



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ciencias Sociales
Unidad de Posgrado

**Peligros de origen natural y los elementos esenciales en la
ciudad de Huaraz y áreas en expansión en siete distritos
aledaños al río Santa, provincias Carhuaz y Huaraz,
departamento Áncash – aplicación de la geomática**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geografía con
mención en Gestión y Ordenamiento Territorial

AUTOR

Miguel Ernesto ALVA HUAYANEY

ASESOR

Juan Felipe MELÉNDEZ DE LA CRUZ

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Alva, M. (2020). *Peligros de origen natural y los elementos esenciales en la ciudad de Huaraz y áreas en expansión en siete distritos aledaños al río Santa, provincias Carhuaz y Huaraz, departamento Áncash – aplicación de la geomática*. Tesis para optar el grado de Magíster en Geografía con mención en Gestión y Ordenamiento Territorial. Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

1. Código Orcid del autor: 0000-0002-5539-4575
2. Código Orcid del asesor: 0000-0002-6937-4460
3. DNI del autor: 31654715
4. Grupo de investigación: Seminario de Economía Social, Solidaria y Popular – SESSP
5. Institución que financia parcial o totalmente la investigación: Fondos propios
6. Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación:
Departamento de Ancash.
Provincia de Huaraz, distritos: Huaraz, Independencia, Taricá y Jangas
Provincia de Carhuaz, distritos: Yungar, Pariahuanca y Anta
Coordenadas geográficas con el Datum WGS 84:
9° 17' 21.6558" LS, 77° 37' 14.0304" LW
9° 36' 0.8202" LS, 77° 23' 39.2634" LW
7. Año o rango de años que la investigación abarcó: 2011 - 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DÉCANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

UNIDAD DE POSGRADO

**ACTA PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN GEOGRAFÍA CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

En Lima, a los diecisiete días del mes de enero del año dos mil veinte, reunidos en la Sala de Grados de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a horas 7:00 p.m., bajo la Presidencia del Dra. ROSA DEIFILIA RODRÍGUEZ ANAYA y con la concurrencia de los demás Miembros del Jurado de Tesis, se inició la ceremonia invitando al graduando **MIGUEL ERNESTO ALVA HUAYANEY**, para que hiciera la exposición de la Tesis para optar el Grado Académico de Magíster en Geografía con mención en Gestión y Ordenamiento Territorial. Siendo el trabajo titulado:

“PELIGROS DE ORIGEN NATURAL Y LOS ELEMENTOS ESENCIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ Y ÁREAS EN EXPANSIÓN, EN SIETE DISTRITOS ALEDAÑOS AL RÍO SANTA, PROVINCIAS CARHUAZ Y HUARAZ, DEPARTAMENTO ANCASH-APLICACIÓN DE LA GEOMÁTICA”

A continuación fue sometido a las objeciones por parte del Jurado. Terminada esta prueba y verificada la votación; se consignó la calificación correspondiente a:

B MUY BUENO 17

Por tanto el Jurado, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos, acordó recomendar a la Facultad de Ciencias Sociales para que proponga que la Universidad Nacional Mayor de San Marcos otorgue el Grado Académico de Magíster en Geografía con mención en Gestión y Ordenamiento Territorial, al Bachiller **MIGUEL ERNESTO ALVA HUAYANEY**. Siendo las 8:00 p.m. y para constancia dispuso se extendiera la presente Acta y firmaron:

Dra. Rosa Deifilia Rodríguez Anaya.
PRESIDENTE

Rosa B. Anaya
.....

Mg. María Luisa Varillas Arquínigo.
MIEMBRO

María Luisa Varillas
.....

Mg. Vladimiro Richard Cuisano Marreros.
MIEMBRO

Vladimiro R. Cuisano
.....

Dr. Juan Felipe Meléndez de la Cruz.
ASESOR

Juan Felipe Meléndez
.....



Nicolás Javier Lynch G. Mero
Dr. NICOLÁS JAVIER LYNCH G. MERO
Director

DEDICATORIA

A mi madre Lucía y a la memoria de mi padre Arnulfo, quienes me dieron la vida y fueron el ejemplo en mi desarrollo personal y profesional, apoyándome en todas las decisiones que tomé, inculcándome valores que siempre llevo presente.

A mis hermanos Walter y Enrique, cuñada Jeannine y sobrinos Walter Arom y Ellyde Lucía por ser la familia que siempre está presente.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a mi Escuela Profesional de Geografía por haberme formado como profesional y permitirme ser parte de su plana docente, compartiendo conocimientos y experiencias con diferentes generaciones, siendo muy gratificante el verlos crecer como personas y profesionales, hombres y mujeres de bien para sus familias y la sociedad.

