carrillo, 2012, p. 70).

**2.1.2.3 Conoide de deyección.** Llamado también abanico del huayco, por su forma, esta zona es la parte final del huayco, donde deposita sus sedimentos heterométricos y tiene

poca pendiente ocupando grandes áreas; por lo tanto, allí es donde se concentran las diversas edificaciones, casas, carreteras, colegios, entidades públicas y privadas, que con la avenida del huayco pueden ser destruidas o enterradas (Guadalupe y Carrillo, 2012, p. 70). En la Figura 3, se muestra las partes de un flujo de detritos.

### Figura 3

*Partes de flujos de detritos*



*Nota.* Representación de las partes de flujo de detritos en la quebrada Carioso. De Sánchez, L. I. (2018). *Análisis de vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada Carosio, distrito de Lurigancho – Chosica, Lima - Lima*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2728>.

#### 2.1.3 Características del flujo de detritos

Según Celi y Tanta (2019, p. 37), los flujos de flujos de detritos son aplicables independientemente de los tamaños de su material constitutivo y sus distribuciones, las concentraciones de sedimentos en el flujo, las propiedades de fluido intersticial, y las

condiciones hidráulicas de flujo tales como la velocidad, la profundidad y el gradiente de pendiente del canal. Los flujos de escombros difieren en función de los factores del comportamiento y de su poder destructivo.

#### ***2.1.4 Factores que desencadenan los flujos de detritos***

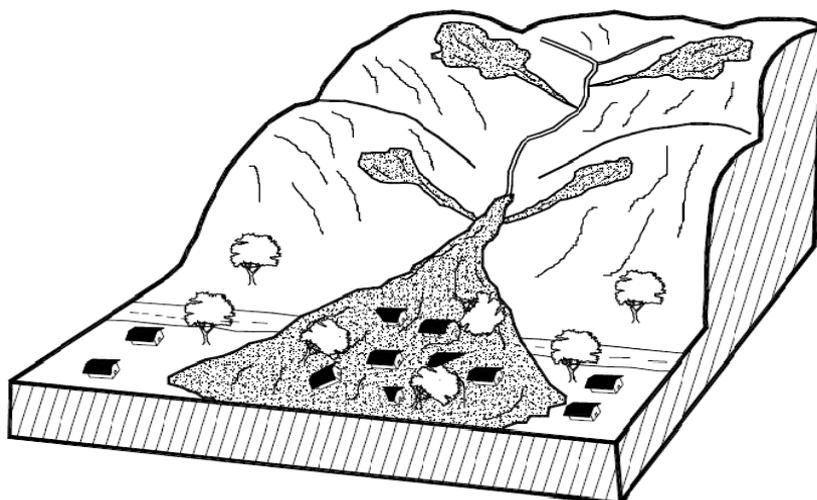
Suárez (2001, p. 179) manifiesta que, cuando se genera un evento anómalo como lluvias extraordinarias, sismos fuertes o deshielos rápidos, pueden ocasionarse deslizamientos o erosión, los cuales congrega cierta cantidad de sedimentos o partículas encima de las laderas o cauces.

De acuerdo al proceso activador las masas que se sueltan pueden estar saturadas o puede haber aporte adicional de agua. La acumulación de sedimentos dispersos sobre una pendiente fuerte favorece su movimiento (Suárez, 2001, p. 181).

El desplazamiento de los flujos de detritos se acciona con las lluvias, a causa de la pérdida de resistencia por el decrecimiento de la succión al saturarse el material o por el incremento de fuerzas causadas por el movimiento del agua. Los daños originados por los flujos de detritos concentran áreas aproximadamente grandes lo que muestra en la Figura 4.

## Figura 4

*Daños originados por flujos de detritos*



*Nota.* Daños ocasionados por los flujos de detritos generando grandes pérdidas económicas. De Suárez, J. (2004). Deslizamientos: Análisis geotécnicos. División editorial y de publicaciones. <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>.

Según Castillo (2006, p. 16), manifiesta que los factores que influyen en el tipo de flujo y que ayudan a definir la probabilidad de ocurrencia del flujo son:

**2.1.4.1 Área de la cuenca de recepción.** “A mayor área, mayor será la cantidad de agua que captará, y mayor el volumen del flujo” (Castillo,2006, p. 16).

**2.1.4.2 Pendiente.** “A mayor pendiente mayor será la velocidad del flujo, y habrá mayor posibilidad de erosión e inestabilidad de la zona” (Castillo,2006, p. 16).

**2.1.4.3 Clima.** Donde se produzcan intensas precipitaciones se activará la quebrada y el flujo de escombros será el desenlace. “El Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) (1998) asocia el suceso de huaycos con lugares de climas áridas y semiáridas a efecto de una precipitación inusitada” (Castillo,2006, p. 16).

**2.1.4.4 Tipo de suelo.** “Depende del tipo del suelo (presencia de material fino y grueso), la capacidad para soportar el efecto erosivo, la permeabilidad, la cobertura vegetal que serán aportes para el flujo” (Castillo,2006, p. 16).

### ***2.1.5 Reología de los flujos de detritos***

Los flujos de detritos se comportan mecánicamente como un fluido no-newtoniano, ya que a medida que aumenta la cantidad de sólidos transportados y la densidad de la mezcla sobrepasa la densidad del agua, la resistencia a la deformación crece, de tal forma que la relación entre tensión de corte y tasa de deformación es no-lineal (o, si lo es, no pasa por el origen). En cambio, en un fluido newtoniano esta relación es lineal (Muñoz, 2018, p. 9).

Por tanto, los flujos de detritos tienden a comportarse como fluidos viscoplásticos (Costa, 1999, p. 3), que se caracterizan por presentar una tensión de corte mínima, denominada tensión de fluencia (yield stress). Por encima de esta tensión el fluido comienza a moverse. En caso de no superarse esta tensión de fluencia, el fluido se comporta como un cuerpo rígido o cuasi-rígido, con velocidad de deformación nula (Moreno, 2014, p. 2).

Esta transformación reológica se produce por la acción del fluido intersticial y las colisiones entre las partículas que condicionan las leyes constitutivas de la mezcla (Solís, 1995, p. 12). Si la concentración de finos (tamaño limo o arcilla) supera el 10%, el fluido intersticial lubrica los granos y controla la dinámica de la mezcla, por lo que para un bajo tamaño de partículas la viscosidad domina en la mecánica de ésta.

### ***2.1.6 Modelamiento numérico por flujos de detritos***

Los flujos de detritos son tipos de movimientos complejos que por sus características no pueden representarse por métodos que se aplican usualmente para fluidos como el agua. Esto es debido a la concentración volumétrica que hace que estos fluidos actúen como fluidos no-newtonianos, en los que es necesario que actúe un esfuerzo superior a un determinado esfuerzo crítico, para que el fluido se ponga en movimiento (Valderrama, 2006).

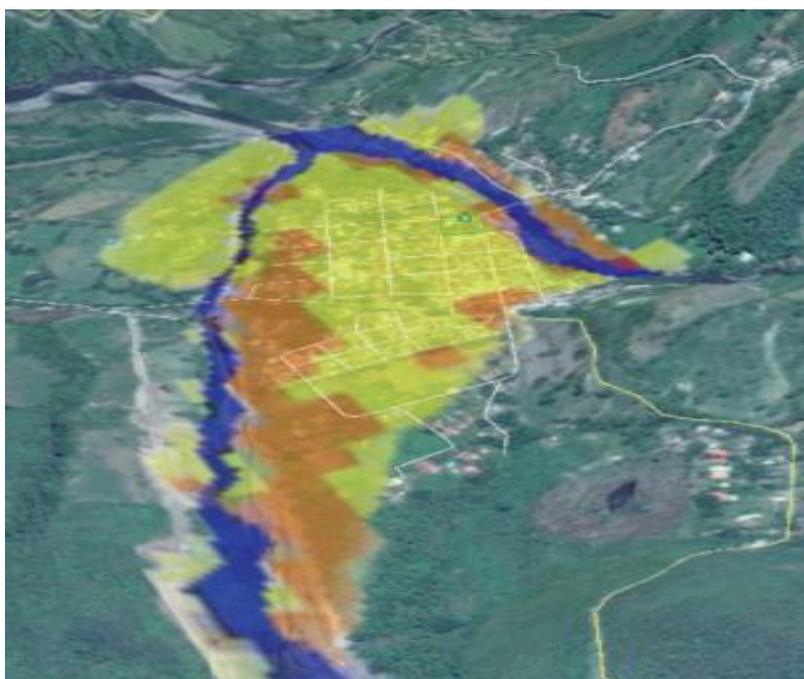
Según Chen & Lee (2000, párr. 1) refiere que, los modos numéricos para modelar el comportamiento de parámetros de salida de los detritos de deslizamiento incluyen

principalmente modelos mecánicos fluidos y métodos de elementos distintos. El enfoque más común y utilizado para estos métodos se basa en la mecánica de la continuidad. Los modelos de mecánica de fluidos en continuo utilizan las ecuaciones de conservación de masa, momento y energía que describen el movimiento dinámico de los escombros, y un modelo reológico para describir el comportamiento material de los detritos.

El tránsito en dos dimensiones se logra a través de integración numérica de las ecuaciones de movimiento y conservación del volumen del fluido, bien sea para inundación o para flujos de detritos. En la Figura 5, se representa un modelamiento matemático por flujos de detritos.

### Figura 5

*Modelamiento numérico para flujos de detritos*



*Nota.* Mapa de amenaza por flujo de detritos aplicando modelamiento matemático en Útica, Cundinamarca. De Sepúlveda B., A., Patiño Franco, J., y Rodríguez Pineda, C. (2016). *Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia*. *Obras y proyectos*, 20, 31-43. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132016000200003>.

### 2.1.7 Movimiento de masa

Los Movimientos en Masa (MM) son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos químico y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y atmósfera (Proyecto Multinacional Andino, 2007, p. 25).

**2.1.7.1 Tipos de movimiento de masa.** Según Cruden y Varnes (1996, p. 3), citado en el libro deslizamiento: análisis geotécnico de Suárez (2009, p. 187), se refiere que el flujo de un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe una tendencia semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco.

En muchos casos de originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o caída. Se presenta en la Tabla 1, las siguientes clases de movimiento en masas entre ellas tenemos: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones; se describe además cierto tipo de deformaciones gravitacionales profundas.

**Tabla 1**

*Tipos de movimiento de masas*

<b>Tipo</b>	<b>Sub tipo</b>
Flujo	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada) Avalancha de rocas Avalancha de detritos Flujo de turba Flujo de tierra Flujo de lodo Crecida de detritos Flujo de detritos
Reptación	Reptación de suelos Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	-
Caídas	Caída de roca (detrito o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso

<b>Tipo</b>	<b>Sub tipo</b>
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)

*Nota.* Tipos de MM descritos para la identificación de tipo de flujo en la presente investigación. De Proyecto Multinacional Andino. (2007). *Movimiento en masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Editorial Publicación Geológica Multinacional. <http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/2792>.

Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante, que se relaciona con la intensidad de aquellos y la amenaza que pueden significar.

### **2.1.8 Prevención**

Se dice de Vélez que, en el 2005 en su tesis de investigación, considera que la prevención es el conjunto de medidas anticipadas principalmente de corto y mediano plazo, para evitar o reducir los efectos de los desastres. Es una etapa o fase que precede al estado de emergencia propiamente dicha, en el que debe concretar su preparación contra un desastre. En esta etapa se puede identificar los riesgos naturales o inducidos en función a incidencias y vulnerabilidades, prosiguiendo con el análisis y consecuente concepción de la mitigación respectiva. Concluye con el impacto del fenómeno destructivo (Vélez, 2005, p. 18).

La prevención es la media o conjunto de medidas diseñadas para proporcionar protección contra los efectos de un desastre. Incluye medidas de ingeniería, de legislación sobre el uso de la tierra, del agua y el ordenamiento urbano (Vílchez, 2004, p. 8).

### **2.1.9 Desastre**

Conjunto de daños y pérdidas en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre como efecto ante un evento natural, cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta regional y local para atender eficazmente sus

consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por acción humana (CENEPRED, 2014, p. 15).

En la Figura 6, se evidencia el desastre generado por los flujos de detritos a causa de las precipitaciones máximas.

### **Figura 6**

*Inundación por caída de flujos de detritos*



**Nota.** Viviendas afectadas por los deslizamientos de flujos de detritos en la provincia de Cañete. De Poderpolitico;. (2015, 10 de enero). *Cañete: Más de 50 viviendas son afectadas por caída de huaico*. <https://peru.com/actualidad/nacionales/cañete-mas-50-viviendas-son-afectadas-caida-huaico-noticia-315947>

#### **2.1.10 Riesgo de desastre**

“El riesgo de desastre es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro” (CENEPRED, 2014, p. 17).

#### **2.1.11 Peligro**

“Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos” (CENEPRED, 2014, p. 17).

Además, Vílchez (2004, p. 8), precisa que el peligro es “la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, de una magnitud dada, para un periodo específico y una localidad o zona conocida”.

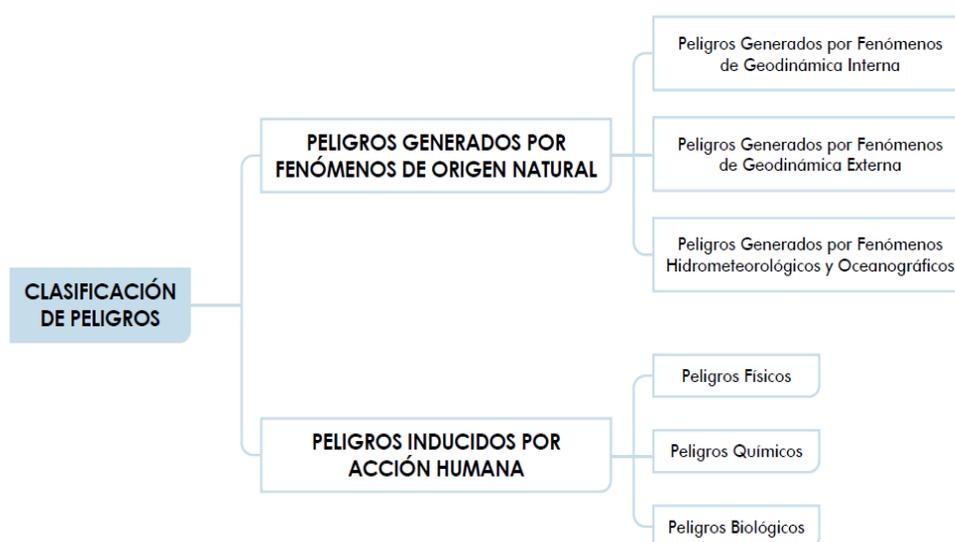
### 2.1.12 Clasificación de peligros originados por fenómenos de origen natural

Probabilidad de que un fenómeno físico potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presenta en un lugar específico con una cierta intensidad, en un periodo de tiempo y frecuencia definido (CENEPRED, 2014, p. 21).

En la presente investigación para el estudio de este fenómeno (flujos de detritos) se han agrupado los peligros de acuerdo a su origen. Esta agrupación nos reconocer y caracterizar cada uno de ellos, tal como se muestra en la Figura 7 (CENEPRED, 2014, p. 21).

#### Figura 7

Clasificación de peligros



**Nota.** Clasificación peligros según su origen natural y acción humana mediante diagrama de flujo. De CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión*. Editorial NEVA STUDIO SAC. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf).

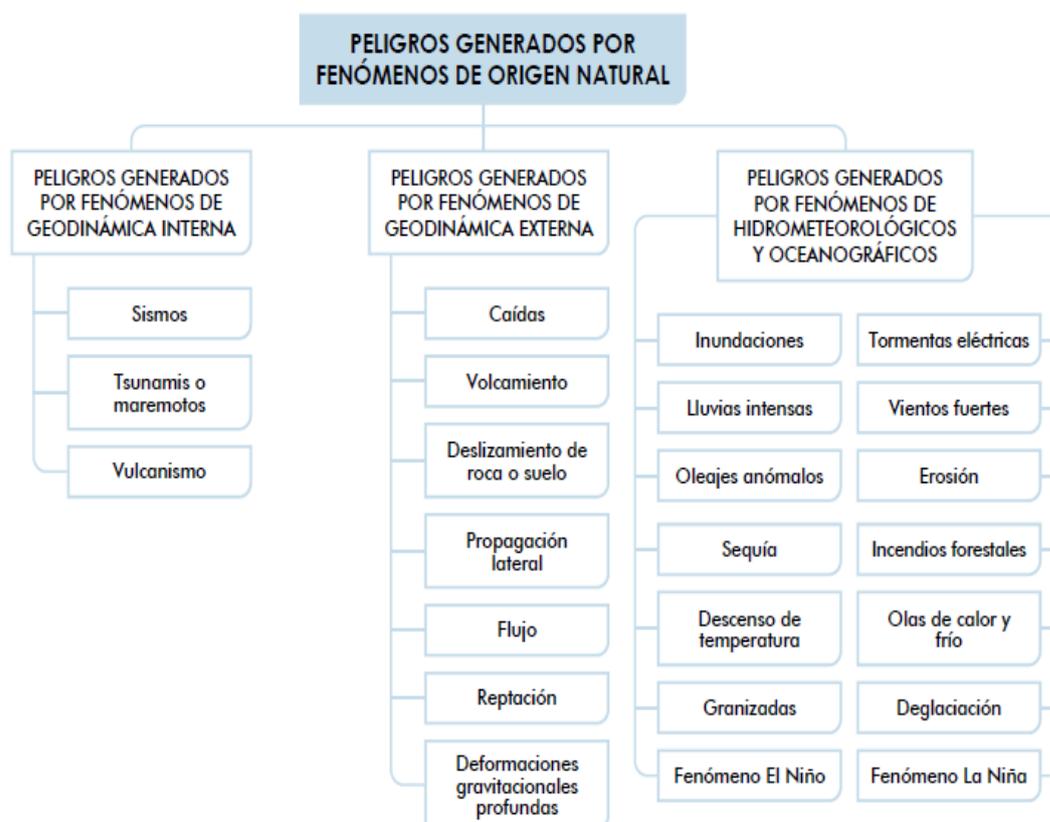
Según CENEPRED (2014, p. 21), mediante la clasificación mencionada ha permitido ordenar los fenómenos de origen natural en tres grupos:

- Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna
- Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa
- Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos

Pues en la siguiente Figura 8, se muestra la clasificación indicada

### Figura 8

Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales

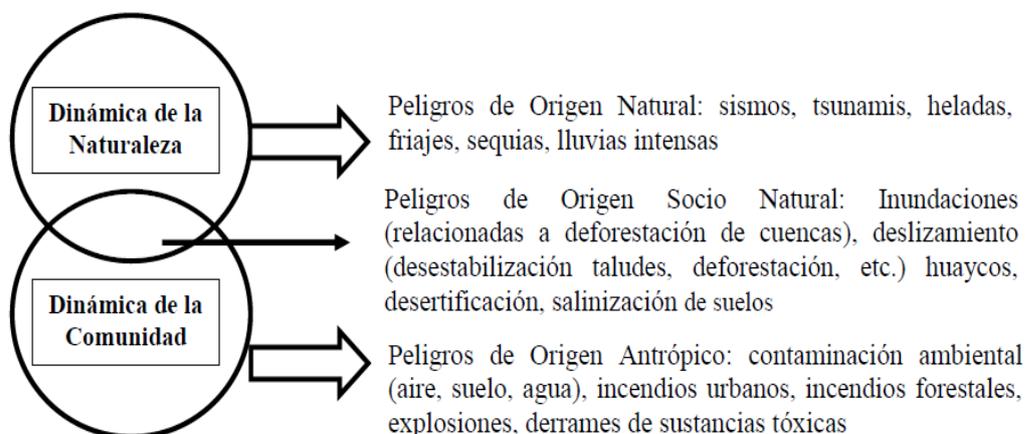


*Nota.* Clasificación peligros según su origen natural y acción humana mediante diagrama de flujo. De CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión.* Editorial NEVA STUDIO SAC. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf).

Asimismo, según Zapata (2008, p. 10) citado en Sánchez (2018, p. 33), comenta que los peligros se pueden clasificar de origen natural, socio natural y antrópico como se muestra en la Figura 9.

## Figura 9

Clasificación de peligros según Zapata (2008)



*Nota.* Clasificación peligros según su dinámica de la naturaleza y dinámica de la comunidad. De Zapata Rondón, N. (2008). *Marco conceptual: Gestión del Riesgo de Desastres y Análisis del Riesgo*, 32. Programa de Desarrollo Rural Sostenible.

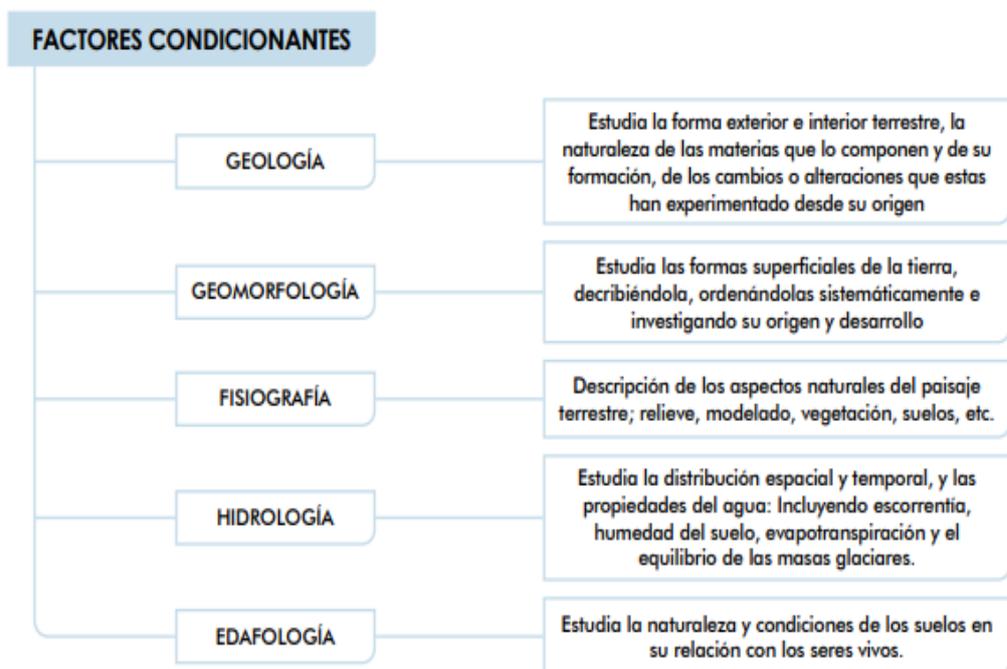
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/estudios\\_documentos/documentos/2\\_TM-MC.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/2_TM-MC.pdf)

### 2.1.13 Factores condicionantes

Los factores condicionantes son parámetros propios de nuestra área de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad) (CENEPRED, 2014, p. 106). Así como su distribución espacial (Ver Figura 10).

**Figura 10**

*Factores condicionantes del peligro*



*Nota.* Mención de parámetros de factores condicionantes en un ámbito de estudio. De CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da versión*. Editorial NEVA STUDIO SAC. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf).

#### **2.1.14 Factores desencadenantes**

Los factores desencadenantes son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Un ejemplo a ello son las precipitaciones generan deslizamientos de material suelto o meteorizado, así como también los sismos de gran magnitud ocurridos en el mar ocasionan tsunamis, etc. (CENEPRED, 2014, p. 107). En la Figura 11, se detalla los factores desencadenantes en un ámbito geográfico.

## Figura 11

### Factores desencadenantes del peligro



*Nota.* Mención de parámetros de factores desencadenantes en un ámbito de estudio. De CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión*. Editorial NEVA STUDIO SAC. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf).

#### 2.1.15. Elemento expuesto

Para Sánchez en su investigación del año 2018 expone que, son los conjuntos de elementos como infraestructuras de bienes y servicios (viviendas, centros educativos, centro de salud, centros comunales, etc.), población, recursos, que existe la probabilidad de ser afectados por peligros naturales o antrópicos dentro de un área de influencia (Sánchez, 2018, p. 42). En la Figuras 12 y 13, se presenta algunos de los elementos expuestos en la presente investigación.

**Figura 12**

*Elemento expuesto (áreas de cultivo y vía asfaltada)*



**Nota.** Fotografía de las áreas de cultivo como elemento expuesto en ambas márgenes por la caída de flujos de detritos ubicadas en el ámbito de investigación.

**Figura 13**

*Elemento expuesto (viviendas)*



**Nota.** Fotografía de viviendas expuestas ante la ocurrencia de flujos de detritos, se evidencia la construcción de un dique de concreto como alternativa de reducción de riesgos.

### **2.1.16 Resiliencia**

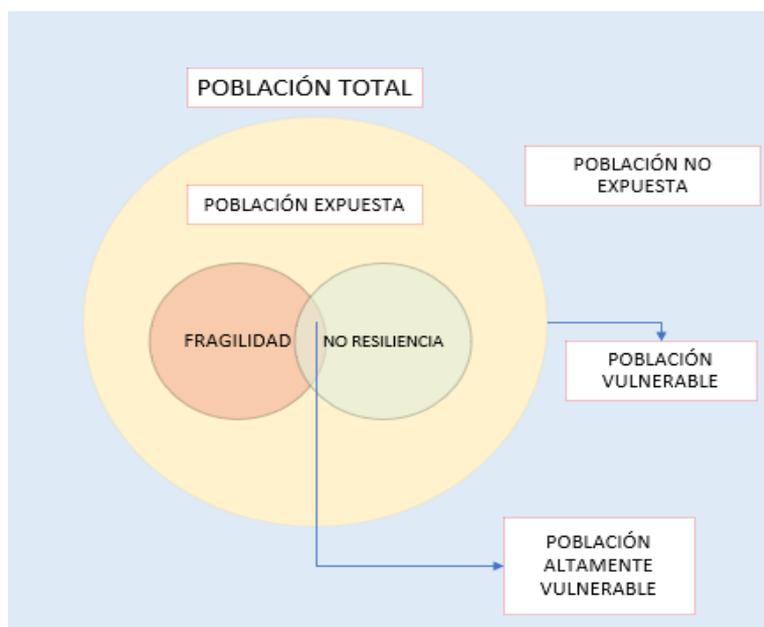
Es la capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas, para adecuar, asimilar, adsorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de incrementar la capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro (CENEPRED, 2014, p. 123).

Es la capacidad humana universal para hacer frente a las adversidades, superarlas o incluso ser transformado por ellas. Es parte del proceso evolutivo y debe ser sembrado desde la niñez (Grotberg, 1995, p. 6).

Resiliencia distingue dos componentes: el primero menciona a la resistencia frente a la destrucción, esto es, la capacidad de proteger la propia integridad bajo presión; segundo, más allá de la resistencia, es la capacidad para construir un conductismo vital positivo pese a circunstancias difíciles. Para este autor, el concepto de resiliencia incluye la capacidad de una persona o sistema social de enfrentar adecuadamente las dificultades de un aspecto socialmente aceptable (Vanistendael, 1994, p. 70). En la Figura 14, se muestra la relación de fragilidad y resiliencia.

## Figura 14

### *Análisis fragilidad - resiliencia*



*Nota.* Diseño de relación de fragilidad y resiliencia para el análisis de vulnerabilidad.

### **2.1.17 Fragilidad**

Es un factor de la vulnerabilidad que nos indica las condiciones de desventaja o debilidad relacionadas al ser humano y sus medios de vida frente a un peligro, su relación es a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. Aquí se analizan las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno. Ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción, materiales, entre otros (CENEPRED, 2020, p. 3).

La fragilidad está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro (Atalaya, 2011, p. 21). Por lo general, está centrada en las condiciones físicas de una sociedad y es de origen interno, un ejemplo a ello sería las formas de construcción, no seguimiento de normativo vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. La relación que expone el autor es que, a mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. En la Figura 15, nos muestra la fragilidad de las viviendas en el Sector Daza, Huarochirí.

## Figura 15

### *Derrumbe y asentamiento en el sector Daza*



**Nota.** Fotografías luego de un derrumbe en el sector Daza parte de la carretera central y a consecuencia de ello, las viviendas afectadas presentan grietas debilitándolas para su derrumben. De Ochoa Z., M., Moreno H., J., Rodríguez M., R., Fabián Q., C., Nuñez J., S., & Gómez V., D. (2017). *Informe Técnico N° A6768: Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en las regiones Lima - Ica*. INGEMMET. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3697>.

### **2.1.18 Vulnerabilidad**

“La vulnerabilidad está definida también como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. Esta definición puede ser explicada de manera adecuada por dos factores fragilidad y resiliencia” (CENEPRED, 2014, p. 194).

La vulnerabilidad es el grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos en riesgo como resultado de la ocurrencia de un peligro (Vílchez, 2004, p. 8). Se expresa en términos de probabilidad, en porcentaje de 0 a 100.

La vulnerabilidad es la condición de todo elemento, población e infraestructura de estar expuesto o resultar afectado ante un fenómeno de origen humano o natural llamado amenaza (Vélez, 2005, p. 43).

### ***2.1.19 Análisis de vulnerabilidad***

Según el reglamento de la Ley N°. 29664 elaborada por la Presidencia del Consejo de (PCM), es un proceso mediante el cual se evalúa las condiciones existentes de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia, de la población y de sus medios de vida (Presidencia del Consejo de Ministros [PCM], 2011, p. 11).

### ***2.1.20 Vulnerabilidad ambiental***

Para la identificación de los niveles de vulnerabilidad ambiental, se establece los recursos naturales renovables y no renovables expuestos dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los recursos naturales vulnerables y no vulnerables, para a continuación incorporar el análisis de la fragilidad ambiental y resiliencia ambiental (CENEPRED, 2014, p. 135).

### ***2.1.21 Vulnerabilidad económica***

Los niveles de vulnerabilidad económica se determinan en las actividades económicas y de infraestructura expuesta dentro del ámbito de estudio del fenómeno de origen natural, conociendo los elementos expuestos vulnerables y no vulnerables, para luego incorporar el análisis de la fragilidad económica y resiliencia económica (CENEPRED, 2014, p. 129).

### ***2.1.22 Vulnerabilidad social***

Según CENEPRED (2014, p. 124), para identificar los niveles de vulnerabilidad social, se realiza un análisis de la dimensión social, estableciendo la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable.

Lavell (1999, p. 60), menciona que la vulnerabilidad social como el bajo grado de organización y cohesión interna de comunidades bajo riesgo, que imiden su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastre.

Este tipo de vulnerabilidad congrega todos los factores económicos, sociales, políticos, ideológicos, culturales, educativos, institucionales en factores sociales o la denominada vulnerabilidad social, alegando que ella depende de los recursos económicos, la capacidad para organizarse, los niveles de autonomía e incapacidad de gestión y negociación ante los actores externos, las imágenes conceptos o prejuicios, sentido de identidad, propósito común y pertenencia de los individuos en sus comunidades y a los ecosistemas donde se localizan, la no correspondencia entre contenidos y métodos educativos y prácticas que requieren para participar activamente en su comunidad, adaptación de la comunidad a la realidad y una rápida y adecuada respuesta de las instituciones en caso de desastre (Velez, 2005, p. 15).

### ***2.1.23 Proceso de análisis jerárquico (PAJ)***

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la creación de un modelo jerárquico, que permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema visual. El punto central del PAJ es el proceso de determinar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados (CENEPRED, 2014, p. 206).

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se acude a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ por sus ventajas, flexibilidad y por la aptitud de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión, (Garfi y Ferrer, 2011, p. 3). En la Figura 16, muestra la escala según lo comentado.

## Figura 16

### Escala de Saaty

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con 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 otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con 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 muchísimo	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.	

**Nota.** Para obtener estos ponderados son necesarios respuestas (numéricas o verbales) a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas. De CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión*. Editorial NEVA STUDIO SAC. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf).

### 2.1.24 Riesgo

La estimación del riesgo es un proceso que implica o conforma las acciones y procedimientos que se realizan para formar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres (PCM, 2011, p. 10).

Según CENEPRED (2020, p. 6), el riesgo es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro. Asimismo, Velez (2005, p. 18), refiere que el riesgo es la estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vida o de daños a los bienes materiales, económica, para un período específico y área conocida.

El riesgo se estima en relación a la función de la magnitud del peligro y vulnerabilidad, teniendo en consideración la siguiente relación probabilística:

$$R=P*V$$

### ***2.1.25 Estimación del riesgo***

Para el PCM (2011, p. 5), define en su reglamento que la estimación del riesgo es el proceso que comprende las acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres.

### ***2.1.26 Cálculo del riesgo***

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, p. 189).

### **III. Método**

#### **3.1 Tipo de investigación**

Por el tipo de la investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación de tipo aplicada (Sánchez et al), debido a que busca aprovechar los conocimientos utilizados en la gestión de riesgos de desastres, a fin de aplicarlas en el proceso de estimación de riesgos por ocurrencia de flujo de detritos.

##### ***3.1.1 Enfoque de la investigación***

El método del estudio se llevará a cabo bajo un enfoque cuantitativo (Hernández et al, p. 36), donde se ha evaluado la realidad del ámbito de estudio, a través de instrumentos para la obtención y recolección de datos por lo que se hará uso de mediciones numéricas y análisis estadísticos, para probar que el conocimiento en la estimación de riesgos por flujos de detritos permitirá proponer medidas de control con el fin de reducir o disminuir riesgos existentes en la quebrada San Jerónimo.

##### ***3.1.2 Nivel de la investigación***

La investigación se concentrará en un nivel de investigación de carácter descriptivo, pues describe las situaciones, contexto y sucesos de cómo son y se manifiesta en la realidad los flujos de detritos en el anexo de San Jerónimo, realizando un diagnóstico del tema o problema de investigación (Hernández *et al*, 2014, p. 30).

En este caso, se elige una serie de conceptos a considerar, que también se denominarán variables, se mide y los resultados sirven para describir el fenómeno de interés (estimación de riesgos por flujos de detritos).

##### ***3.1.3 Diseño de la investigación***

La investigación recurrirá a un diseño no experimental que se aplicará de manera transversal o transeccional (Hernández *et al*, 2014, p. 128), puesto que se recolectará datos en un solo momento, en un tiempo único durante el proceso del estudio de investigación. El

propósito a ello es describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

## **3.2 Ámbito temporal y espacial**

### ***3.2.1 Ámbito temporal***

La presente investigación se llevó a cabo durante el periodo 2020 desarrollado en el ámbito urbano y rural de la quebrada San Jerónimo que comprende a la población del anexo de San Jerónimo.

### ***3.2.2 Ámbito espacial***

Se desarrolló la presente tesis en el departamento de Lima, provincia de Cañete, distrito de Lunahuaná.

## **3.3 Variables**

Las variables se definirán como variables independientes (VI) y variables dependientes (VD). Es decir, se estudiará la causa (identificación de la VI) para medir los efectos (estimación de VD): Causa (VI) → Efecto (VD).

### ***3.3.1 Operacionalización de variables***

En la Tabla 2, se muestran las variables que serán objeto de estudio en el presente trabajo de investigación.

**Tabla 2***Operacionalización de variables*

<b>Variabes dependientes</b>	<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Estimación del riesgo y medidas de control para la reducción o disminución de riesgos existentes.	Identificación de zonas de riesgo por aplicación de modelo numérico.	Utilizar imágenes raster para el método de simulación numérica	#Imágenes raster utilizados (12m) # Zonas de Riesgos (Km <sup>2</sup> o ha)	Satélite Alos sensor Palsar Software LaharZ.
		Utilizar SIG.	# Mapas temáticos generados (peligro vulnerabilidad, riesgos, entre otros.)	Información vectorial GIS
	Identificar niveles de peligrosidad	Parámetro de evaluación altura de flujo	#Evidencias recopiladas (marcas de viviendas, postes, arboles, entre otros)	Inventario
Realizar análisis de vulnerabilidad		Susceptibilidad de factores desencadenantes y condicionantes	Umbral de pp, %Pendiente, Unidad geomorfológica, Unidad geológica	Información SENAMHI y vectorial GIS
		Exposición de la dimensión social	#Grupo Etario #de personas en vivienda	Censo INEI e inventario
		Exposición de la dimensión económica	#Distancia de afectación	Inventario
		Fragilidad dimensión social	#Estado de conservación y # de pisos de vivienda	Censo INEI
		Fragilidad dimensión económica	#Antigüedad de edif., material predominante en paredes y pisos.	Censo INEI
		Resiliencia dimensión social	#Tenencia de vivienda #Nivel educativo	Censo INEI e Inventario
		Resiliencia dimensión económica	#Ingreso familiar promedio mensual #Servicios básicos. Actividad laboral	Inventario

*Nota.* Diseño de cuadro de variables para la presente investigación.

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía.

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

### 3.4 Población y muestra

La población o universo de estudio para la investigación, está conformada por el anexo de San Jerónimo con un total de 1090 habitantes y 551 viviendas según el Instituto Nacional de Estadística e Informática ([INEI], 2018, p. 68).

De esta manera la muestra de estudio será una muestra probabilística según Hernández *et al* (2014, p. 177), esta corresponde a la población de 182 habitantes y 60 viviendas que se encuentra asentada en las fajas marginales del cauce originado por los flujos de detritos en el anexo de San Jerónimo. Esta población y muestra se encontrará en el Anexo 1.

### 3.5 Instrumentos, materiales y softwares

#### 3.5.1 Instrumentos

Para el control, análisis y síntesis del trabajo de investigación, se utilizarán los instrumentos descritos en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Instrumentos que se utilizarán en la investigación*

<b>Instrumentos</b>	<b>Cantidad</b>
Cámara fotográfica lumix digital camera DC FZ80K 18.1 mega pixel	1
Laptop marca ASUS Core i7 RAM 8.0 GB	1
Impresora Multifuncional HP Smart Tank 615	1
Computadora de escritorio: PC Intel Core i7 RAM 8.0 GB	1
GPS Garmin 64sx	1
Calculadora científica	1

*Nota.* Elaboración de tabla de instrumentos requeridos, para el desarrollo de la investigación.

### 3.5.2 Materiales

Los materiales que se usarán en el trabajo de investigación se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4**

Materiales que se utilizarán en la investigación

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Mapa base	1	unid
Encuestas realizadas - formatos	40	unid
Cuaderno de anotaciones	1	unid
Lapiceros	2	unid
Data estadística (SIGRID, CENEPRED, INGEMET, GEOCATMIN)	Gb	glb
Wincha	2	unid
Hojas bond	500	unid
Escalímetro	1	unid
Fichas para recolección de datos	20	unid
Imágenes satelitales	2	unid

*Nota.* Elaboración de tabla de materiales requeridos, para el desarrollo de la investigación.

### 3.5.3. Softwares

- Google Earth Pro 2020, se representó de manera gráfica la quebrada San Jerónimo.
- ARCGIS 2010.3, útil para la elaboración de los mapas del análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgos.
- AUTOCAD 2016, útil para la elaboración de los planos urbanos del área de influencia.
- LAHARZ., útil en la elaboración del modelo numérico para la simulación de inundación por flujos de detritos en nuestro ámbito de estudio.
- SIGRID (Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres), se puede graficar y obtener información del movimiento de masa y el área urbana del ámbito de estudio.
- GEOCATMIN, es un sistema de información geológico y catastral minero con más

de 130 capas de información, basado en una geodatabase corporativa con lo último de la tecnología SIG sobre una plataforma nube usando los estándares ISO geomática, se puede obtener información sobre capas de geología regional, geomorfología, entre otros.

- Microsoft Excel Office 2019, útil para la elaboración de la metodología aplicada.
- Microsoft Word Office 2019, para el desarrollo de la presente tesis investigación.
- Microsoft PowerPoint Office 2019, para el desarrollo resumido de la investigación para la posterior sustentación.

### **3.6 Procedimientos**

Los procedimientos que se llevarán a cabo, para el desarrollo de la investigación, constan de cuatro etapas: revisión y recopilación bibliográfica de información, asesoría de especialistas, trabajo de campo y procesamiento de información.

**Etapas 1:** revisión y recopilación bibliográfica de información, consistirá en revisar analizar los estudios de investigación, evaluaciones, revistas, artículos, informaciones periodísticas, etc., igualmente visitas presenciales y a sus plataformas virtuales de las entidades públicas (MDL, ANA, CENEPRED, INDECI, GEOCATMIN, SIGRID SENAMHI).

En la primera etapa, se realizó la revisión y análisis bibliográfica, en temas relacionados con la gestión del riesgo de desastres en el distrito de Lunahuaná y del área de estudio, se revisaron estudios elaborados por las diferentes entidades: INGEMMET, CENEPRED, ANA, INDECI, SENAMHI, y un gran aporte de la Municipalidad de Lunahuaná (MDL). Cabe indicar que para el trabajo de investigación se ha revisado el Manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 2<sup>da</sup> versión (2014), para ello se ha analizado los factores de fragilidad y resiliencia en cuanto a las dimensiones social y económica, utilizando parámetros y descriptores de acuerdo a lo planteado en el mencionado manual, utilizando el

método multicriterio y se trabajó en la escala de Saaty, para las ponderaciones y el resultado final de la evaluación.

**Etapa 2:** asesoría de especialistas; conocer las metodologías y estrategias, de especialistas en temas de gestión del riesgo de desastres y evaluación de riesgos.

En la segunda etapa, se procedió a complementar la información recopilada con la asesoría de personas involucradas en el tema de gestión del riesgo de desastres y evaluación de riesgos, en cuanto a las metodologías y evaluaciones en el ámbito de estudio, donde se complementó con el apoyo y asesoría de un ex regidor de la Municipalidad de Lunahuaná el Sr. Eduard William Luyo Sánchez, donde en su periodo de regidor ocurrió estos sucesos de flujos de detritos. Asimismo, se consideró los comentarios y aportes del Ing. Edgar Vladimir De La Cruz Gutiérrez, ante la construcción del dique de concreto en el badén como alternativa de prevención de riesgos, daños a las infraestructuras y áreas agrícolas.

**Etapa 3:** trabajo de campo; levantamiento catastral y comunicación con pobladores vulnerables, toma de datos del dique construido (badén), respecto a la información de los usos de suelo, tipo de material de construcción de las viviendas afectadas directamente, número de pisos, características de la vivienda, etc. igualmente fotografías tomadas en campo y el formato de encuestas realizadas a los pobladores del anexo San Jerónimo (Ver Anexo 3).

Hemos podido determinar que en el área de estudio se evaluará la zona aledaña al cauce generado por estos flujos, donde se observó y caracterizó el ámbito de estudio, realizando el levantamiento de información de las viviendas afectadas directamente, siendo un total de 60 lotes, considerándose los diferentes aspectos: usos de suelo, pendiente de la cuenca, cobertura vegetal, geomorfología, geología, capacidad de usos mayor de tierras (CUM), clasificación climática, material estructural predominante, características de la vivienda, tipo de ocupación, número de pisos, etc.

Asimismo para el análisis de vulnerabilidad, se ha elaborado una ficha de encuestas, las preguntas fueron formuladas a los propietarios de los lotes (40 lotes) indirecta y directamente vulnerables, en base a qué tan capacitados se encuentran los habitantes ante la probable ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada San Jerónimo, sin embargo se realizó la encuesta a 30 personas, debido al desinterés de los demás pobladores y ausencia en sus domicilios, indicando que muchas de estas personas cuentan con viviendas afectadas reconstruidas con material noble.

**Etapa 4:** procesamiento de información; se procesará y sistematizará la información, a través de la información obtenida en campo, como la elaboración de mapas temáticos, gráficos y cuadros estadísticos, listado de fotografías y la obtención de los resultados se determinará, según la estimación del Manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 2<sup>da</sup> versión (CENEPRED, 2014), en cuanto a los factores de exposición fragilidad y resiliencia, relacionado al componente social y económico.

En la cuarta etapa; se realizó el procesamiento de información obtenida y levantada de campo, donde se ha analizado las variables e indicadores, según la metodología planteada. Según los datos recopilados en campo, se ha podido elaborar las matrices en base a la metodología multicriterio con la escala Saaty, a fin de determinar las ponderaciones para el cálculo de la estimación del riesgo, asociados a los factores de exposición, fragilidad, resiliencia y análisis del nivel y valor de la vulnerabilidad.

Se procedió con la creación del modelo matemático para la simulación de inundación por flujos de detritos en nuestro ámbito de estudio que corresponde a la población que se encuentra asentada en la faja marginal de cauce del flujo de detritos hasta la desembocadura al río Cañete, estableciendo volúmenes de estimación por medio de antecedentes suscitados en el mismo ámbito de estudio, para nuestro modelamiento para ello será necesario el software LAHARZ y las imágenes raster conseguidas por el satélite Alos y sensor Palsar.

Se han elaborado los mapas temáticos en cuanto a las características de infraestructura urbana ubicadas en el ámbito de estudio, para ello se han utilizado como herramientas los softwares ARCGIS 10.3, GOOGLEE EARTH, LAHARZ y AUTOCAD 2016, así como también plataformas tecnológicas geoespaciales como GEOCATMIN y SIGRID, obteniendo una gran cantidad de información como base de datos.

### **3.7 Análisis de datos**

Para la estimación de riesgo, así como también la simulación numérica de flujos de detritos en nuestro ámbito de estudio se obtendrán de los datos mediante registros, solicitudes previas a instituciones públicas para la información y cálculos generados en los softwares aplicativos (Excel 2019, ARCGIS 10.3, AUTOCAD 2016, LAHARZ).

El Excel 2019, servirá para registrar y crear tablas dinámicas estadísticas durante el procesamiento de información por parte de la plataforma SIGRID e INEI (Censos 2007-2017), mientras que el ARCGIS 10.3, permitirá crear los mapas temáticos de peligros y vulnerabilidad generando así un mapa detallando las áreas en distintos niveles de riesgo.

## IV. Resultados

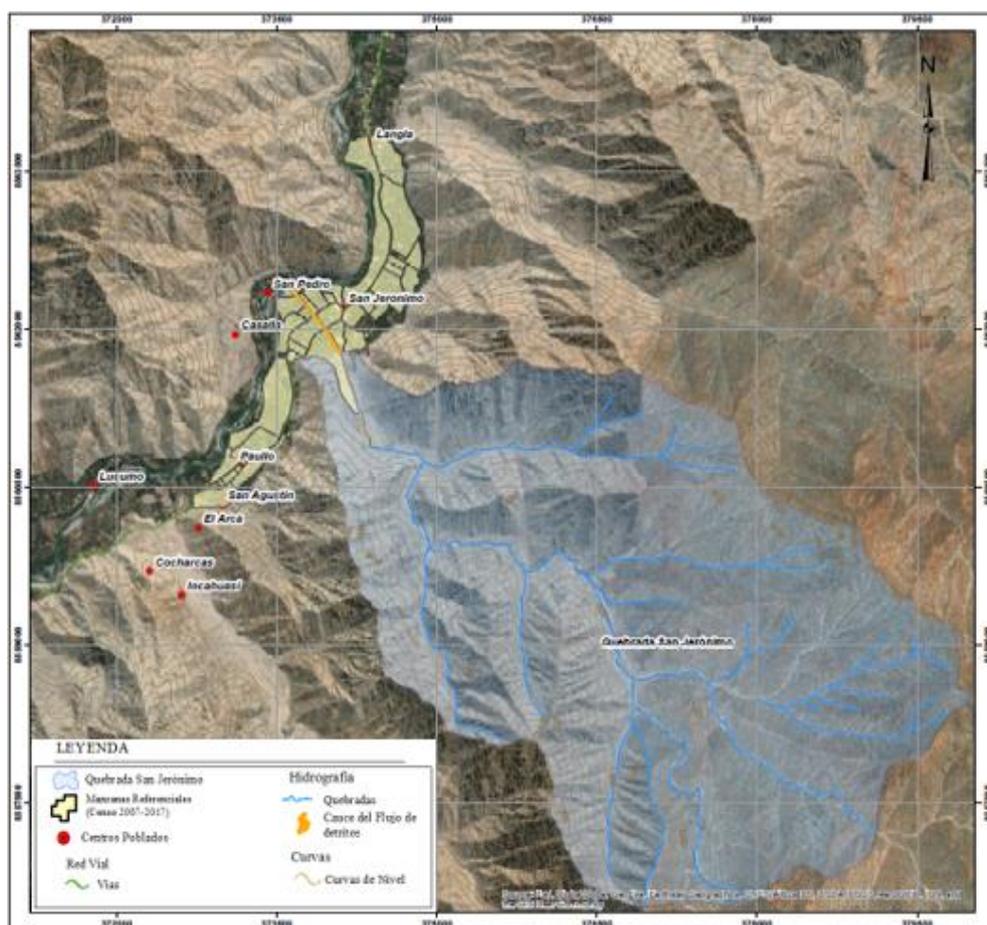
### 4.1 Caracterización de la zona de estudio

#### 4.1.1 Características generales

**4.1.1.1 Localización.** La quebrada San Jerónimo presenta un cauce principal definido de dirección SE-NO que tiene una longitud de 9.51 Km desde la cabecera hasta la desembocadura del río Cañete, entre las coordenadas referenciales UTM 379112.536E-8557200.822N; 373668.272E- 562362.447N y en los extremos limita con las quebradas Langla e Incahuasi entre las coordenadas 375513.813 E -8558042.210 N; 378877.549 E - 8560120.798 N respectivamente. Ver Figura 17

**Figura 17**

*Mapa de ubicación de la quebrada San Jerónimo*



*Nota.* Diseño de mapa de ubicación de la zona de estudio en información vectorial GIS.

Según su ubicación geográfica, se desarrolla de la siguiente manera:

- Departamento: Lima
- Provincia: Cañete
- Distrito: Lunahuaná
- Localidad: anexo San Jerónimo
- Zona: urbana y agrícola
- Sector: San Jerónimo
- Ubicación: quebrada San Jerónimo
- Altitud media: 150 msnm

En la Figura 18, muestra el cauce del flujo de detritos proveniente de la activación de la quebrada San Jerónimo en el año 2017 por efecto del Niño Costero, afectando a las viviendas y áreas de cultivo ubicadas en las fajas marginales del cauce.

### **Figura 18**

*Estado actual del cauce de flujos de detritos en la zona de estudio*



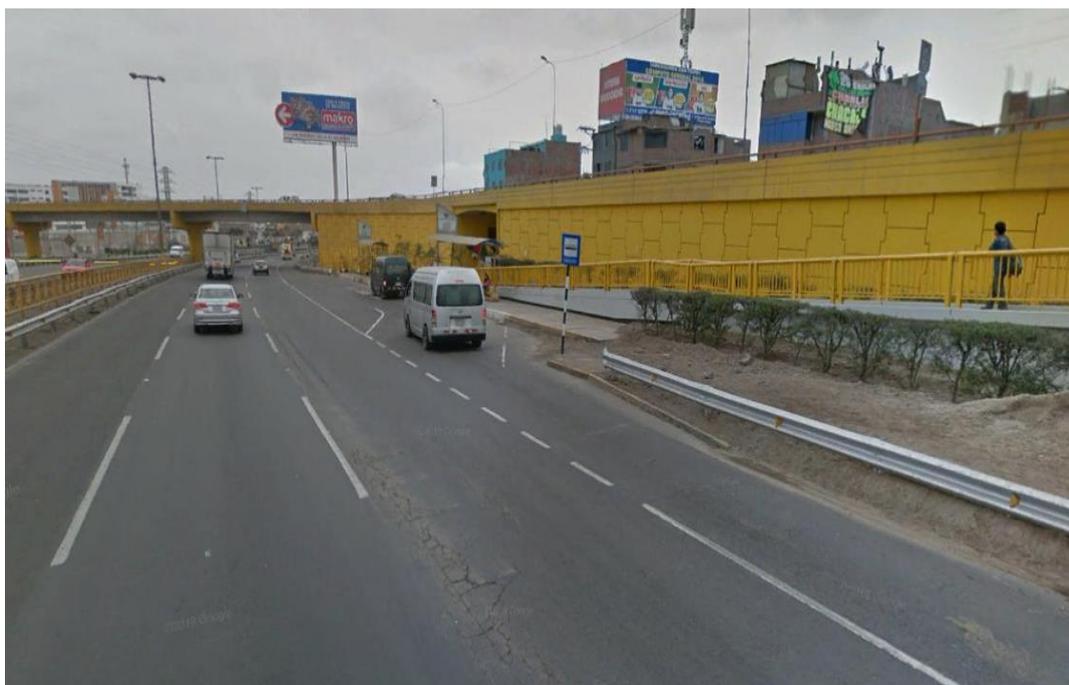
*Nota.* Fotografía tomada desde la parte baja del cauce del flujo de detritos.

**4.1.1.2 Accesibilidad.** El acceso partiendo del distrito de Villa el Salvador es por la vía principal de comunicación de mayor importancia, la panamericana sur, hasta el distrito de San Vicente de Cañete (Km 176 aprox.), luego nos dirigimos al distrito de Imperial para llegar a la quebrada en estudio por la carretera Lunahuaná – Yauyos, ubicándose en la comunidad del anexo de San Jerónimo en el (Km 32 aprox.). En resumen, siguiendo la ruta: Lima – San Vicente – Imperial – San Jerónimo, suman 247 Km de trayecto hasta nuestra zona de estudio.

En las Figuras 19, 20 y 21 se muestran el trayecto completo desde la vía principal de la panamericana sur hasta el anexo de San Jerónimo (Km 32 aprox.).

### **Figura 19**

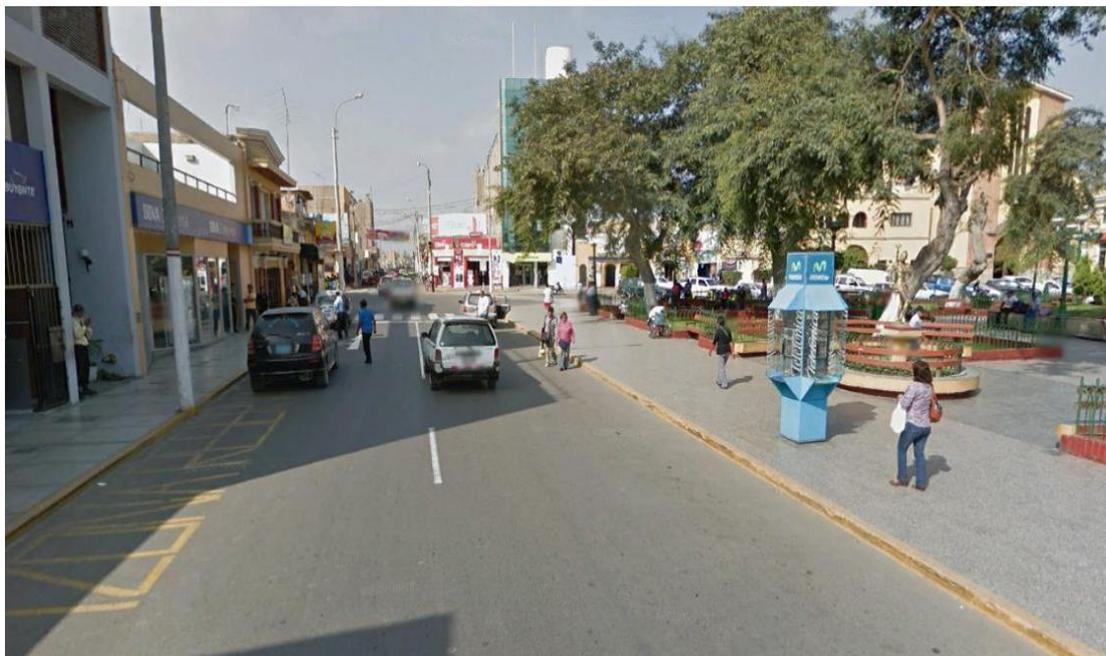
*Trayecto inicial vía principal panamericana sur (paradero parque zonal) hacia el distrito de San Vicente*



**Nota.** Paradero parque zonal del distrito de Villa el Salvador en dirección al sur vía panamericana sur.

**Figura 20**

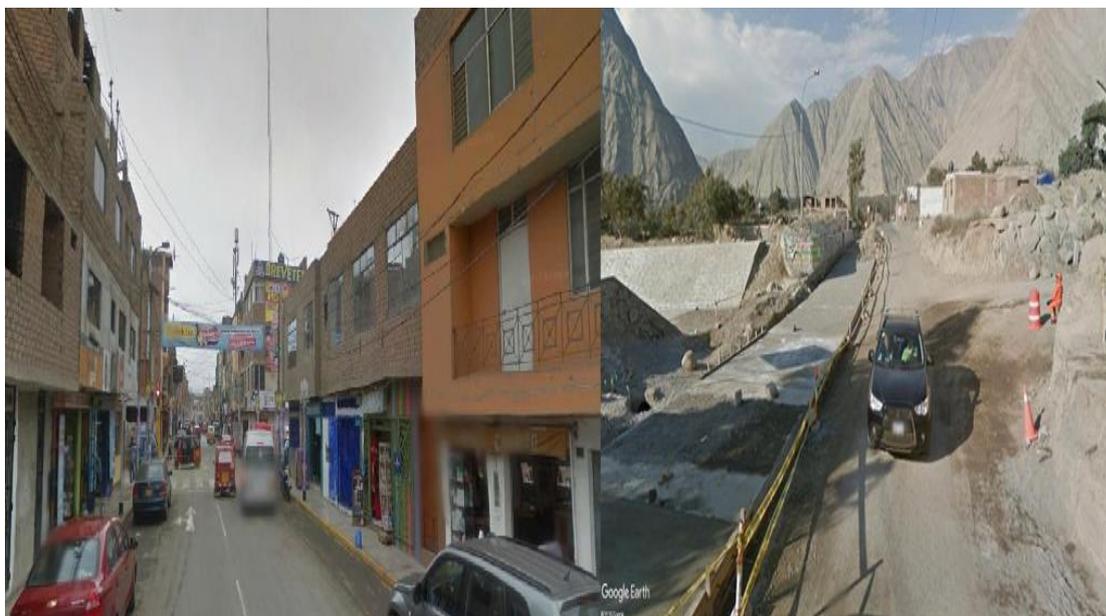
*Trayecto del distrito San Vicente al distrito de Imperial*



*Nota.* Paradero Plaza de Armas del distrito de San Vicente en dirección al distrito de Imperial.

**Figura 21**

*Trayecto final distrito Imperial (paradero mercado) hacia Plaza de Armas de Lunahuaná (paradero badén)*



*Nota.* Paradero mercado del distrito de Imperial hacia al anexo de San Jerónimo.

Cabe mencionar que, ante la ocurrencia de flujos de detritos, la vía principal de comunicación que cruza con el cauce de este fenómeno se encuentra afectado moderadamente.

A consecuencia de este hecho se realizó la rehabilitación de la vía y la construcción de un dique de concreto aguas abajo con una longitud de 20ml aproximadamente y un badén, que permite en cierta forma darle dirección en el desplazamiento de toda la masa aluviónica hacia la desembocadura del río, a pesar que esta obra de construcción reduce el riesgo del impacto de los flujos de detritos, estos siguen desbordándose por la vía mencionada afectando las viviendas ubicadas dentro de los márgenes del cauce en el anexo San Jerónimo. Para constatar el contexto en referencia fueron los efectos resultantes del Fenómeno del Niño Costero (2017).

En la Figura 22, se presenta la vía principal con nombre de “LIMA-LDptal JUNIN” según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), esta vía se encuentra en estado regular y presenta un código de ruta de PE-24, además cuenta con una longitud de 27.11 Km.

Esta vía es un medio de comunicación entre la ciudad de San Vicente hasta el distrito de Pacarán, y viene siendo afectado ante la ocurrencia de flujo de detritos a lo largo de su trayecto.

### **Figura 22**

*Vía local principal “LIMA-LDptal JUNIN”*



**Nota.** Fotografía tomada entre el cauce del flujo de detritos y la vía local principal con dirección aguas abajo.

### 4.1.2 Características físicas

**4.1.2.1 Geología regional.** Para describir las principales unidades geológicas, se tomó como base la información regional descrita por Salazar y Landa (1993, p. 5) a escala 1/100000.

Estos autores describen las unidades litológicas aflorantes en la zona de estudio, y ellas consisten en rocas del mesozoico inferior al cuaternario reciente, todas conformadas por rocas volcánicas estas se tienen como substrato a la formación Huaranguillo (Kis-hu), formada principalmente por calizas interpuestas con lutitas andesíticas, seguida de granodioritas (ks-in/gd) que pertenecen a la superunidad incahuasi. Sobreyace a estas rocas, otras de tipo dioritas, tonalitas (Ks- ti/to, di), granodioritas (Ks- ti/to, gd) que pertenecen a la Superunidad Tiabaya seguidas de depósitos Cuaternarios conformados por unidades fluviales (Qh-fl), aluviales (Qh-al) y coluviales (Qh-co) mezclados por materiales heterogéneos de gravas redondeadas a sub redondeadas envueltas en una matriz arenosa y/o limosa. Ver Figura 23, unidades litoestratigráficas en el distrito de Lunahuaná.

#### Figura 23

Columna cronolitoestratigráfica de las unidades aflorantes del distrito de Lunahuaná

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. Fluvial	Qh-fl		
			Dep. Aluvial	Qh-al		
	Pleistoceno	Dep. Coluvial	Qh-co			
	NEOGENO	Mioceno				
PALEOGENO	Eoceno					
MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior			P-di	Diorita
			Superunidad Tiabaya (80.5+1.4 Ma)	Ks-ti/to,gb Ks-ti/to,di	[	tonalita, granodiorita Tonalita, diorita
	Inferior	Fm. Huaranguillo	Kis-hu	Superunidad Incahuasi	Ks-in/gb	granodiorita

**Nota.** Clasificación de las características geológicas del distrito de Lunahuaná. De Salazar, H., y Landa T, C. (1993). Boletín N°44 Serie A: Carta Geológica Nacional. *Geología de los cuadrangulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantara y Castrovirreyna*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - sector Energía y Minas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/164>.

**4.1.2.2 Geología local.** Se procedió con el cartografiado y reconocimiento de las unidades litológicas aflorantes en el ámbito de estudio a escala 1:7,500, sobre un área de 51.0 ha aproximadamente, ver Figura 24. A continuación, se describen las principales características de estas unidades estratigráficas.

**Rocas intrusivas:** tienen por origen la solidificación de una mezcla fundida llamada magma cuando está dentro de la corteza según Rivera, Mariño, y Thouret (2011). Entre las principales unidades se tiene:

**Superunidad Incahuasi granodiorita (Ks-in/gd):** Las rocas que conforman esta Superunidad son parte del batolito de la costa; o sea granodioritas que se encuentran meteorizadas e intemperadas, ligeramente oxidadas, rugosas y moderadamente fracturadas. La unidad pertenece al cretáceo inferior y aflora en el extremo SO de la ciudad de Lunahuaná, anexo de Jita.

**Depósitos cuaternarios:** estos depósitos se encuentran suprayacendo al substrato rocoso, conforma por areniscas del Fm. Paracas. Se encuentran distribuidos de manera dispersa y con variados espesores. Estos depósitos de la edad Holocena, son principalmente de origen aluvial.

**Depósitos fluviales (Qh-fl):** Compuestos por gravas redondeadas bien gradadas, en matriz arenosa o areno-limosa y en menor proporción arcilla, dispuestos en forma ordenada y de grano creciente. En la ciudad de Lunahuaná, se han identificado estos depósitos en ambos márgenes del río Cañete, conformados por bloques, gravas y arenas.

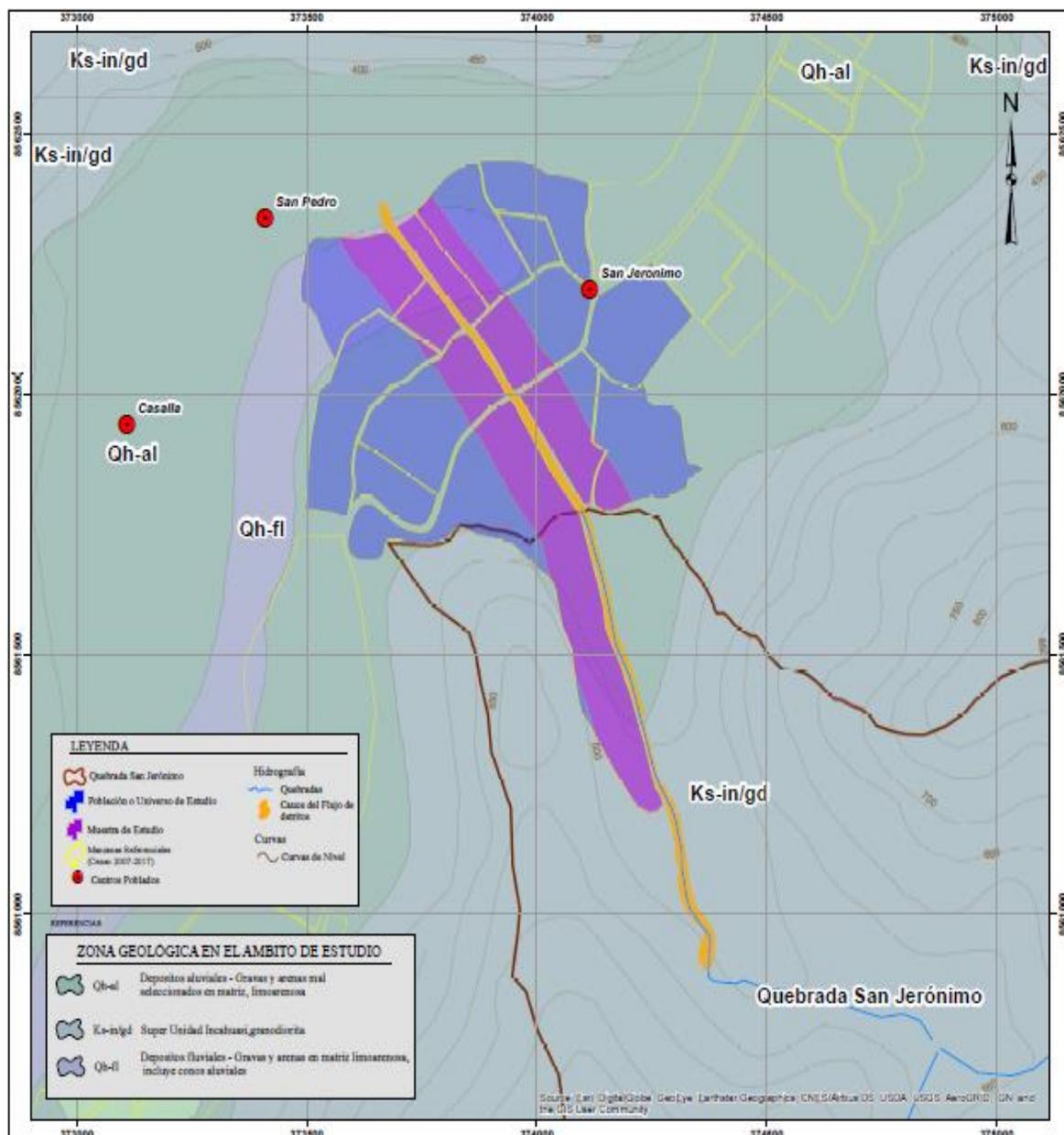
**Depósitos aluviales (Qh-al):** estos depósitos sobreyacen a la Formación Huaranguillo, y se presentan constituyendo la terraza donde se asienta la ciudad de Lunahuaná y terrenos de sembrío. Están organizados por una mezcla de cantos rodados y gravas de litología heterogénea con predominancia de intrusivos, tienen forma redondeada a sub redondeada con matriz arenosa-limosa de consistencia suelta a medianamente densa. Estos depósitos son acarreados

por las quebradas Jita y San Jerónimo. En algunos niveles se observa la presencia de grandes bloques caóticamente dispuestos y relacionados a procesos aluviales.

En la Figura 24, detalla las características de las unidades estratigráficas para nuestro ámbito de estudio.

### Figura 24

Mapa geológico en el ámbito de estudio



*Nota.* Diseño de mapa geológico mediante el software ARCGIS.

**4.1.2.3 Geodinámica.** La geodinámica comprende el estudio de los procesos y cambios físicos que ocurren frecuentemente sobre la superficie de la tierra. Estos cambios son debidos a la intervención de agentes internos y externos que crean, forman, degradan y modelan la superficie (Chiroque *et al*, 2015, p. 22). Por ello esta rama la subdividen en:

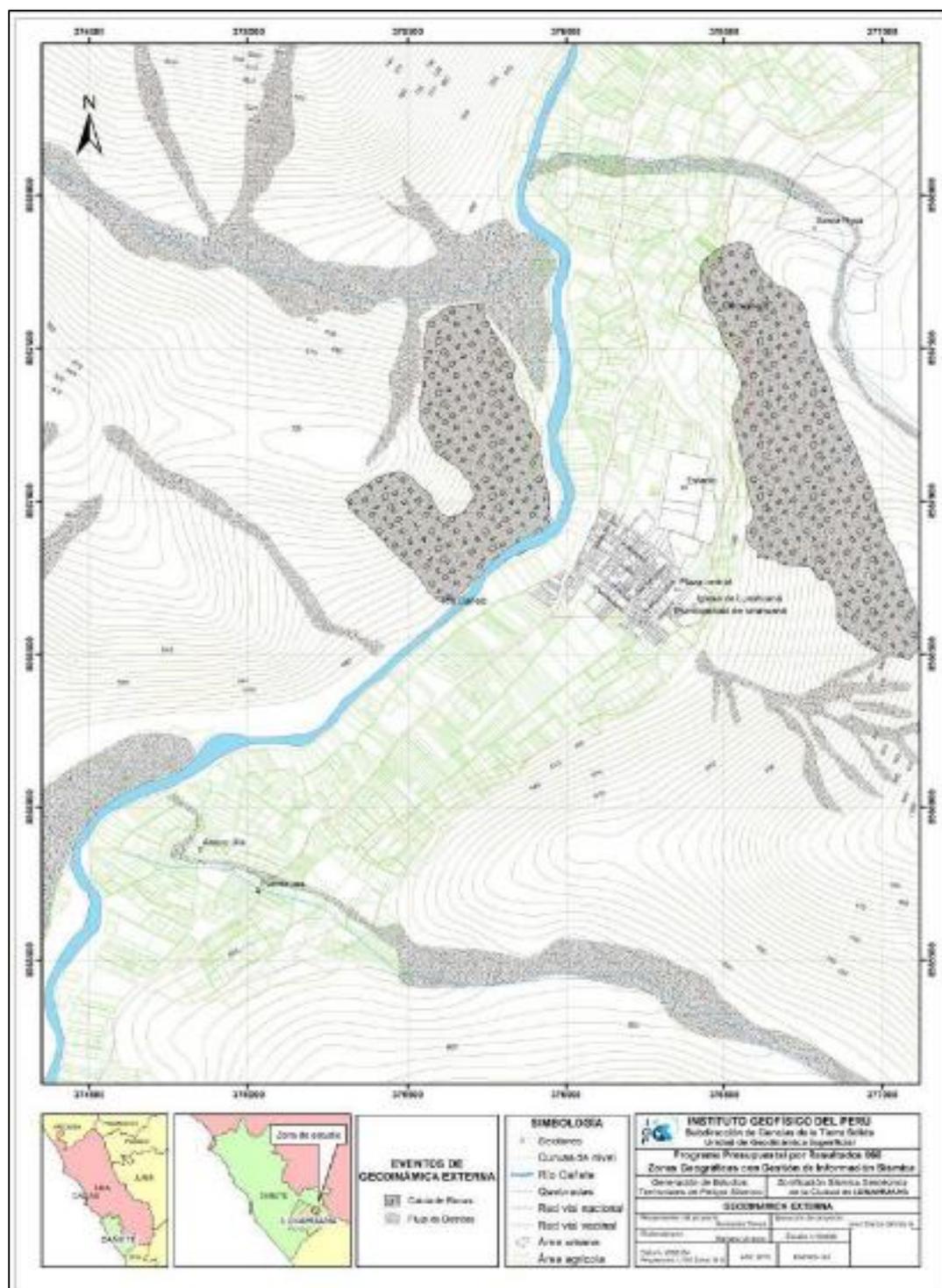
**Geodinámica interna:** nuestro territorio se encuentra en constante actividad sísmica, debido a la interacción de las placas Sudamericana y Nazca, escenario considerado como la primera fuente sismogénica en el país debido a la frecuencia de sismos y por dar origen a los eventos de mayor magnitud. La segunda fuente, la constituye la zona continental, cuya deformación ha dado origen a la formación de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores (Tavera y Bernal 2005, p. 90).

**Geodinámica externa:** este tipo de geodinámica estudia la acción de los procesos exógenos sobre la superficie de la tierra. En tal sentido, las precipitaciones pluviales son las de mayor incidencia en la geodinámica del territorio, pues constituyen el principal factor detonante de los movimientos en masa (MM), como los deslizamientos, derrumbes y caída de rocas; los cuales a su vez afectan la seguridad física de los centros poblados donde ocurren este tipo de eventos. Además, la presencia de El Niño, junto a otros factores relacionados con la actividad antrópica originan las inundaciones (Tavera, 2016, p. 57).

En la Figura 25, se expone el mapa geodinámico externo de la ciudad de Lunahuaná y alrededores, demostrando la presencia en algunos sectores la caída de rocas y flujos de detritos entre estos nuestro ámbito de estudio quebrada San Jerónimo.

**Figura 25**

*Mapa geodinámico externo de la ciudad de Lunahuaná*



*Nota.* Mapa geodinámico local para la ciudad de Lunahuaná y alrededores mediante sistema de información vectorial. De Tavera, H. (2016). *Zonificación Sísmica - Geotécnica del Área Urbana de la Ciudad de Lunahuaná*. Editorial Instituto Geofísico del Perú (IGP). <http://hdl.handle.net/20.500.12816/136>.

**4.1.2.4 Movimiento masa.** Tavera (2016, p. 58 ), manifiesta que son movimientos ladera abajo de un congado de rocas, detritos o tierras por efectos de la gravedad. Para la descripción de estos movimientos se ha considerado la clasificación de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988), la cual se basa en dos elementos: el tipo de movimiento y el material. En cuanto al primero se consideran cinco clases: caída, volcamiento, deslizamiento, flujo y propagación lateral; mientras que, en el segundo se tienen: rocas y suelos (divididos en detritos y tierras). En la ciudad de Lunahuaná se ha determinado 3 eventos: flujos de detritos, caídas de rocas e inundaciones.

**Flujos de detritos:** es un tipo de movimiento de masa que durante su desplazamiento presenta un comportamiento semejante al de un fluido ya que su contenido de sedimentos controla el tipo de flujos que predomina sobre la fase granular. Se caracterizan por ser rápidos a extremadamente rápidos dependiendo de la topografía por la cual se desplacen. En Lunahuaná, los flujos discurren a lo largo de las torrenteras Santa rosa, Jita y San Jerónimo, estando conformados por gravas, clastos y bloques angulosos mal gradados con tamaños de hasta 60" de diámetro promedio, los cuales son direccionados en suspensión por una matriz areno limosa. Además, los flujos de detritos ocurren en la margen derecha e izquierda del río Cañete dentro del área de estudio. Ejemplo a ello, en marzo del 2015 descendió un flujo por la torrentera Santa Rosa producto de las intensas precipitaciones, pero que no afecto la infraestructura física de la ciudad de Lunahuaná (Tavera, 2016, p. 58).

- **Caídas de rocas:** en este tipo de eventos, los clastos o fragmentos de rocas pre existentes se desprenden de una ladera como resultado de los procesos de erosión y meteorización, ya sea de origen natural o antrópico. En la ciudad de Lunahuaná, la caída de rocas ocurre tanto al margen derecho e izquierdo del río Cañete sobre las laderas de los cerros que presentan pendientes mayores a 40°. Asimismo, estos eventos se presentan en las laderas y en las partes bajas de los cerros ubicados al

margen derecho de la carretera asfaltada, próximo a la Av. Cementerio. La caída de rocas se produce aproximadamente a 550 m en dirección este, desde la plaza central de la ciudad de Lunahuaná, y en donde se identificaron bloques caídos de 1m de diámetro en promedio. La caída de estos bloques obstaculiza parcialmente el tránsito vehicular en la zona (Tavera, 2016, p. 60).

- **Inundaciones Fluviales:** las inundaciones fluviales son causadas por el desbordamiento de los ríos y arroyos debido al aumento brusco del volumen de agua, denominado crecida a consecuencia del exceso de lluvias (Bill, 2015, p. 5). En general, cuando las lluvias superan el promedio normal de precipitación (en más del 50%) en una zona, se denominan lluvias extraordinarias o tormenta extrema que pueden generar inundaciones en las áreas circundantes al río. Esta anomalía es conocida como un evento hidrometeorológico extremo.

**4.1.2.5 Temperatura.** Para este parámetro climatológico, Tavera (2016, p. 9), manifiesta que la ciudad de Lunahuaná presenta un clima seco y temperaturas media anual de 20 °C aproximadamente. Además, en los meses de diciembre a abril (verano), la temperatura máxima es de 32 °C y entre los meses de julio a noviembre de 14 °C.

SENAMHI (2020, p. 1) expone que, la zona costera centro del Perú (departamento de Cañete), mediante la estación metereológica del mismo nombre, en el trimestre julio-setiembre 2020 la temperatura máxima y mínima registrada fue de 19.1 °C y 14.6 °C, respectivamente. Se consideró que ambas temperaturas presentan una anomalía dentro de sus valores normales de un rango normal de (-1 °C a +1°C), los datos de este contexto se ven reflejados en la Figura 26.

**Figura 26***Condiciones térmicas costeras*

Zona Costera	Departamento	Estación	Altura (m.s.n.m)	Temp. Máxima (°C)	Clim. T.máxima (°C)	Temp. Mínima (°C)	Clim. T.mínima (°C)	Anomalia TMAX (°C)	Anomalia TMIN (°C)
Norte	Piura	Bernal	14	27.1	26.8	16.3	17.3	0.3	-1.0
	Lambayeque	Jayanca	78	27.2	26.7	13.6	15.0	0.5	-1.3
	La Libertad	Talla Guadalupe	117	24.6	24.7	14.1	14.0	-0.1	0.1
Centro	Ancash	Huarmey	8	20.1	20.8	14.2	14.9	-0.7	-0.7
	Lima	Campo de Marte	123	18.3	18.5	14.2	15.5	-0.3	-1.3
	Lima	Cañete	116	19.1	19.1	13.7	14.6	0.0	-0.9
Sur	Ica	Fonagro	64	18.8	20.0	13.4	14.0	-1.1	-0.6
	Arequipa	Pampa Blanca	106	21.6	20.3	13.0	13.2	1.3	-0.2

**Nota.** Registro de temperaturas máximas y mínimas en las zonas costeras del Perú en el trimestre julio-setiembre 2020. De SENAMHI. (2020). *Condiciones Térmicas Costeras*. Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/501>

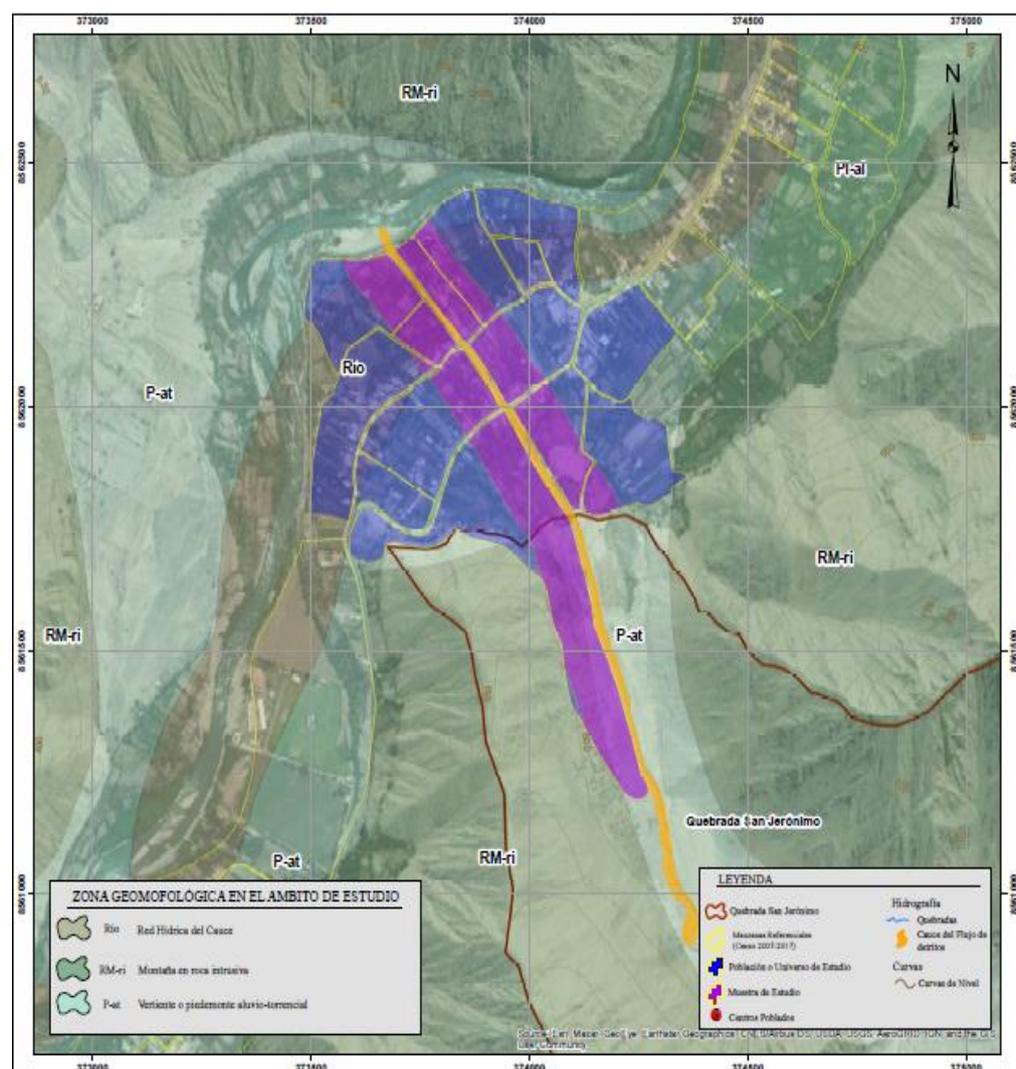
**4.1.2.6 Clasificación climática.** Para la zona de estudio se ha efectuado esta clasificación climática con el apoyo del mapa de clasificación climática del Perú (SENAMHI, 2015), según la clasificación por el método de Thornthwaite obteniendo la siguiente clasificación: E(d) B'1 H3, contando comuna precipitación efectiva árida, la distribución de la precipitación en el año es una deficiencia de lluvias en todas las estaciones, asimismo la eficiencia de temperatura es Semicálido con una humedad atmosférica de tipo H3 (Ver Anexo 1).

**4.1.2.7 Geomorfología.** Según Gutiérrez (2008, p. 1) citado en Tavera (2016, p. 39), existen en Lunahuaná y sus periferias rasgos geomorfológicos que son el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Estas fuerzas endógenas actúan como fuerzas creadoras de las grandes elevaciones y depresiones formadas por movimientos de componente vertical y las segundas, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos últimos llamados procesos de geodinámica externa que se agrupan en la cadena de meteorización-erosión, transporte y sedimentación.

Para este estudio de investigación, en base a la topografía de terreno y al uso de softwares o plataformas digitales como GIS, SIGRID y CAD, se ha elaborado el mapa digital de terreno a fin de delimitar las características del terreno, las mismas que fueron verificados y validados durante el trabajo de campo realizado en la zona de estudio. Podemos detallar las que en el ámbito de estudio presente unidades o características geomorfológicas de tipo montaña en roca intrusiva (RM-ri) y vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at). En la Figura 27 se detallan las unidades geomorfológicas en la zona de estudio.

**Figura 27**

*Mapa geomorfológico en la zona de estudio*



*Nota.* Diseño de mapa geomorfológico en el ámbito de estudio generado con el software ARCGIS.

Por otro lado, el plano de pendientes representa los diferentes grados de desnivel del terreno; es decir, identifica las geoformas del terreno en razón que influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, cuanto más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor, no permitiendo la infiltración del agua en el suelo (Tavera, 2016, p. 39).

El mapa de pendientes de la cuenca Cañete fue desarrollado a partir de la información vectorial GIS y para la clasificación de los rangos de pendientes se utilizó como fuente la caracterización de Van Zuidam que propone una categorización de la pendiente de la cuenca como se detalla en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Clases de pendientes según Van (1986)*

Clase de pendiente		Condición del terreno
(°)	%	
0-2	0-2	Planicie, sin denudación apreciable.
2 - 4	2 – 4	Pendiente muy baja, peligro de erosión.
4 - 8	4 – 8	Pendiente baja, peligro severo de erosión.
8 - 16	8 – 16	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión severo.
16 - 35	16 – 35	Pendiente fuerte, deslizamiento denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de suelos.
35 -55	35 – 55	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible.
>55	>55	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada

*Nota.* Categorización de pendientes de una cuenca de acuerdo de la condición del terreno. De CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión*. Editorial NEVA STUDIO SAC. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf).

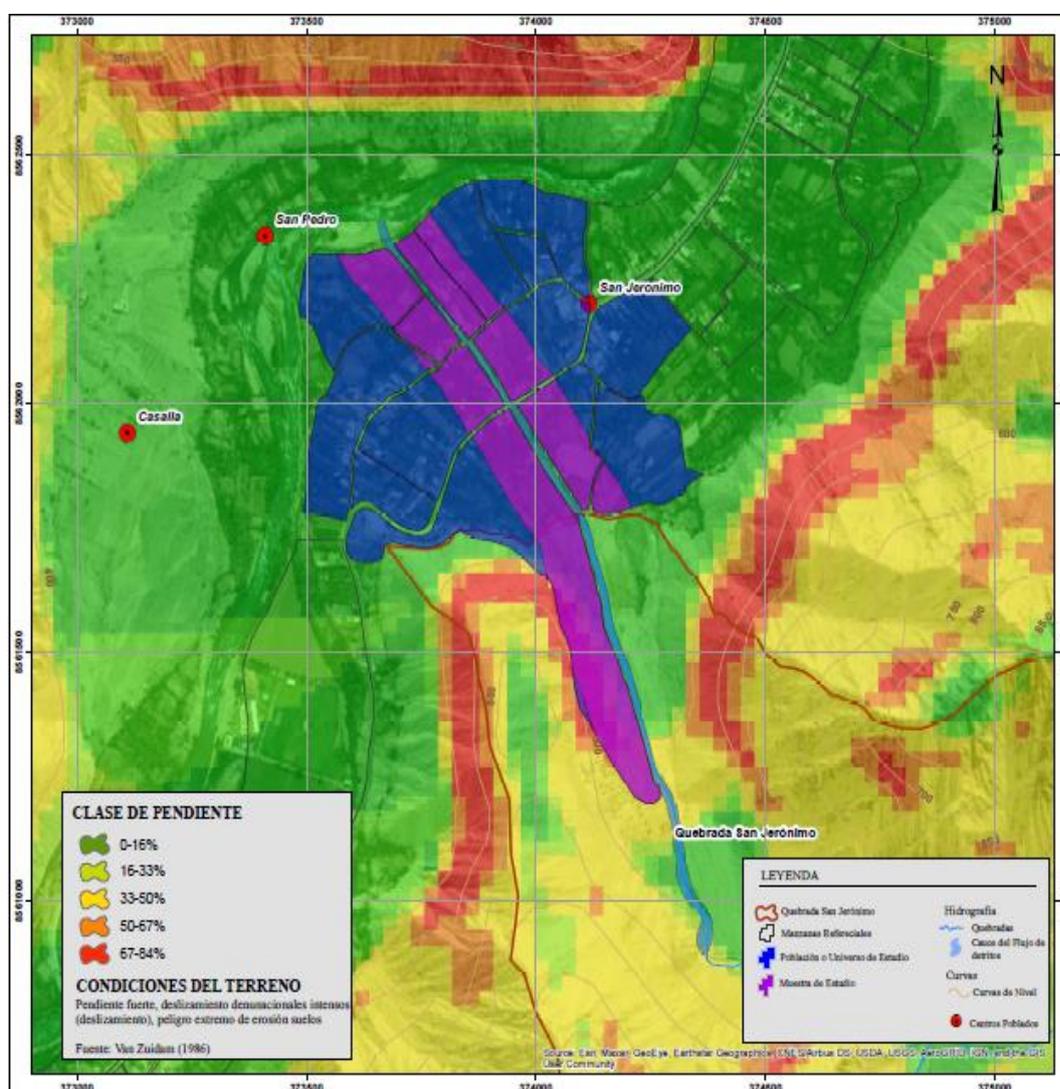
Según esta información, la cuenca de Cañete se encuentra asentada sobre una pendiente fuerte, de deslizamientos denudacionales intensos y peligro externo de erosión de suelos, presentando una pendiente de 26% en la mayoría de su área, comentar también que en nuestro

ámbito de estudio podemos decir que presenta una pendiente moderada con deslizamientos ocasionales y de peligro de erosión severo.