A mis maestros por ser esa guía que nos permite alcanzar el horizonte y a todos aquellos colegas y amigos que aportaron su granito de arena.

A mi colega y gran amigo, mi Asesor Dr. Juan Felipe Meléndez De La Cruz, por su valioso apoyo incondicional en la realización de esta tesis, su paciencia y aportes que me han permitido concretar este anhelo, sin ese apoyo no hubiera sido posible.

A mi ex alumno y colega Geógrafo Efraín Huaricacha Condori por su apoyo en todo momento.

A mis jurados de tesis, Dra. Rosa Deifilia Rodríguez Anaya, Mg. María Luisa Varillas Arquíñigo y Mg. Vladimir Richard Cuisano Marreros por su tiempo dedicado a la revisión de esta tesis y por sus valiosos aportes y sugerencias que me han permitido mejorar y culminar este trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Situación Problemática.....	10
1.2 Formulación del Problema	14
1.2.1 Pregunta principal	14
1.2.2 Preguntas específicas.....	14
1.3 Justificación.....	14
1.4 Objetivos	16
1.4.1 Objetivo general.....	16
1.4.2 Objetivo específico.....	16
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO	17
2.1 Marco epistemológico de la investigación	17
2.2.1 Peligros de origen natural	17
2.2.2 Elementos esenciales	28
2.2.3 Vulnerabilidad de elementos esenciales	28
2.2.4 Bases teóricas de los estudios de Riesgos.....	30
2.2.5 Ordenamiento territorial	36
2.2.6 Desastres.....	38
2.2 Antecedentes de Investigación.....	43
2.3 Bases teóricas.....	45
2.4 Hipótesis	46
CAPITULO 3: METODOLOGÍA.....	47
3.1 Procedimiento metodológico	47
3.1.1 Primera Etapa:.....	47
3.1.2 Segunda Etapa:	48
3.1.2.1 Geología	58
3.1.2.2 Geomorfología	62
3.1.3 Tercera Etapa	69
3.1.4 Cuarta Etapa.....	69
3.1.4.1 Identificación de peligros y modelo de estimación	69

3.1.4.2	Influencia de factores condicionantes	70
3.1.4.3	Factor Condicionante: Susceptibilidad a Movimientos en Masa	71
3.1.4.4	Factor desencadenante	72
3.1.4.5	Determinación del peligro	73
3.1.4.6	Análisis de elementos expuestos	76
3.1.4.7	Análisis de la vulnerabilidad	77
3.1.4.8	Estimación de la vulnerabilidad	79
3.1.4.9	Estimación del Riesgo	79
3.1.5	Quinta Etapa	80
3.2	Enfoques metodológicos	82
CAPITULO 4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS		84
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		94
5.1	Conclusiones	94
5.2	Recomendaciones	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		96
ANEXOS		99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Formación geológica de la Subcuenca Quillcay	17
Tabla 2. Características del satélite Perú SAT-1	55
Tabla 3. Características del satélite SPOT-6.....	56
Tabla 4. Características del satélite Sentinel 2A	57
Tabla 5. Geología	60
Tabla 7. Influencia de los factores condicionantes y desencadenante	70
Tabla 8. Subvariable de geología	70
Tabla 9. Subvariable de geomorfología	71
Tabla 10. Subvariable de hidrogeología	71
Tabla 11. Diseño de tabla para estimación de los factores condicionantes	72
Tabla 12. Influencia del factor desencadenante	72
Tabla 13. Diseño de tabla para la estimación de peligros de origen natural	73
Tabla 14. Influencia de los factores de vulnerabilidad	78
Tabla 15. Subvariable de distancia de puentes	78
Tabla 16. Subvariable de distancias a recintos a zonas de mayor impacto	78
Tabla 17. Subvariables de medidas de mitigación	79
Tabla 18. Diseño de tabla para estimación de la vulnerabilidad.....	79
Tabla 19. Diseño de tabla para la estimación del riesgo	80
Tabla 20. Identificación de peligros en puentes.....	85
Tabla 21. Identificación de peligros en recintos (elementos)	85
Tabla 22. Susceptibilidad por movimientos en masa: Puentes.....	86
Tabla 23. Susceptibilidad por movimientos en masa: Recintos.....	86
Tabla 24. Vulnerabilidad: Puentes.....	88
Tabla 25. Vulnerabilidad: Recintos	88
Tabla 26. Estimación del Riesgo: Puentes	89
Tabla 27. Niveles de riesgo	89
Tabla 28. Estimación del Riesgo: Recintos	90
Tabla 29. Relación de peligros y elementos esenciales en la ciudad de Huaraz	90