En la Figura 28, nos da a conocer que la población de estudio y la muestra presentan una pendiente baja en el rango de 0%-16%, de igual forma para la quebrada San Jerónimo por donde discurre nuestro fenómeno de estudio, cuenta con una pendiente media con un rango de 33%-50%, por ello es que la zona de estudio existe un alto riesgo originados por dicho evento, por efecto de la activación de quebradas.

**Figura 28**

*Mapa de pendientes en la zona de estudio*



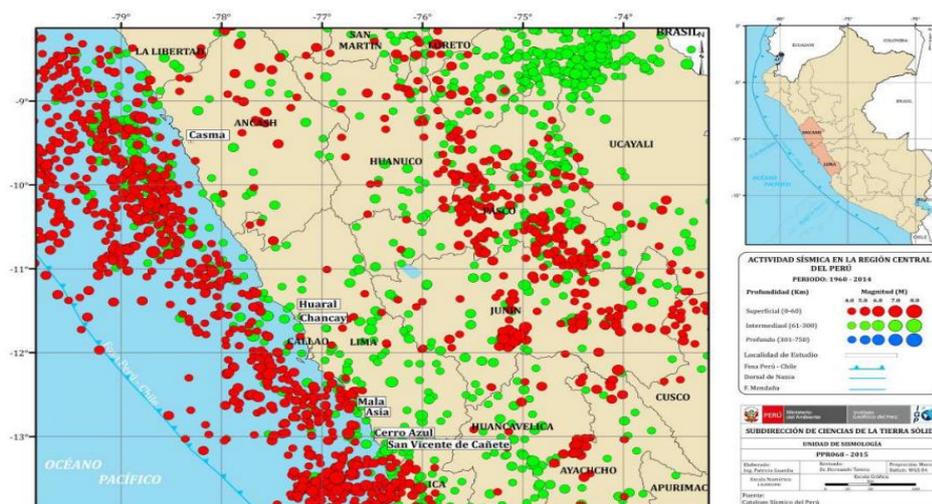
*Nota.* Diseño de mapa de pendientes en el ámbito de estudio generado con información vectorial GIS.

**4.1.2.8 Zonificación sísmica.** Teniendo en cuenta el borde occidental del Perú, se establece como la fuente generadora de sismos y tsunamis, siendo los de mayor magnitud los que han originado grandes niveles de daños y pérdidas humanas. Para este argumento, el borde occidental de la región sur muestra una actividad sísmica de tipo superficial (profundidad menor a 60 Km) e intermedia (profundidad entre 61 Km y 350 Km), siendo los primeros de mayor peligro debido a que en su mayoría alcanzan magnitudes elevadas y al tener sus focos cerca de la superficie, producen daños y efectos importantes en las ciudades costeras como Lunahuaná (Tavera, 2016, p. 12).

En la Figura 29, se expone la sismicidad regional para el borde occidental de la región central del Perú. En los círculos en rojo corresponden a sismos de foco superficial y los verdes, a sismos de foco intermedio peligro puesto que frecuentemente toman magnitudes elevadas y al tener sus focos cerca de la superficie, producen daños y efectos importantes en las ciudades costeras.

**Figura 29**

*Mapa de sismicidad regional de la región central del Perú*



**Nota.** Mapa de sismicidad regional donde muestran los sismos de foco superficial e intermedio según el color de círculos. De Tavera, H., y Bernal, I. (2005). Distribución Espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste del Perú. *Centro Nacional de datos Geofísicos - Sismología*, 89-102. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/862>.

Por otro lado, analizando específicamente en nuestra zona de estudio podemos aseverar que se encuentra en la zona 4 considerado una sismicidad alta según el criterio de Tavera (2017), teniendo una profundidad superficial (<30 Km) y (61-300 Km) (Ver Anexo 1).

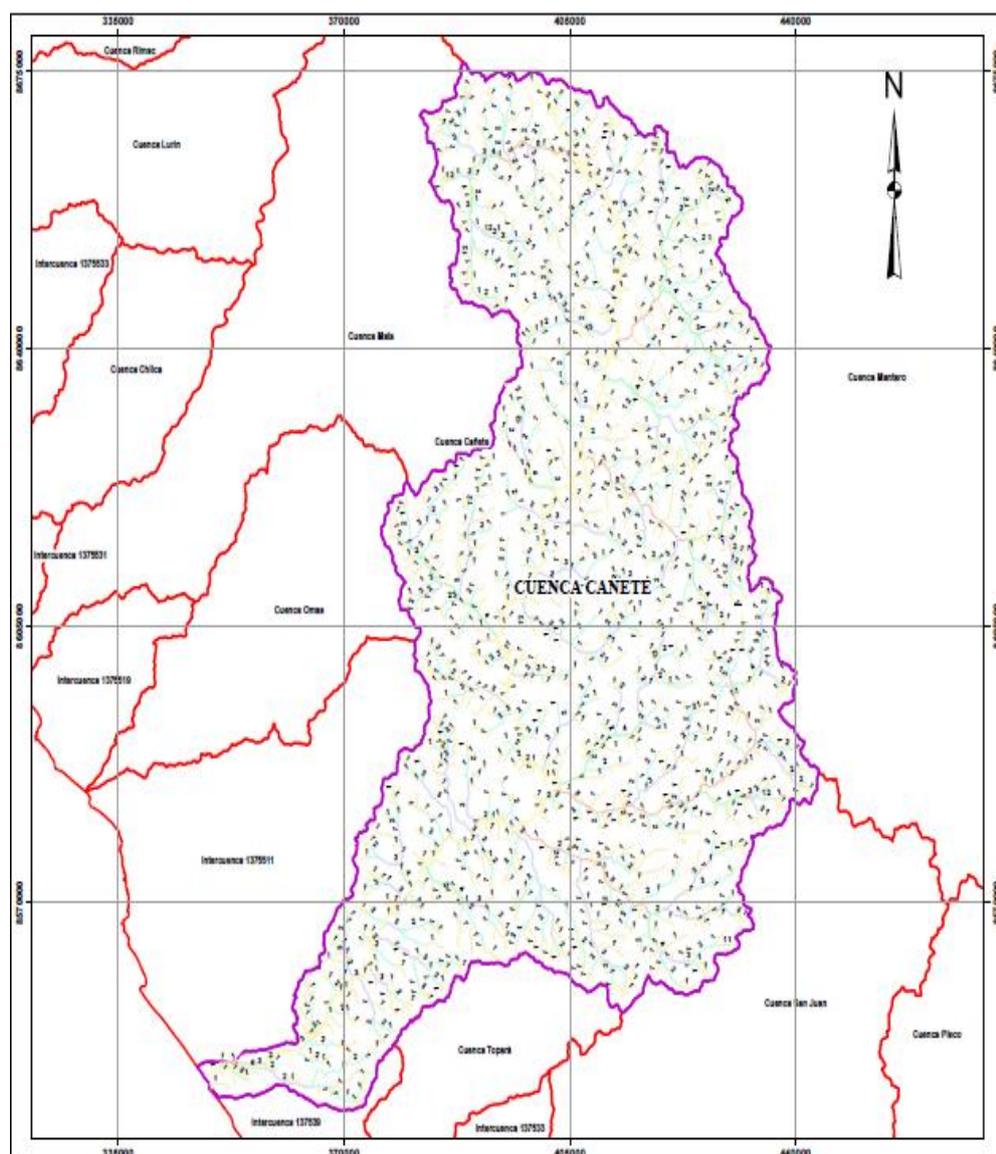
**4.1.2.9 Hidrología.** En la cuenca del río Cañete tiene un área total de 6 049.47 Km<sup>2</sup>; el río principal, del mismo nombre, es de sexto orden y drena las escorrentías superficiales o excedentes de la cuenca hacia el océano mediante su cauce final denominado río Cañete de 235.8 Km de recorrido, desde las nacientes en las alturas de la divisoria de la subcuenta de Tanta hasta la desembocadura al mar (Huamaní, 2018, p. 4).

Cuenta con una cuenca húmeda de superficie 4 830.90 Km<sup>2</sup> (79.5%) y ha sido determinada considerando que a partir de la isoyeta 250 mm (2365.80 m.s.n.m.) existe un aporte de la precipitación a la escorrentía. Esta cuenca, está conformada hidrográficamente por ocho (08) subcuencas: Tanta (cuenca alta), Alis, Laraos, Huantán, Aucampi, Caca, Tupe, Huangascar y la cuenca misma del río Cañete (parte media, sectores de Carania, Yauyos, Colonia, Zúñiga, Pacarán y Lunahuaná; y parte baja, sector del valle Cañete). Este río presenta un área hasta el cruce con el gasoducto de 6 090 Km<sup>2</sup> y un caudal máximo de 946 m<sup>3</sup>/s, registrado en el mes de marzo de 1975 y mínimo de 5.8 m<sup>3</sup>/s, registrado en el mes de septiembre de 1997, en tanto que el caudal promedio es 66.9 m<sup>3</sup>/s (Huamaní, 2018, p. 5).

En la Figura 30, muestra la cuantificación del orden de los ríos presentados en la cuenca Cañete, alcanzando un número de orden mayor (6).

**Figura 30**

*Mapa de orden de ríos de la cuenca del río Cañete*



*Nota.* Red de orden de ríos de la cuenca Cañete.

**4.1.2.10 Precipitación.** Teniendo en cuenta al cálculo de umbrales de precipitaciones de la red de estaciones meteorológicas de acuerdo a Alfaro (2014, p. 4) en SENAMHI, los datos con control de calidad básico para el periodo base 1964-2014 de la estación meteorológica Pacarán que se ubica en el distrito de Lunahuná, aproximadamente a 16.5 Km al noreste del área de estudio, el cual muestra que los umbrales de lluvia que podrían superar 11.2 mm como se puede evidenciar en la Tabla 6.

**Tabla 6***Umbrales de precipitación para la estación Pacarán*

<b>Umbrales de precipitación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
RR/día >99p	Extremadamente lluvioso	RR>1.2 mm
95p<RR/día ≤99p	Muy lluvioso	5.3 mm<RR/día ≤ 11.2 mm
90p<RR/día ≤95p	Lluvioso	3.8 mm<RR/día ≤ 5.3 mm
75p<RR/día ≤90p	Moderadamente lluvioso	2.1 mm<RR/día ≤3.8 mm

*Nota.* Umbrales calculados para la estación Pacarán. De Alfaro Lozano, L. (2014). *Estimación de Umbrales de Precipitaciones Extremas para la Emisión de avisos Meteorológicos*. SENAMHI-MINAM. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/345>.

Para la zona estudio que se encuentra dentro del distrito de Lunahuaná, las precipitaciones de mayor incidencia se presentan en los meses de diciembre a marzo como lo indica la estación meteorológica más cercana al distrito (estación Pacarán), y cuando ocurren estas precipitaciones extraordinarias como el Fenómeno del Niño, en este periodo de meses existe la probabilidad de ocurrencias de flujos de detritos por activación de quebradas.

**4.1.2.11 Suelo.** Para la descripción edafológica a nivel cuenca del río Cañete se ha considerado la clasificación por grandes grupos de suelos en asociaciones de suelos según ONERN (1970), resumida en la Tabla 7.

De las siete asociaciones de suelo identificadas, las que ocupan mayor superficie son el Paramos Desértico – Litosol Andino Distrito (2 386.3 Km<sup>2</sup>), El Lítico – Litosol Desértico (1 267.6 Km<sup>2</sup>) y El Litosol Andino Éutrico (1 254.9 Km<sup>2</sup>); representando el 39.3%, 2.9% y 20.6% del área total de la cuenca, respectivamente (INRENA, 2007, p. 36).

Para nuestra zona de estudio el suelo se caracteriza por presentar un suelo tipo Leptosol Lítico – Afloramiento Lítico (LPq-R) con un paisaje de estribaciones de la vertiente occidental de la cadena montañosa andina (ver Anexo 1).

**Tabla 7***Asociación de grandes grupos de suelos*

<b>Descripción</b>	<b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Fluvisol Éútrico (Irrigado)	97.40	1.61
Solonchak Gleico – Fluviso Gleico	10.89	0.18
Litosol – Litosol Desertico	1 261.31	20.85
Paramosol Éútrico – Litosol Andino Éútrico	1 249.22	20.65
Paramosol Éútrico – Litosol Andino Distrito	852.37	14.09
Paramosol Distrito – Litosol Andino Distrito	2 375.02	39.26
Lítico – Nival	203.26	3.36
<b>Total</b>	<b>6049.47</b>	<b>100.00</b>

*Nota.* Grupo de suelos dominantes en la cuenca del río Cañete. De INRENA. (2007). *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Cañete*. Autoridad Nacional del Agua. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3897>.

La clasificación a nivel del distrito de Lunahuaná las calicatas que se realizaron para ese estudio se obtuieron los siguientes perfil: De 0m – 0.10m se evidencio un material de relleno, de 0.10m – 2.20m Gravas Limosas (GM), mezcla de grava-arena-limo con promedio de grava angulosa de 03 pulgadas, material medianamente denso, de color marrón claro y con poca plasticidad (Huamán, 2009, p. 16 ).

Dentro de la zona de estudio los terrenos utilizados para la agricultura en su mayoría son llanos, el pastoreo en la zona se realiza luego de las cosechas para aprovechar los rastrojos agrícolas. Asimismo se da un aprovechamiento de carrizales, en su forma de uso extractiva.

Podemos decir que el sector agrícola conforma el principal sostenimiento económico para nuestra zona de investigación gracias a la productividad de poseer un suelo fértil y disponibilidad de agua superficial, la producción de cultivos compuesta principalmente por algodón, maíz, camote y vid es próspera por el sistema de riego.

**4.1.2.12 Capacidad uso mayor de suelos (CUM).** Se ha logrado identificar en el ámbito de estudio tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo – arable) y una calidad agrológica alta teniendo en cuenta la producción agrícola de la zona. (Ver Anexo 1).

Por otro lado, el uso mayor y potencial de los suelos a nivel cuenca del río Cañete, se identificó cuatro usos mayores de suelos según IGN (1971), cuya cobertura superficial respecto al área total de la cuenca se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Uso mayor de suelos de la cuenca río Cañete*

Descripción	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Cultivado	99.82	1.65
Pastizales Óptimos	1249.22	20.65
Pastizales Pobres	3236.46	53.50
Sin Cultivo	1463.97	24.20
<b>Total</b>	<b>6049.47</b>	<b>100.00</b>

*Nota.* Descripción de los tipos de uso de mayor de suelos en la cuenca del río Cañete. De INRENA. (2007). *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Cañete*. Autoridad Nacional del Agua. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3897>.

**4.1.2.13 Cobertura vegetal.** MINAM (2015, p. 21) refiere que, en la zona de estudio la superficie de cobertura vegetal ocupa una formación agrícola costera andina y cierto porcentaje conforma al desierto costero en zonas de quebradas, esta caracterización es el resultado de la memoria descriptiva del mapa nacional de cobertura vegetal (Ver Anexo 1).

#### **4.1.3 Características sociales**

A continuación, los datos descritos serán en relación al poblado de San Jerónimo, estos datos fueron recopilados a través de información primaria y secundaria (INEI, 2018, p. 32) mediante la plataforma SIGRID.

**4.1.3.1 Población total.** El centro poblado del anexo de San Jerónimo se encuentra conformado por 1 090 personas, cuyo detalle se adjunta en la Tabla 9. Asimismo, en la Figura 31, muestra la cantidad personas entre hombres y mujeres dentro del anexo en estudio.

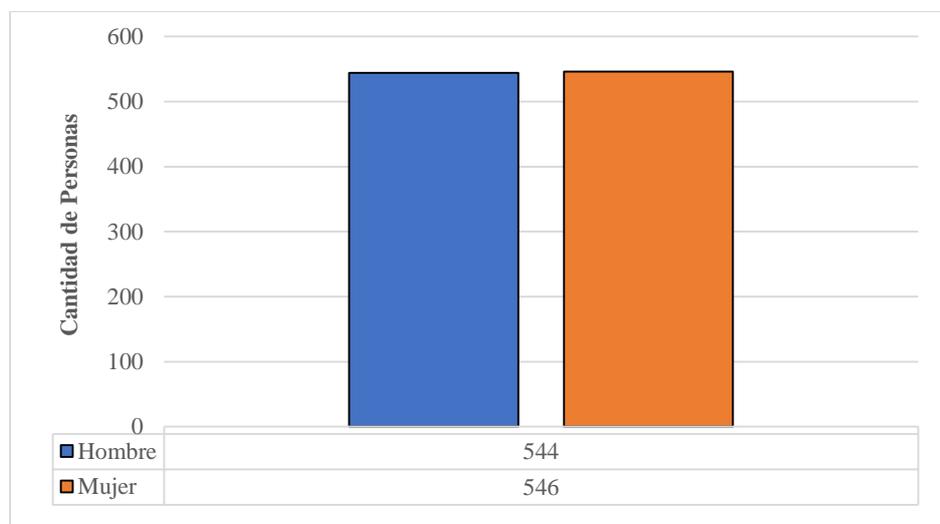
**Tabla 9***Población censada en el distrito de Lunahuaná*

<b>Censo 2017 – Región Lima</b>							
<b>Código</b>	<b>Centros poblados</b>	<b>Población censada</b>			<b>Viviendas particulares</b>		
		<b>Total</b>	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	<b>Total</b>	<b>Ocupadas</b>	<b>Desocupadas</b>
150508	Distrito Lunahuaná	4 393	2 179	2 214	2 249	2 084	165
0001	Lunahuaná	2 617	1 286	1 331	1 229	1 120	109
0002	Catapalla	261	131	130	168	158	10
0005	San Jerónimo	1 090	544	546	551	529	22
0007	San Agustín	12	8	4	14	13	1
0008	El Arca	103	54	49	42	40	2
0009	Cocharcas	51	28	23	15	14	1
0011	Lucumo	68	31	37	48	48	-
0012	Socsi	87	41	46	53	42	11
0013	24 de junio	10	6	4	6	5	1
0014	Ramadilla	65	34	31	72	66	6
0015	Uchupampa	-	-	-	4	2	2
0018	Concon	-	-	-	3	3	-
0019	Santísima cruz	29	16	13	44	44	-

*Nota.* Características censadas en los centros poblados del distrito de Lunahuaná. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

**Figura 31**

*Cantidad de personas censadas en el anexo San Jerónimo*



**Nota.** Diseño de cuadro estadístico de la cantidad de personas censadas entre hombres y mujeres en el anexo de San Jerónimo, estos datos estadísticos corresponden al Censo Nacional de centros poblados 2017. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)

**4.1.3.2 Población según grupo etario.** Se clasifican las personas según rango de edades o por grupos etarios en el anexo San Jerónimo, conforme se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Población según grupo etario en el anexo de San Jerónimo*

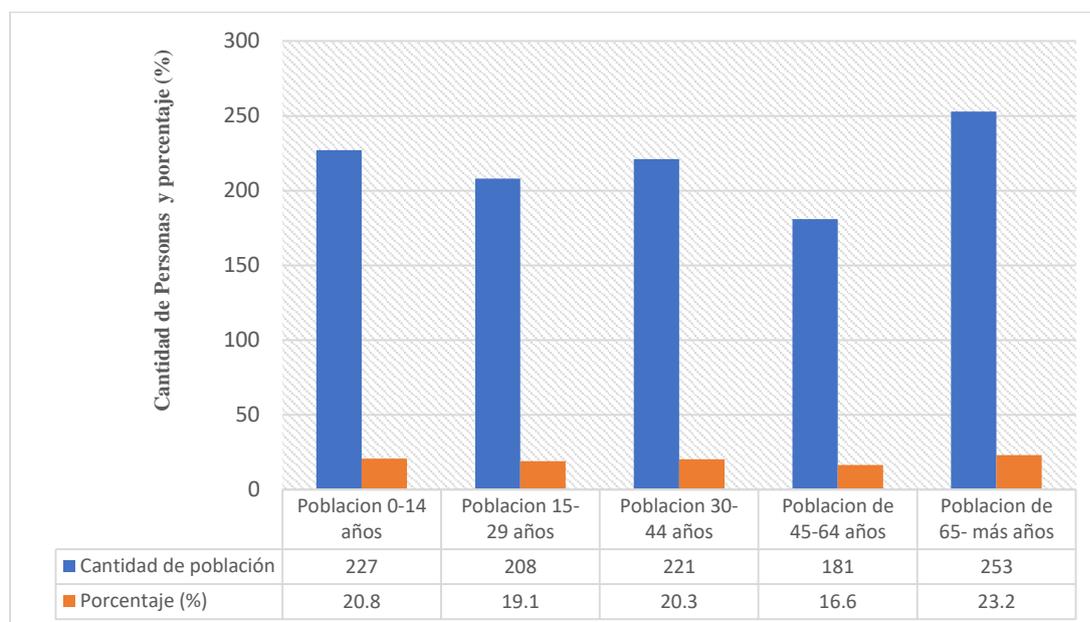
Edades	Cantidad	Porcentaje (%)
Población 0-14 años	227	20.8
Población 15-29 años	208	19.1
Población 30-44 años	221	20.3
Población de 45-64 años	181	16.6
Población de 65- más años	253	23.2
<b>Total</b>	<b>1090</b>	<b>100.0</b>

**Nota.** En la población censada según el grupo etario del anexo de San Jerónimo, muestra que el cantidad mayor y menor, es la población de 65 años a más y de 45 a 64 años. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)

De la misma manera en la Figura 32, se evidencia mediante barras estadísticas los valores y porcentajes que conforma el grupo etario en el anexo San Jerónimo.

**Figura 32**

*Cantidad de personas censadas en anexo San Jerónimo por grupo etario*



**Nota.** Diseño de cuadro estadístico de la cantidad de personas censadas por grupo etario en el anexo de San Jerónimo, donde se muestra que el mayor porcentaje (23.2%) pertenece a la población de 65 años a más, estos datos estadísticos corresponden al Censo Nacional de centros poblados 2017. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)

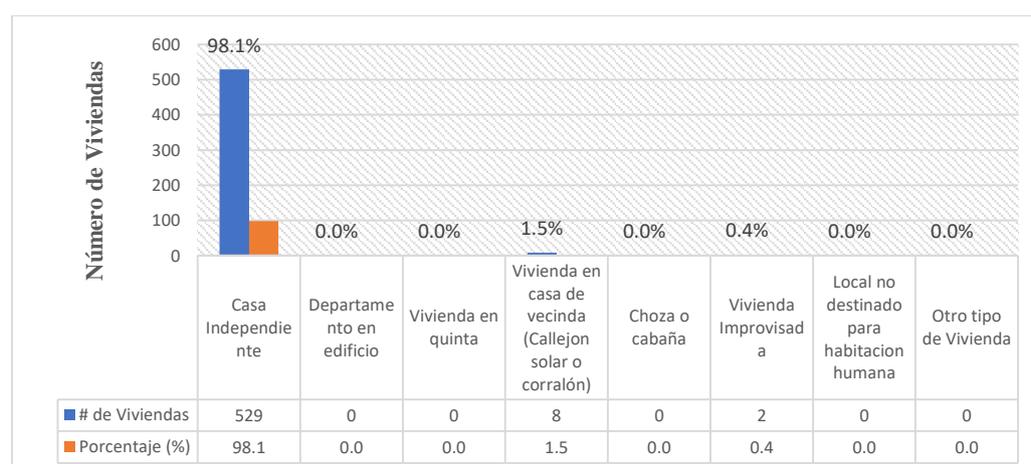
**4.1.3.3 Vivienda.** De acuerdo a los datos disponibles del Censo Nacional 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas (INEI, 2018, p. 66), además de los datos generados en campo, en la Tabla 11 se detallan los tipos de vivienda en el anexo San Jerónimo.

**Tabla 11***Tipos de vivienda en el anexo de San Jerónimo*

Tipos de vivienda	# de viviendas	Porcentaje (%)
Casa Independiente	529	98.1
Departamento en edificio	0	0.0
Vivienda en quinta	0	0.0
Vivienda en casa de vecindad (callejón solar o corralón)	8	1.5
Chozo o cabaña	0	0.0
Vivienda Improvisada	2	0.4
Local no destinado para habitación humana	0	0.0
Otro tipo de Vivienda	0	0.0
<b>Total</b>	<b>539</b>	<b>100.0</b>

**Nota.** En la tabla desarrollada el tipo de vivienda de mayor porcentaje es casa independiente con un 98.1% de la totalidad de viviendas censadas dentro del anexo San Jerónimo. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

En la Figura 33, mediante barras estadísticas se detallan los valores y porcentajes que conforma el tipo de vivienda censadas dentro del anexo San Jerónimo.

**Figura 33***Cantidad de tipos de viviendas censadas en anexo San Jerónimo*

**Nota.** Para el presente cuadro estadístico se muestra que los tipos de vivienda como departamento en edificio, quinta, chozo o cabaña, local no se encuentran en la zona de estudio. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

Para el anexo de San Jerónimo, los tipos de material predominante de paredes exteriores con mayores porcentajes identificados por medio del trabajo de campo y datos secundarios brindados por el INEI (2018, p. 70), se caracterizan por tener paredes de ladrillo o bloque de cemento y adobe con porcentajes de 39.3% y 47.8%, respectivamente, como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Material predominante de paredes exteriores*

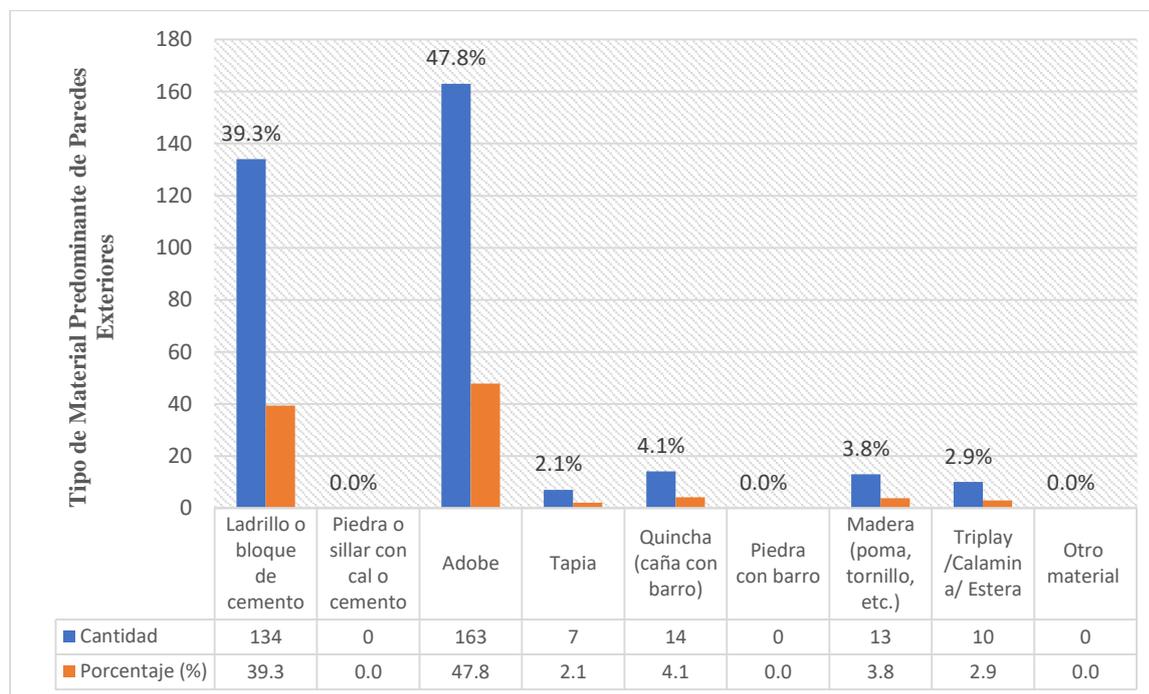
<b>Tipo de material predominante de paredes exteriores</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Ladrillo o bloque de cemento	134	39.3
Piedra o sillar con cal o cemento	0	0.0
Adobe	163	47.8
Tapia	7	2.1
Quincha (caña con barro)	14	4.1
Piedra con barro	0	0.0
Madera (poma, tornillo, etc.)	13	3.8
Triplay /Calamina/ Estera	10	2.9
Otro material	0	0.0
<b>Total</b>	<b>341</b>	<b>100.0</b>

*Nota.* En la tabla muestra los tipos de material predominante de paredes exteriores que presentan las viviendas dentro del Anexo San Jerónimo. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)

En la Figura 34, a través de barras estadísticas se exponen los valores y porcentajes que conforman los tipos de material predominante de paredes exteriores censadas dentro del poblado de estudio.

**Figura 34**

*Cantidad de tipos de material predominante de paredes exteriores en anexo San Jerónimo*



**Nota.** Para el presente cuadro estadístico se muestra que los tipos de material predominante de paredes exteriores en las viviendas como piedra o sillar con cal o cemento, piedra con barro, no se registran en el poblado de San Jerónimo. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

En la zona de estudio los tipos de material predominante de pisos en las viviendas identificados dentro del poblado del anexo San Jerónimo, son los que poseen pisos de cemento y tierra, como se expone en la Tabla 13, con porcentajes de 53.1% y 37.6%, respectivamente.

**Tabla 13***Material predominante de pisos*

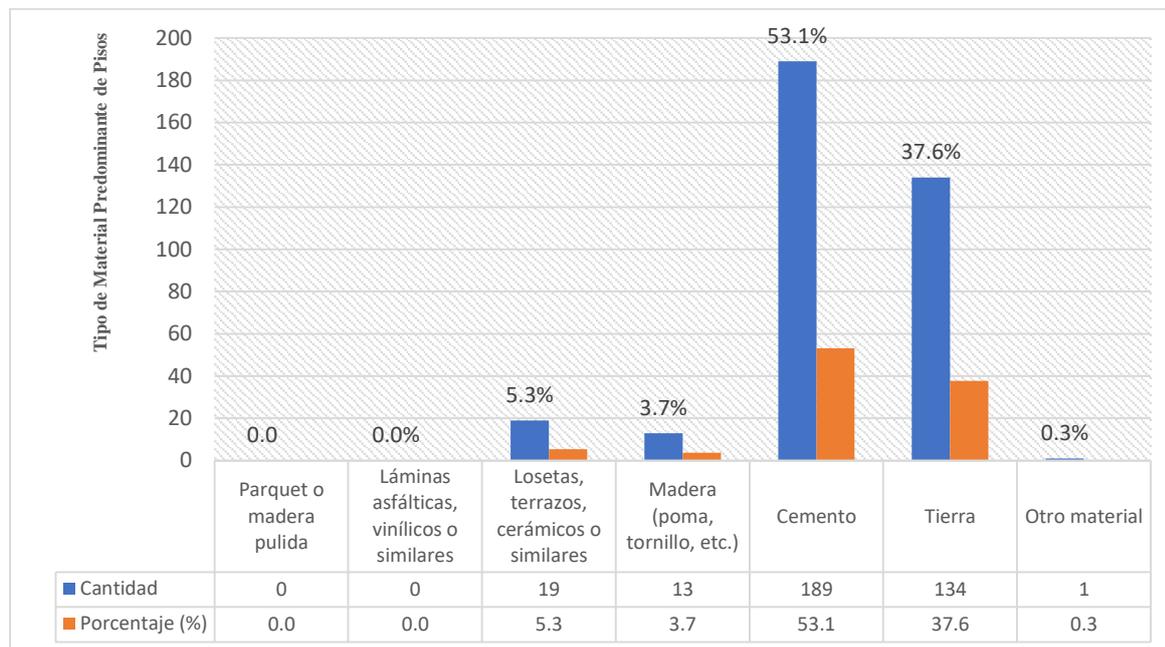
<b>Tipo de material predominante de pisos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Parquet o madera pulida	0	0.0
Láminas asfálticas, vinílicos o similares	0	0.0
Losetas, terrazos, cerámicos o similares	19	5.3
Madera (poma, tornillo, etc.)	13	3.7
Cemento	189	53.1
Tierra	134	37.6
Otro material	1	0.3
<b>Total</b>	<b>356</b>	<b>100.0</b>

*Nota.* En la tabla muestra los tipos de material predominante de pisos en las viviendas dentro del anexo San Jerónimo, evidenciando principalmente que no registra pisos de parquet, madera pulida o láminas asfálticas o similares. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.* Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

En la Figura 35, mediante barras estadísticas se muestran los valores y porcentajes que conforman los tipos de material predominante de pisos censadas dentro del poblado de estudio.

**Figura 35**

*Tipos de material predominante de pisos censados en anexo San Jerónimo*



**Nota.** En el cuadro estadístico de barras se muestra los tipos de material predominante de pisos de las viviendas en la zona de estudio. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

**4.1.3.5 Tipo de abastecimiento de agua.** Con la finalidad de reconocer los tipos de abastecimiento de agua que utilizan en el poblado del anexo San Jerónimo, se tomará la información como datos secundarios estadísticos del último Censo Nacional 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas (INEI, 2018, p. 73), con la finalidad de poder identificar las cantidades y características existentes como se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14***Tipos de abastecimiento de agua en el anexo San Jerónimo*

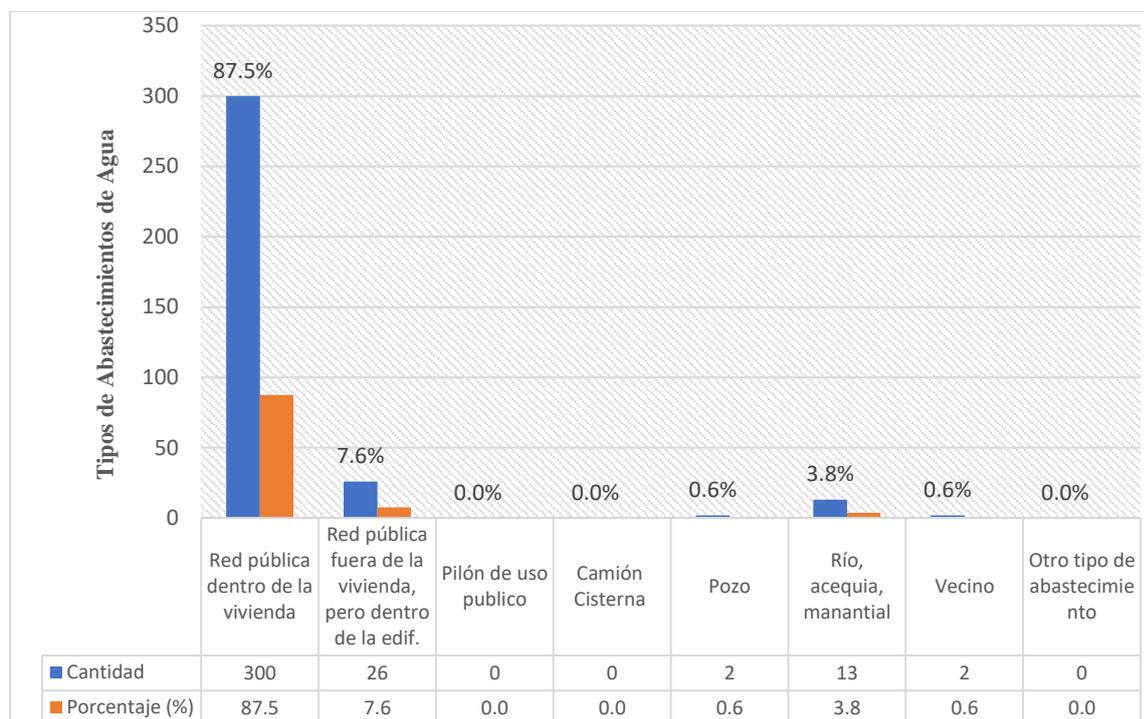
<b>Viviendas con abastecimiento de agua</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Red pública dentro de la vivienda	300	87.5
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edif.	26	7.6
Pilón de uso publico	0	0.0
Camión Cisterna	0	0.0
Pozo	2	0.6
Río, acequia, manantial	13	3.8
Vecino	2	0.6
Otro tipo de abastecimiento	0	0.0
<b>Total</b>	<b>343</b>	<b>100.0</b>

*Nota.* Según los datos mostrados en el desarrollo de la tabla, se puede concluir que en su mayoría de la población censada cuenta con una red pública de agua dentro de su domicilio. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)

En la Figura 36, a través de barras estadísticas se muestran los valores y porcentajes que conforman los tipos de abastecimiento de agua en las viviendas en el poblado de San Jerónimo.

**Figura 36**

*Tipos de abastecimientos de agua en anexo San Jerónimo*



**Nota.** En el cuadro de barras muestra que, los tipos de abastecimientos de agua como pilón, camión cisterna u otro tipo de abastecimiento diferente a lo mostrado, no se evidencian en la zona de estudio. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

**4.1.3.6 Servicios higiénicos.** De acuerdo la tenencia de los servicios básicos en INEI (2008, p. 74), la ausencia de red pública de desagüe dentro de la vivienda tenía un porcentaje de 84% esto se ve reflejado en el distrito de Lunahuaná y en la zona rural, la ausencia de red pública de desagüe dentro de las viviendas era del 96.5%.

En la actualidad, el anexo San Jerónimo se encuentra conectado al servicio higiénico en cierta mayoría de viviendas utilizando mediante un pozo ciego o pozo tanque séptico según la información primaria y secundaria obtenida (INEI, 2018, p. 74), asimismo estas viviendas cuentan con un servicio conectado a través de una red pública de desagüe dentro y fuera de la vivienda, comparando entre los dos últimos censos podemos concluir que existe un crecimiento

porcentual de viviendas conectadas mediante red de desagüe dentro o fuera de la vivienda, como se evidencia en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Tipos de servicio higiénico en el anexo San Jerónimo*

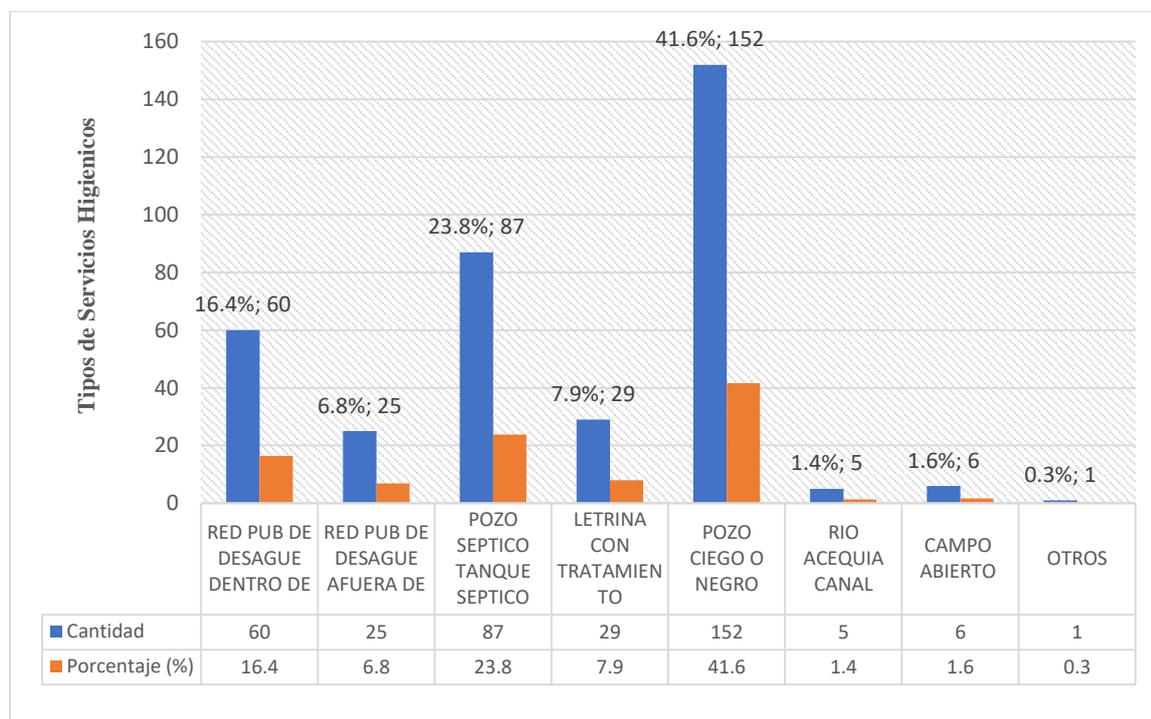
<b>Tipo de servicio higiénico</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	60	16.4
Red pública de desagüe fuera de la vivienda	25	6.8
Pozo Séptico o tanque séptico	87	23.8
Letrina con tratamiento	29	7.9
Pozo Ciego o negro	152	41.6
Río, acequia, canal	5	1.4
Campo abierto	6	1.6
Otros	1	0.3
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>100.0</b>

*Nota.* La información de la tabla detalla que la zona de estudio el tipo de servicio higiénico que presenta con mayores porcentajes es a través de un pozo ciego, tanque séptico y red pública de desagüe dentro y fuera de la vivienda. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.* Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

En la Figura 37, a través de barras estadísticas se detallan los valores y porcentajes que conforman los tipos de servicios higiénicos dentro del poblado de San Jerónimo.

**Figura 37**

*Tipos de servicios higiénicos en viviendas censadas en anexo San Jerónimo*



**Nota.** En el cuadro de barras muestra que los tipos de servicios higiénicos como río, acequia, canal, campo abierto u otro tipo de servicio, no se evidencian ni se registran en la zona de estudio. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)

**4.1.3.7 Alumbrado eléctrico.** Respecto al alumbrado eléctrico en las viviendas dentro de la zona de estudio, según el último censo Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas (INEI, 2018, p. 76), encontramos que la mayoría cuenta con este servicio de alumbrado el cual representa el 94.1% del total de viviendas, mientras que el 5.9 % de viviendas no cuentan con este servicio básico, estos datos estadísticos son mostrados en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Tipos de alumbrado eléctrico en el anexo San Jerónimo*

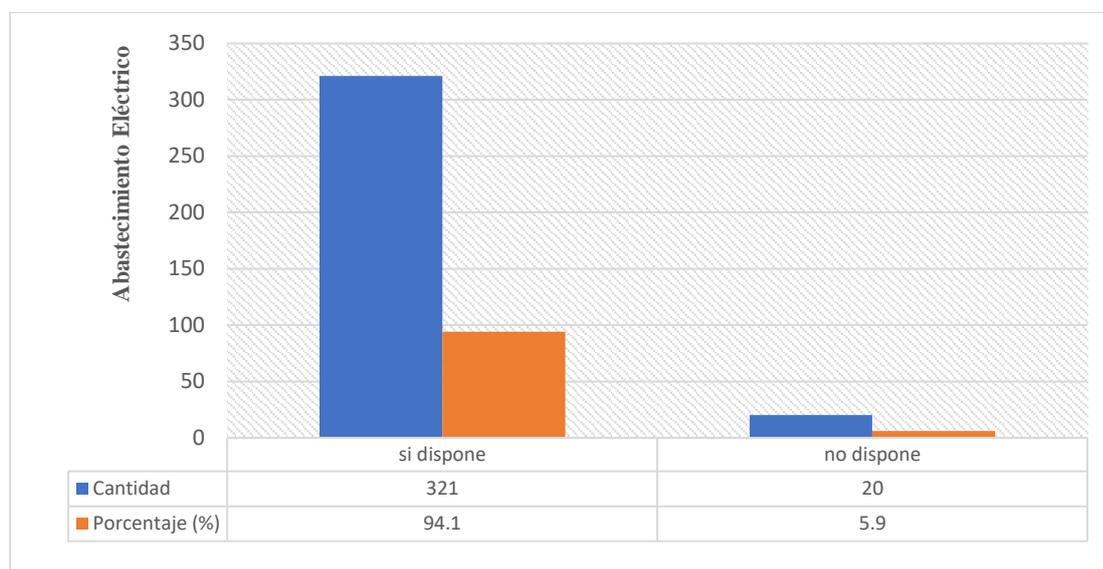
Tipo de alumbrado eléctrico	Cantidad	Porcentaje (%)
Si dispone	321	94.1
No dispone	20	5.9
<b>Total</b>	<b>341</b>	<b>100.0</b>

**Nota.** Teniendo en cuenta el desarrollo de la tabla, podemos concluir que en el último censo la mayoría de viviendas censadas cuentan con el servicio de alumbrado eléctrico. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

En la Figura 38, a través de barras estadísticas se muestran los valores y porcentajes de la disponibilidad del servicio de alumbrado eléctrico en las viviendas censadas el anexo de san jerónimo.