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa Base	13
<i>Figura 2.</i> Confluencia de los ríos Auqui y Paria, proceso de urbanización en el cono aluvial.	15
<i>Figura 3.</i> Viviendas con medidas de mitigación (enrocado) en el cono aluvial.....	15
<i>Figura 4.</i> Muestra el perfil geológico en el cual se asienta la Ciudad de Huaraz.....	18
<i>Figura 5.</i> Mapa de peligros de inundación extremo – 56m.....	26
<i>Figura 6.</i> Mapa de peligros ante aluviones.....	27
<i>Figura 7.</i> Limpieza de cauce en la confluencia de ríos Auqui y Paria, en el cono aluvial.	35
<i>Figura 8.</i> Fotografía aérea tomada el 29 de diciembre de 1943, dos años después del aluvión de 1941, notase la zona destruida.....	40
<i>Figura 9.</i> Vista aérea de la zona afectada por el aluvión del 13 de diciembre de 1941.	40
<i>Figura 10.</i> Vista de la ciudad de Huaraz desde la Cordillera Negra: se observa la nave central de la Catedral en construcción y la zona aluviónica (1950).	41
<i>Figura 11.</i> Vista de la ciudad de Huaraz en escombros (1970).	41
<i>Figura 12.</i> Ciudad de Huaraz después de limpieza de viviendas destruidas, previas a la reconstrucción.	42
<i>Figura 13.</i> Ciudad de Huaraz destruida por el terremoto de 1970. Vista desde la Cordillera Negra (1970).	42
<i>Figura 14.</i> Ciudad de Huaraz en Reconstrucción, Barrio San Francisco (1976).	43
<i>Figura 15.</i> Estructura de la Geodatabase.....	49
<i>Figura 16.</i> Extracto de un mapa de elevaciones a escala de grises y en pseudocolor	50
<i>Figura 17.</i> Mapa de relieve colorido de la zona de estudio	51
<i>Figura 18.</i> Mapa de Pendientes.....	53
<i>Figura 19.</i> Imágenes del satélite Perú SAT-1 en color natural e infrarrojo falso color estándar.....	55
<i>Figura 20.</i> Imágenes SPOT-6 en color natural e infrarrojo falso color estándar	56
<i>Figura 21.</i> Imágenes Sentinel 2A en color natural e infrarrojo falso color estándar..	58
<i>Figura 22.</i> Mapa Geológico	61
<i>Figura 23.</i> Mapa Geomorfológico	67
<i>Figura 24.</i> Mapa de perfiles topográficos	68
<i>Figura 25.</i> Factor desencadenante: lluvias.....	73
<i>Figura 26.</i> Mapa de cobertura y uso actual del suelo	75
<i>Figura 27.</i> Mapa conceptual del procedimiento metodológico.....	81
<i>Figura 28.</i> Mapa de niveles de peligros de elementos esenciales.....	87
<i>Figura 29.</i> Relación entre peligros y elementos esenciales.....	91
<i>Figura 30.</i> Confluencia de los ríos Auqui y Paria y origen del río Quillcay, cono aluvial habitado sin defensas ribereñas.....	91

<i>Figura 31.</i> Confluencia de los ríos Auqui y Paria y origen del río Quillcay, como aluvial habitado con defensas ribereñas de gaviones y enrocado.....	92
<i>Figura 32.</i> Perfil topográfico de la confluencia de los ríos Auqui y Paria	92
<i>Figura 33.</i> Cono aluvial como zona intangible	93
<i>Figura 34.</i> Cono aluvial se encuentra habitado	93

ANEXOS

Anexo 1: Perfiles topográficos

<i>Figura 35.</i> Transepto A – A': Norte del aeropuerto de Anta. Distancia 3.05 km. Pendiente máxima 39.7%, pendiente media 7.9 – 12.3%	100
<i>Figura 36.</i> Transepto B – B': Sur del aeropuerto de Anta. Distancia 3.9 km. Pendiente máxima 50.5%, pendiente media 4.2 – 23.8%	101
<i>Figura 37.</i> Transepto C – C': Cordillera Negra – Ciudad de Huaraz, sector sur. Distancia 1.55 km. Pendiente máxima 34.5%, pendiente media 7.2 – 19.8%.....	102
<i>Figura 38.</i> Transepto D – D': Ciudad de Huaraz, sector Barrio de Nicrupampa – Barrio San Francisco. Distancia 0.784 km. Pendiente máxima 13.9%, pendiente media 4.6%.....	103
<i>Figura 39.</i> Transepto E – E': Ciudad de Huaraz, sector Puente Quillcay – Av. Confraternidad Internacional Oeste. Distancia 0.615 km. Pendiente máxima 6.6%, pendiente media 3.0%.....	104