**Figura 38**

*Disponibilidad de alumbrado eléctrico en anexo San Jerónimo*



**Nota.** En el cuadro de barras, según nuestra información secundaria, muestra la disponibilidad del servicio de alumbrado eléctrico en la zona de estudio anexo San Jerónimo, evidenciado que en su mayoría cuentan con este servicio. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)

**4.1.3.8 Nivel educativo.** Respecto al nivel educativo dentro del anexo de San Jerónimo encontramos dos instituciones educativas: La I.E 20154 que cuenta con un nivel educativo de primaria con un total de 5 docentes y 87 alumnos, por otro lado, se evidencia la I.E 598 cuenta con un nivel educativo de inicial y jardín, esta institución se encuentra activa, más no presenta alumno alguno, pero se encuentra dentro de la zona de peligros ante la frecuencia de flujo de detritos y es necesario mencionarlo.

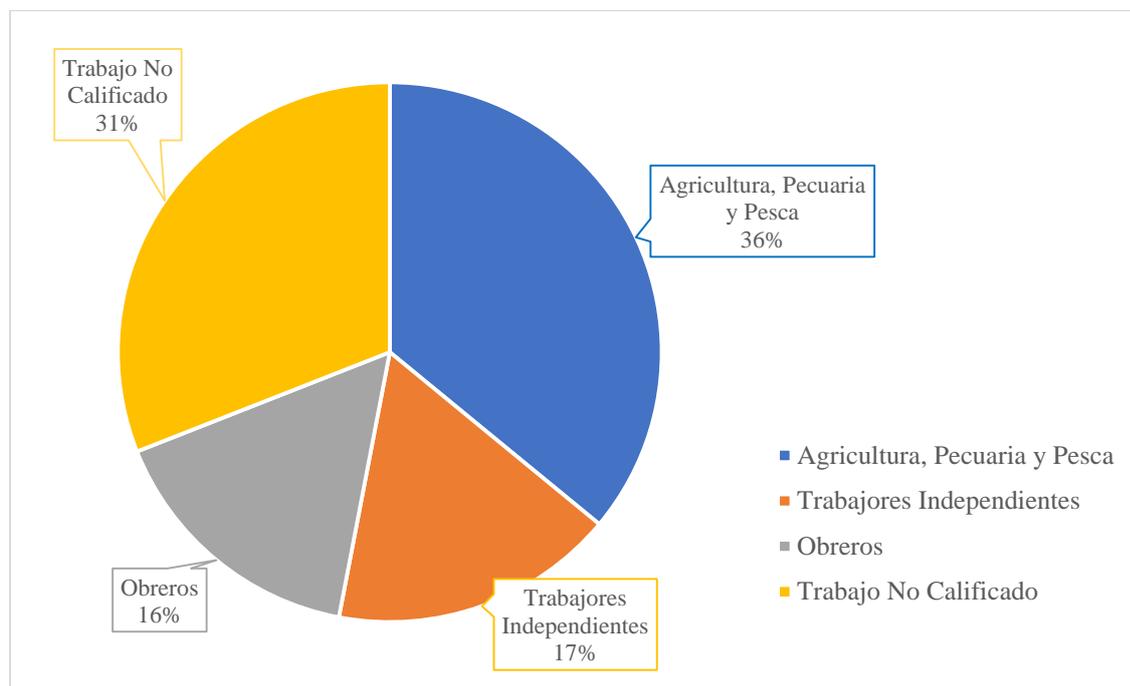
#### ***4.1.4 Características económicas***

**4.1.4.1 Niveles de empleo.** Realizando un análisis de los dos últimos censos, los niveles de educación y calificación laboral de profesión u oficio, se cuenta que la relación más elevada de personas que realizan una labor no calificada son peones, ambulantes, trabajadores dedicados a la agricultura, luego independientes como vendedores de comercio y mercados.

Existen pocas personas que obtuvieron un nivel de educación superior, estas comprenden a personas dedicadas en labores de oficina, técnicos y profesores. En la Figura 39 se muestra la calificación laboral en el distrito de Lunahuaná.

**Figura 39**

*Calificación laboral de la PEA en el distrito de Lunahuaná*



**Nota.** En el gráfico estadístico muestra que la mayor calificación laboral en el distrito de Lunahuaná son las actividades de agricultura, pecuaria y pesca, teniendo en cuenta que estos valores son similares para nuestra zona de estudio puesto que se dedican también a la cosecha de níspero, camote, vid, además de crianza de vacunos y extracción de camarones en el río Cañete. De INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/).

En el anexo de San Jerónimo, según los datos recogidos mediante información primaria (entrevistas), se obtuvo la información que el ingreso promedio anual de un campesino varia entre S/10000.00 y S/12000.00 soles, de un peón varia entre S/9000.00 y S/10000.00 soles, con respecto a los obreros asciende entre los S/20000.00 y S/30000.00 soles y el de un comerciante que cuenta con una bodega obtiene un ingreso per capita anual de S/25000.00 a S/35000.00

#### **4.2 Identificación de zonas de riesgo por aplicación de modelo numérico**

Para generar los mapas de simulación, lo representamos mediante escenarios de flujos de detritos empleando el método de simulación numérica.

#### **4.2.1 Método de simulación numérica**

El método de la simulación numérica, se basa en la aplicación de modelos numéricos realizados por computadora. Los modelos del tipo simulación numérica, son una simplificación cuantitativa de la realidad, según Griswold (2004, p. 7) citado en Soncco y Vela (2018, p. 18), estas pueden clasificarse como modelos de base física, estadística (empíricos) y física estadística.

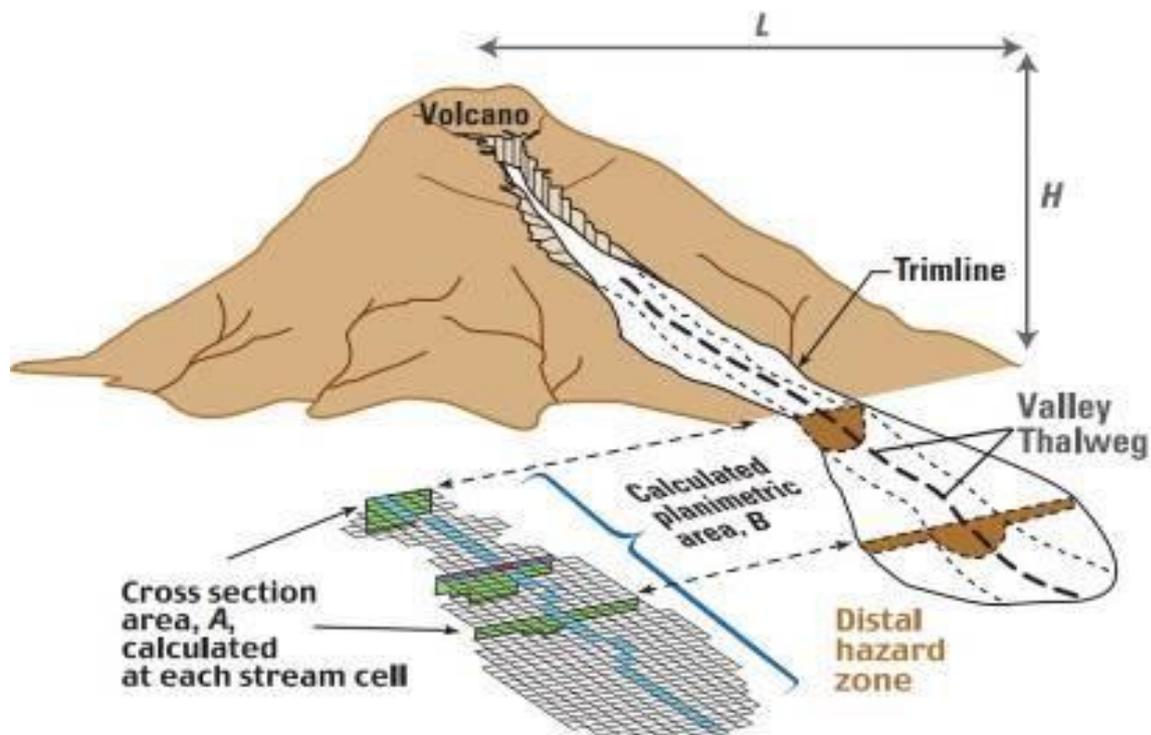
Esta clasificación de las simulaciones numéricas hechas por Griswold, (2004, p. 7) citado en Soncco y Vela (2018, p. 18), están basadas en el comportamiento de flujos de escombros, lahares/huaicos y avalanchas de escombros, permitiendo a desarrollar una simulación semejante a la realidad.

#### **4.2.2 Método de simulación numérica utilizando programa LaharZ**

Este software fue creado por Schilling (1998, p. 3) del Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norteamérica (United States Geological Survey, USGS). Está basado en un modelo tanto físico como estadístico, que utiliza dos ecuaciones creadas por (Inverson *et al*, 1998, p. 973), las cuales calculan el área de inundación de una sección de corte del canal (A) y su sección planimétrica (B) por parte de un lahar/huaico según su volumen, en la Figura 40, se representan estas secciones de corte y planimétrica para un volcán hipotético.

## Figura 40

*Dimensiones de un Lahar idealizado*

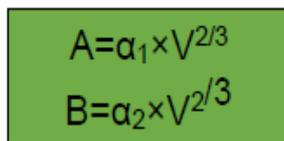


**Nota.** Diagrama de asociación entre dimensiones de un lahar idealizado y áreas transversales (A) y planimétricas (B) calculado por LAHARZ para un volcán hipotético. La relación entre la caída vertical ( $H$ ) y la distancia de desviación horizontal ( $L$ ) describe la extensión del peligro volcánico próximo. LAHARZ comienza los cálculos de las zonas de peligro de inundación de lahar donde un arroyo y el límite de la zona de peligro proximal se cruzan. De Inverson, R., Schilling, S., y Vallance, J. (1998). *Objective delineation of lahar-inundation hazard zones* [Delimitación objetiva de las zonas de peligro de inundación de lahar]. GSA Bulletin. [https://volcano.wr.usgs.gov/vsc/file\\_mgr/file-50/lahar\\_inundation\\_GSA\\_Iverson.pdf](https://volcano.wr.usgs.gov/vsc/file_mgr/file-50/lahar_inundation_GSA_Iverson.pdf).

De acuerdo a Soncco y Vela (2018, p. 18), estas ecuaciones (A) y (B) son de conservación de masa, cantidad de movimiento y energía durante el cálculo de la superficie de inundación y utilizan las siguientes fórmulas como se muestra en la Figura 41.

## Figura 41

*Fórmulas de área de inundación y su sección planimétrica*



$$A = \alpha_1 \times V^{2/3}$$

$$B = \alpha_2 \times V^{2/3}$$

Donde:

- **A:** es el área de inundación de una sección de corte del canal (A) y su sección planimétrica (B) por parte de un lahar/huaico en una sección de corte del canal,
- **B:** es el área de inundación de un lahar/huaico en su sección planimétrica,
- **$\alpha$ :** es un valor constante que se calcula estadísticamente.
- **V:** es el volumen.

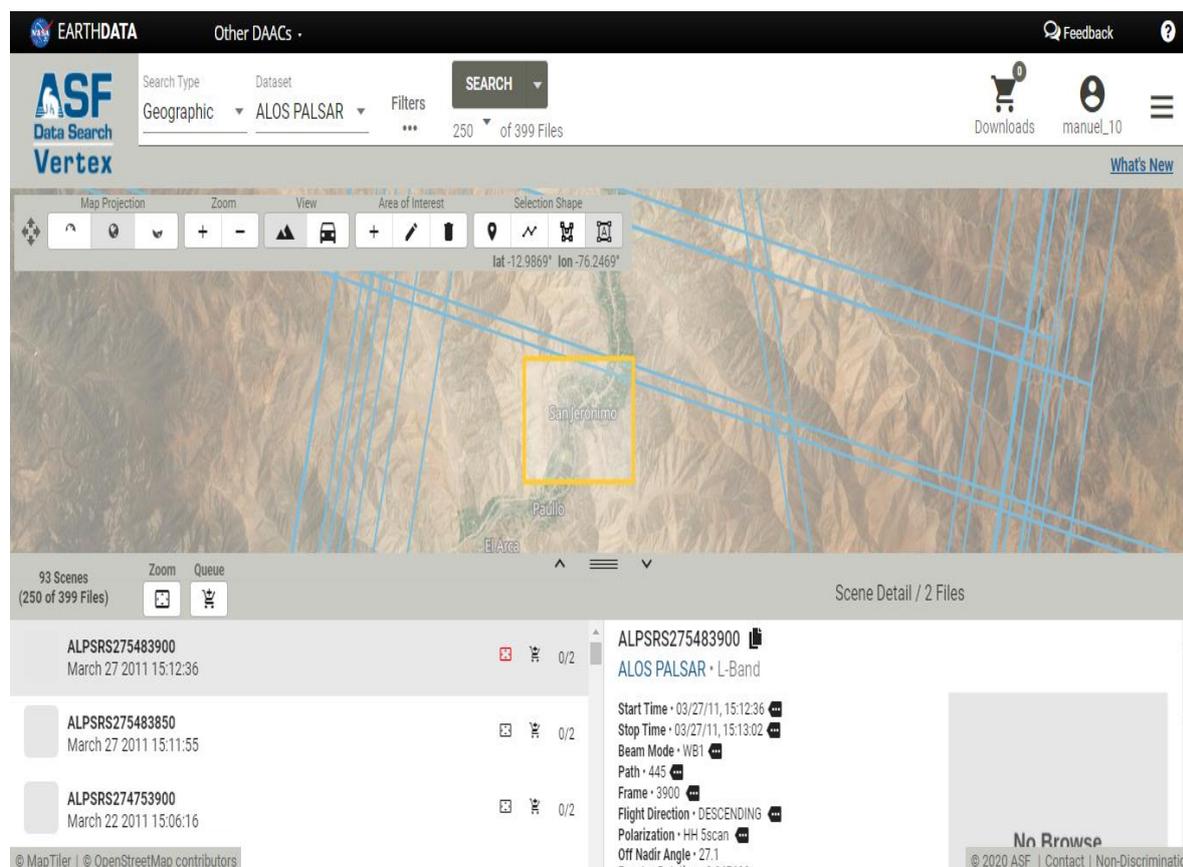
*Nota.* Para la generación de mapas de simulación de flujos de detritos (lahares), se requerirá los cálculos de las fórmulas en mención de la figura mostrada. De Soncco, Y., y Vela, J. (2018). *Informe Técnico N°A6829 Peligros Geológicos en la quebrada El Cementerio.* No se ha registrado. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/9378>

Los requerimientos para el procesamiento en el programa LAHARZ, básicamente se tratan de (3) tres características: volumen ( $m^3$ ), H/L (pendiente), los puntos de inicio por donde tendrá la dirección y sentido de los flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo.

Para realizar la modelización de la zona de inundación debido a flujos de detritos/lahares en LAHARZ se requiere de un modelo digital de elevación DEM (siglas en inglés Digital Elevation Model) en formato raster. De acuerdo a la Figura 42 se muestra que, el dem de la quebrada San Jerónimo se obtuvo a través de su formato raster de 12.5m de resolución, a partir del satélite Alos Sensor Palsar.

**Figura 42**

*Descarga del DEM de la zona de estudio*

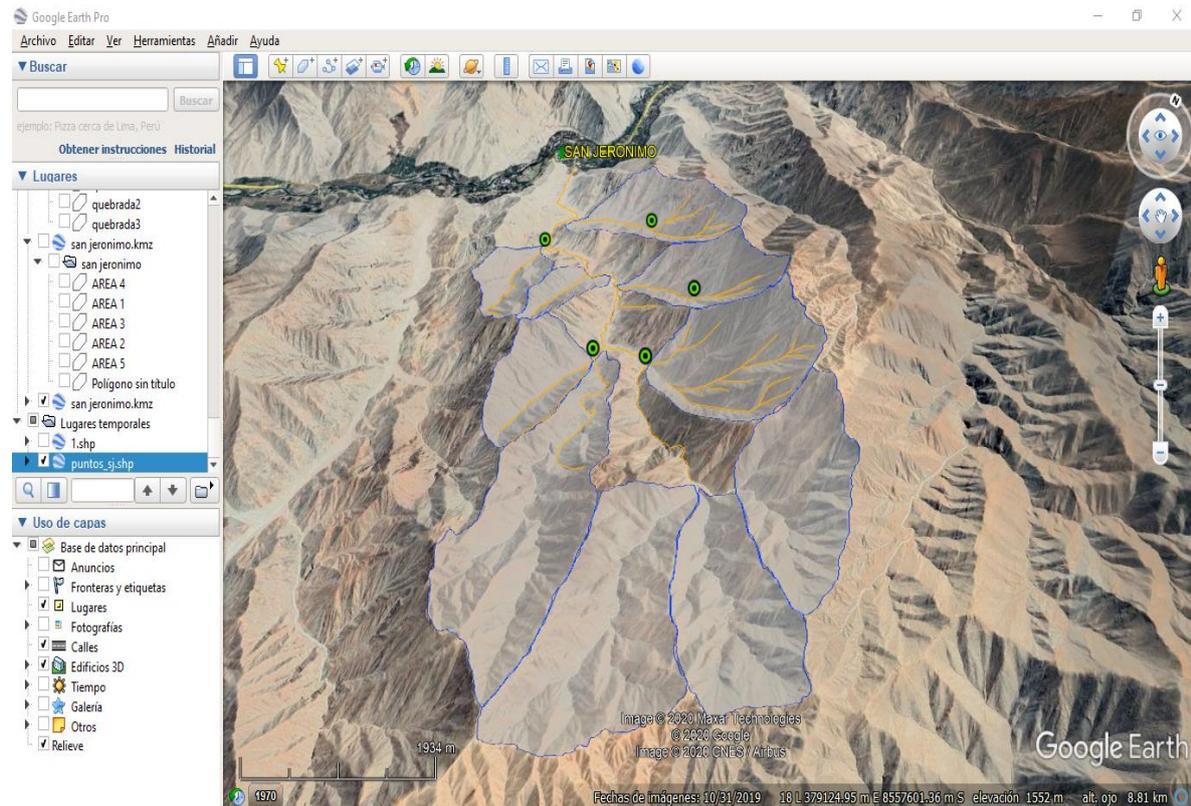


**Nota.** Descarga de imagen raster previamente seleccionando el área de la zona de estudio utilizando el satélite Alos y sensor Palsar de la data Search Vertex con una resolución de 12.5m.

De acuerdo a la Figura 43, se tomaron (5) puntos de control e inicio de flujos de detritos dentro de la quebrada San Jerónimo mediante el programa Google Earth Pro con el asesoramiento de especialistas de INGEMMET de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológicos. Cabe mencionar que el procesamiento de modelización de un dem de 12.5m de resolución se requiere de una pc de alto rendimiento y de la versión de ARCGIS 10.1 a 10.3 para su eficiente desarrollo.

**Figura 43**

*Ubicación de puntos y delimitación de áreas dentro de la quebrada*

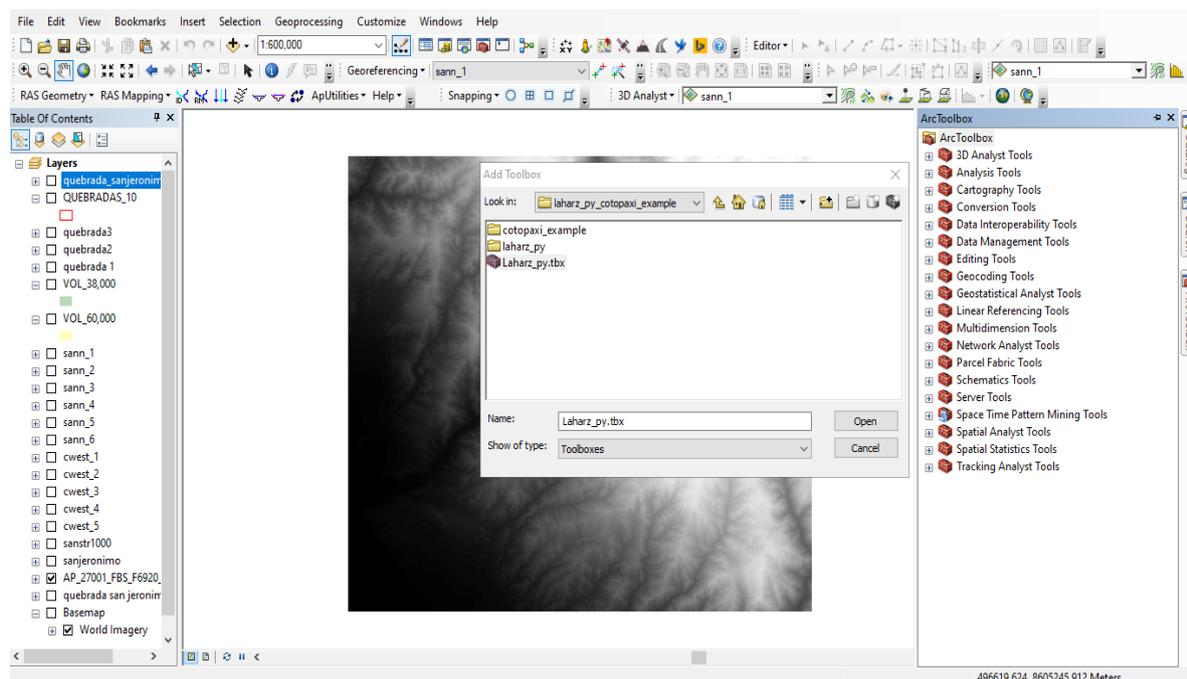


**Nota.** Ubicación de (05) puntos de partida para la iniciación de flujos de detritos teniendo en cuenta las áreas delimitadas (10) dentro de la quebrada San Jerónimo y posteriormente la simulación del mismo.

Con la ayuda del software ARCGIS 10.3, para el modelamiento de flujos de detritos se incorporó la extensión o herramienta laharz.py a la caja de herramientas arctoolbox, como se evidencia en la Figura 44.

## Figura 44

### Añadiendo extensión laharz.py a caja arctoolbox

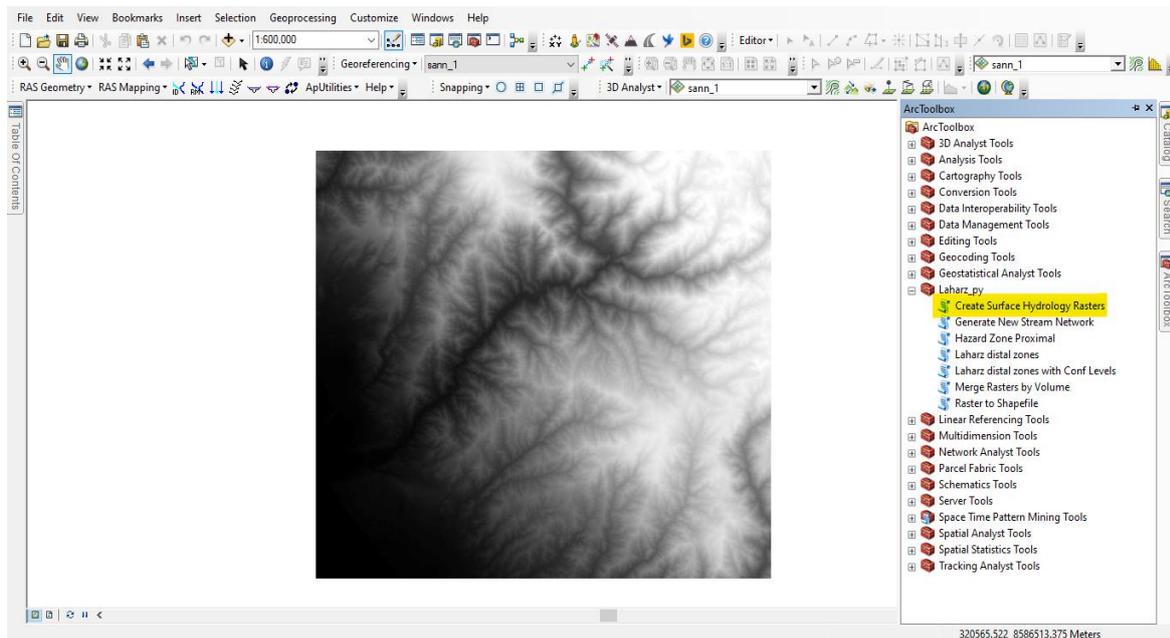


**Nota.** Incorporación de herramienta Laharz.py a la caja arctoolbox para el procesamiento de datos y aplicación de la extensión añadida.

En el ArcGIS se ingresa el DEM de la zona de estudio y se trabaja con la herramienta Laharz.py, haciendo un clic en el signo (+) al lado de esta herramienta se despliega el menú de trabajo y se utilizó la opción *Create Surface Hydrology Raster*, como muestra la Figura 45, además en la Figura 46 y 47, se aprecian el ingreso de datos en la opción seleccionada y el mapa hidrológico generado dándonos el archivo con sufijo str y realizar una reprocesamiento del dem solucionando errores que pueda presentar dicho raster al momento de la simulación dándonos el archivo con sufijo fill.

**Figura 45**

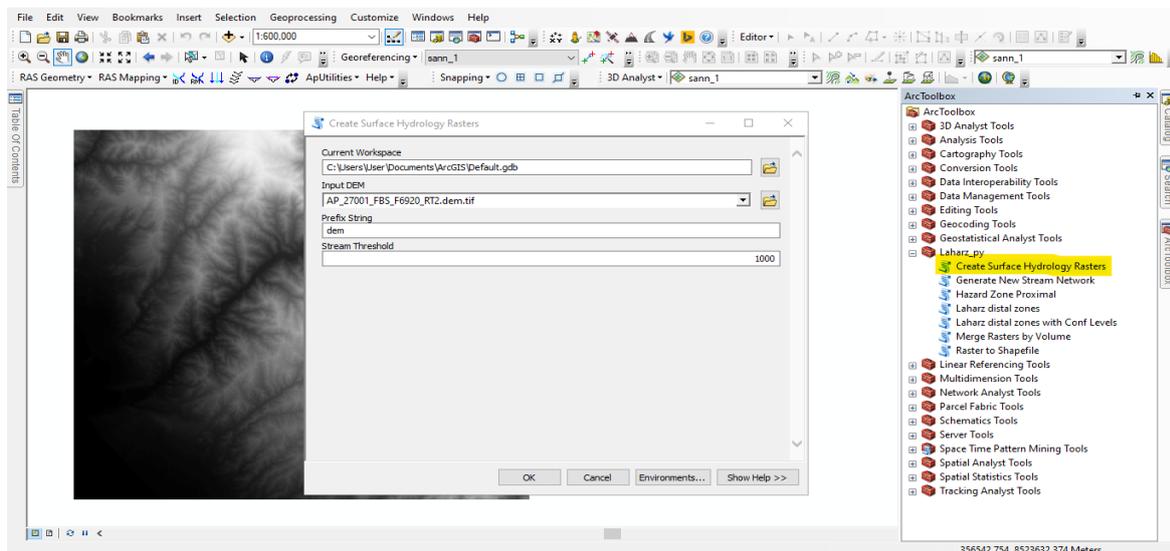
*Ubicando la herramienta create surface hydrology raster*



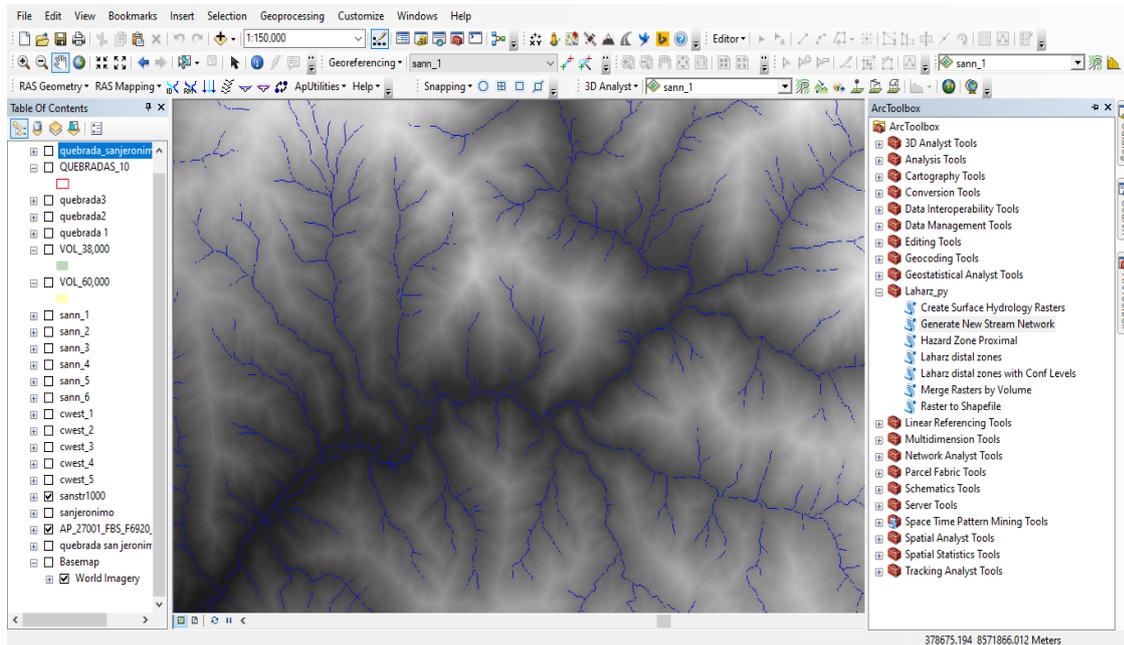
**Nota.** Incorporación de herramienta Laharz.py a la caja arctoolbox para el procesamiento de datos y aplicación de la extensión añadida.

**Figura 46**

*Ingreso de datos para el mapa hidrológico raster*



**Nota.** Para procesar el DEM, primero se escogió una carpeta de trabajo como ruta de entrada donde se guardó los archivos generados, luego se ingresa el DEM de la zona de estudio y se nombra el sufijo str, finalmente se colocó el número de umbral de corriente (1000).

**Figura 47***Mapa hidrológico raster generado*

Para realizar la modelización de flujos de detritos (lahares), se utilizó la opción *Lahar Distal Zones* herramienta que se encuentra dentro de la extensión Laharz, como se especifica en la Figura 48. Por ello, se efectuó los siguientes pasos:

Se ingresó la carpeta de entrada donde inicialmente se estuvo almacenando los datos generados en el proceso de simulación.

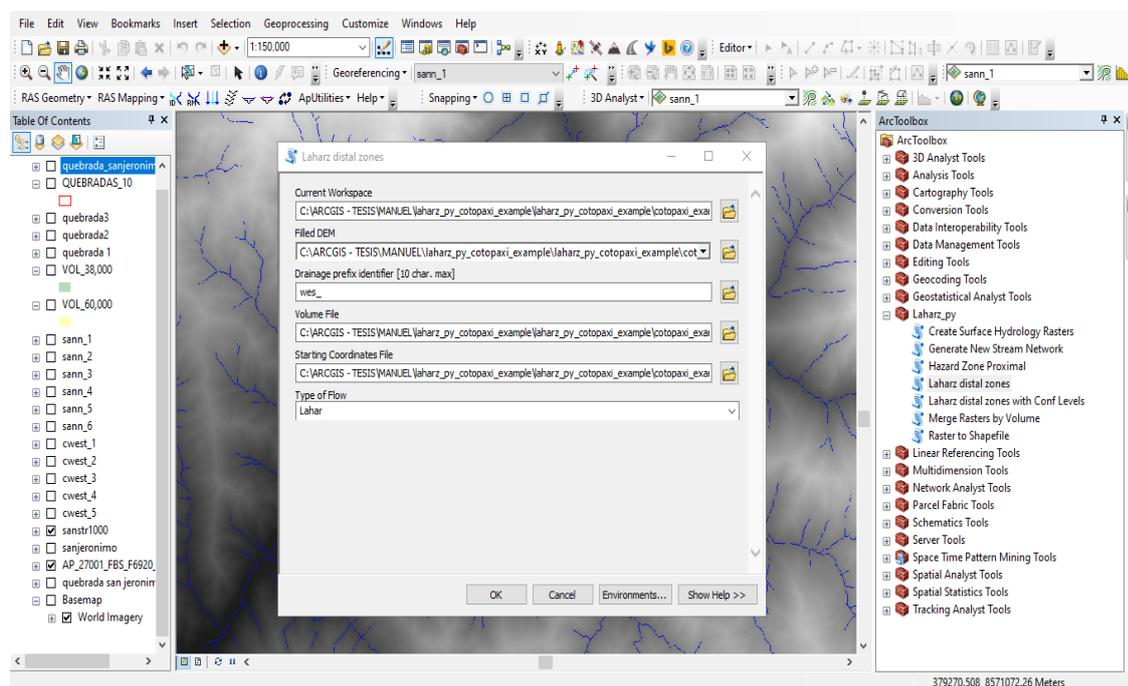
Se insertó de datos del DEM con sufijo fill.

Se colocó el prefijo del drenaje a generar.

Se insertó los volúmenes a simular en unidades de metros cúbicos ( $m^3$ ), este cálculo de volúmenes será de acuerdo a las áreas delimitadas dentro de la quebrada San Jerónimo y al registro de precipitación máxima en metros, este cálculo de volúmenes se detalla en la Tabla 17.

Figura 48

Ingreso de datos a la opción lahar distal zones



**Nota.** Procesamiento de datos en la opción lahar distal zones, cabe resaltar que, el ingreso de volúmenes y puntos de inicio de lahares se ubicaron en el directorio o carpeta de laharz\_textfiles.

Tabla 17

Cálculos de volúmenes para el ingreso de datos en lahar distal zones

# Quebradas	Áreas (m <sup>2</sup> )	PP (m) (Esc. 1)	PP (m) (Esc. 2)	Volumen (m <sup>3</sup> ) (Esc. 1)	Volumen (m <sup>3</sup> ) (Esc. 2)
1	1 467 740.00	0.008	0.0135	11 741.92	19 814.49
2	903 976.00	0.008	0.0135	7 231.81	12 203.68
3	1 625 161.00	0.008	0.0135	13 001.29	21 939.67
4	<b>4 320 809.00<sup>c</sup></b>	<b>0.008</b>	<b>0.0135</b>	<b>34 566.47<sup>a</sup></b>	<b>58 330.92<sup>b</sup></b>
5	3 236 802.00	0.008	0.0135	25 894.42	43 696.83
6	2 207 059.00	0.008	0.0135	17 656.47	29 795.30
7	2 247 017.00	0.008	0.0135	17 976.14	30 334.73
8	3 036 817.00	0.008	0.0135	24 294.54	40 997.03
9	2 118 183.00	0.008	0.0135	16 945.46	28 595.47
10	2 798 635.00	0.008	0.0135	22 389.08	37 781.57

**Nota.** Teniendo en cuenta el desarrollo de la tabla, podemos concluir que en el último censo la mayoría de viviendas censadas cuentan con el servicio de alumbrado eléctrico.

<sup>a</sup> Para el proceso de análisis de simulación de flujos de detritos (lahares) se ingresó un volumen de 40,000.00 m<sup>3</sup> teniendo en referencia este dato calculado, considerado así como un volumen más probable y real que se suscitara

en la zona de estudio, puesto que la información de las precipitaciones por parte de SENAMHI, son datos reales. (Ver sección 4.2.3.1).

<sup>b</sup> Para el proceso de análisis de simulación de flujos de detritos (lahares) se ingresó un volumen de 60,000.00 m<sup>3</sup> teniendo en referencia este dato calculado, considerado así como un volumen menos probable y real que se suscitaría en la zona de estudio, puesto que la información de las precipitaciones por parte de SENAMHI, son datos reales. (Ver sección 4.2.3.2).

<sup>c</sup> Para el proceso de análisis de simulación de flujos de detritos (lahares) se utilizó el área de 4,302,593.72 m<sup>2</sup> para la generación de los volúmenes. (Ver sección 4.2.3).

Se insertaron los puntos de inicio de lahares, de acuerdo a la pronunciación de la quebrada, en este caso se georreferenciaron (5) puntos dentro esta, esta información se muestra en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Puntos de inicio y control de flujos de detritos*

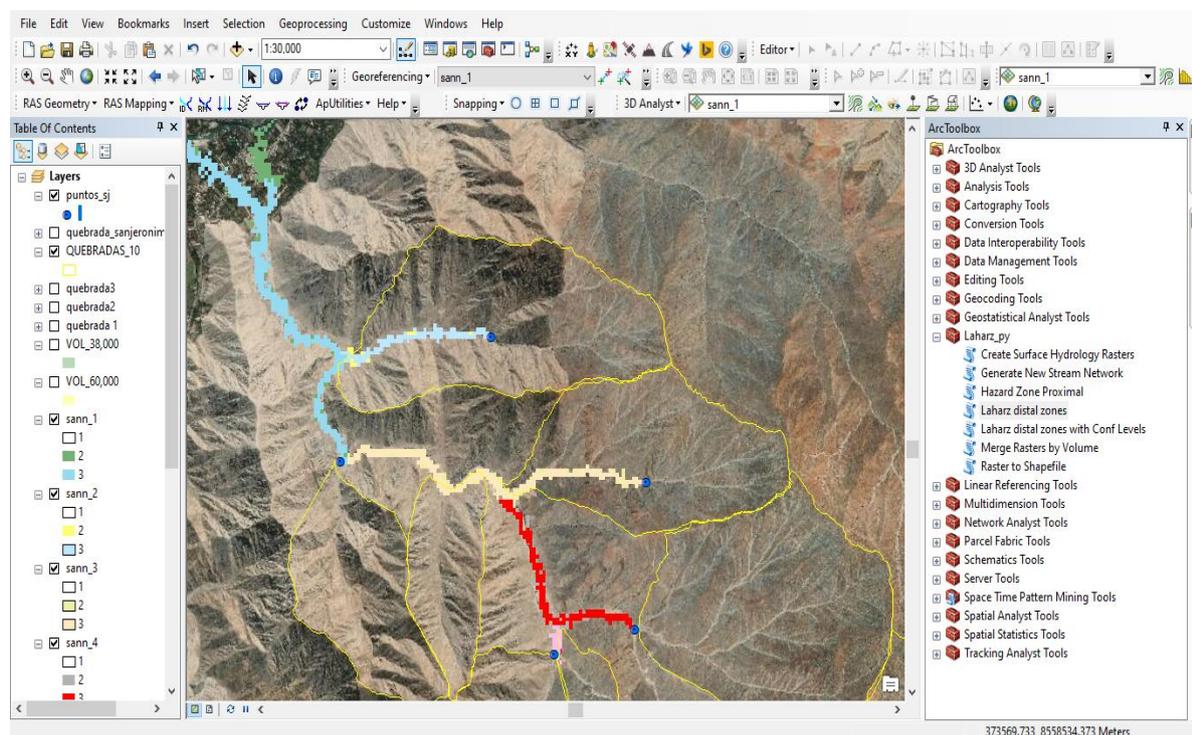
<b>Puntos de inicio de lahares</b>	<b>Eje X</b>	<b>Eje Y</b>
1	374901.47	8559904.14
2	376266.07	8560860.66
3	377672.61	8559751.87
4	377570.12	8558619.06
5	376843.88	8558433.98

**Nota.** Coordenadas utilizadas como puntos de inicio de los flujos de detritos (lahares) dentro de la zona de estudio.

Finalmente, en la Figura 49 se colocó el tipo de flujo lahar, para la obtención del mapa de zonas de peligros de lahares en la quebrada San Jerónimo.

**Figura 49**

*Mapa de zona de peligros de lahares en la quebrada San Jerónimo*



**Nota.** Mapa de peligros de lahares generado con la opción *Lahar Distal Zones* mediante los puntos de inicio de flujos y volúmenes calculados como se muestra en la presente figura.

#### 4.2.3 Simulación de flujos de detritos

Para la simulación de flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo, se realizó según el método de simulación numérica mediante el programa LaharZ, explicado anteriormente. Para esto, se determinaron 2 escenarios en base a cálculos de volúmenes, tomando en cuenta los datos de precipitaciones promedio diarias durante un periodo de 30 años y un acontecimiento real y excepcional, además del área seleccionada dentro de la quebrada, cuyo valor es 4 320 809.00 m<sup>2</sup>, y porcentajes de contenidos de agua (50%) y material sólido (50%).

Esta área seleccionada, es un dato fundamental para la generación de volúmenes probables, puesto que su valor como se muestra anteriormente en la Tabla 17, entre todas las demás áreas dentro de la quebrada y conjuntamente con los valores reales de precipitación, generarían volúmenes de acuerdo a los hechos suscitados anteriormente (huaycos), esto

conllevaría a que las simulaciones por flujos de detritos estén semejados mucho a la realidad de tal manera que, esta investigación sirva como instrumento base de prevención de riesgo ante eventualidades como estas.

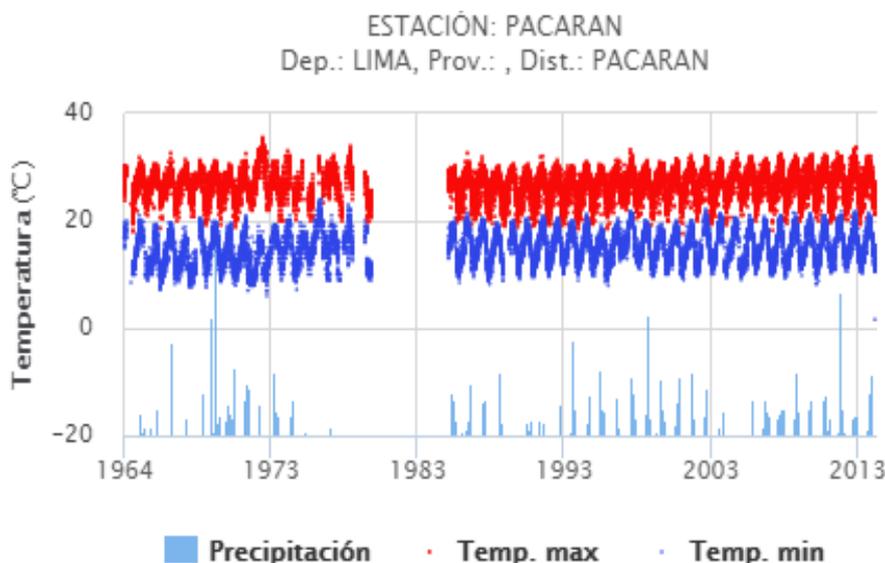
**4.2.3.1 Escenario 1.** Para este escenario se consideró un volumen de 40 000 m<sup>3</sup>, este cálculo de volumen se generó aplicando valores promedio de precipitaciones tomados de SENAMHI mediante su data histórica mostrada en su página web (SENAMHI, 2020), esta información fue suministrada desde la estación meteorológica Pacarán con código 112058, ubicado aproximadamente a 16.5 Km de la quebrada San Jerónimo.