Anexo 2: Puentes ciudad de Huaraz

<i>Figura 40.</i> Puente Bolivar, sobre el río Quillcay (Av. Confraternidad Internacional Oeste).....	105
<i>Figura 41.</i> Puente Nueva Florida, sobre río Auqui (Km 1.709)	105
<i>Figura 42.</i> Puente San Jerónimo (Cal y Canto, sobre río Santa).....	106
<i>Figura 43.</i> Puente Antonio Raimondi sobre río Santa	106
<i>Figura 44.</i> Puente Huascarán sobre río Quillcay	107
<i>Figura 45.</i> Puente Fitzcarrald sobre el río Quillcay	107
<i>Figura 46.</i> Puente Comercio sobre el río Quillcay	107
<i>Figura 47.</i> Puente Av. Gamarra sobre río Quillcay	108
<i>Figura 48.</i> Puente Av. Confraternidad Internacional Este sobre el Río Quillcay.....	108

Anexo 3: Puentes área de estudio

<i>Figura 49.</i> Puente Jr. José Olaya sobre el Río Quillcay	109
<i>Figura 50.</i> Puente Anta.....	110
<i>Figura 51.</i> Puente Yungar.....	110
<i>Figura 52.</i> Puente Jangas.....	111
<i>Figura 53.</i> Puente Ishinca.....	111

<i>Figura 54.</i> Puente Km 591	112
<i>Figura 55.</i> Puente Km 590.....	112
<i>Figura 56.</i> Puente Mullaca.....	113
<i>Figura 57.</i> Puente Sauna.....	113
<i>Figura 58.</i> Puente Km 585.....	114
<i>Figura 59.</i> Puente Llupa	114

Anexo 4: Aeropuerto

<i>Figura 60.</i> Vista 3 D del Aeropuerto Comandante FAP Germán Arias Graziani – Anta	115
<i>Figura 61.</i> Vista 3 D de la pista del Aeropuerto Comandante FAP Germán Arias Graziani – Anta.....	115

LISTA DE ACRÓNIMOS

CENEPRED: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre

CONIDA: Agencia Espacial del Perú

CRWR: Centro de Investigaciones en Recursos Hídricos (Center for Water and the Environment)

CLC: Cobertura y uso de la tierra (Corine Land Cover)

DS: Decreto supremo

E: Este

EIRD: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres

ENSO: El Niño – Oscilación Sur

EVAR: Evaluación de riesgo

FAP: Fuerza Área del Perú

FEN: Fenómeno El Niño

INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil

IGP: Instituto Geofísico del Perú

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

ITDG: Tecnología Intermedia

LGRD: Ley General de riesgos de desastres

LS: Latitud sur

LW: Latitud oeste

m: Metro

MINAM: Ministerio del Ambiente

N: Norte

PREDES: Centro de Estudios y Prevención de Desastres

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

SPOT: Satélite Para la Observación de la Tierra (Satellite Pour l'Observation de la Terre)

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

USAID: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

WGS: World Geodetic System

RESUMEN

La presente investigación centra sus aportes en el estudio de los niveles de peligro de origen natural como aluviones e inundaciones que amenazan a los elementos esenciales localizados en la ciudad de Huaraz (puentes y recintos como hospitales, colegios, bomberos) y áreas de expansión (puentes, carreteras y el aeropuerto de Anta). Esos elementos son considerados esenciales porque tienen que ver con el normal desarrollo del área urbana.

El área de estudio no es ajena a esta situación, ya que históricamente se ha visto afectada por el impacto de eventos geológico-geomorfológicos, tales como aluviones e inundaciones. Es decir, desastres constituidos por cuantiosos daños materiales y la pérdida de vidas humanas, que cambiaron la configuración territorial. La ciudad de Huaraz fue reconstruida en gran parte, sin embargo, en la actualidad viene creciendo en zonas de peligro muy alto a ser de impactada por fenómenos de origen natural.