En la Figura 50, como fuente de información secundaria elaborado por SENAMHI, menciona que, en los años 1973-2003 (periodo de 30 años) en la zona de estudio la precipitación promedio alcanzó un valor de 8.0 mm.

Por ello, en la Figura 51 muestra la simulación de flujos de detritos (lahares) calculada con estos datos, generando un volumen de 40 000 m<sup>3</sup> como se mencionó al inicio

### Figura 50

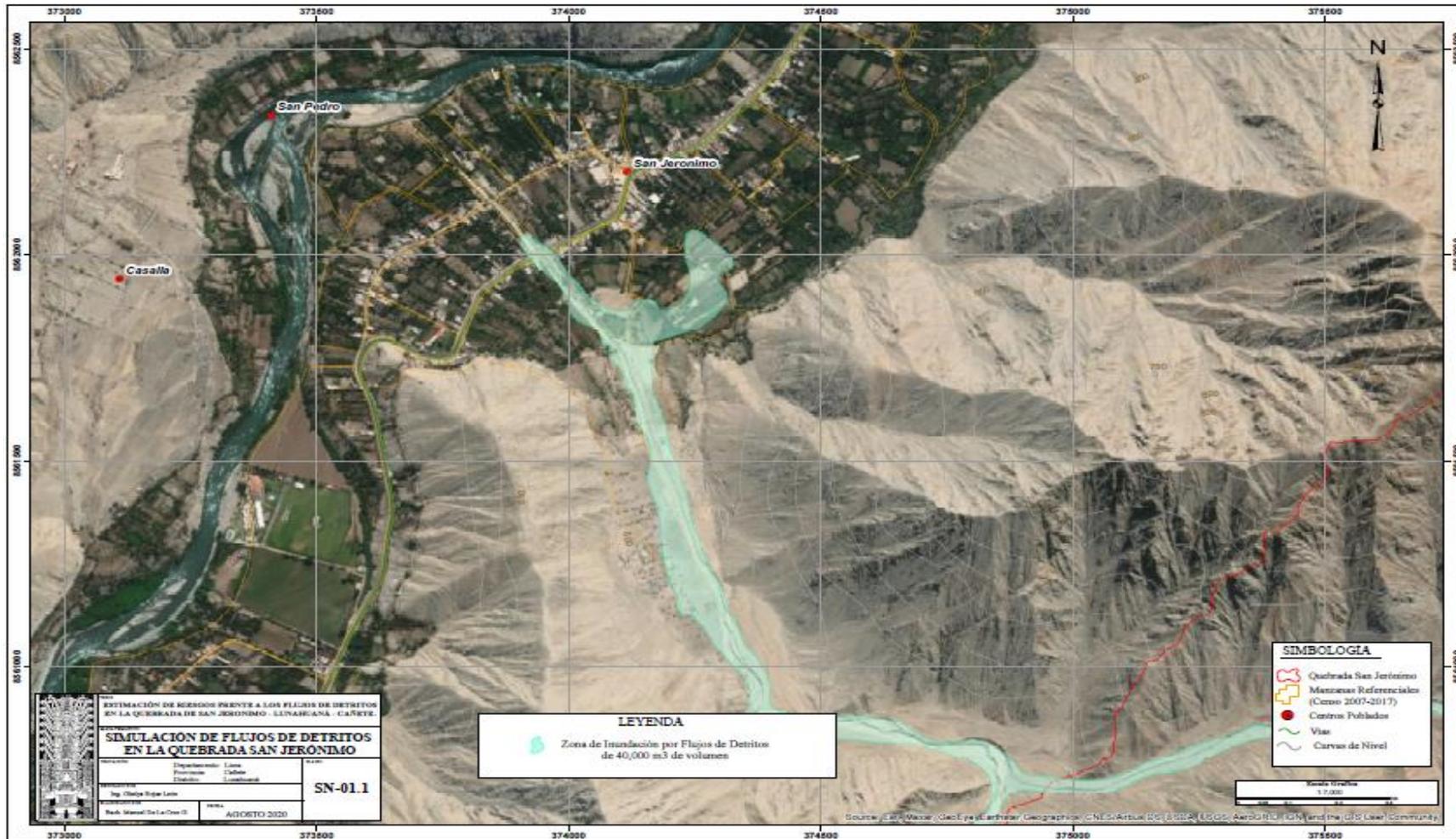
*Registro de datos históricos metereológicos de la estación Pacarán*



**Nota.** Histograma de datos de precipitación, temperatura máxima y mínima obtenidos mediante la estación Pacarán. De SENAMHI. (2020). *Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. Ministerio del Ambiente – SENAMHI. <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Figura 51

Zona de inundación por flujo de detritos de 40000m<sup>3</sup> de volumen



*Nota.* Mapa de simulación de flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo generado con un volumen de estimación de 40000 m<sup>3</sup>.

**4.2.3.2 Escenario 2.** Se consideró un volumen de 60 000 m<sup>3</sup>, este escenario representa a un flujo de detritos más voluminoso que el anterior, si bien se trata de un escenario poco probable, este se podría presentar en la zona de estudio en caso de producirse lluvias excepcionales, no obstante, este volumen de simulación fue calculado con una precipitación de 13.5 mm. Este dato real fue registrado por la estación Pacarán, exactamente el día 6 de febrero de 2012 tomado de SENAMHI.

Cabe mencionar, en los días del mes de marzo de 2017 se suscitó el Fenómeno del Niño Costero, registrándose precipitaciones en nuestra zona de estudio con valores hasta de 12.1 mm., este registro nos da a entender que la simulación con un volumen de 60 000 m<sup>3</sup> mencionado inicialmente, como se muestra en la Figura 52, contempla un escenario real.

Finalmente, comentar que ambos escenarios simulados con sus respectivos volúmenes calculados, han sido previamente evaluados y simulados con diversos datos para llegar al volumen correcto, esto fue gracias al apoyo y asesoramiento de ingenieros especialistas en simulaciones por parte de INGEMMET, recalando siempre que cada simulación por flujos de detritos que se realice debe estar enfocado y reflejado a la realidad o a los acontecimientos suscitados anteriormente, contando con el criterio del riesgo más probable y menos probable.



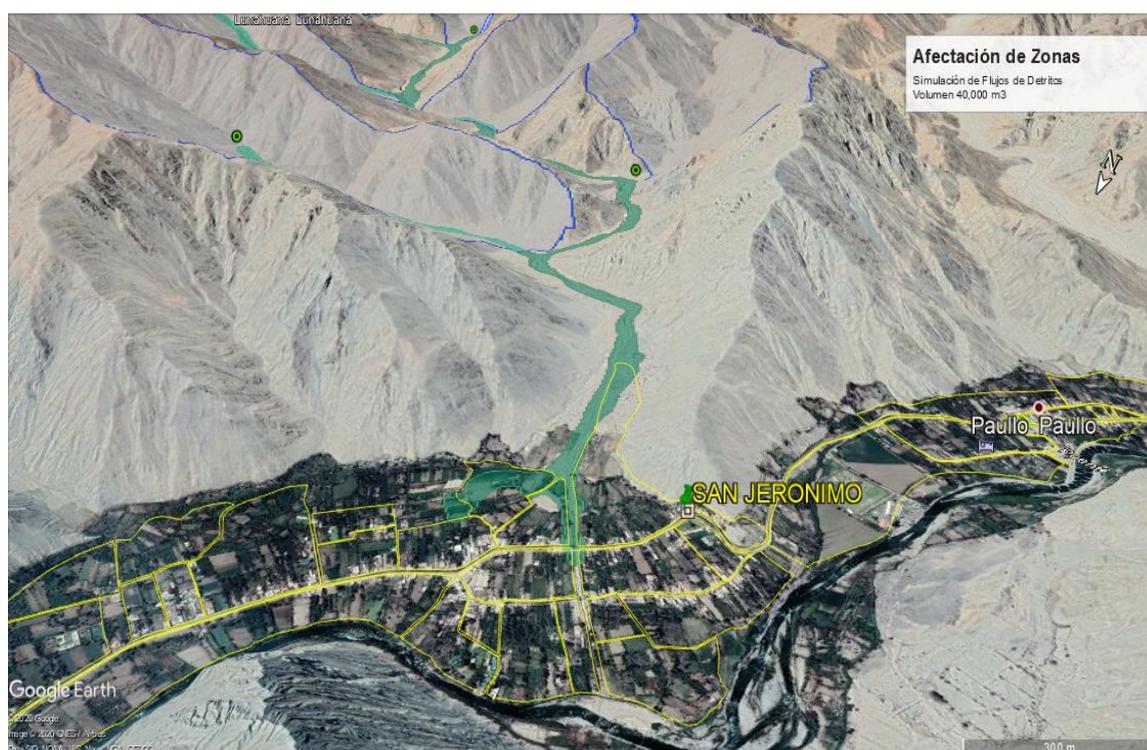
#### 4.2.4 Zonas afectadas por flujos de detritos en la simulación

Luego de la simulación de flujos de detritos, se describen los daños que podrían causar para los dos escenarios planteados de acuerdo a los distintos volúmenes de flujos calculados.

**4.2.4.1 Escenario 1.** De acuerdo a los resultados de la simulación de flujo de detritos para el primer escenario, afectarían las siguientes áreas: 24 viviendas ubicadas dentro de la simulación desarrollada, 45ml de afectación de la vía principal de comunicación “LIMA-LDptal JUNIN” (carretera Cañete Yauyos), 1.52 ha de áreas de cultivos de la parte bajan de la quebrada, como zonas de mayor afectación para este escenario debido al cambio de curso de los flujos. Todas estas afectaciones se ilustran en la Figura 53.

#### Figura 53

*Afectación de zonas por flujo de detritos de 40000m<sup>3</sup> de volumen*

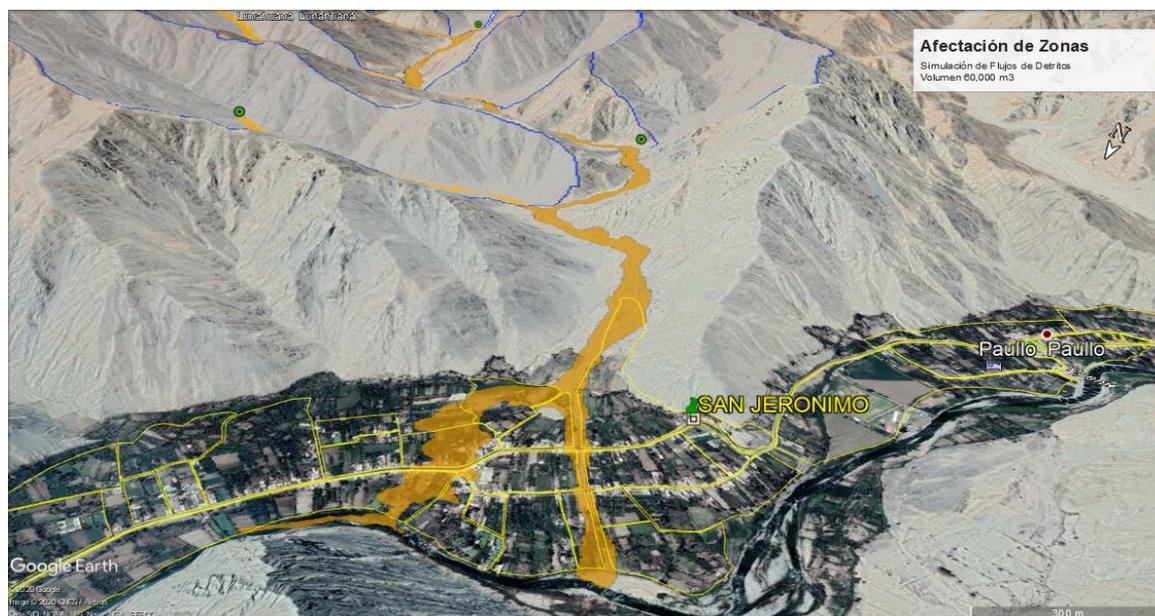


**Nota.** Afectación de zonas por simulación de flujos de detritos para el escenario 1 con volumen calculado de 40000m<sup>3</sup>.

**4.2.4.2 Escenario 2.** De acuerdo a los resultados de la simulación de flujo de detritos para el segundo escenario, afectarían las siguientes zonas : las viviendas ubicadas en ambos márgenes a lo largo del cauce del flujo, pero con una mayor amplitud de 25m aproximadamente en cada margen, y mayor extensión llegando a desembocar en el río Cañete las viviendas que se ubican dentro de la misma quebrada San Jerónimo a 500m desde la parte baja, parte la vía principal de comunicación “LIMA-LDptal JUNIN” (carretera Cañete Yauyos) en dos tramos distintos con una longitud de afectación aproximadamente de 200m, las áreas de cultivos de la parte baja de la quebrada en dos tramos diferentes, como zonas de mayor afectación debido al cambio de curso de los flujos y llegando hasta la desembocadura del río, la localidad del viñedo bodega “DE LA CRUZ”, la parroquia de San Jerónimo, las instituciones educativas N°20154 y N°598, según estadística de calidad educativa (ESCALE). Todas estas afectaciones se ilustran en la Figura 54.

### Figura 54

*Afectación de zonas por flujo de detritos de 60000m<sup>3</sup> de volumen*



**Nota.** Afectación de zonas por simulación de flujos de detritos para el escenario 2 con volumen calculado de 60000m<sup>3</sup>.

### 4.3 Identificación y determinación de peligros

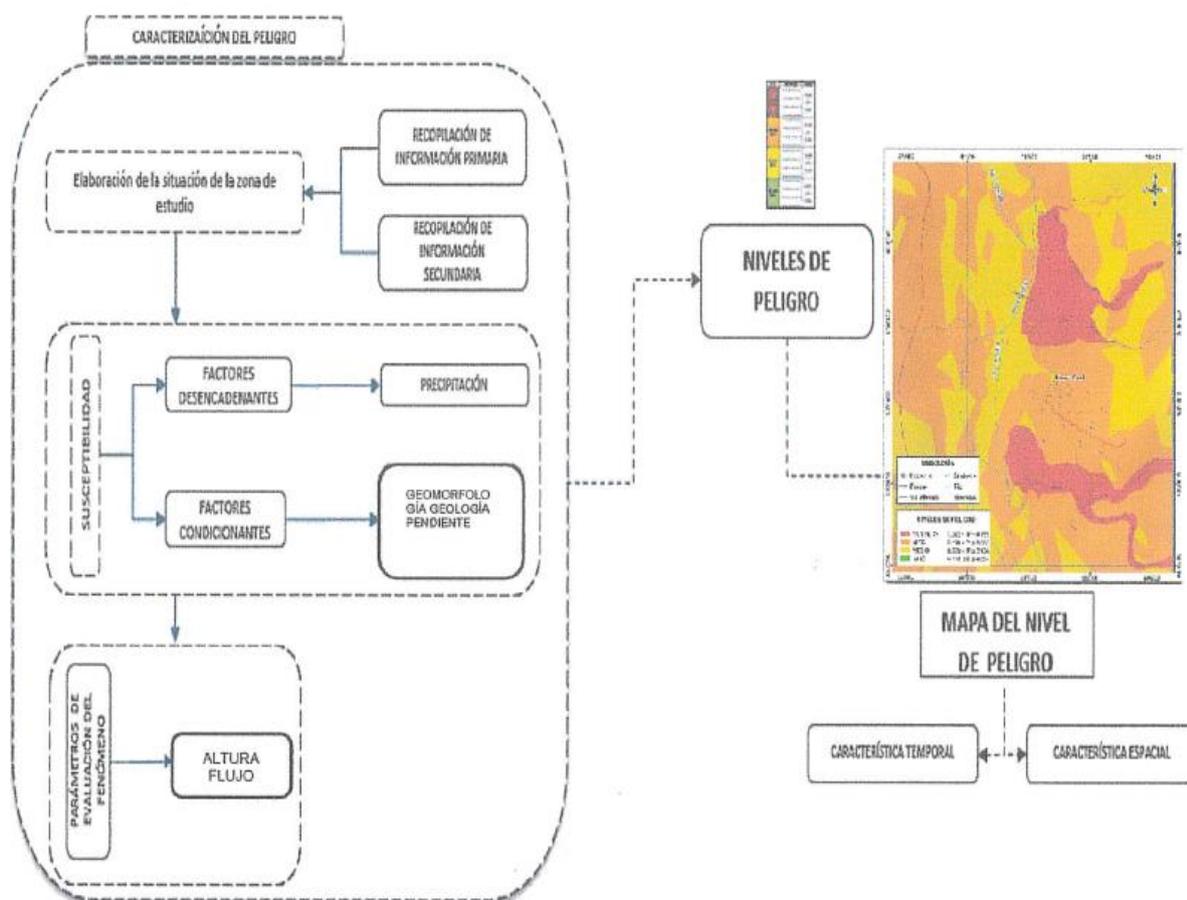
A continuación, se define la metodología aplicada para la identificación y determinación del peligro en la zona de estudio.

#### 4.3.1 Metodología para la determinación del peligro

Para determinar los niveles de peligros por ocurrencia de fenómenos naturales se aplicaron los procedimientos del manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 2<sup>da</sup> versión (CENEPRED, 2014, p. 41), realizando los siguientes pasos como se muestra en la Figura 55.

**Figura 55**

*Procedimiento para la determinación de niveles de peligros*



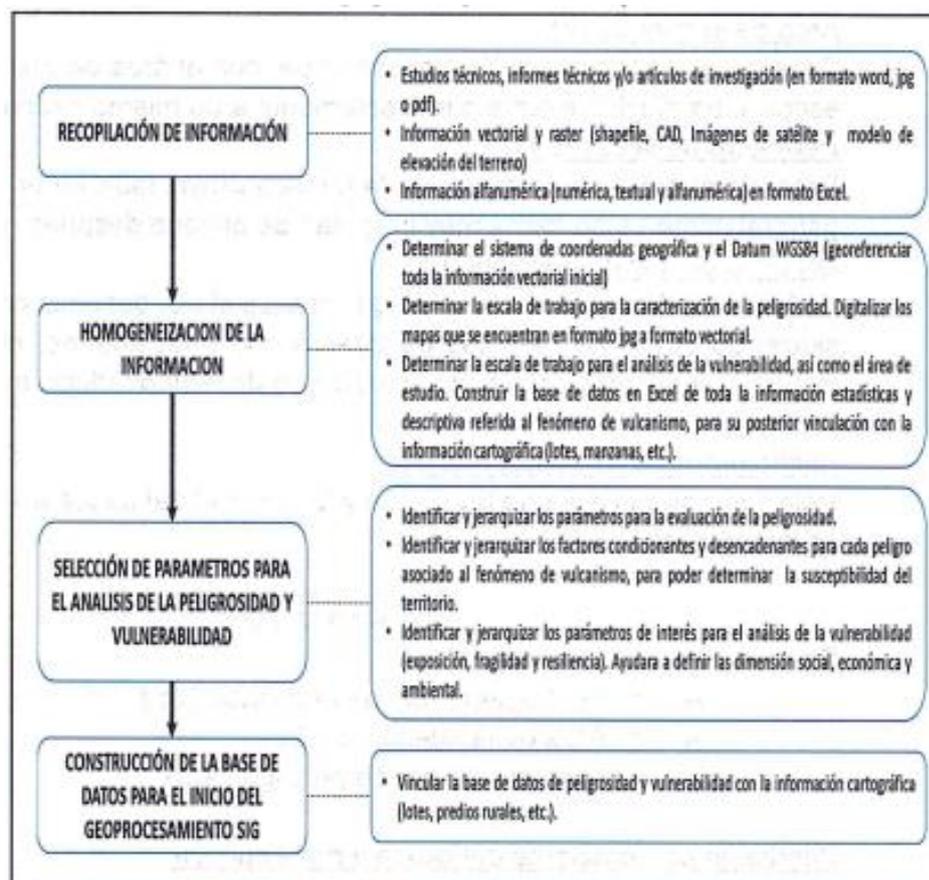
**Nota.** Procedimiento para la determinación de niveles de peligro según el Informe de evaluación de riesgos por flujos de detritos en el poblado de SINAI. Gobierno regional de San Martín. (2020). *Informe de evaluación del riesgo por flujos de detritos y lodo en el centro poblado Nuevo Sinaí distrito de Soritor, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín.* No se ha registrado. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/9556>.

### 4.3.2 Recopilación y análisis de información

Se recopiló información secundaria y primaria como cuestionario, encuestas, inventario, tesis, estudios realizados por entidades como INGEMMET, IGP, SENAMHI, entre otros, donde se detallan información histórica, estudios de peligros, características físicas de la zona de estudio (cartografía, hidrología, pendiente, geomorfología, ente otros) para identificar y evaluar el tipo de peligro que afectan a la zona analizada. En la Figura 56 se detalla el flujograma para el proceso de información.

**Figura 56**

*Flujograma general para el proceso y análisis de información*



**Nota.** Flujograma adaptado del manual para la evaluación de riesgo originados por Fenómenos Naturales, Segunda Versión. De Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre [CENEPRED]. (2014). Manual para la evaluación de Riesgos originados por Inundaciones Fluviales. MINAM. [http://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/MANUAL-EVAR.INUNDACIONES.pdf](http://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/MANUAL-EVAR.INUNDACIONES.pdf)

### ***4.3.3 Identificación del peligro***

Para caracterizar e identificar el peligro, además de utilizar la información generada por las entidades técnicas, se realizó un mapeado en campo con el objetivo de establecer los principales peligros de origen natural que podrían en nuestra zona de estudio.

En el ámbito analizado, se ha reconocido principalmente dos tipos de peligros de origen natural: deslizamientos y flujos de detritos, los cuales los flujos establecen los eventos de más alto peligro en la zona de estudio.

### ***4.3.4 Caracterización del peligro***

El peligro por flujos de detritos se genera a lo largo de la quebrada San Jerónimo, ésta quebrada es gran dimensión según la cartografía realizada, cuyo cauce cruzan el área urbana y cultivo del anexo San Jerónimo. Dicho evento se genera u ocurren como resultado de las precipitaciones pluviales que transportan los materiales erosionados, pendiente abajo, hasta la desembocadura del río Cañete, afectando en su recorrido viviendas, áreas de cultivo, población e infraestructura pública.

### ***4.3.5 Ponderación del parámetro del peligro***

Este caso se ha contemplado como parámetro de análisis y evaluación del fenómeno o peligro, la altura de los flujos en la zona de estudio debido a que este fenómeno genera mayor peligro mientras la altura o tirante del flujo sea mayor.

**4.3.5.1 Parámetro de evaluación del evento altura de flujos de detritos.** La altura de los flujos permite evaluar la intensidad con que estos eventos pueden ocasionar peligro hacia la población, viviendas e infraestructura pública. Para esta información se ha generado en base a las evidencias recopiladas como marcas de muros de vivienda, árboles, vivienda, entre otros. Además, de las manifestaciones por parte de los pobladores de la zona de estudio. En la Tabla 19, se muestran la información de las alturas del cauce del flujo en la zona de estudio.

**Tabla 19***Alturas de flujo en zona afectada*

Datos	Altura (m)
1	1.00
2	2.00
3	4.00
4	5.00
5	6.00

*Nota.* Estos datos fueron gracias a la información primaria a través de inventarios realizados en campo, teniendo en cuenta las referencias de medición como los postes, arboles, testimonios de pobladores, dique enrocado, entre otros.

Para la obtención de los pesos ponderados para el parámetro de evaluación de altura de flujo, se utilizó el proceso de análisis jerárquico, en la Tabla 20 muestra la matriz de comparación de pares del parámetro altura de flujo.

**Tabla 20***Matriz de comparación de pares - altura de flujo en la zona afectada*

Altura de flujo	> 6.00 m	5.00 - 6.00 m	4.00 - 5.00 m	2.00 - 4.00 m	<1.00 m
> 6.00 m	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000
5.00 - 6.00 m	0.500	1.000	2.000	4.000	5.000
4.00 - 5.00 m	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
2.00 - 4.00 m	0.200	0.250	0.500	1.000	2.000
<1.00 m	0.143	0.200	0.250	0.500	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.093</b>	<b>3.950</b>	<b>7.750</b>	<b>12.500</b>	<b>19.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.478</b>	<b>0.253</b>	<b>0.129</b>	<b>0.080</b>	<b>0.053</b>
<b>Número de categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro de altura de flujo en la zona afectada, considerando la información obtenida en campo.

En la Tabla 21, detalla la matriz de normalización del parámetro de evaluación de altura de flujo de detritos.

**Tabla 21**

*Matriz de normalización - altura de flujo en la zona afectada*

<b>Altura de flujo</b>	<b>&gt; 6.00 m</b>	<b>5.00 - 6.00 m</b>	<b>4.00 - 5.00 m</b>	<b>2.00 - 4.00 m</b>	<b>&lt;1.00 m</b>	<b>Vector de priorización</b>
> 6.00 m	0.478	0.506	0.516	0.400	0.368	0.454
5.00 - 6.00 m	0.239	0.253	0.258	0.320	0.263	0.267
4.00 - 5.00 m	0.119	0.127	0.129	0.160	0.211	0.149
2.00 - 4.00 m	0.096	0.063	0.065	0.080	0.105	0.082
<1.00 m	0.068	0.051	0.032	0.040	0.053	0.049
<b>Suma</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro de evaluación altura de flujo en la zona afectada, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro de altura de flujo tal como se muestra en la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro altura de flujo*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.016	0.018	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro de altura de flujo.

<sup>a</sup> 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.

#### **4.3.6 Susceptibilidad del territorio**

Para la evaluación de la susceptibilidad de la zona de estudio se consideraron los factores desencadenantes como el parámetro de umbral de precipitación y factores condicionantes como: pendiente, unidades geomorfológicas y unidades geológicas.

**4.3.6.1 Análisis del factor desencadenante.** Para evaluar el peligro por ocurrencia de flujos de detritos en la zona de estudio, se ha tomado en cuenta como parámetro del factor desencadenantes los umbrales de precipitación de la estación tipo meteorológica más cercana

(estación Pacarán), generados por SENAMHI. Para la obtención de los pesos ponderados del parámetro del factor desencadenante, se aplicó el análisis del proceso jerárquico.

En la Tabla 23, se evidencia la matriz de comparación de pares del factor desencadenante umbrales de precipitación.

**Tabla 23**

*Matriz de comparación de pares – umbrales de precipitación*

Umbral de precipitación	Extremadamente lluvioso: RR/día > 99p (RR > 11.2 mm)	Muy lluvioso: 95p < RR/día ≤ 99p (5.3 < RR ≤ 11.2 mm)	Lluvioso: 90p < RR/día ≤ 95p (3.8 < RR ≤ 5.3 mm)	Moderadamente lluvioso: 75p < RR/día ≤ 90p (2.1 < RR ≤ 3.8 mm)	Ligeramente lluvioso: RR/día ≤ 75p (RR ≤ 2.1 mm)
Extremadamente lluvioso: RR/día > 99p (RR > 11.2 mm)	1.000	3.000	4.000	7.000	9.000
Muy lluvioso: 95p < RR/día ≤ 99p (5.3 < RR ≤ 11.2 mm)	0.333	1.000	3.000	4.000	7.000
Lluvioso: 90p < RR/día ≤ 95p (3.8 < RR ≤ 5.3 mm)	0.250	0.333	1.000	3.000	4.000
Moderadamente lluvioso: 75p < RR/día ≤ 90p (2.1 < RR ≤ 3.8 mm)	0.143	0.250	0.333	1.000	3.000
Ligeramente lluvioso: RR/día ≤ 75p (RR ≤ 2.1 mm)	0.111	0.143	0.250	0.333	1.000
<b>Suma</b>	1.837	4.726	8.583	15.333	24.000
<b>1/Suma</b>	0.544	0.212	0.117	0.065	0.042
<b>Número de categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares del factor desencadenante umbrales de precipitación, considerando información obtenida de la estación Pacarán.

En la Tabla 24, detalla la matriz de normalización del parámetro de umbrales de precipitación.

**Tabla 24**

*Matriz de normalización – umbrales de precipitación*

Umbral de precipitación	Extremadamente lluvioso: RR/día > 99p (RR > 11.2 mm)	Muy lluvioso: 95p < RR/día ≤ 99p (5.3 < RR ≤ 11.2 mm)	Lluvioso: 90p < RR/día ≤ 95p (3.8 < RR ≤ 5.3 mm)	Moderadamente lluvioso: 75p < RR/día ≤ 90p (2.1 < RR ≤ 3.8 mm)	Ligeramente lluvioso: RR/día ≤ 75p (RR ≤ 2.1 mm)	Vector de priorización
Extremadamente lluvioso: RR/día > 99p (RR > 11.2 mm)	0.544	0.635	0.466	0.457	0.375	<b>0.495</b>
Muy lluvioso: 95p < RR/día ≤ 99p (5.3 < RR ≤ 11.2 mm)	0.181	0.212	0.350	0.261	0.292	<b>0.259</b>
Lluvioso: 90p < RR/día ≤ 95p (3.8 < RR ≤ 5.3 mm)	0.136	0.071	0.117	0.196	0.167	<b>0.137</b>
Moderadamente lluvioso: 75p < RR/día ≤ 90p (2.1 < RR ≤ 3.8 mm)	0.078	0.053	0.039	0.065	0.125	<b>0.072</b>
Ligeramente lluvioso: RR/día ≤ 75p (RR ≤ 2.1 mm)	0.060	0.030	0.029	0.022	0.042	<b>0.037</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Matriz de normalización para el parámetro de umbrales de precipitación, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el factor desencadenante umbrales de precipitación tal como se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el factor desencadenante umbrales de precipitación*

Relación de consistencia <sup>a</sup>	Índice de consistencia	Índice aleatorio
0.043	0.050	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el factor desencadenante umbrales de precipitación.

<sup>a</sup> 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.

**4.3.6.2. Análisis del factor condicionantes.** Para lograr los pesos ponderados para los parámetros de los factores condicionantes, se utilizó el proceso de análisis jerárquico como se muestra en la Tabla 26, y los resultados son los siguientes:

- a) Parámetro pendiente:** En virtud a las zonas de menor pendientes serían las más perjudicadas o de mayor predisposición a que los flujos se propaguen, dentro de este marco, se ha creído conveniente dar mayor peso al rango entre 5-20° de inclinación del terreno, debido a que la zona donde los flujos se han esparcido es de mayor intensidad.

**Tabla 26**

*Matriz de comparación de pares – pendientes*

Pendientes	5°-20°	<5°	20°-30°	30°-40°	>40°
5°-20°	1.000	2.000	5.000	7.000	9.000
<5°	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
20°-30°	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000
30°-40°	0.143	0.200	0.500	1.000	2.000
>40°	0.111	0.143	0.200	0.500	1.000
<b>Suma</b>	<b>1.954</b>	<b>3.843</b>	<b>8.700</b>	<b>15.500</b>	<b>24.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.512</b>	<b>0.260</b>	<b>0.115</b>	<b>0.065</b>	<b>0.042</b>
<b>Número de categoría</b>	<b>5</b>				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro de pendientes, considerando la información secundaria y procesamiento de datos en software ARCGIS.

En la Tabla 27, detalla la matriz de normalización de uno de los factores condicionantes pendientes.

**Tabla 27**

*Matriz de normalización - pendientes*

<b>Pendientes</b>	<b>5°-20°</b>	<b>&lt;5°</b>	<b>20°-30°</b>	<b>30°-40°</b>	<b>&gt;40°</b>	<b>Vector de priorización</b>
5°-20°	0.512	0.520	0.575	0.452	0.375	<b>0.487</b>
<5°	0.256	0.260	0.230	0.323	0.292	<b>0.272</b>
20°-30°	0.102	0.130	0.115	0.129	0.208	<b>0.137</b>
30°-40°	0.073	0.052	0.057	0.065	0.083	<b>0.066</b>
>40°	0.057	0.037	0.023	0.032	0.042	<b>0.038</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro de pendientes, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro de pendientes tal como se muestra en la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el factor condicionante pendientes*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.018	0.021	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el factor condicionante Pendiente.

<sup>a</sup> 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.

**b) Parámetro unidades geomorfológicas.** Los valores de priorización para este parámetro han sido considerados en relación al desplazamiento de los flujos de detritos en la zona de estudio por las distintas geoformas, esta idea es expuesta en la Tabla 29.

**Tabla 29***Matriz de comparación de pares – unidades geomorfológicas*

<b>Unidades geomorfológicas</b>	<b>Montaña en roca intrusiva (RM-ri)</b>	<b>Vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at)</b>	<b>Cauce de río (Río)</b>
Montaña en roca intrusiva (RM-ri)	1.000	2.000	5.000
Vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at)	0.500	1.000	2.000
Cauce de río (Río)	0.200	0.500	1.000
<b>Suma</b>	<b>1.700</b>	<b>3.500</b>	<b>8.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.588</b>	<b>0.286</b>	<b>0.125</b>
<b>Número de categoría</b>	3		

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro de unidades geomorfológicas, considerando la información secundaria y procesamiento de datos en software ARCGIS. Elaboración propia (2020).

En la Tabla 30, detalla la matriz de normalización de uno de los factores condicionantes unidades geomorfológicas.

**Tabla 30***Matriz de normalización – unidades geomorfológicas*

<b>Unidades geomorfológicas</b>	<b>Montaña en roca intrusiva (RM-ri)</b>	<b>Vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at)</b>	<b>Cauce de río (Río)</b>	<b>Vector de priorización</b>
Montaña en roca intrusiva (RM-ri)	0.588	0.571	0.625	<b>0.595</b>
Vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at)	0.294	0.286	0.250	<b>0.277</b>
Cauce de río (Río)	0.118	0.143	0.125	<b>0.129</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro de unidades geomorfológicas, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro de unidades geomorfológicas tal como se muestra en la Tabla 31.

**Tabla 31**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el factor condicionantes unidades geomorfológicas*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.004	0.003	0.660

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el factor condicionante unidades geomorfológicas.

<sup>a</sup> 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.

**c) Parámetro unidades geológicas.** Se ha considerado que las unidades geológicas que presentan menor consistencia y disposición a ser erosionados y transportados, son los que tienen mayor ponderación o valor de priorización a la ocurrencia de flujos, esto se expone en la Tabla 32.

**Tabla 32**

*Matriz de comparación de pares – unidades geológicas*

<b>Unidades geológicas</b>	<b>Depósitos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al)</b>	<b>Depósitos fluviales - Gravav y arenas en matriz limo arenosa, incluye conos aluviales (Qh-fl)</b>	<b>Super Unidad Incahuasi, granodiorita (Ks-in/gd)</b>
Depósitos aluviales - Gravav y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh- al)	1.000	3.000	5.000
Depósitos fluviales - Gravav y arenas en matriz limoarenosa, incluye conos aluviales (Qh- fl)	0.333	1.000	3.000
Super Unidad Incahuasi, granodiorita (Ks-in/gd)	0.200	0.333	1.000
<b>Suma</b>	<b>1.533</b>	<b>4.333</b>	<b>9.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.652</b>	<b>0.231</b>	<b>0.111</b>
<b>Número de categoría</b>		3	

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro de unidades geológicas.

En la Tabla 33, detalla la matriz de normalización de uno de los factores condicionantes unidades geológicas.

**Tabla 33**

*Matriz de normalización – unidades geológicas*

<b>Unidades geológicas</b>	<b>Depósitos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al)</b>	<b>Depósitos fluviales - Gravas y arenas en matriz limoarenosa, incluye conos aluviales (Qh-fl)</b>	<b>Super Unidad Incahuasi, granodiorita (Ks-in/gd)</b>	<b>Vector de priorización</b>
Depósitos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al)	0.652	0.692	0.556	<b>0.633</b>
Depósitos fluviales - Gravas y arenas en matriz limoarenosa, incluye conos aluviales (Qh-fl)	0.217	0.231	0.333	<b>0.260</b>
Super Unidad Incahuasi, granodiorita (Ks-in/gd)	0.130	0.077	0.111	<b>0.106</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro de unidades geomorfológicas, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro de unidades geológicas tal como se muestra en la Tabla 34.

**Tabla 34**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el factor condicionantes unidades geológicas*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.029	0.019	0.660

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el factor condicionante Unidades Geológicas.

<sup>a</sup> 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.

**d) Análisis de los parámetros de los factores condicionantes.** Para este punto se detallan los pesos de los factores condicionantes según el proceso de análisis jerárquico como muestra la Tabla 35, para la determinación del peligro, ante la ocurrencia de flujos de detritos en la zona de estudio.

**Tabla 35**

*Matriz de comparación de pares – factores condicionantes*

<b>Factores condicionantes</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Unidades geomorfológicas</b>	<b>Unidades geológicas</b>
Pendiente	1.000	3.000	5.000
Unidades geomorfológicas	0.333	1.000	3.000
Unidades geológicas	0.200	0.333	1.000
<b>Suma</b>	<b>1.533</b>	<b>4.333</b>	<b>9.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.652</b>	<b>0.231</b>	<b>0.111</b>
<b>Número de Categoría</b>		3	

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según los factores condicionantes, considerando la información procesada en el análisis jerárquico para su ponderación.

En la Tabla 36, se detalla la matriz de normalización de los factores condicionantes.

**Tabla 36**

*Matriz de normalización – factores condicionantes*

<b>Factores condicionantes</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Unidades geomorfológicas</b>	<b>Unidades geológicas</b>	<b>Vector de priorización</b>
Pendiente	0.652	0.692	0.556	<b>0.633</b>
Unidades geomorfológicas	0.217	0.231	0.333	<b>0.260</b>
Unidades geológicas	0.130	0.077	0.111	<b>0.106</b>
<b>suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para los factores condicionantes (pendiente, unidades geomorfológicas, unidades geológicas), obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para los factores condicionantes tal como se muestra en la Tabla 37.

**Tabla 37**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para los factores condicionantes*

<b>Relación de consistencia<sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.029	0.019	0.660

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para los factores condicionantes.

<sup>a</sup> 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.

#### **4.3.7 Análisis de los elementos expuestos**

Los elementos expuestos directamente en la zona del anexo de San Jerónimo, corresponden principalmente a viviendas, institución educativa y población tal como se muestran en la Tabla 38, los cuales han sido identificados a través del trabajo realizado en campo.

**Tabla 38**

*Elementos expuestos directamente en la zona de estudio*

<b>Elementos expuestos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>
Población	182	hab
Viviendas	60	unid
Instituciones educativas	02	unid

*Nota.* Elementos expuestos dentro de la zona de estudio, estos datos son generados a base de la información primaria y secundaria durante la investigación.

Para una mejor descripción gráfica de los elementos expuestos en la zona de estudio se adjunta el mapa de elementos expuestos en el Anexo 1. Cabe mencionar que la información de este mapa generado, es procesada mediante el software ARCGIS 10.3.

#### 4.3.8 Definición de escenario

En base a los umbrales de precipitación calculados, se han considerando los datos de la estación meteorológica Pacarán, que describe precipitaciones extremadamente lluviosas ( $RR/día > 99$ ) cuyos valores de precipitación superan los 11.2 mm, según este concepto podemos decir que es el escenario más crítico de los peligros por flujos.

#### 4.3.9 Niveles de peligro

En la Tabla 39, muestra los niveles de peligro y sus respectivos rangos generados en el proceso de análisis jerárquico.

**Tabla 39**

*Niveles de peligro*

Nivel de peligro	Rango
Muy alto	$0.263 < P \leq 0.509$
Alto	$0.135 < P \leq 0.263$
Medio	$0.059 < P \leq 0.135$
Bajo	$0.034 \leq P \leq 0.059$

*Nota.* Niveles de peligro generados mediante el proceso de análisis jerárquico en la zona de estudio anexo de San Jerónimo.

#### 4.3.10 Estratificación del nivel de peligro

En la Tabla 40, muestra la estratificación del peligro en la zona de estudio.

**Tabla 40**

*Estratificación del peligro*

Nivel de peligro	Descripción	Rango
<b>Peligro muy alto</b>	Umbral de precipitación extremadamente lluvioso ( $RR > 11.2$ mm), donde predominan una altura de flujos mayores a 6.00 metros, las pendientes varían entre $5^\circ$ y $20^\circ$ , con unidades geomorfológicas montaña en roca intrusiva (RM-ri), así como también depósitos aluviales, gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al)	$0.263 < P \leq 0.509$
<b>Peligro alto</b>	Umbral de precipitación extremadamente lluvioso ( $5.3\text{mm} < RR \leq 11.2\text{mm}$ ) donde predominan una altura de flujos entre 4 a 6 metros, las pendientes varían entre $20^\circ$ y $30^\circ$ , con unidades geomorfológicas montaña en roca intrusiva (RM-ri), así como también depósitos aluviales, gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al)	$0.135 < P \leq 0.263$

Nivel de peligro	Descripción	Rango
<b>Peligro medio</b>	Umbral de precipitación extremadamente lluvioso (3.8mm<RR≤5.3mm), donde predominan una altura de flujos entre 2 a 4 metros, las pendientes varían entre 30° y 40°, con unidades geomorfológicas montaña en roca intrusiva (RM-ri) y vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at), así como también depósitos aluviales, gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al) y depósitos fluviales - Gravas y arenas en matriz limoarenosa incluye conos aluviales (Qh-fl)	<b>0.059 &lt; P ≤ 0.135</b>
<b>Peligro bajo</b>	Umbral de precipitación extremadamente lluvioso (RR≤3.8 mm), donde predominan una altura de flujos menores a 1.00 metro, las pendientes son mayores a 40°, con unidades geomorfológicas como cauce de río y vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at), así como también Super Unidad Incahuasi, granodiorita (Ks-in/gd).	<b>0.034 ≤ P ≤ 0.059</b>

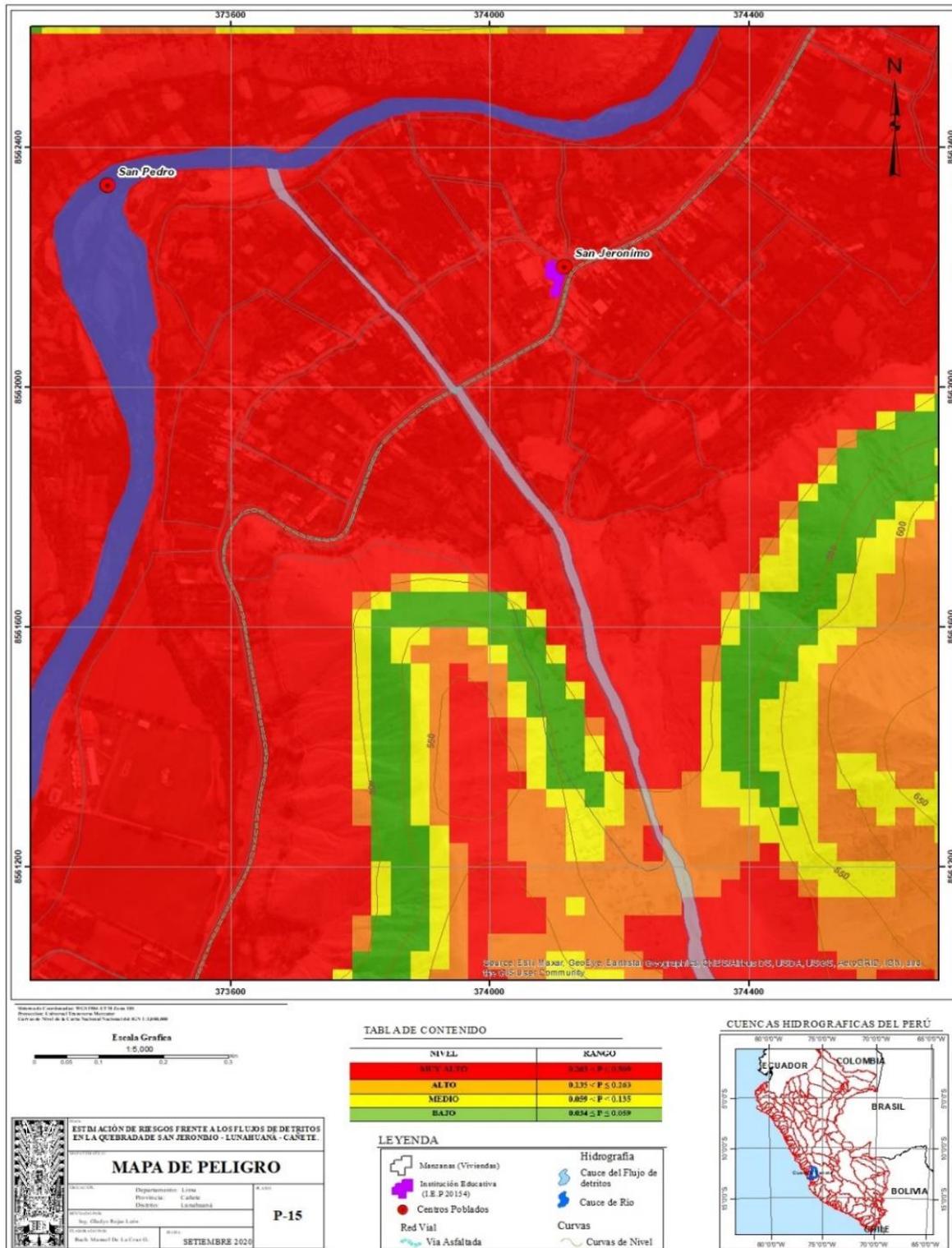
*Nota.* Estratificación del peligro para la zona de estudio mediante el proceso de análisis jerárquico de los factores susceptibles de la zona.

#### **4.3.11 Mapa de peligro**

En la Figura 57, se muestra el mapa de peligro por flujos de detritos en la zona de estudio mediante el nivel y estratificación de peligro.

**Figura 57**

*Mapa de peligro por flujos de detritos en la zona de estudio*



**Nota.** Generación del mapa de peligro de la zona de estudio por flujos de detritos, teniendo en cuenta el nivel y estratificación del mismo, así como también la superposición de mapas de los factores desencadenantes y condicionantes.

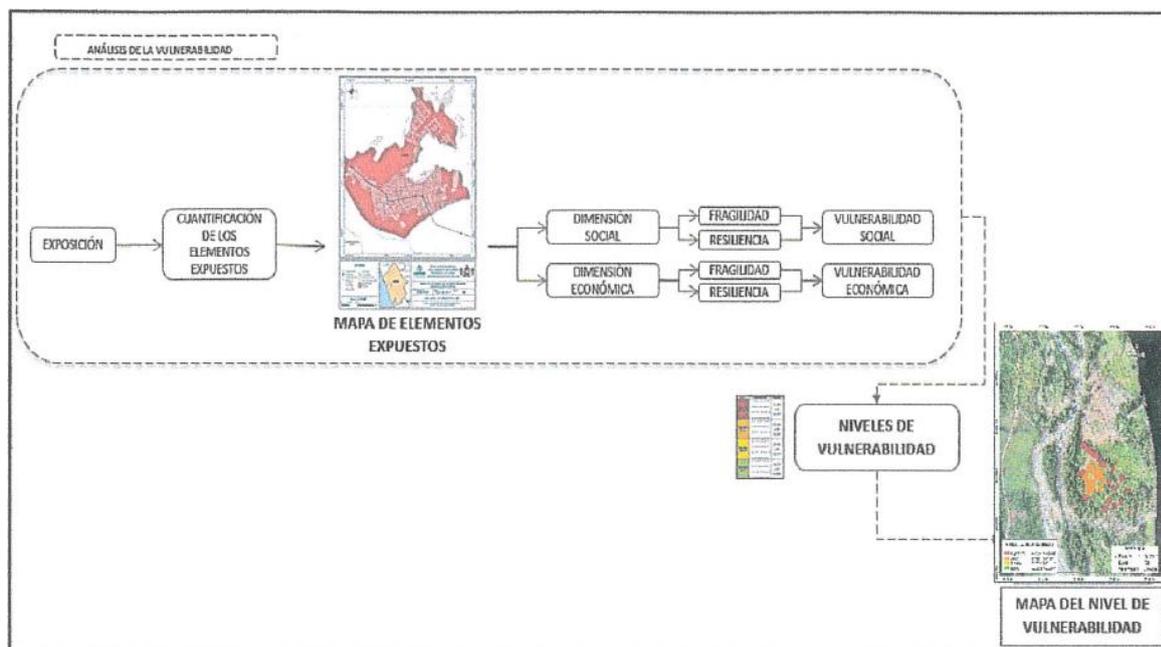
## 4.4 Análisis de vulnerabilidad

### 4.4.1 Metodología de aplicación

En la Figura 58, se muestra la metodología que se aplicó en el proceso de análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos respecto a la zona de estudio:

**Figura 58**

*Procedimiento para el análisis de vulnerabilidad*



*Nota.* Para el uso de la metodología en esta investigación, se utilizó el procedimiento para el análisis de vulnerabilidad del informe de evaluación de riesgos por flujos de detritos en el poblado de SINAI. De Gobierno Regional de San Martín. (2020). *Informe de evaluación del riesgo por flujos de detritos y lodo en el centro poblado Nuevo Siná distrito de Soritor, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín.* No se ha registrado. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/9556>.

Para determinar los niveles de vulnerabilidad en la zona de influencia del peligro de flujos de detritos, se consideró realizar el análisis de los factores: exposición, fragilidad y resiliencia respecto a la dimensión social y económica, utilizando sus respectivos parámetros en ambos casos. Esta metodología del cálculo de la vulnerabilidad, se realizó en campo mediante el levantamiento de información mediante fichas de encuestas de las viviendas del anexo San Jerónimo y también con la ayuda de información secundaria obtenida por el INEI.

#### 4.4.2 Análisis de la dimensión social

Por su parte, en el análisis de la vulnerabilidad en su dimensional social, se evaluaron los siguientes parámetros como se indica en la Tabla 41.

**Tabla 41**

*Parámetro de dimensión social*

Dimensión Social		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Grupo etario	Estado de conservación de vivienda	Tenencia de vivienda
Número de personas en vivienda	Número de pisos de vivienda	Nivel educativo

*Nota.* En la tabla descrita muestra los parámetros de la dimensión social para el respectivo análisis de vulnerabilidad.

**4.4.2.1 Análisis del factor exposición de la dimensión social.** Para realizar el análisis del factor exposición de la dimensión social se consideró que los parámetros grupo etario y número de personas en viviendas tengan un peso ponderado de 0.600 y 0.400, respectivamente.

- Parámetro grupo etario.

En la Tabla 42, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro grupo etario.

**Tabla 42**

*Matriz de comparación de pares – grupo etario*

Grupo etario	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años
De 0 a 5 años y mayores de 65 años	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
De 15 a 30 años	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
De 30 a 50 años	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.176</b>	<b>3.843</b>	<b>6.533</b>	<b>14.333</b>	<b>23.000</b>

Grupo etario	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años
<b>1/Suma</b>	<b>0.460</b>	<b>0.260</b>	<b>0.153</b>	<b>0.070</b>	<b>0.043</b>
<b>Número de categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro grupo etario, considerando en la información secundaria.

En la Tabla 43, muestra la matriz de normalización del parámetro grupo etario.

**Tabla 43**

*Matriz de normalización – grupo etario*

Grupo etario	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años	Vector de priorización
De 0 a 5 años y mayores de 65 años	0.460	0.520	0.459	0.349	0.304	0.418
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.230	0.260	0.306	0.349	0.304	0.290
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.153	0.130	0.153	0.209	0.217	0.173
De 15 a 30 años	0.092	0.052	0.051	0.070	0.130	0.079
De 30 a 50 años	0.066	0.037	0.031	0.023	0.043	0.040
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro grupo etario de la dimensión social, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro grupo etario tal como se muestra en la Tabla 44.

**Tabla 44**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro grupo etario*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice Aleatorio</b>
0.032	0.037	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro grupo etario de la dimensión social.

<sup>a</sup> 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.

- Parámetro número de personas en vivienda

En la Tabla 45, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro número de personas en vivienda.

**Tabla 45**

*Matriz de comparación de pares – número de personas en vivienda*

<b>Número de personas en viviendas</b>	<b>6 a 7</b>	<b>4 a 5</b>	<b>2 a 3</b>	<b>1 a 2</b>	<b>No tiene personas</b>
6 a 7	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
4 a 5	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
2 a 3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
1 a 2	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
No tiene personas	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
<b>Suma</b>	<b>1.787</b>	<b>4.676</b>	<b>9.533</b>	<b>16.333</b>	<b>25.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.560</b>	<b>0.214</b>	<b>0.105</b>	<b>0.061</b>	<b>0.040</b>
<b>Número de categoría</b>	<b>5</b>				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro número de personas en viviendas, considerando en la información secundaria.

En la Tabla 46, muestra la matriz de normalización del parámetro número de personas en viviendas.

**Tabla 46**

*Matriz de normalización – número de personas en viviendas*

<b>Número de personas en viviendas</b>	<b>6 a 7</b>	<b>4 a 5</b>	<b>2 a 3</b>	<b>1 a 2</b>	<b>No tiene personas</b>	<b>Vector de priorización</b>
6 a 7	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
4 a 5	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
2 a 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
1 a 2	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
No tiene personas	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
<b>Suma</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro número de personas en viviendas de la dimensión social, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro número de personas en viviendas tal como se muestra en la Tabla 47.

**Tabla 47**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro número de personas en viviendas*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.051	0.061	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro número de personas en viviendas de la dimensión social.

<sup>a</sup> 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.

**4.4.2.2. Análisis del factor fragilidad de la dimensión social.** Para realizar el análisis del factor fragilidad de la dimensión social se consideró que los parámetros estado de conservación de vivienda y número de pisos en vivienda tengan un peso ponderado de 0.600 y 0.400, respectivamente.

- Parámetro estado de conservación de vivienda

En la Tabla 48, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación de vivienda.

**Tabla 48**

*Matriz de comparación de pares – estado de conservación de vivienda*

<b>Estado de conservación de vivienda</b>	<b>Muy malo</b>	<b>Malo</b>	<b>Regular</b>	<b>Bueno</b>	<b>Muy bueno</b>
Muy malo	1.000	2.000	4.000	7.000	8.000
Malo	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
Regular	0.250	0.500	1.000	2.000	6.000
Bueno	0.143	0.250	0.500	1.000	4.000
Muy bueno	0.125	0.167	0.167	0.250	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.018</b>	<b>3.917</b>	<b>7.667</b>	<b>14.250</b>	<b>25.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.496</b>	<b>0.255</b>	<b>0.130</b>	<b>0.070</b>	<b>0.040</b>
<b>Número de categoría</b>	<b>5</b>				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro estado de conservación de vivienda considerando en la información secundaria.

En la Tabla 49, muestra la matriz de normalización del parámetro estado de conservación de vivienda.

**Tabla 49**

*Matriz de normalización – estado de conservación de vivienda*

<b>Estado de conservación de vivienda</b>	<b>Muy malo</b>	<b>Malo</b>	<b>Regular</b>	<b>Bueno</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Vector de priorización</b>
Muy malo	0.496	0.511	0.522	0.491	0.320	0.468
Malo	0.248	0.255	0.261	0.281	0.240	0.257
Regular	0.124	0.128	0.130	0.140	0.240	0.152
Bueno	0.071	0.064	0.065	0.070	0.160	0.086
Muy bueno	0.062	0.043	0.022	0.018	0.040	0.037
<b>Suma</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro estado de conservación de vivienda del factor fragilidad de la dimensión social, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro estado de conservación de vivienda tal como se muestra en la Tabla 50.

**Tabla 50**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro estado de conservación de vivienda*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.040	0.047	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro estado de conservación de viviendas del factor fragilidad de la dimensión social.

<sup>a</sup> 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.

- Parámetro número de pisos de vivienda

En la Tabla 51, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro número de pisos de vivienda.

**Tabla 51**

*Matriz de comparación de pares – número de pisos de vivienda*

<b>Número de pisos de vivienda</b>	<b>1 piso</b>	<b>2 pisos</b>	<b>3 pisos</b>	<b>4 pisos</b>	<b>5 pisos</b>
1 piso	1.000	2.000	4.000	7.000	9.000
2 pisos	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
3 pisos	0.250	0.500	1.000	2.000	3.000
4 pisos	0.143	0.250	0.500	1.000	2.000
5 pisos	0.111	0.167	0.333	0.500	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.004</b>	<b>3.917</b>	<b>7.833</b>	<b>14.500</b>	<b>21.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.499</b>	<b>0.255</b>	<b>0.128</b>	<b>0.069</b>	<b>0.048</b>
<b>Número de categoría</b>	<b>5</b>				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro número de pisos de vivienda considerando en la información secundaria.

En la Tabla 52, muestra la matriz de normalización del parámetro número de pisos de vivienda.

**Tabla 52***Matriz de normalización – número de pisos de vivienda*

Número de pisos de vivienda	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	Vector de priorización
1 piso	0.499	0.511	0.511	0.483	0.429	0.486
2 pisos	0.250	0.255	0.255	0.276	0.286	0.264
3 pisos	0.125	0.128	0.128	0.138	0.143	0.132
4 pisos	0.071	0.064	0.064	0.069	0.095	0.073
5 pisos	0.055	0.043	0.043	0.034	0.048	0.045
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro número de pisos de vivienda del factor fragilidad de la dimensión social, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro número de pisos de vivienda tal como se muestra en la Tabla 53.

**Tabla 53***Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro número de pisos de vivienda*

Relación de consistencia <sup>a</sup>	Índice de consistencia	Índice aleatorio
0.005	0.006	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro número de pisos de viviendas del factor fragilidad de la dimensión social.

<sup>a</sup> 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

**4.4.2.3. Análisis del factor resiliencia de la dimensión social.** Para realizar el análisis del factor resiliencia de la dimensión social se consideró que los parámetros tenencia de vivienda y nivel educativo tengan un peso ponderado de 0.600 y 0.400, respectivamente.

- Tenencia de vivienda

En la Tabla 54, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro tenencia de vivienda.

**Tabla 54**

*Matriz de comparación de pares – tenencia de vivienda*

<b>Tenencia de vivienda</b>	<b>Alquilada</b>	<b>Propia por invasión</b>	<b>Propia pagando</b>	<b>Cedida</b>	<b>Propia pagada</b>
Alquilada	1.000	2.000	4.000	6.000	9.000
Propia por invasión	0.500	1.000	2.000	4.000	7.000
Propia pagando	0.250	0.500	1.000	3.000	5.000
Cedida	0.167	0.250	0.333	1.000	3.000
Propia pagada	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.028</b>	<b>3.893</b>	<b>7.533</b>	<b>14.333</b>	<b>25.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.493</b>	<b>0.257</b>	<b>0.133</b>	<b>0.070</b>	<b>0.040</b>
<b>Número de Categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro tenencia de vivienda considerando en la información primaria.

En la Tabla 55, muestra la matriz de normalización del parámetro tenencia de vivienda.

**Tabla 55**

*Matriz de normalización – tenencia de vivienda*

<b>Tenencia de vivienda</b>	<b>Alquilada</b>	<b>Propia por invasión</b>	<b>Propia pagando</b>	<b>Cedida</b>	<b>Propia pagada</b>	<b>Vector de priorización</b>
Alquilada	0.493	0.514	0.531	0.419	0.360	0.463
Propia por invasión	0.247	0.257	0.265	0.279	0.280	0.266
Propia pagando	0.123	0.128	0.133	0.209	0.200	0.159
Cedida	0.082	0.064	0.044	0.070	0.120	0.076
Propia pagada	0.055	0.037	0.027	0.023	0.040	0.036
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro tenencia de vivienda del factor resiliencia de la dimensión social, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro tenencia de vivienda tal como se muestra en la Tabla 56.

**Tabla 56**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro tenencia de vivienda*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.024	0.029	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro tenencia de viviendas del factor resiliencia de la dimensión social.

<sup>a</sup> 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.

- Parámetro nivel educativo

En la Tabla 57, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro nivel educativo.

**Tabla 57**

*Matriz de comparación de pares – nivel educativo*

<b>Nivel educativo</b>	<b>Jardín - Inicial</b>	<b>Primaria</b>	<b>Secundaria</b>	<b>Superior no universitario</b>	<b>Superior universitario</b>
Jardín - Inicial	1.000	2.000	4.000	7.000	9.000
Primaria	0.500	1.000	2.000	4.000	7.000
Secundaria	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
Superior no universitario	0.143	0.250	0.500	1.000	2.000
Superior Universitario	0.111	0.143	0.250	0.500	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.004</b>	<b>3.893</b>	<b>7.750</b>	<b>14.500</b>	<b>23.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.499</b>	<b>0.257</b>	<b>0.129</b>	<b>0.069</b>	<b>0.043</b>
<b>Número de Categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro nivel educativo considerando en la información primaria.

En la Tabla 58, muestra la matriz de normalización del parámetro nivel educativo.

**Tabla 58***Matriz de normalización – nivel educativo*

<b>Nivel educativo</b>	<b>Jardín - Inicial</b>	<b>Primaria</b>	<b>Secundaria</b>	<b>Superior no universitario</b>	<b>Superior universitario</b>	<b>Vector de priorización</b>
Jardín - Inicial	0.499	0.514	0.516	0.483	0.391	0.481
Primaria	0.250	0.257	0.258	0.276	0.304	0.269
Secundaria	0.125	0.128	0.129	0.138	0.174	0.139
Superior no universitario	0.071	0.064	0.065	0.069	0.087	0.071
Superior Universitario	0.055	0.037	0.032	0.034	0.043	0.040
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro nivel educativo del factor resiliencia de la dimensión social, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro nivel educativo tal como se muestra en la Tabla 59.

**Tabla 59**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro nivel educativo*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.007	0.008	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro tenencia de viviendas del factor resiliencia de la dimensión social.

<sup>a</sup> 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.

#### **4.4.3 Análisis de la dimensión económica**

En el análisis de la vulnerabilidad por dimensión económica se realizó el análisis jerárquico a cada parámetro considerando los factores de exposición, fragilidad y resiliencia.

A continuación, en la Tabla 60 se detalla lo mencionado:

**Tabla 60***Parámetros de dimensión económica*

<b>Dimensión Económica</b>		
<b>Exposición</b>	<b>Fragilidad</b>	<b>Resiliencia</b>
Localización de edificación	Antigüedad de edificación	Ingreso familiar promedio mensual
	Material predominante en paredes	Servicios básicos
	Material predominante en techos	Actividad laboral

*Nota.* En la tabla descrita muestra los parámetros de la dimensión económico para el respectivo análisis de vulnerabilidad.

**4.4.3.1 Análisis del factor exposición de la dimensión económica.** En la siguiente se muestra los parámetros a analizar.

- Parámetro localización de la edificación

En la Tabla 61, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro localización de la edificación.

**Tabla 61***Matriz de comparación de pares – localización de la edificación*

<b>Localización de la edificación</b>	<b>Muy cercana &lt;0.1 Km</b>	<b>Cercana 0.1 Km – 0.2 Km</b>	<b>Medianamente Cerca 0.2 – 0.4 Km</b>	<b>Alejada 0.4 – 0.6 Km</b>	<b>Muy alejada &gt;0.6 Km</b>
Muy cercana <0.1 Km	1.000	2.000	3.000	7.000	9.000
Cercana 0.1 Km – 0.2 Km	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
Medianamente Cerca 0.2 – 0.4 Km	0.333	0.333	1.000	2.000	4.000
Alejada 0.4 – 0.6 Km	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000
Muy alejada >0.6 Km	0.111	0.143	0.250	0.333	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.087</b>	<b>3.676</b>	<b>7.750</b>	<b>15.333</b>	<b>24.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.479</b>	<b>0.272</b>	<b>0.129</b>	<b>0.065</b>	<b>0.042</b>
<b>Número de Categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro localización de la edificación considerando en la información primaria.

En la Tabla 62, muestra la matriz de normalización del parámetro localización de la edificación.

**Tabla 62**

*Matriz de normalización – localización de la edificación*

<b>Localización de la edificación</b>	<b>Muy cercana &lt;0.1 Km</b>	<b>Cercana 0.1 Km – 0.2 Km</b>	<b>Medianamente Cerca 0.2 – 0.4 Km</b>	<b>Alejada 0.4 – 0.6 Km</b>	<b>Muy alejada &gt;0.6 Km</b>	<b>Vector de priorización</b>
Muy cercana <0.1 Km	0.479	0.544	0.387	0.457	0.375	<b>0.448</b>
Cercana 0.1 Km – 0.2 Km	0.240	0.272	0.387	0.326	0.292	<b>0.303</b>
Medianamente Cerca 0.2 – 0.4 Km	0.160	0.091	0.129	0.130	0.167	<b>0.135</b>
Alejada 0.4 – 0.6 Km	0.068	0.054	0.065	0.065	0.125	<b>0.076</b>
Muy alejada >0.6 Km	0.053	0.039	0.032	0.022	0.042	<b>0.038</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro localización de la edificación del factor exposición de la dimensión económica, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro localización de la edificación tal como se muestra en la Tabla 63.

**Tabla 63**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro localización en la edificación.*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.023	0.027	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro tenencia de viviendas del factor exposición de la dimensión económica.

<sup>a</sup> 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.



*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro antigüedad de edificación del factor fragilidad de la dimensión económica, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro antigüedad de edificación tal como se muestra en la Tabla 66.

**Tabla 66**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro antigüedad de edificación.*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.010	0.012	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro antigüedad de edificación del factor fragilidad de la dimensión económica.

<sup>a</sup> 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.

- Parámetro material predominante en paredes

En la Tabla 67, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro material predominante en paredes.

**Tabla 67**

*Matriz de comparación de pares – material predominante en paredes*

<b>Material predominante en paredes</b>	<b>Adobe</b>	<b>Ladrillo o bloque de cemento</b>	<b>Quincha</b>	<b>Tapia</b>	<b>Piedra o sillar con cal o cemento</b>
Adobe	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Ladrillo o bloque de cemento	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Quincha	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Tapia	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
Piedra o sillar con cal o cemento	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
<b>Suma</b>	<b>1.787</b>	<b>4.676</b>	<b>9.533</b>	<b>16.333</b>	<b>25.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.560</b>	<b>0.214</b>	<b>0.105</b>	<b>0.061</b>	<b>0.040</b>
<b>Número de Categoría</b>	<b>5</b>				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro material predominante en paredes considerando en la información secundaria.

En la Tabla 68, muestra la matriz de normalización del parámetro material predominante en paredes.

**Tabla 68**

*Matriz de normalización – material predominante en paredes*

<b>Material predominante en paredes</b>	<b>Adobe</b>	<b>Ladrillo o bloque de cemento</b>	<b>Quincha</b>	<b>Tapia</b>	<b>Piedra o sillar con cal o cemento</b>	<b>Vector de priorización</b>
Adobe	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Ladrillo o bloque de cemento	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Quincha	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Tapia	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Piedra o sillar con cal o cemento	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro material predominante en paredes del factor fragilidad de la dimensión económica, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro material predominante en paredes tal como se muestra en la Tabla 69.

**Tabla 69**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro material predominante en paredes*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.051	0.061	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro material predominante en paredes del factor fragilidad de la dimensión económica.

<sup>a</sup> 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.

- Material predominante en pisos



Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro material predominante en pisos tal como se muestra en la Tabla 72.

### Tabla 72

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro material predominante en pisos*

<b>Relación de consistencia<sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.006	0.007	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro material predominante en pisos del factor fragilidad de la dimensión económica.

<sup>a</sup> 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.

**4.3.3.3 Análisis del factor resiliencia de la dimensión económica.** Para realizar el análisis del factor resiliencia de la dimensión económica se consideró que los parámetros ingreso familiar mensual promedio, servicios básicos y actividad laboral, cuenten con un peso ponderado de 0.539, 0.297 y 0.164, respectivamente.

Para el valor de los pesos ponderados de los parámetros del factor resiliencia de la dimensión económica se utilizó el proceso de análisis jerárquico. A continuación, los resultados:

- Parámetro Ingreso familiar mensual promedio

En la Tabla 73, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro ingreso familiar mensual promedio.

**Tabla 73***Matriz de comparación de pares – ingreso familiar mensual promedio*

<b>Ingreso familiar mensual promedio</b>	<b>&lt;1000 soles</b>	<b>1100 - 1200 soles</b>	<b>1200 -1300 soles</b>	<b>1300 -1500 soles</b>	<b>&gt;1500 soles</b>
<1000 soles	1.000	2.000	3.000	5.000	9.000
1100 -1200 soles	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
1200 -1300 soles	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
1300 -1500 soles	0.200	0.333	0.500	1.000	2.000
>1500 soles	0.111	0.200	0.333	0.500	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.144</b>	<b>4.033</b>	<b>6.833</b>	<b>11.500</b>	<b>20.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.466</b>	<b>0.248</b>	<b>0.146</b>	<b>0.087</b>	<b>0.050</b>
<b>Número de categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro ingreso familiar mensual promedio considerando en la información primaria.

En la Tabla 74, muestra la matriz de normalización del parámetro ingreso familiar mensual promedio.

**Tabla 74***Matriz de normalización – ingreso familiar mensual promedio*

<b>Ingreso familiar mensual promedio</b>	<b>&lt;1000 soles</b>	<b>1100 - 1200 soles</b>	<b>1200 -1300 soles</b>	<b>1300 - 1500 soles</b>	<b>&gt;1500 soles</b>	<b>Vector de priorización</b>
<1000 soles	0.466	0.496	0.439	0.435	0.450	<b>0.457</b>
1100 -1200 soles	0.233	0.248	0.293	0.261	0.250	<b>0.257</b>
1200 -1300 soles	0.155	0.124	0.146	0.174	0.150	<b>0.150</b>
1300 -1500 soles	0.093	0.083	0.073	0.087	0.100	<b>0.087</b>
>1500 soles	0.052	0.050	0.049	0.043	0.050	<b>0.049</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro ingreso familiar mensual promedio del factor resiliencia de la dimensión económica, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro ingreso familiar mensual promedio tal como se muestra en la Tabla 75.

### Tabla 75

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro ingreso familiar mensual promedio*

Relación de consistencia <sup>a</sup>	Índice de consistencia	Índice aleatorio
0.003	0.004	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro ingreso familiar mensual promedio del factor resiliencia de la dimensión económica.

<sup>a</sup> 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.

- Parámetro servicios básicos

En la Tabla 76, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro servicios básicos.

### Tabla 76

*Matriz de comparación de pares – servicios básicos*

Servicios básicos	Luz	Agua y desagüe	Teléfono	Cable	Internet
Luz	1.000	2.000	4.000	6.000	8.000
Agua y desagüe	0.500	1.000	2.000	4.000	6.000
Teléfono	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
Cable	0.167	0.250	0.500	1.000	2.000
Internet	0.125	0.167	0.250	0.500	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.042</b>	<b>3.917</b>	<b>7.750</b>	<b>13.500</b>	<b>21.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.490</b>	<b>0.255</b>	<b>0.129</b>	<b>0.074</b>	<b>0.048</b>
<b>Número de Categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro servicios básicos considerando en la información primaria.

En la Tabla 77, muestra la matriz de normalización del parámetro servicios básicos.

**Tabla 77***Matriz de normalización – servicios básicos*

<b>Servicios básicos</b>	<b>Luz</b>	<b>Agua y desagüe</b>	<b>Teléfono</b>	<b>Cable</b>	<b>Internet</b>	<b>Vector de priorización</b>
Luz	0.490	0.511	0.516	0.444	0.381	<b>0.468</b>
Agua y desagüe	0.245	0.255	0.258	0.296	0.286	<b>0.268</b>
Teléfono	0.122	0.128	0.129	0.148	0.190	<b>0.144</b>
Cable	0.082	0.064	0.065	0.074	0.095	<b>0.076</b>
Internet	0.061	0.043	0.032	0.037	0.048	<b>0.044</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro servicios básicos del factor resiliencia de la dimensión económica, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro servicios básicos tal como se muestra en la Tabla 78.

**Tabla 78**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro servicios básicos*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.010	0.012	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro servicios básicos del factor resiliencia de la dimensión económica.

<sup>a</sup> 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.

- Parámetro actividad laboral

En la Tabla 79, muestra la matriz de comparación de pares del parámetro actividad laboral.

**Tabla 79***Matriz de comparación de pares – actividad laboral*

<b>Actividad laboral</b>	<b>Agricultura y ganadería</b>	<b>Comerciante</b>	<b>Peón</b>	<b>Obrero</b>	<b>Otros</b>
Agricultura y Ganadería	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
Comerciante	0.500	1.000	3.000	4.000	5.000
Peón	0.333	0.333	1.000	3.000	3.000
Obrero	0.200	0.250	0.333	1.000	2.000
Otros	0.143	0.200	0.333	0.500	1.000
<b>Suma</b>	<b>2.176</b>	<b>3.783</b>	<b>7.667</b>	<b>13.500</b>	<b>18.000</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.460</b>	<b>0.264</b>	<b>0.130</b>	<b>0.074</b>	<b>0.056</b>
<b>Número de categoría</b>	5				

*Nota.* Diseño de matriz de comparación de pares según el parámetro actividad laboral considerando en la información secundaria.

En la Tabla 80, muestra la matriz de normalización del parámetro actividad laboral.

**Tabla 80***Matriz de normalización – actividad laboral*

<b>Actividad Laboral</b>	<b>Agricultura y ganadería</b>	<b>Comerciante</b>	<b>Peón</b>	<b>Obrero</b>	<b>Otros</b>	<b>Vector de priorización</b>
Agricultura y Ganadería	0.460	0.529	0.391	0.370	0.389	<b>0.428</b>
Comerciante	0.230	0.264	0.391	0.296	0.278	<b>0.292</b>
Peón	0.153	0.088	0.130	0.222	0.167	<b>0.152</b>
Obrero	0.092	0.066	0.043	0.074	0.111	<b>0.077</b>
Otros	0.066	0.053	0.043	0.037	0.056	<b>0.051</b>
<b>Suma</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Nota.* Diseño de matriz de normalización para el parámetro actividad laboral del factor resiliencia de la dimensión económica, obteniendo el vector de priorización.

Según el proceso de análisis jerárquico, se obtuvo, la RC (relación de consistencia), IC (índice de consistencia) e IA (índice aleatorio), para el parámetro actividad laboral tal como se muestra en la Tabla 81.

**Tabla 81**

*Resultado de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC) e índice aleatorio (IA) para el parámetro actividad laboral*

<b>Relación de consistencia <sup>a</sup></b>	<b>Índice de consistencia</b>	<b>Índice aleatorio</b>
0.026	0.031	1.188

*Nota.* Tabla de resumen de los resultados en el proceso de análisis jerárquico para el parámetro actividad laboral del factor resiliencia de la dimensión económica.

<sup>a</sup> 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.

#### **4.4.4 Niveles de vulnerabilidad**

Según el análisis realizado, se ha determinado el nivel de vulnerabilidad, considerando los valores social y económico, desarrollado en base a los factores de exposición fragilidad y resiliencia, para ello se ha tenido en cuenta el peso equivalente a 0.50 para cada valor, analizado en el manual para la evaluación de riesgo originados por fenómenos naturales segunda versión (CENEPRED, 2014, p.122).

En la Tabla 82, muestra los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos estos niveles.

**Tabla 82**

*Niveles de vulnerabilidad*

<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	<b>Rango</b>
<b>Muy alto</b>	<b><math>0.260 &lt; V \leq 0.503</math></b>
<b>Alto</b>	<b><math>0.134 &lt; V \leq 0.260</math></b>
<b>Medio</b>	<b><math>0.068 &lt; V \leq 0.134</math></b>
<b>Bajo</b>	<b><math>0.035 \leq V \leq 0.068</math></b>

*Nota.* Niveles de Peligro generados mediante análisis jerárquico.

De acuerdo al resultado final, se determinó que el nivel de vulnerabilidad en la quebrada San Jerónimo, según la evaluación previa en el ámbito de estudio relacionada a los factores de

exposición fragilidad y resiliencia, se obtuvo el valor de 0.379, que corresponde a vulnerabilidad muy alta, a partir de los valores identificados.

#### 4.4.5 Estratificación de vulnerabilidad

En la Tabla 83, muestra la estratificación de la vulnerabilidad en la zona de estudio.

**Tabla 83**

*Estratificación de la vulnerabilidad*

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rango
<b>Vulnerabilidad Muy Alto</b>	El grupo etario es predominante de 0 a 5 años y mayores de 65 años. Las viviendas están conformadas por más de 4 habitantes, cuyo empleo en su mayoría son los agricultores y ganaderos el cual reciben un ingreso familiar mensual de 1 100 a 1 200 soles aproximadamente, el nivel educativo de estas familias es el nivel primario. En las viviendas de estas familias no cuentan en su mayoría con servicio de desagüe, cable o internet. El estado de las viviendas se encuentra entre regular y malo, la mayor parte de ellas se localizan a menos de 0.1 Km y están construidas sus paredes de quincha y adobe. Asimismo, la mayor parte de estas casas el piso está conformado de tierra y cemento con más de 30 años de antigüedad.	<b><math>0.260 &lt; V \leq 0.503</math></b>
<b>Vulnerabilidad alta</b>	El grupo etario es predominante de 5 a 12 años y de 60 a 65 a años. Las viviendas están conformadas por más de 6 habitantes, cuyo empleo en su mayoría son los comerciantes el cual reciben un ingreso familiar mensual de más de 1 500 soles aproximadamente, el nivel educativo de estas familias es el nivel jardín -inicial y primaria. En las viviendas de estas familias cuentan en su mayoría con servicio de desagüe, agua y luz y en algunas viviendas presenta cable e internet. El estado de las viviendas se encuentra entre regular, la mayor parte de ellas se localizan entre 0.1Km – y 0.2 Km y están construidas sus paredes de ladrillo o bloque de cemento y adobe. Asimismo, la mayor parte de estas casas el piso está conformado de tierra con más de 21 a 30 años de antigüedad.	<b><math>0.134 &lt; V \leq 0.260</math></b>
<b>Vulnerabilidad media</b>	El grupo etario es predominante de 12 a 15 años y de 50 a 60 a años. Las viviendas están conformadas por más de 3 habitantes, cuyo empleo en su mayoría son los obreros y peones el cual reciben un ingreso familiar mensual de 1 300 – 1 500 soles aproximadamente, el nivel educativo de estas familias es el nivel jardín-inicial y primaria. En las viviendas de estas familias cuentan en su mayoría con servicio de agua y luz. El estado de las viviendas se encuentra entre regular, la mayor parte de ellas se localizan entre 0.2 Km y 0.4 Km y están construidas sus paredes de quincha y tapia. Asimismo, la mayor parte de estas casas el	<b><math>0.068 &lt; V \leq 0.134</math></b>

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rango
	piso está conformado de tierra con más de 11 a 20 años de antigüedad.	
<b>Vulnerabilidad baja</b>	El grupo etario es predominante de 15 años a 50 años. Las viviendas están conformadas por más de 3 habitantes, cuyo empleo en su mayoría son personal de otras empresas u otros trabajos el cual reciben un ingreso familiar mensual de varía dependiendo de la labor entre 1500 soles a menos de 1 000 soles aproximadamente, el nivel educativo de estas familias es el nivel primario. En las viviendas de estas familias cuentan en su mayoría con servicio de agua, luz, desagüe y en alguna vivienda presenta cable e internet. El estado de las viviendas se encuentra entre regular y bueno, la mayor parte de ellas se localizan entre 0.4 Km y 0.6 Km a más y están construidas sus paredes de ladrillos, piedra, quincha y tapia. Asimismo, la mayor parte de estas casas el piso está conformado de tierra con más de 5 a 20 años de antigüedad.	<b><math>0.035 \leq V \leq 0.068</math></b>

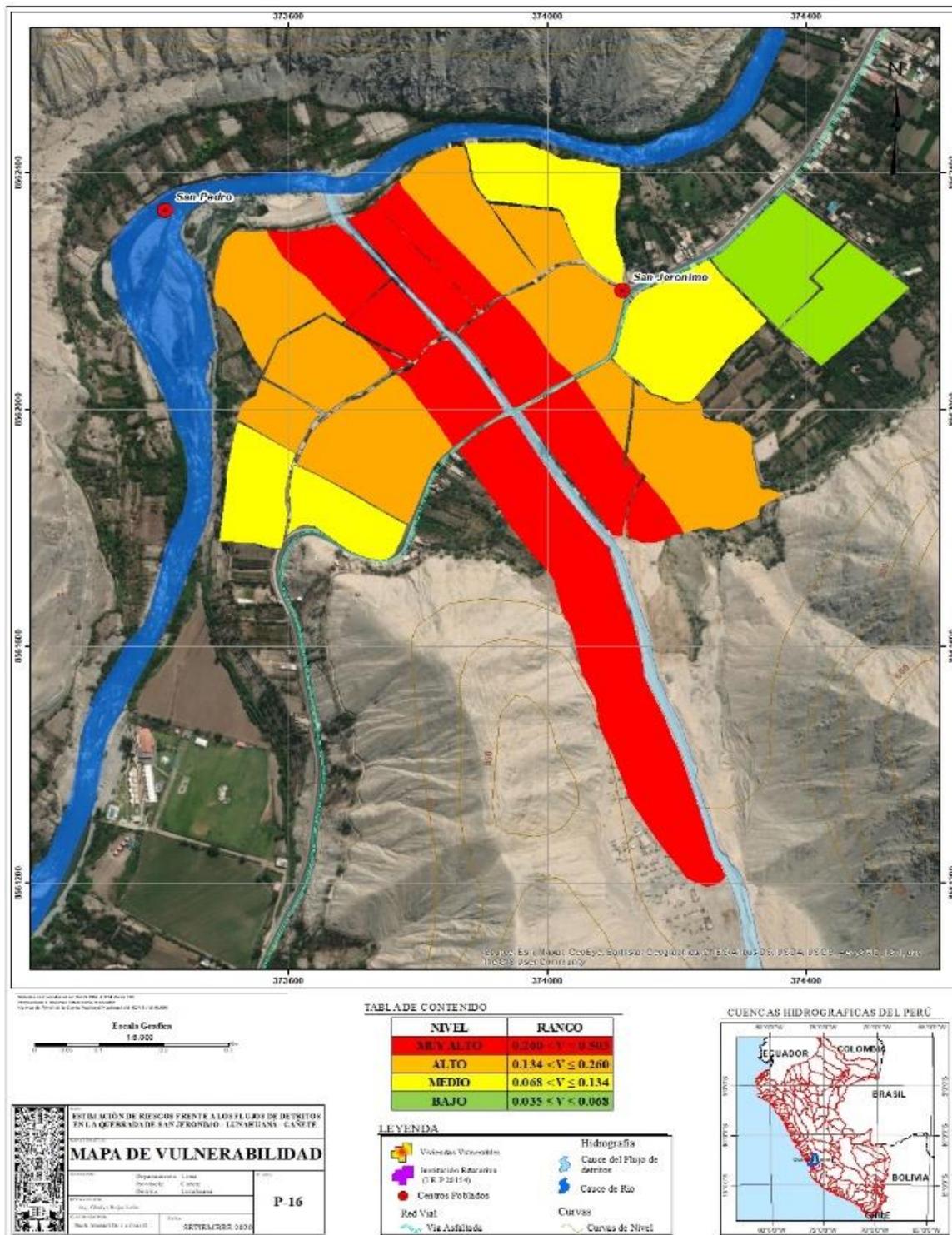
*Nota.* Estratificación de la vulnerabilidad para la zona de estudio mediante el proceso de análisis jerárquico de los factores susceptibles de la zona.

#### ***4.4.6 Mapa de vulnerabilidad***

En la Figura 59, se muestra el mapa de vulnerabilidad por flujos de detritos en la zona de estudio mediante el nivel y estratificación de vulnerabilidad.

**Figura 59**

*Mapa de vulnerabilidad por flujos de detritos en la zona de estudio*



**Nota.** Generación del mapa de vulnerabilidad de la zona de estudio por flujos de detritos, teniendo en cuenta el nivel y estratificación del mismo, así como también la superposición de información de parámetros y descriptores.

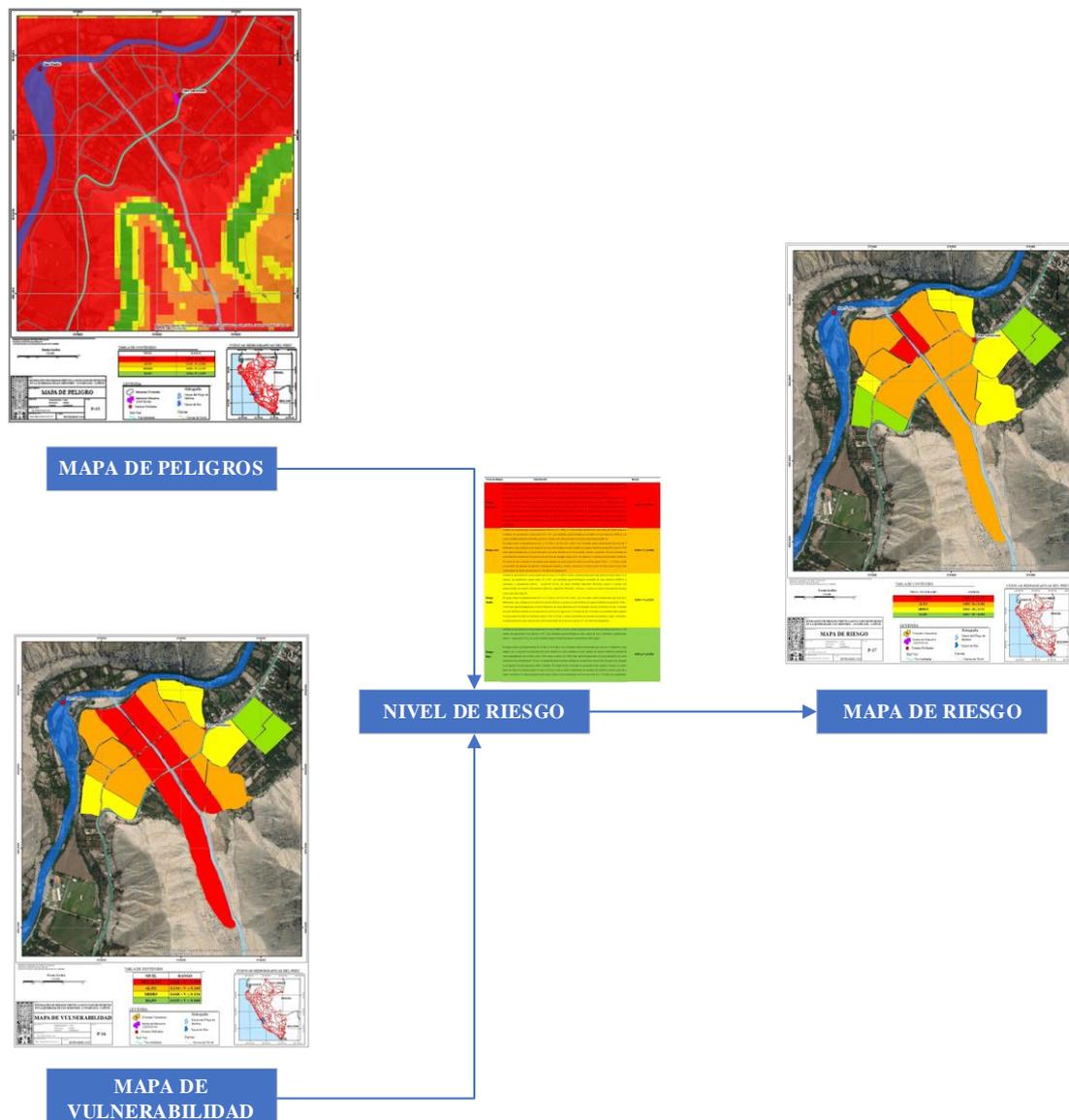
## 4.5 Estimación del riesgo y medidas de control para la reducción o disminución de riesgo existentes.

### 4.5.1 Metodología para la determinación de los niveles del riesgo

Para lograr la determinación de los niveles de riesgo en nuestra zona de influencia por flujos de detritos, se aplicará a continuación el flujograma de la Figura 60.

#### Figura 60

Flujograma para estimar los niveles de riesgo



*Nota.* Desarrollo del flujograma para la determinación de los niveles de riesgos en el ámbito de estudio.

#### 4.5.2 Determinación de los niveles de riesgo

**4.5.2.1 Niveles de riesgo.** Los niveles del riesgo por flujos de detritos en el anexo de San Jerónimo se detallan en la Tabla 84.

**Tabla 84**

*Niveles de riesgo*

Nivel de riesgo	Rango
Muy alto	$0.068 < R \leq 0.256$
Alto	$0.018 < R \leq 0.068$
Medio	$0.004 < R \leq 0.018$
Bajo	$0.001 \leq R \leq 0.004$

*Nota.* Niveles de riesgos generados mediante análisis jerárquico para la zona del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

**4.5.2.2 Matriz del riesgo.** La matriz del riesgo para el poblado del anexo de San Jerónimo por el fenómeno de flujos de detritos se muestra en la Tabla 85.

**Tabla 85**

*Matriz del riesgo*

Matriz del riesgo					
<b>PMA</b>	0.509	0.035	0.068	0.132	0.256
<b>PA</b>	0.263	0.018	0.035	0.068	0.132
<b>PM</b>	0.135	0.009	0.018	0.035	0.068
<b>PB</b>	0.059	0.004	0.008	0.015	0.030
		0.068	0.134	0.260	0.503
		<b>VB</b>	<b>VM</b>	<b>VA</b>	<b>VMA</b>

*Nota.* Matriz del riesgo para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

**4.5.2.3 Estratificación del riesgo.** En la Tabla 86, se expone la estratificación del riesgo en la zona de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

**Tabla 86***Estratificación del riesgo*

Nivel de riesgo	Descripción	Rango
<b>Riesgo muy alto</b>	<p>Umbral de precipitación extremadamente lluvioso (RR&gt; 11.2 mm), donde predominan una altura de flujos mayores a 6.00 metros, las pendientes varían entre 5° y 20°, con unidades geomorfológicas montaña en roca intrusiva (RM-ri), así como también depósitos aluviales, gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al).</p> <p>El grupo etario es predominante de 0 a 5 años y mayores de 65 años. Las viviendas están conformadas por más de 4 habitantes, cuyo empleo en su mayoría son los agricultores y ganaderos el cual reciben un ingreso familiar mensual de 1 100 a 1 200 soles aproximadamente, el nivel educativo de estas familias es el nivel primario. En las viviendas de estas familias no cuentan en su mayoría con servicio de desagüe, cable o internet. El estado de las viviendas se encuentra entre regular y malo, la mayor parte de ellas se localizan a menos de 0.1 Km y están construidas sus paredes de quincha y adobe. Asimismo, la mayor parte de estas casas el piso está conformado de tierra y cemento con más de 30 años de antigüedad.</p>	<b>0.068 &lt; V ≤ 0.256</b>
<b>Riesgo alto</b>	<p>Umbral de precipitación extremadamente lluvioso (5.3mm&lt;RR≤11.2mm) donde predominan una altura de flujos entre 4 a 6 metros, las pendientes varían entre 20 y 30°, con unidades geomorfológicas montaña en roca intrusiva (RM-ri), así como también depósitos aluviales, gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al).</p> <p>El grupo etario es predominante de 5 años a 12 años y de 60 años a 65 años. Las viviendas están conformadas por más de 6 habitantes, cuyo empleo en su mayoría son los comerciantes el cual reciben un ingreso familiar mensual de más de 1500 soles aproximadamente, el nivel educativo de estas familias es el nivel jardín -inicial y primaria. En las viviendas de estas familias cuentan en su mayoría con servicio de desagüe, agua y luz y en algunas viviendas presenta cable e internet. El estado de las viviendas se encuentra entre regular, la mayor parte de ellas se localizan entre 0.1Km – y 0.2 Km y están construidas sus paredes de ladrillo o bloque de cemento y adobe. Asimismo, la mayor parte de estas casas el piso está conformado de tierra con más de 21 a 30 años de antigüedad.</p>	<b>0.018 &lt; V ≤ 0.068</b>
<b>Riesgo medio</b>	<p>Umbral de precipitación extremadamente lluvioso (3.8mm&lt;RR≤5.3mm), donde predominan una altura de flujos entre 2 a 4 metros, las pendientes varían entre 30° y 40°, con unidades geomorfológicas montaña en roca intrusiva (RM-ri) y vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at), así como también depósitos aluviales, gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa (Qh-al) y depósitos fluviales - Gravas y arenas en matriz limoarenosa incluye conos aluviales (Qh-fl)</p> <p>El grupo etario es predominante de 12 a 15 años y de 50 a 60 años. Las viviendas están conformadas por más de 3 habitantes, cuyo empleo en su mayoría son los obreros y peones el cual reciben un ingreso familiar mensual de 1 300 soles – 1 500 soles</p>	<b>0.004 &lt; V ≤ 0.018</b>

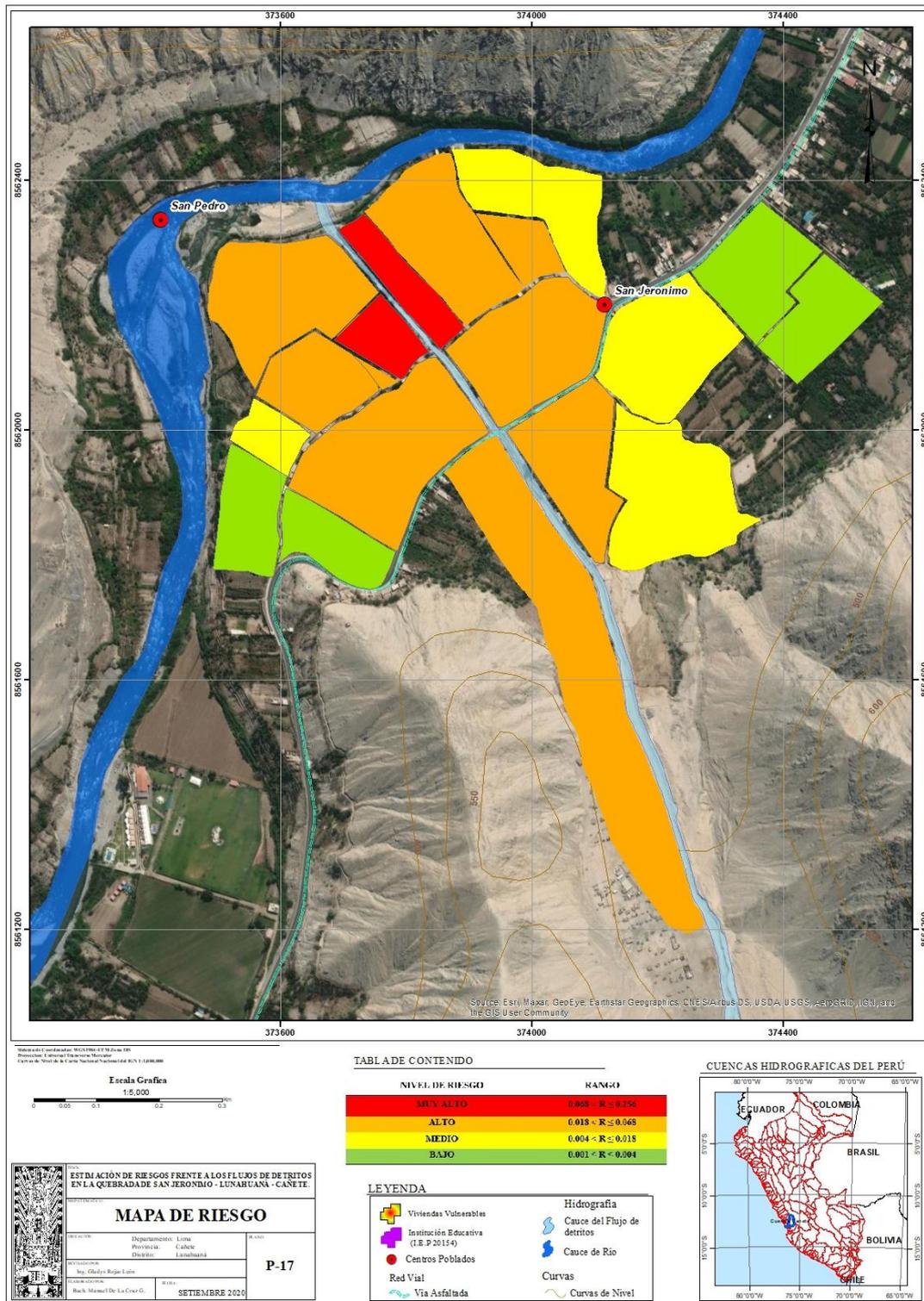
Nivel de riesgo	Descripción	Rango
	aproximadamente, el nivel educativo de estas familias es el nivel jardín-inicial y primaria. En las viviendas de estas familias cuentan en su mayoría con servicio de agua y luz. El estado de las viviendas se encuentra entre regular, la mayor parte de ellas se localizan entre 0.2 Km y 0.4 Km y están construidas sus paredes de quincha y tapia. Asimismo, la mayor parte de estas casas el piso está conformado de tierra con más de 11 años a 20 años de antigüedad.	
<b>Riesgo bajo</b>	<p>Umbral de precipitación extremadamente lluvioso (<math>RR \leq 3.8</math> mm), donde predominan una altura de flujos menores a 1.00 metro, las pendientes son mayores a <math>40^\circ</math>, con unidades geomorfológicas como cauce de río y vertientes o piedemonte aluvio – torrencial (P-at), así como también Super Unidad Incahuasi, granodiorita (Ks-in/gd).</p> <p>El grupo etario es predominante de 15 años a 50 a años. Las viviendas están conformadas por más de 3 habitantes, cuyo empleo en su mayoría son personal de otras empresas u otros trabajos el cual reciben un ingreso familiar mensual de varía dependiendo de la labor entre 1500 soles a menos de 1000 soles aproximadamente, el nivel educativo de estas familias es el nivel primario. En las viviendas de estas familias cuentan en su mayoría con servicio de agua, luz, desagüe y en alguna vivienda presenta cable e internet. El estado de las viviendas se encuentra entre regular y bueno, la mayor parte de ellas se localizan entre 0.4 Km y 0.6 Km a más y están construidas sus paredes de ladrillos, piedra, quincha y tapia. Asimismo, la mayor parte de estas casas el piso está conformado de tierra con más de 5 años a 20 años de antigüedad.</p>	<b><math>0.001 \leq V \leq 0.004</math></b>

*Nota.* Matriz del riesgo para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

**4.5.2.4 Mapa de riesgo.** En la Figura 61, se muestra el mapa de riesgo por flujos de detritos en la zona de estudio.

**Figura 61**

*Mapa de riesgo por flujos de detritos en la zona de estudio*



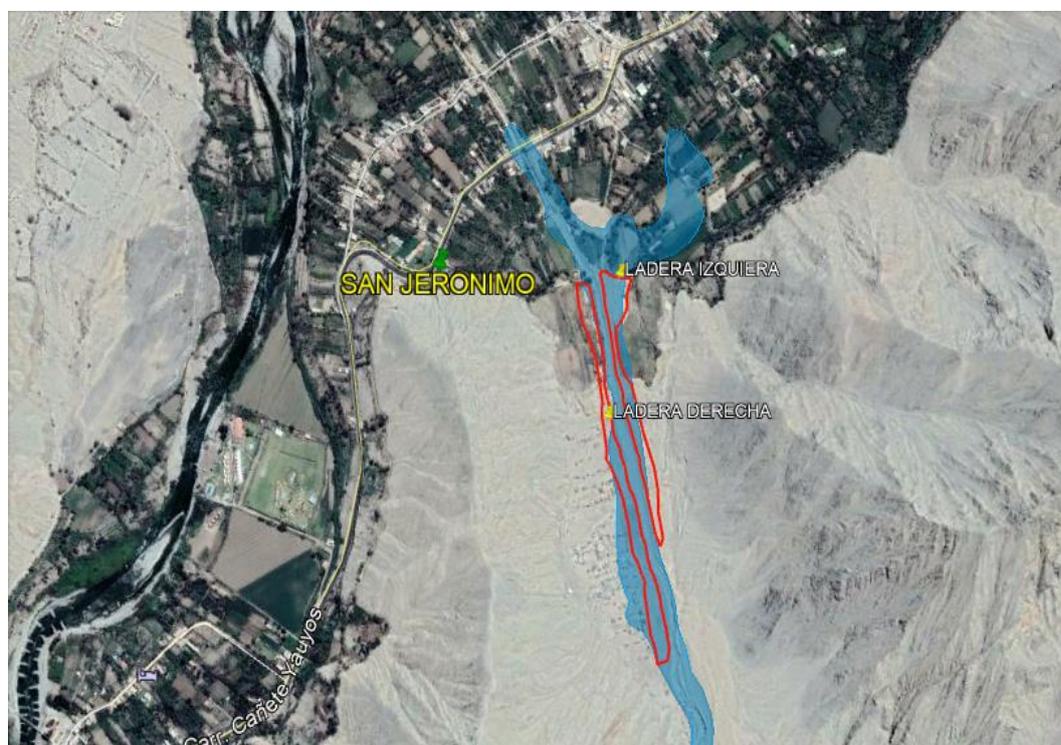
**Nota.** Generación del mapa de riesgo de la zona de estudio por flujos de detritos, teniendo en cuenta el nivel y estratificación del mismo, así como también la información obtenida de los mapas de peligros y vulnerabilidad.

### 4.5.3 Medidas de prevención y reducción de riesgos

**4.5.3.1 Medidas estructurales.** Reforestación de laderas en ambas márgenes del cauce de la quebrada San Jerónimo, contemplando (4) puntos de georreferenciación: (1) 374122.41 m E, 8561784.44 m S; (2) 374271.84 m E, 8561282.87 m S; (3) 374088.85 m E, 8561753.62 m S; (4) 374293.37 m E, 8561070.24 m S. En torno a ello, la idea expuesta se aplicará en un área para cada margen cuyos valores son de 1.19 ha (margen izquierdo) y 1.64 ha (margen derecho) como muestra la Figura 62, esto es con el fin de incrementar la resistencia del subsuelo y evitar procesos de erosión, para esto se reforestará con los siguientes tipos vegetación de especies “*Annona cherimola*”, “*Ficus carica*”, “*Pyrus malus*”, “*Inga feuillei*”, “*Persea americana*”, “*Eriobotrya japónica*”, “*Vitis vinífera*”, pertenecientes a la subfamilia “*campopleginae*”, considerando las características del suelo, según Rodríguez y Gutiérrez (2014, p. 148).

#### Figura 62

Ubicación de áreas a reforestar como medidas estructurales

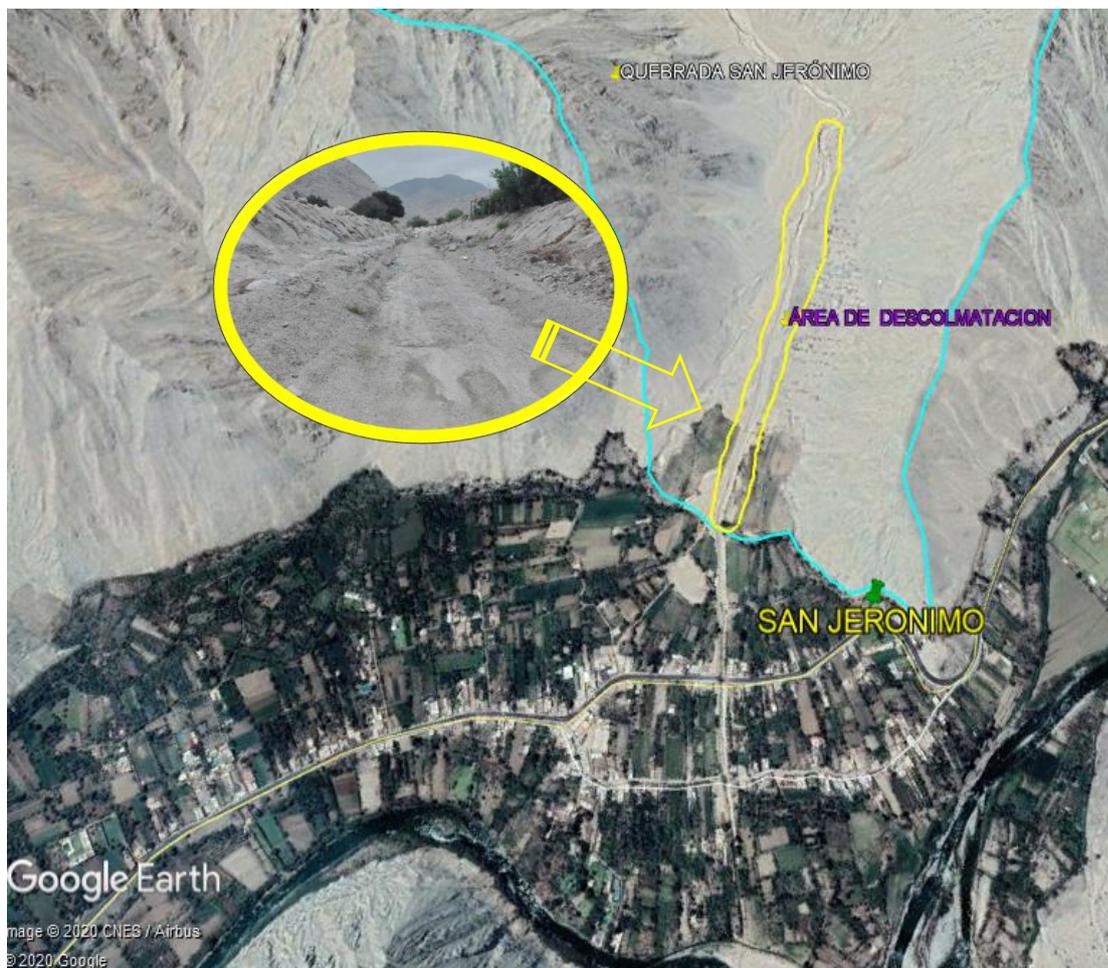


**Nota.** Ubicación de áreas para reforestación como parte de las medidas estructurales.

Otra medida estructural sería la descolmatación en la parte inicial de la quebrada San Jerónimo (Ver Figura 63) colindante a nuestra área de estudio, para tener mayor capacidad de aforo y permitir el adecuado tránsito de los flujos de detritos en su cauce ya determinado.

### Figura 63

Área aproximada de descolmatación



**Nota.** Representación de la ubicación del área aproximada para la descolmatación parte de la quebrada San Jerónimo, representada como polígono de color amarillo.

Considerar como medida también, el mantenimiento del dique de encauzamiento ubicada dentro del cauce de flujos de detritos, con la finalidad de tener direccionalidad y libre tránsito, evitando la dispersión de materiales sólidos en el área urbana del anexo de San Jerónimo. Atendiendo a estas consideraciones se muestra la Figura 64.

## Figura 64

### *Mantenimiento del dique de encauzamiento*



*Nota.* Ubicación del dique de encauzamiento dentro del cauce de flujos de detritos.

**4.5.3.2 Medidas no estructurales.** A continuación, se mencionan algunas medidas no estructurales:

- Evaluar la implementación de técnicas de cultivo en pendiente, evitando la deforestación y colmatación de cauces de la quebrada en estudio.
- Contemplar rutas de evacuación a zonas seguras, para fortalecer las capacidades de la población del anexo san Jerónimo en gestión de riesgo ante la ocurrencia de los flujos de detritos.
- Orientar el asentamiento de viviendas en las zonas de menor riesgo evitando la ubicación de terrenos en zonas de laderas, abanicos aluviales y llanuras de inundación.
- Participación ciudadana por parte de los habitantes del anexo en mención, en actividades de capacitaciones y sensibilización en la gestión de riesgo de desastres ante ocurrencia de flujos de detritos.

### **4.5.4 Control de riesgos**

- Valoración de consecuencias

En la Tabla 87, establece que las consecuencias debido al impacto del peligro por flujos de detritos en la zona de estudio deben ser gestionadas con apoyo externo (nivel alta), debido a la ocurrencia de algunos decesos y pérdidas materiales.

**Tabla 87**

*Valoración de consecuencias*

Valoración de consecuencias		
Valor	Nivel	Descripción
4	Muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

*Nota.* Valoración de Consecuencias para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

- Valoración de frecuencia

En la Tabla 88, se obtiene que los flujos de detritos pueden ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según los umbrales de lluvia en el área de investigación y los registros históricos de precipitación, es decir, pertenecen al nivel 3 - alto.

**Tabla 88**

*Valoración de frecuencia*

Valoración de la frecuencia de ocurrencia		
Valor	Nivel	Descripción
4	Muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de circunstancias
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

*Nota.* Valoración de la frecuencia de ocurrencia para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por flujos de detritos.

- Nivel de consecuencia y daños

En la Tabla 89, se obtiene el nivel de consecuencia y daños (nivel alta) mediante las valoraciones de consecuencia y frecuencia de ocurrencia.

**Tabla 89**

*Nivel de consecuencia y daños*

Nivel de consecuencia y daños					
Consecuencia	Nivel	Zona de consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

*Nota.* Nivel de consecuencia y daños para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

- Medidas cualitativas de consecuencia y daños

En la Tabla 90, muestra las medidas cualitativas de consecuencia y daños reflejados en la zona de estudio ante un eventual suceso de flujos de detritos, generando así lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importantes.

**Tabla 90**

*Medidas cualitativas de consecuencias y daño*

Medidas cualitativas de consecuencia y daño		
Nivel	Descriptor	Descripción
4	Muy alta	Muerte personas, enorme pérdida y bienes y financieros
3	Alta	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importantes
2	Media	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdidas de bienes y financieras altas
1	Bajo	Tratamiento de primeros auxilios a las personas, pérdidas de bienes y financieras altas

*Nota.* Tabla de prioridad de intervención para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

- Aceptabilidad y/o tolerancia

En la Tabla 91 y 92, se obtiene la valoración y matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo por flujos de detritos es nivel 3 – inaceptable. Por ello se deben tomar acciones inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos.

**Tabla 91**

*Valoración de aceptabilidad y/o tolerancia*

Valoración de aceptabilidad y/o tolerancia		
Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos
3	Inaceptable	Se debe desarrollar actividades Inmediatas y Prioritarias para el manejo de riesgos
2	Tolerante	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

*Nota.* Tabla de valoración de aceptabilidad y/o tolerancia para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

**Tabla 92**

*Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia*

Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo			
Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo inadmisible	Riesgo inadmisible
Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo inadmisible
Riesgo tolerable	Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo tolerable	Riesgo tolerable	Riesgo inaceptable

*Nota.* Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

- Prioridad de intervención

En la Tabla 93, muestra que en el proceso de análisis el nivel de priorización de intervención es un nivel II – inaceptable, debido a que en el área de estudio se presentan peligros de tipo de flujos de detritos, también la población del anexo de San Jerónimo se encuentra expuestos a procesos erosivos en las laderas y deslizamientos.

**Tabla 93***Prioridad de intervención*

<b>Prioridad de intervención</b>		
<b>Valor</b>	<b>Descriptor</b>	<b>Nivel de priorización</b>
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerante	III
1	Aceptable	IV

*Nota.* Tabla de prioridad de intervención para la zona de estudio del anexo de San Jerónimo por ocurrencia de flujos de detritos.

## V. Discusión de resultados

- Simulación de flujos de detritos

Para generar la simulación de flujos de detritos en la zona de investigación se evidencia que, mediante el procesamiento de datos y parámetros, existe un riesgo considerable de afectación a la población de estudio (anexo San Jerónimo) ante una probable ocurrencia de este fenómeno, en relación con los resultados obtenidos se contrastan con el trabajo de investigación internacional Análisis de susceptibilidad de flujos de detritos a escala Regional en la Puna Argentina, perteneciente al geólogo argentino David Fernández en el año 2016, el cual se muestra en la Tabla 94.

**Tabla 94**

*Análisis comparativo de simulación de flujos de detritos con Fernández (2016)*

<b>Zona de estudio</b>	<b>Investigación (Fernández, 2016)</b>	<b>Análisis comparativo</b>
- Aplicación del método de simulación numérica mediante el programa LAHARZ para la simulación de flujos de detritos considerando imágenes satelitales (Alos Palsar) raster de 12.5 metros, para el procesamiento se necesitó la georreferenciación de (5) puntos de inicio del trayecto de los flujos de detritos, el cálculo de áreas dentro de la quebrada de estudio, luego con la información obtenida de precipitación diaria generar volúmenes en dos escenarios de mayor y menor probabilidad. Todos estos datos fueron ingresados y procesados en el ARCGIS.	- Aplicación del programa Flow-R para la propagación de flujos de detritos en la Puna Argentina a partir de un modelo digital de terreno SRTM de 30 metros de tamaño de celda, se trabajó también con factores disparador (precipitaciones) e intrínsecos del terreno (pendiente, litología, índice de rugosidad de Melton, distancia a los ríos) a partir de estos factores se modeló las áreas donde se originan este tipo de movimiento. Se utilizó la distribución de Holmgren por la inercia del movimiento y la pérdida de energía por fricción. Como resultado de la investigación en el ámbito de estudio se evidencia una mayor cantidad de movimientos (152) por flujos de detritos, que otros tipos de flujos identificados.	- Ambas investigaciones coinciden en la ocurrencia de deslizamientos de flujos de detritos en cada uno de ámbitos de estudios por precipitaciones intensas y se centran en las áreas donde se generan este tipo de movimientos. - Para Fernández (2016), el resultado de su investigación mediante el proceso de logaritmos determina la presencia de movimientos de este tipo de flujos de detritos con un valor de 152 movimientos, en cambio para nuestra zona de estudio, tiene como resultado volúmenes probables (40 y 60 mil m <sup>3</sup> ) ante la ocurrencia de estos flujos de detritos ya determinados en dos escenarios reales. - El modelo digital de elevación utilizado en la investigación de Fernández (2016), cuenta con una menor resolución que la zona de estudio, puesto que este utiliza DEM de 12.5 metros, por ello la apreciación de las imágenes satelitales son mejores.

*Nota.* Análisis comparativo de investigaciones en la generación de simulación de flujos de detritos en diferentes ámbitos de estudios.

- Análisis de vulnerabilidad

El proceso de análisis de vulnerabilidad en la zona de estudio se desarrolló bajo la metodología propuesta por CENEPRED, como organismo para su desarrollo y asesoramiento de las acciones y procedimientos que permitan la identificación de peligros de origen natural o antrópicos, análisis de vulnerabilidad y establecer niveles de riesgo que determine la toma de decisiones en la gestión de riesgos de desastres en su anual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales segunda versión. Estos resultados según la metodología aplicada en esta investigación serán comparados frente a los resultados obtenidos en ese entonces por la tesista peruana Lizbeth Isabel Sánchez Meza, en su investigación Análisis de vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada Carosio, Distrito de Lurigancho – Chosica, Lima – Lima, como se muestra en la Tabla 95.

**Tabla 95**

*Análisis comparativo del análisis de vulnerabilidad con Sánchez (2018)*

<b>Zona de Estudio</b>	<b>Investigación (Sánchez, 2018)</b>	<b>Análisis Comparativo</b>
-Para la zona de estudio se el análisis de vulnerabilidad considerando los componentes de exposición, fragilidad y resiliencia para ambos factores, no obstante, este análisis permite identificar las zonas de impacto (cantidad de viviendas), las condiciones de desventaja y de recuperación o respuesta frente a un peligro. El resultado generó cuatro niveles de estratificación empleando la escala de Saaty y son los siguientes: Muy alta ( $0.260 \leq V < 0.503$ ), Alta ( $0.134 \leq V < 0.260$ ), media ( $0.068 \leq V < 0.134$ ) y baja ( $0.035 \leq V < 0.068$ ). En la investigación se determinó	- Para esta investigación el análisis de vulnerabilidad para el ámbito de la quebrada Carosio se desarrollaron en los factores de fragilidad y resiliencia considerando los componentes sociales y económicos para ambos factores, teniendo en cuenta que dicho análisis permite cuantificar las viviendas afectadas directamente y la cantidad de habitantes que realmente se encuentren preparados o capacitados ante la ocurrencia de flujos de detritos. Para el resultado del análisis de vulnerabilidad, se empleó la escala de Saaty, se consideraron cuatro niveles según la estratificación: Muy alta ( $0.260 \leq V < 0.503$ ),	- Ambos estudios obtuvieron como resultado un nivel de vulnerabilidad MUY ALTA, a pesar del análisis de diferentes componentes, descriptores y ponderaciones en cada una de las investigaciones. -Ambos autores desarrollaron la misma metodología de CENEPRED del manual de para la Evaluación de Riesgo originados por Fenómenos Naturales, segunda versión”, por ello se aplicó la misma estratificación de vulnerabilidad para ambas investigaciones. Pero en Sánchez (2018) no consideró el componente de exposición puesto que es un factor importante en la determinación de la zona de impacto. - Existe un mismo criterio en ambas investigaciones en considerar que cada ámbito de estudio o áreas de

<b>Zona de Estudio</b>	<b>Investigación (Sánchez, 2018)</b>	<b>Análisis Comparativo</b>
que la vulnerabilidad presenta un valor de 0.379, el cual determina un nivel del Vulnerabilidad Muy Alta	Alta ( $0.134 \leq V < 0.260$ ), media ( $0.068 \leq V < 0.134$ ) y baja ( $0.035 \leq V < 0.068$ ). En la investigación se determinó que la vulnerabilidad presenta un valor de 0.285, el cual determina un nivel del Vulnerabilidad Muy Alta	influencia presentan características diferentes, por tal motivo el proceso de análisis realizado fue individualmente y detallado.

**Nota.** Análisis comparativo de investigaciones en el análisis de vulnerabilidad por flujos de detritos en diferencias ámbitos de estudios.

## VI. Conclusiones

- En el modelamiento la simulación numérica de flujos de detritos el escenario más probable de ocurrencia, se desarrolló con un volumen de 40000 m<sup>3</sup> de flujos (Ver Figura 51), generando áreas afectadas como: 24 viviendas ubicadas dentro del área de influencia de la simulación, 45mL de afectación de la vía principal (carretera Cañete Yauyos) y un valor aproximado de 1.52 ha en áreas de cultivos en la parte baja de la quebrada de estudio.
- La identificación y determinación del peligro en la zona de estudio permitió conocer el nivel de peligrosidad ante la ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo, obteniendo un rango de  $0.263 < P \leq 0.509$ , con un nivel de peligrosidad muy alto.
- En el análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos en la zona de estudio, resultó tener un valor de 0.379, lo cual conlleva a concluir que estos elementos (182 habitantes, 60 viviendas y 02 instituciones educativas) presentan un nivel de vulnerabilidad muy alto, teniendo en cuenta los niveles de estratificación: muy alta ( $0.260 \leq V < 0.503$ ), alta ( $0.134 \leq V < 0.260$ ), media ( $0.068 \leq V < 0.134$ ) y baja ( $0.035 \leq V < 0.068$ ).
- Los riesgos identificados en el área de estudio indican que el área urbana del anexo de San Jerónimo adyacentes al cauce generado por la ocurrencia de los flujos de detritos se encuentra en un nivel muy alto y alto.

## VII. Recomendaciones

- De acuerdo a los resultados alcanzados en la simulación numérica de flujos de detritos, se recomienda implementar el SIG, que servirá como instrumento para la elaboración de la estimación de riesgo, entre otras acciones de gestión del riesgo de desastres.
- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Lunahuaná la reforestación de laderas en ambas márgenes del cauce de la quebrada en estudio con áreas cuyos valores son de 1.19 ha (margen izquierdo) y 1.64 ha (margen derecho) con el fin de incrementar la resistencia del subsuelo y evitar procesos de erosión.
- Se sugiere el mantenimiento del dique de encauzamiento ubicada dentro del cauce de flujos de detritos, con la finalidad de tener direccionalidad y libre tránsito para este fenómeno, evitando la dispersión de materiales sólidos en el área urbana del anexo de San Jerónimo.
- Se propone a las autoridades locales y regionales evaluar la posibilidad de aplicar la presente investigación como instrumento de gestión ante riesgos desastres por flujos de detritos, pues es de consideración el nivel de riesgo alto presentado y considerarlo como una condición de mitigabilidad del riesgo existente.

## VII. Referencias

- Acuña V., G. I. (2005). *Análisis de Vulnerabilidad y mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado de EMAPA Cañete S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2823>
- Alfaro L., L. (2014). *Estimación de Umbrales de Precipitaciones Extremas para la Emisión de avisos Meteorológicos.* SENAMHI-MINAM. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/345>
- Atalaya H., E. (2011). *Gestión de Riesgos de Desastres.* Editora Programa de gestión territorial. <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2011/cuzco/4.%20Marco%20Normativo%20para%20la%20Aplicaci%C3%B3n%20y%20Gesti%C3%B3n%20de%20Riesgos.pdf>
- Bill T., J. (2015). *Informe de Peligros, Riesgos y Vulnerabilidad del distrito de Chalhuanca - Apurímac.* <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/283>
- Castillo N., L. (2006). *Aplicación de un modelo numérico de flujos de escombros y lodo en una quebrada en el Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0077.pdf>
- Celi F., J. C., y Tanta A., F. Y. (2019). *Modelamiento y simulación de la quebrada Llocllamayo para control de flujo de escombros – Región de Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2649>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre [CENEPRED]. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales – 2da Versión.* Editorial NEVA STUDIO SAC. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf)
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre [CENEPRED]. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por*

*inundaciones fluviales*. MINAM. [http://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/MANUAL-EVAR.INUNDACIONES.pdf](http://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/MANUAL-EVAR.INUNDACIONES.pdf)

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre [CENEPRED]. (2020). *Glosario de Términos*. Editora Sistema de Información de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación - SIMSE. <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/glosario-terminos-grd-cenepred.pdf>

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED]. (2014). *Guía para elaborar el informe preliminar de riesgos*. Editorial PCM. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/GUIA-INFORME-PREMILINAR-RIESGOS.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/GUIA-INFORME-PREMILINAR-RIESGOS.pdf)

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED]. (2018). *Informe final de actividades ejecutadas en el marco del Decreto de Urgencia 004-2017*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, Lima. [http://www.cenepred.gob.pe/web/transparencia/datos\\_generales/INFORME\\_FINAL\\_DU\\_2017.pdf](http://www.cenepred.gob.pe/web/transparencia/datos_generales/INFORME_FINAL_DU_2017.pdf)

Chen, H., & Lee, C. (2000). *Numerical simulation of debris flows* [Simulación numérica de flujos de escombros]. Canadian Geotechnical Journal. <https://doi.org/10.1139/t99-089>

Chiroque H., C., Arone P., R. J., y Gómez Á., J. C. (2015). Unidad de Geodinámica. *Evaluación Geológica y Geodinámica del centro poblado Pijobamba*. No se ha registrado. [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/Evaluacion\\_geologica\\_y\\_geodinamica\\_del\\_centro\\_poblado\\_Pijobamba\\_provincia\\_de\\_Santiago\\_de\\_Chuco\\_departamento\\_de\\_la\\_Libertad\\_2015.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/Evaluacion_geologica_y_geodinamica_del_centro_poblado_Pijobamba_provincia_de_Santiago_de_Chuco_departamento_de_la_Libertad_2015.pdf)

- Colegio de Ingenieros del Perú.[CIP] (1998). *Informe del Fenómeno del Niño 1997-1998*.Capitulo 4.[https:// http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc405/doc405\\_2.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc405/doc405_2.pdf)
- Costa, J. E. (1999). *Floods from dam failures In: Baker, V.R., Patton, P.C. (Eds.), Flood Geomorphology. John Wiley and Sons [Inundaciones por fallas de presas en: Baker, V.R., Patton, P.C. (Eds.), Geomorfología de inundaciones]*. Editorial Real geomorphology.<https://doi.org/10.1002/esp.3290150314>
- Cruden, D., & Varnes , D. (1996). *Landslide Types and Processes [Tipos y procesos de deslizamientos de tierra]*. Special Report 247, National Academy Press. <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>
- Fernández , D. (2016). *Análisis de susceptibilidad de flujos de detritos a escala regional en la puna Argentina*. Editorial XVII Simposio Internacional SELPER. [https://www.researchgate.net/publication/310495695\\_ANALISIS\\_DE\\_SUSCEPTIBILIDAD\\_DE\\_FLUJOS\\_DE\\_DETRITOS\\_A\\_ESCALA\\_REGIONAL\\_EN\\_LA\\_PUNA\\_ARGENTINA](https://www.researchgate.net/publication/310495695_ANALISIS_DE_SUSCEPTIBILIDAD_DE_FLUJOS_DE_DETRITOS_A_ESCALA_REGIONAL_EN_LA_PUNA_ARGENTINA)
- Garfi, M., y Ferrer, L. (2011). *Criterios e indicadores de toma de decisiones para el agua. Ciencia y tecnología del agua*. [https://www.researchgate.net/publication/51770131\\_Decision-making\\_criteria\\_and\\_indicators\\_for\\_water\\_and\\_sanitation\\_projects\\_in\\_developing\\_countries](https://www.researchgate.net/publication/51770131_Decision-making_criteria_and_indicators_for_water_and_sanitation_projects_in_developing_countries)
- Gobierno Regional de San Martín. (2020). *Informe de evaluación del riesgo por flujos de detritos y lodo en el centro poblado Nuevo Sinaí distrito de Soritor, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín*. No se ha registrado. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/9556>
- Griswold, J. (2004). *Mobility Statistics and Hazard Mapping for non-volcánic flows and rock avalanches [Estadísticas de movilidad y mapeo de peligros para flujos no volcánicos y*

*avalanchas de rocas*]. Portland State University.

<https://pubs.usgs.gov/sir/2007/5276/sir2007-5276.pdf>

Grotberg, E. (1995). *A guide to promotig resilience in children: strenghening the human spirit Mobility [Una guía para promover la resiliencia en la niñez: fortaleciendo lo humano espíritu]*. The Internacional Resilence Proyect., Bernard Van Leer Foundation.  
<https://eric.ed.gov/?id=ED386271>

Guadalupe, E., y Carrillo, N. (2012). *Caracterización y análisis de los huaycos del 5 de abril del 2012 Chosica - Lima., 15*. Chosica, Lima, Perú: Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM.  
<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-29-3.pdf>

Gutiérrez, M. (2008). *Investigación Geográficas*. Boletín 71 Geomorfología. Editorial Pearson/Prentice Hall. <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n71/n71a11.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Huamán , R., (2009). *Lineamientos de desarrollo para el distrito de Lunahuaná - Cañete: Gestión de riesgo de desastre por huaycos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2868>

Huamaní, A., (2018). *Mejoramiento de la red principal de agua potable del anexo Ramadilla, Concon del distrito de Lunahuaná - Provincia de Cañete - Departamento de Lima*. Municipalidad Distrital de Lunahuaná.  
<http://ofi5.mef.gob.pe/invierte/ejecucion/verFichaEjecucion/2390571>

Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2015). *Informe de Emergencia N°021 Huayco afecta los distritos San Vicente de Cañete y Lunahuaná - Provincia Cañete - Lima*. Editorial Casa de Gobierno, PCM, Ministerios, Gobiernos Regionales y Locales.

<https://reliefweb.int/report/peru/informe-de-emergencia-n-021-huayco-afecta-los-dist-san-vicente-de-ca-ete-y-lunahuana>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1544/)

Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (2007). *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Cañete*. Autoridad Nacional del Agua. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3897>

Inverson, R., Schilling, S., & Vallance, J. (1998). *Objective delineation of lahar-inundation hazard zones [Delimitación objetiva de las zonas de peligro de inundación de lahar]*. GSA Bulletin. [https://volcano.wr.usgs.gov/vsc/file\\_mngr/file-50/lahar\\_inundation\\_GSA\\_Iverson.pdf](https://volcano.wr.usgs.gov/vsc/file_mngr/file-50/lahar_inundation_GSA_Iverson.pdf)

Lara S., A. (2013). *Percepción social en la Gestión del riesgo en un área mediterránea*. [Tesis de doctorado, Universidad de Girona]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/98249>

Lavell T., A. (1999). *Vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación : una propuesta de investigación-acción para centroamérica*. Red de bibliotecas virtuales. <https://www.desenredando.org/public/libros/1994/ver/html/3cap2.htm>

Menéndez, N. (2010). *Metodología para la construcción de mapas de riesgo de inundación sobre la costa argentina del Río de la Plata* [Tesis de pregrado, Universidad de Buenos Aires]. [http://info.igme.es/SidPDF/141000/722/141722\\_0000001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF/141000/722/141722_0000001.pdf)

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). Mapa nacional de cobertura vegetal., *Primera Edición*, 108. (V. y. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Ed.) Editora TIPSAL S.A.C. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2674-mapa-nacional-de-cobertura-vegetal-memoria-descriptiva>

- Moreno, A., y Cervera, M. (2014). Elementos finitos mixtos estabilizados para flujos confinados de Bingham y de Herschel-Bulkley Parte II: soluciones numéricas. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 2, 131-138. [https://www.scipedia.com/public/Moreno\\_Cervera\\_2015a](https://www.scipedia.com/public/Moreno_Cervera_2015a)
- Muñoz M., A. (2018). *Metodología para evaluar la amenaza de flujos de detritos utilizando un análisis jerárquico de procesos y el software RAMMS, con aplicación en la cuenca del estero San Alfonso, Región Metropolitana* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152982>
- Ochoa Z., M., Moreno H., J., Rodríguez M., R., Fabián Q., C., Nuñez J., S., y Gómez V., D. (2017). *Informe Técnico N° A6768: Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en las regiones Lima - Ica*. INGEMMET. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3697>
- Pacheco C., C. A., (2009). *Identificación de riesgos por inundación en Tlapa, Guerrero* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. [http://132.248.9.41:8880/jspui/handle/DGB\\_UNAM/TES01000646441](http://132.248.9.41:8880/jspui/handle/DGB_UNAM/TES01000646441)
- Panamericana Televisión. (2017). Deslizamiento de los flujos de detritos en la quebrada San Jerónimo. [https://www.youtube.com/watch?v=zb\\_aW3v4eRE](https://www.youtube.com/watch?v=zb_aW3v4eRE)
- Poderpolítico. (2015, 10 enero). *Cañete: Más de 50 viviendas son afectadas por caída de huaico*. <https://peru.com/actualidad/nacionales/canete-mas-50-viviendas-son-afectadas-caida-huaico-noticia-315947>
- Presidencia del Consejo de Ministros [PCM]. (2011). D.S. 048-2011-PCM. *Reglamento de Ley N° 29664, del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. El Peruano. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-ley-no-29664-sistema-nacional-gestion-riesgo-desastres>

- Proyecto Multinacional Andino. (2007). *Movimientos en masa en la región andina : una guía para la evaluación de amenazas*. Editorial Publicación Geológica Multinacional.  
<http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/2792>
- Rivera P., M. A., Mariño S., J., Thouret, J.-C. y Cacya D., L. (2011). *Geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas*. INGEMMET.Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N°46. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2188>
- Rodríguez B., A., y Gutierrez B., S. (2014). *Diversidad de la subfamilia campopleginae – ichneumonidae (hymenoptera) en la cuenca del río Cañete – Lunahuaná, Perú*. *Ecología aplicada*, 2, 147-152. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v13n2/a09v13n2.pdf>
- Salazar, H., y Landa T, C. (1993). Boletín N°44 Serie A: Carta Geológica Nacional. *Geología de los cuadrangulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chinchá, Tantara y Castrovirreyna*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - Sector Energía y Minas.<https://hdl.handle.net/20.500.12544/164>
- Salgado M. , R. A. (2005). *Análisis integral del riesgo a deslizamientos e Inundaciones en la Microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza].  
[https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/41/206196/206196\\_doc.pdf](https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/41/206196/206196_doc.pdf)
- Sánchez C., H., Reyes R., C., & Mejía S., K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Editorial Bussiness Support Aneth S.R.L.  
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>
- Sánchez M., L. I. (2018). *Análisis de vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujos de detritos en la quebrada Carossio, distrito de Lurigancho – Chosica, Lima - Lima* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal].  
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2728>

- Santuyo M., R. C., y Zambrano O., C. A. (2019). *Alternativas de mitigación para el flujo de detritos en la zona de descarga de la quebrada Quirio-Chosica-Perú-2019* [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2610>
- Schilling, S. P. (1998). *LAHAZ: GIS programs for automated mapping of lahar- inundation hazard zones. u.s [ lahaz: programas gis para mapeo automatizado de zonas de peligro de inundación de lahar]*. Department of the Interior - U.S. Geological Survey. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr98638>
- Sepúlveda B., A., Patiño F., J., y Rodríguez P., C. (2016). *Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Utica, Cundinamarca, Colombia. Obras y proyectos, 20, 31-43.* <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132016000200003>.
- Servicio Nacional de Geología y Minería [SERNAGEOMIN]. (2020). *Glosario de terminologías.* <https://www.sernageomin.cl/faq-items/flujo-de-detritos/>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI]. (2015). *Mapa de Clasificación climática del Perú.* Ministerio del Ambiente. [http://idesep.senamhi.gob.pe/geonetwork/srv/api/records/9f18b911-64af-4e6b-bbef-272bb20195e4/attachments/MAPA\\_PERU\\_CLIMATICO\\_A0\\_2\(1\).jpg](http://idesep.senamhi.gob.pe/geonetwork/srv/api/records/9f18b911-64af-4e6b-bbef-272bb20195e4/attachments/MAPA_PERU_CLIMATICO_A0_2(1).jpg)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI]. (2020). *Condiciones térmicas costeras.* Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/501>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI]. (2020). *Descarga de datos hidrometeorológicos.* Ministerio del Ambiente - SENAMHI: <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2018). *Boletín Climático Nacional - Monitoreo y pronóstico del Clima*. Ministerio del Ambiente. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02215SENA-65.pdf>
- Solís, E. (1995). *Modelación matemática de corrientes de detritos* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/lara\\_mc/sources/lara\\_mc.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/lara_mc/sources/lara_mc.pdf)
- Soncco, Y., y Vela, J. (2018). *Informe Técnico N°A6829 Peligros Geológicos en la Quebrada El Cementerio*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/9378>
- Suárez Díaz, J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales*. División Editorial y de Publicaciones. <https://www.erosion.com.co/control-de-erosion-en-zonas-tropicales.html>
- Suárez, J. (2004). *Deslizamientos: análisis geotécnicos*. División editorial y de publicaciones. <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>
- Suárez, J. (2009). *Capítulo 1 Nomenclatura y clasificación de los movimientos*. Universidad Industrial de Santander. [https://www.academia.edu/38629782/Cap%C3%ADtulo\\_1\\_Nomenclatura\\_y\\_Clasificaci%C3%B3n\\_de\\_los\\_Movimientos](https://www.academia.edu/38629782/Cap%C3%ADtulo_1_Nomenclatura_y_Clasificaci%C3%B3n_de_los_Movimientos)
- Tavera, H. (2016). *Zonificación sísmica - Geotécnica del área urbana de la ciudad de Lunahuana*. Editorial Instituto Geofísico del Perú (IGP). <http://hdl.handle.net/20.500.12816/1363>
- Tavera, H. (2017). *Mapa de sismicidad del Perú periodo: 1960-2017*. Instituto Geofísico del Perú- (IGP). Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-sismico-peru-periodo-1960-2017>

- Tavera, H., y Bernal, I. (2005). *Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste del Perú*. Centro Nacional de datos Geofísicos - Sismología, 89-102.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12816/862>
- Valderrama, P. A. (2006). *Geología, geodinámica y simulación de flujos en las ciudades de Urubamba y Ollantaytambo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio].<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0083.pdf>
- Vanistendael, S. (1994). *Resilience: a few key issues [resiliencia: algunas cuestiones clave]*. International Catholic Child Bureau. <https://doi.org/10.18259/acs.2017011>
- Velez Z., E. (2005). *Análisis de vulnerabilidad frente al peligro de huaycos en la quebrada Corrales, Chosica* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal].  
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2728>
- Vilchez C., L. A. (2004). *Evaluación de peligros por geodinámica externa en la microcuenca San Jerónimo, Lunahuana - Cañete* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/840>
- Zapata Rondón, N. (2008). *Marco conceptual: gestión del riesgo de desastres y análisis del riesgo*, 32. Programa de Desarrollo Rural Sostenible.  
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/estudios\\_documentos/documentos/2\\_TM-MC.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/2_TM-MC.pdf)

IX. Anexos

9.1 Anexo 1: Mapas temáticos

Figura 65

Población de estudio

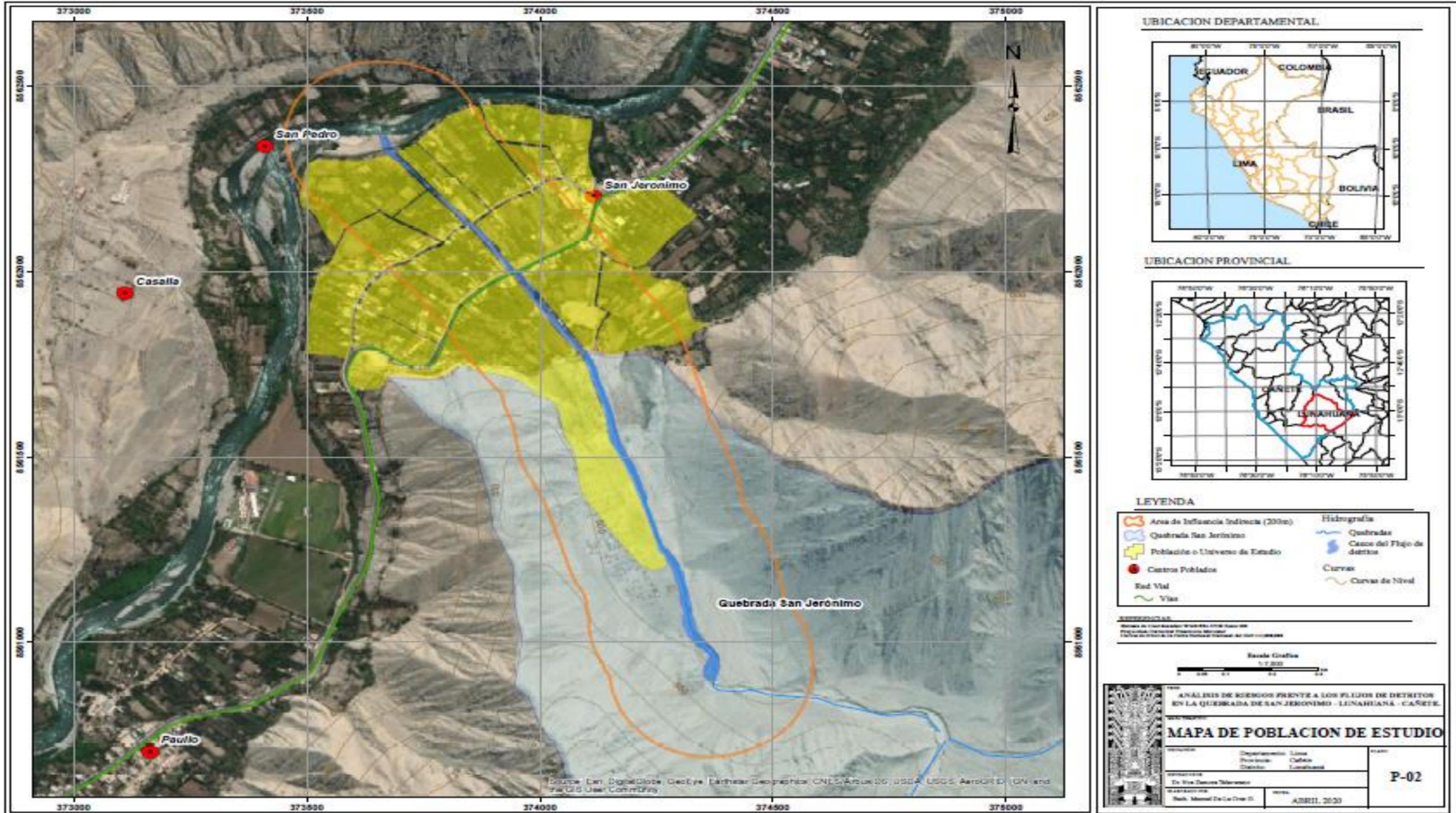


Figura 66  
Muestra de estudio

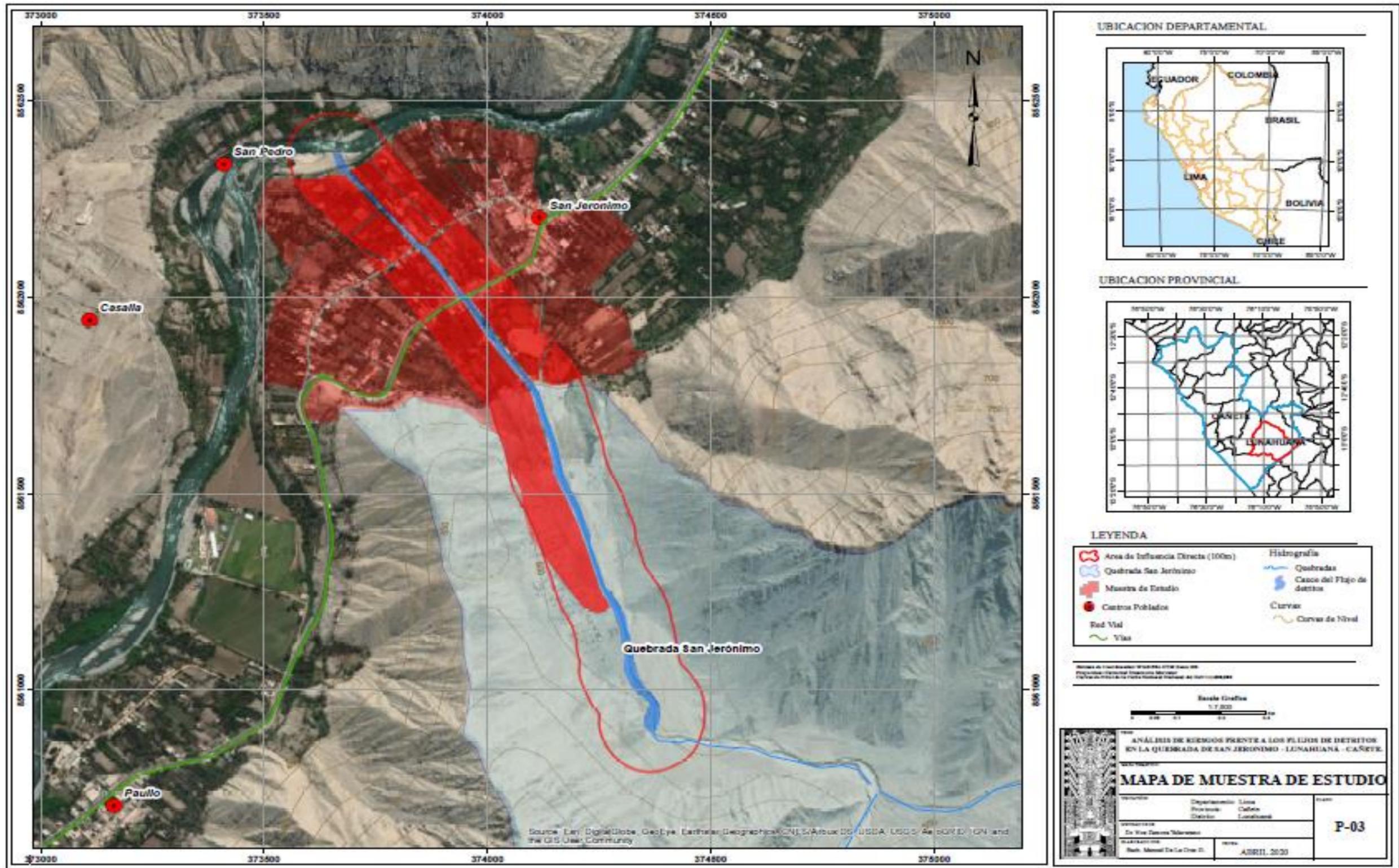


Figura 67  
Cobertura vegetal

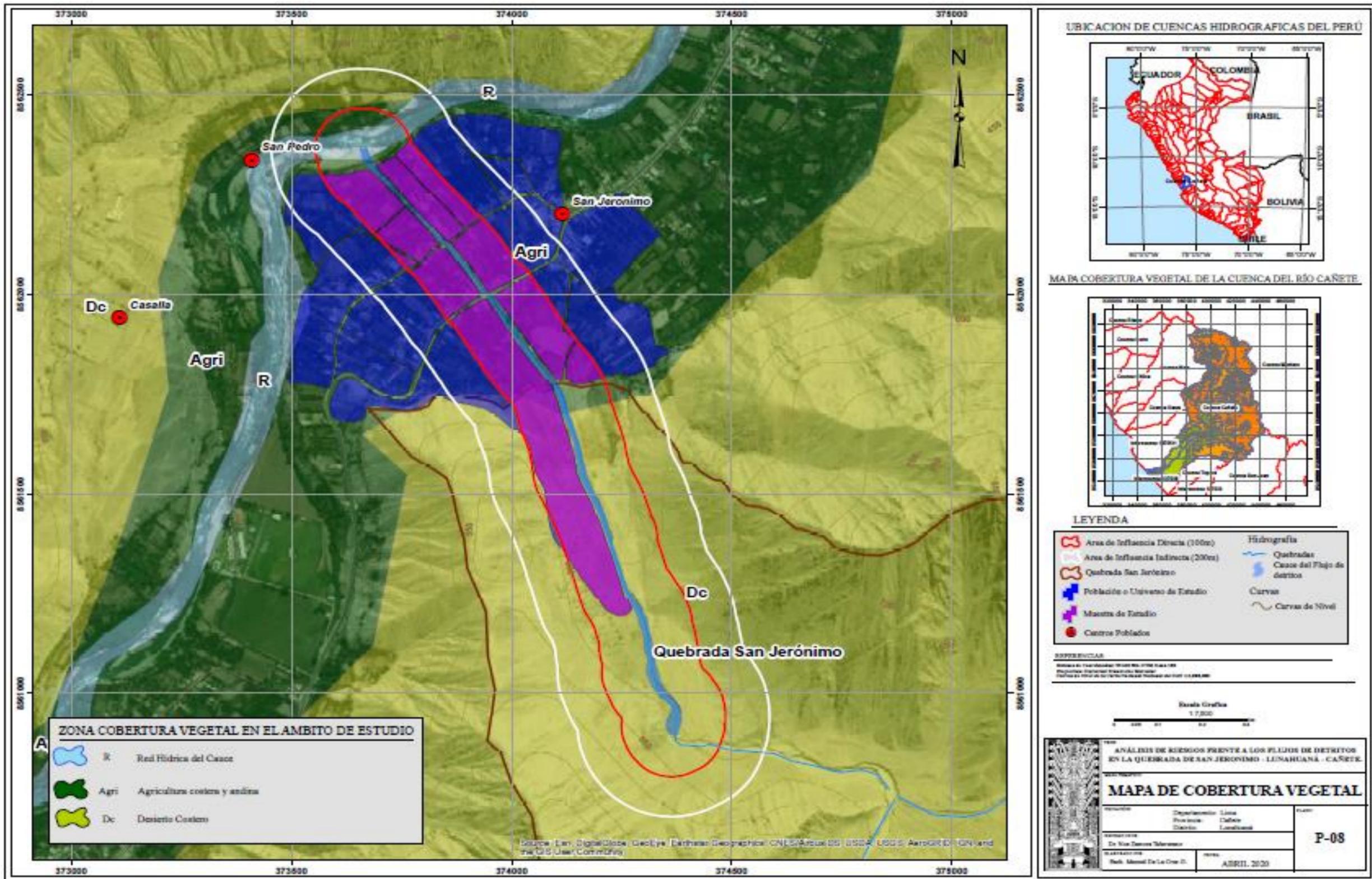


Figura 68  
Mapa de suelos

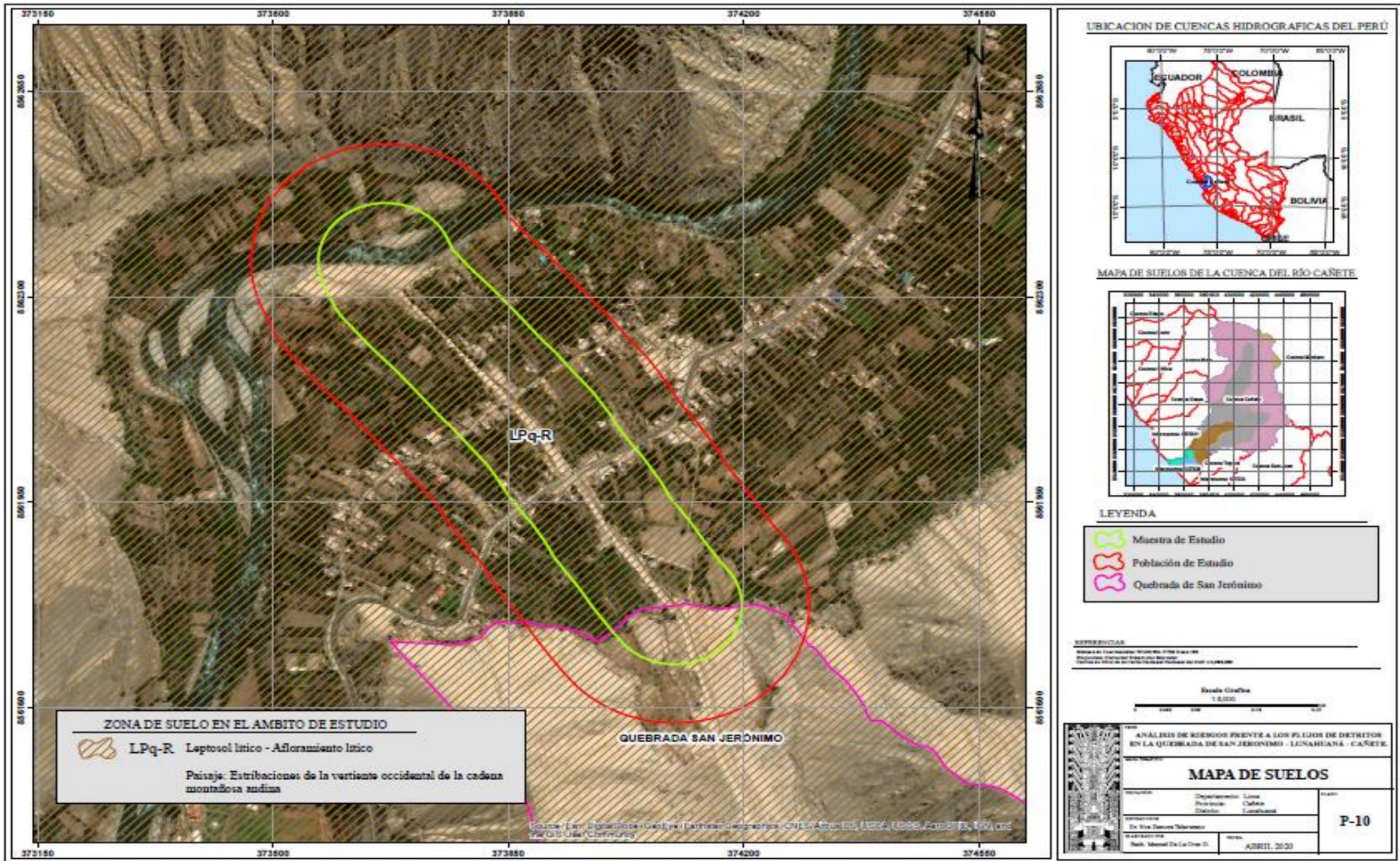


Figura 69

Mapa de sismicidad

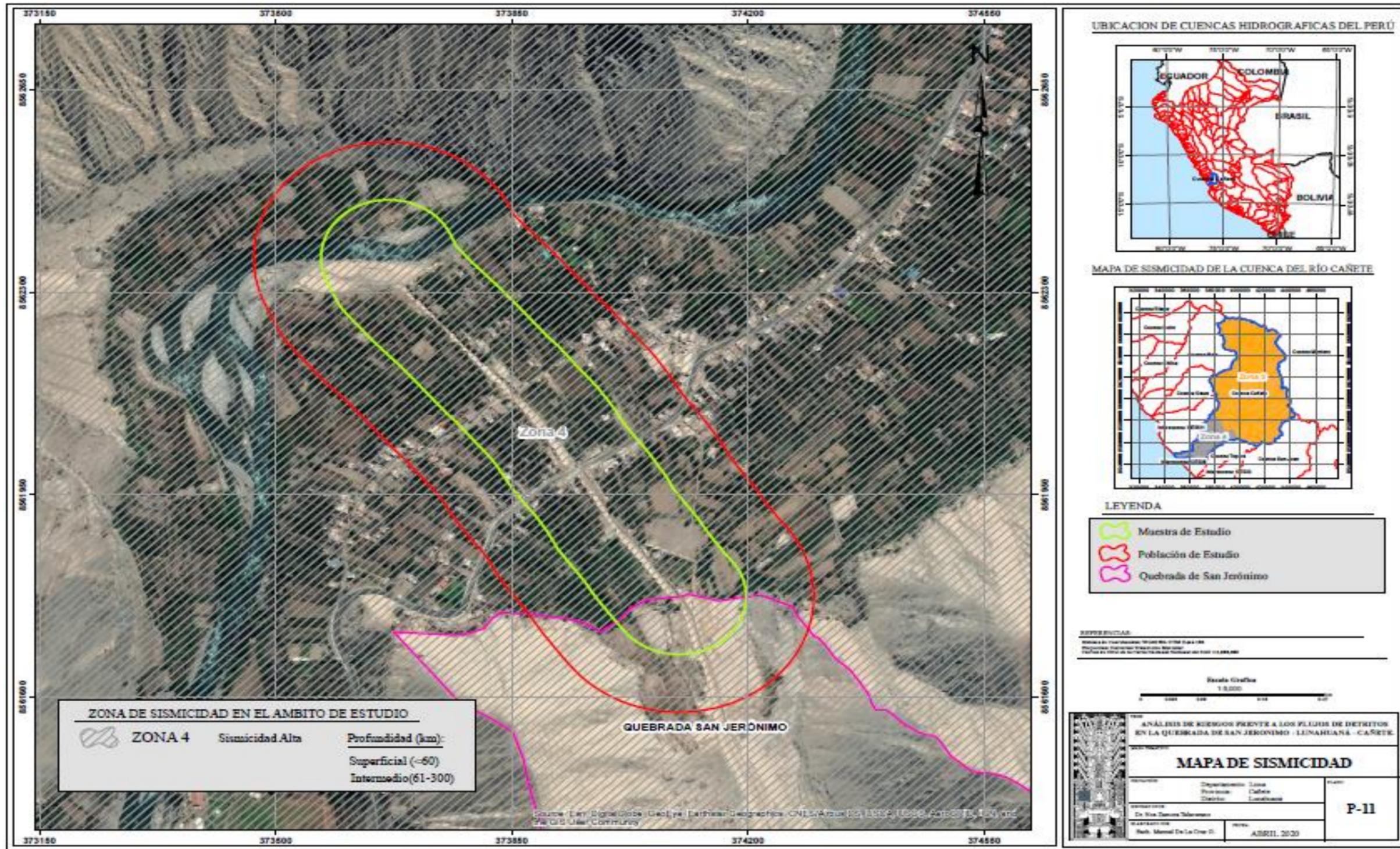


Figura 70

Clasificación climática

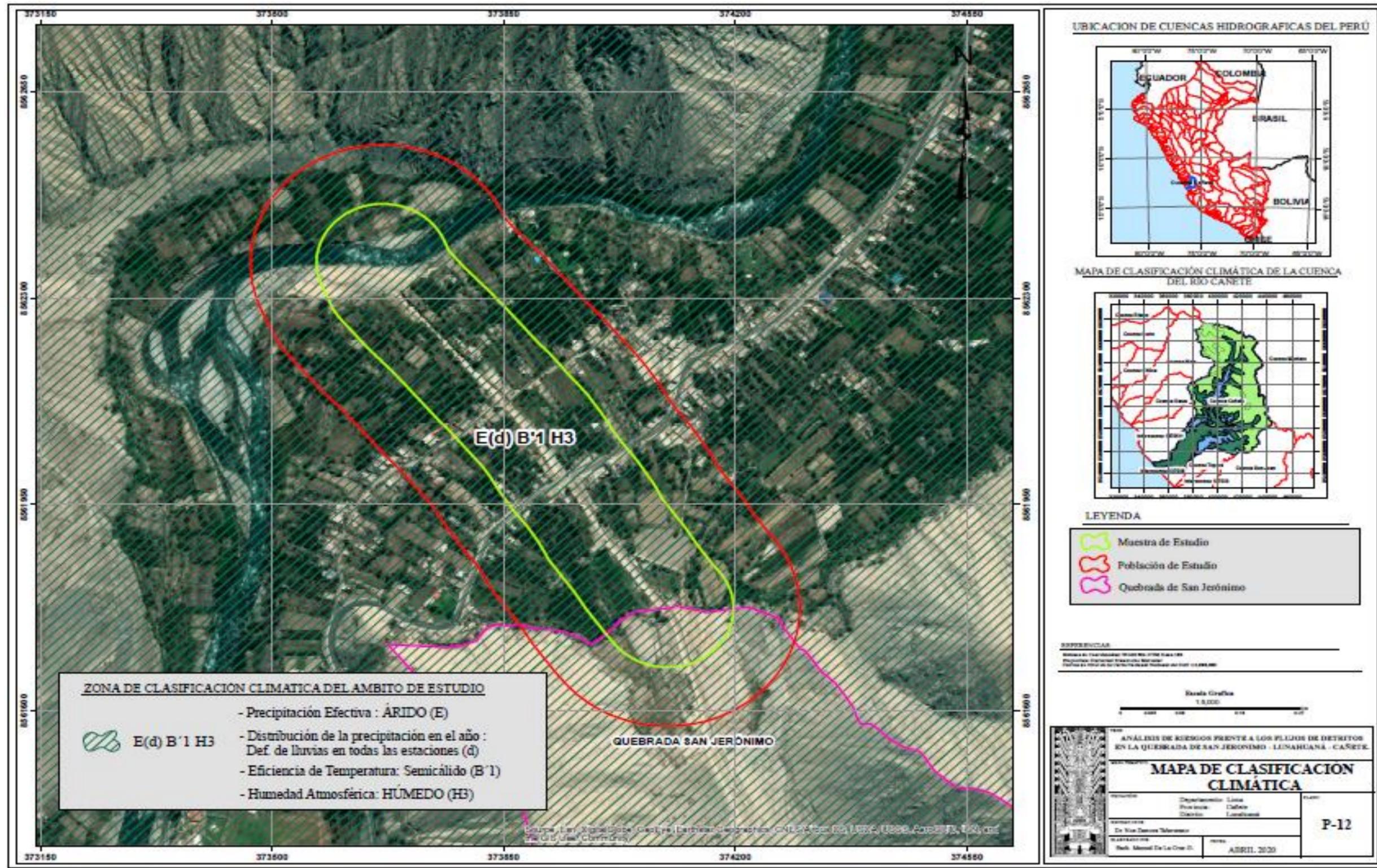


Figura 71

Mapa de capacidad de uso de tierras

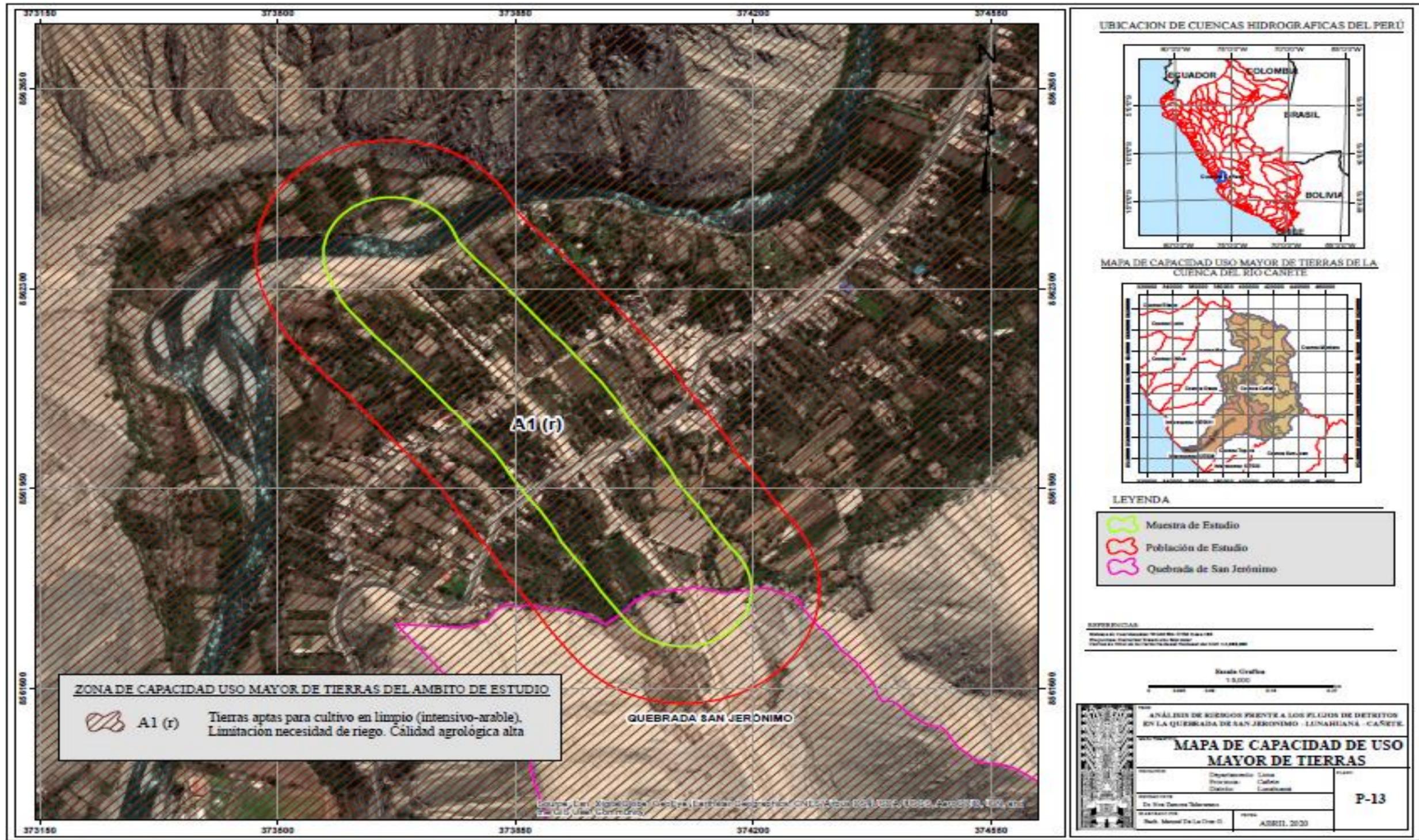
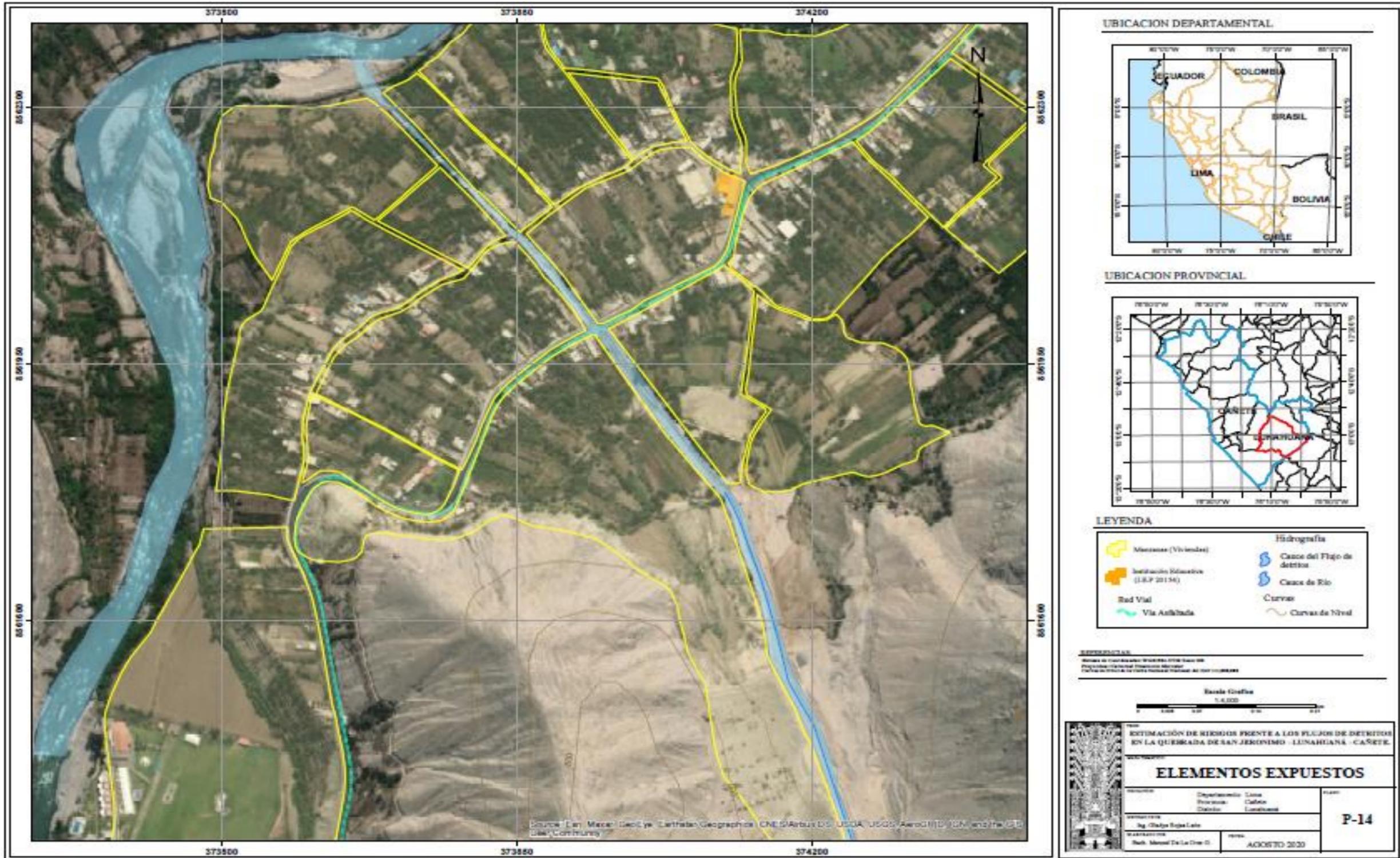


Figura 72

Mapa de elementos expuestos



## 9.2 Anexo 2: Ejemplo de formato de matrices.

**Tabla 96**

*Matriz de comparación de pares del parámetro altura de flujo*

Altura de Flujo	> 6.00 m	5.00 - 6.00 m	4.00 - 5.00 m	2.00 - 4.00 m	<1.00 m
> 6.00 m	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000
5.00 - 6.00 m	0.500	1.000	2.000	4.000	5.000
4.00 - 5.00 m	0.250	0.500	1.000	2.000	4.000
2.00 - 4.00 m	0.200	0.250	0.500	1.000	2.000
<1.00 m	0.143	0.200	0.250	0.500	1.000
<b>suma</b>	<b>2.093</b>	<b>3.950</b>	<b>7.750</b>	<b>12.500</b>	<b>19.000</b>
<b>1/suma</b>	<b>0.478</b>	<b>0.253</b>	<b>0.129</b>	<b>0.080</b>	<b>0.053</b>
<b>Número de Categoría</b>	<b>5</b>				

**Tabla 97**

*Matriz de normalización de pares del parámetro altura de flujo*

Altura de Flujo	> 6.00 m	5.00 - 6.00 m	4.00 - 5.00 m	2.00 - 4.00 m	<1.00 m	Vector de priorización	Vector suma ponderada	$\lambda_{max}$
> 6.00 m	0.478	0.506	0.516	0.400	0.368	0.454	2.333	5.143
5.00 - 6.00 m	0.239	0.253	0.258	0.320	0.263	0.267	1.362	5.109
4.00 - 5.00 m	0.119	0.127	0.129	0.160	0.211	0.149	0.754	5.059
2.00 - 4.00 m	0.096	0.063	0.065	0.080	0.105	0.082	0.411	5.032
<1.00 m	0.068	0.051	0.032	0.040	0.053	0.049	0.245	5.026
suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	5.107	5.074

**Tabla 98**

*Resultados de índice de consistencia (IC), relación de consistencia (RC), e índice aleatorio (IA) para el parámetro altura de flujo*

<b>RC:</b>	0.016
<b>IC:</b>	0.018
<b>IA:</b>	1.188

### 9.3 Anexo 3: Información primaria

#### Figura 73

Encuesta para la presente investigación



Universidad Nacional Federico Villarreal  
Facultad de Ingeniería Geográfica Ambiental y Ecoturismo

**ANEXO N°4**

**ENCUESTA PARA LA PRESENTE INVESTIGACIÓN**

**A. INFORMACION BASICA DE LA LOCALIDAD**  
**FECHA DE ENTREVISTA:**  
**DEPARTAMENTO:**  
**PROVINCIA:** Lima  
**DISTRITO:** Lunahuaná  
**LOCALIDAD:** Anexo San Jerónimo  
**PERSONA ENTREVISTADA (JEFE DE HOGAR):** PADRE ( ) MADRE ( ) OTRO ( )

**B. DATOS GENERALES**  
 1. ¿Cuántas familias viven en esta vivienda? \_\_\_\_\_  
 2. De las personas que viven en esta vivienda cuantos son:  
 Menor de 5 años ( )  
 Entre 5 y 14 ( )  
 Entre 15 y 60 ( )  
 De 60 a más ( )  
 Discapacitados ( )  
 3. A cuanto aproximadamente asciende su ingreso familiar  
 Menos de S/. 800.00 ( )  
 Entre S/. 800.00 a 1, 000.00 ( )  
 Entre S/. 1, 000.00 a 2, 000.00 ( )  
 Más de S/. 2, 000.00 ( )  
 4. Cuentan con servicios básicos  
 Luz ( )  
 Agua y desagüe ( )  
 Cable ( )  
 Teléfono ( )  
 Internet ( )  
 Otros ( )

**C. FRAGILIDAD-CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA**  
 Características generales de la vivienda

<b>6. Uso de la vivienda</b> Residencial ( ) Comercial ( ) Educativo ( ) Productivo ( ) Otros ( ) <b>7. Estado de Conservación</b> Muy Bueno ( ) Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( ) Muy Malo ( ) <b>8. Número de pisos</b> 1 piso ( ) 2 pisos ( ) 3 pisos ( ) 4 pisos ( ) Más de 4 pisos ( ) <b>11. Su vivienda fue autoconstruida</b> Si ( ) No ( ) Desconoce ( ) <b>13. Características del tipo de vivienda</b> Terminado ( ) En construcción ( ) Abandonado ( ) Terreno sin construir ( ) Otros ( )	<b>8. Material predominante de la vivienda</b> Ladrillo/cemento ( ) Adobe ( ) Madera ( ) Quinche/Estera ( ) Otros ( ) <b>9. Tipo de techo</b> Mampostería ( ) Celamina ( ) Madera ( ) Quinche/Estera ( ) Otros ( ) <b>10. Antigüedad de vivienda</b> 1-10 años ( ) 11-20 ( ) 21-40 ( ) 41-60 ( ) Más de 60 ( ) <b>12 Otros factores de vulnerabilidad</b> Grietas y fisuras ( ) Sistema de cableado expuesto ( ) Presencia de humedad ( ) Tuberías expuestas ( ) <b>14. Tenencia de la vivienda</b> Alquilada ( ) Propia por inversión ( ) Propia pagando ( ) Cedida ( ) Propia pagada ( )
--	---



15. Tipo de vivienda

Unifamiliar ( )

Bifamiliar ( )

Multifamiliar ( )

16. Situación de propiedad de la vivienda

Titulado ( )

No Titulado ( )

**D. RESILIENCIA-CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN**

17. Cómo responden las autoridades de su localidad ante las necesidades de la población frente a la ocurrencia de una emergencia?

Bueno ( )

Regular ( )

Malo ( )

No actúa ( )

18. Usted participa en alguna organización social como vaso de leche, comedores, junta vecinal u otros?

Si ( )

No ( )

19. Las autoridades promueven la participación en las actividades de preparación ante un ocurrencia de flujo de detritos

Bueno ( )

Regular ( )

Malo ( )

No actúa ( )

20. Considera Ud. que el alcalde lidera las acciones de gestión de riesgo en su localidad?

Si ( )

No ( )

21. Alguna vez su actual vivienda fue afectada por la caída de flujo de detritos? y cuantas veces

Si ( )

No ( )

22. Sabe si su localidad cuenta con un mapa en el cual se identifique zonas de peligro de su zona?

Si ( )

No ( )

23. Conoce el grado de peligro que existe en una zona?

Si ( )

No ( )

24. Sabe si su municipalidad cuenta con una Oficina de Defensa Civil?

Si ( )

No ( )

25. Sabe si su localidad cuenta con un plan de contingencia, ha participado en la elaboración?

Si ( )

No ( )

26. Cuenta con mochila o caja de alimentos y agua para usarlo ante una emergencia?

Si ( )

No ( )

27. Considera que sus ahorros y/o ingresos son suficientes para afrontar la ocurrencia de la caída de flujo de detritos nuevamente?

Si ( )

No ( )

28. Algún miembro de su familia cuenta con conocimiento de primeros auxilios?

Si ( )

No ( ) 125

29. Ha participado en talleres y/o charlas sobre cómo responder ante la ocurrencia de la caída de flujo de detritos?

Si ( )

No ( )

30. Les han proporcionado material didáctico como afiches, folletos u otros, para la prevención ante la ocurrencia de flujo de detritos?

Si ( )

No ( )

31. Alguna vez ha participado de algún simulacro de sismo, flujo de detritos, inundación u otros?

Si ( )

No ( )

Universidad Nacional Federico Villarreal  
Facultad de Ingeniería Geográfica Ambiental y Ecoturismo



32 Realizan simulacros ante la ocurrencia de flujo de detritos en su localidad?

Si ( )

No ( )

33 Conoce Ud. las rutas de evacuación y zonas seguras en su localidad?

Si ( )

No ( )

34 Cuenta con un plan familiar ante la ocurrencia de una emergencia?

Si ( )

No ( )

35 Su barrio cuenta con brigadistas o voluntarios que brinden apoyo ante la ocurrencia de un desastre (flujo de detritos)?

Si ( )

No ( )

36 Su localidad cuenta con algún sistema de alerta temprana (BAT) como sirenas, megáfonos, campanas?

Si ( )

No ( )

37 En caso que Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, le otorgo una vivienda segura, con los servicios básicos instalados, estaría dispuesta a ser reubicado?

Si ( )

No ( )

38 De ocurrir la caída de flujo de detritos cree Ud. que su principal actividad económica se vería afectada?

Si ( )

No ( )

39 Si el día hoy ocurriera una emergencia, cree Ud. que se encuentra lo suficientemente preparado para afrontarlo?

Si ( )

No ( )

40 Por qué no se siente preparado?

Falta de información ( )

Falta de simulacros ( )

Falta de señalización ( )

Otros (especificar)