Entre los principios consensuados en la Cumbres mundiales sobre la gestión de riesgos de desastres se precisa que la infraestructura y los elementos esenciales deben tenerse en cuenta en los procesos de reducción de riesgos de desastres. Por tal razón, este trabajo será un aporte al esfuerzo que en el país se viene llevando a cabo.

La investigación se enmarca en el contexto de la prevención, porque aporta en el análisis de la exposición de los elementos esenciales ante el impacto de los fenómenos de origen natural. Se ha determinado que los puentes y el aeropuerto son los elementos esenciales por ser medios de transporte y rutas de evacuación vitales ante la ocurrencia de desastres.

Palabras clave:

Peligros, desastres, elementos esenciales, geomática, geomorfología

ABSTRACT

The present research focus on its contributions in the study of the levels of hazard of natural origin such as floods and earthquakes that threaten the essential elements in the city of Huaraz (bridges and enclosures as well as hospitals, schools, firefighters) and expansion areas (bridges, roads and the Anta airport), which are involved in the normal development of the urban area.

The study area is no stranger to this situation, since historically it has been affected by the impact of geological-geomorphological events, such as floods and earthquakes, which have caused considerable material damage and the loss of human lives. These events have changed the spatial configuration, thus allowing the city to be rebuilt in large part. However, Huaraz is currently growing in areas considered intangible for being areas of alluvial impact.

The risk management across the world recommends considering the infrastructure and essential elements in disaster risk reduction processes, hence the importance of these studies.

The research is framed in the context of prevention, due to it contributes to the analysis of the exposure of the essential elements to the impact of the floods. It has been determined that bridges and the airport are the essential elements because they are vital means of transport and evacuation routes in the event of disasters.

Key words:

Danger, Risk, essentials elements, geomatics, geomorphology

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

Como es de conocimiento el área de estudio ha sufrido el impacto de diferentes alud-aluviões, por lo tanto, es un área expuesta al riesgo de desastres. Los riesgos son dinámicos y por lo tanto requiere una permanente evaluación de su dinámica. En esta investigación estamos centrándonos en los elementos esenciales relacionados con el normal desarrollo del área urbana.

La ciudad de Huaraz, capital del departamento de Ancash y los distritos aledaños, en los últimos años presenta un crecimiento acelerado en zonas de alto riesgo a movimientos en masa y aluviones. El área de estudio comprende desde la ciudad de Huaraz hasta el aeropuerto Comandante FAP Germán Arias Graziani situado en el distrito de Anta, provincia de Carhuaz, comprendiendo en total parte de 7 distritos, 4 en la provincia de Huaraz (Huaraz, Independencia, Taricá y Jangas) y 3 en la provincia de Carhuaz (Yungar, Pariahuanca y Anta) donde están presentes muchos elementos esenciales a considerar en la presente investigación.

La gestión de riesgos a nivel mundial, recomienda considerar la infraestructura y los elementos esenciales en los procesos de reducción de riesgos de desastres.

Esta preocupación es de carácter internacional, por esa razón en el “Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030” (2015), se acordaron 7 metas mundiales; una de ellas es: “reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos, como las instalaciones de salud y educativas. (p. 11).

En ese sentido en nuestro país, en el mes de octubre de 2019 se celebró el “XIII Simposio Internacional en gestión del riesgo de desastres - Reducción del riesgo en líneas vitales urbanas”, que evidencia la preocupación sobre el tema de la tesis. En particular se hace énfasis a las líneas vitales con el siguiente enunciado: “Las líneas vitales son el conjunto de sistemas y servicios que son fundamentales para el funcionamiento de una sociedad, como las redes de agua potable, desagüe, gas, eléctricas, telecomunicaciones, sistemas de transportes,

etc. En cierta medida el desarrollo y el crecimiento de una sociedad se refleja en la calidad y eficiencia de sus líneas vitales, así que su interrupción, generaría severas y sensibles pérdidas, especialmente en caso de eventos destructivos, como sismos”.

A nivel académico, existe el estudio de la identificación de los elementos esenciales que tiene todo sistema urbano y que necesariamente tiene que estar señalado en la mencionada gestión. Otros científicos sociales también están preocupados por las denominadas Líneas Vitales (geógrafo inglés Allan Lavell); sin embargo, dentro de estas están los Elementos Esenciales, señalados por el geógrafo francés Robert D’Ercole.

Esta investigación, está atendiendo la mencionada problemática que poco se ha trabajado en nuestro país y para este caso se trata de una de las muestras más emblemáticas en una de las zonas más afectadas por ser impactada por eventos de origen natural, la última ocurrencia el 31 de mayo de 1970 (sismo con repercusión de aluvión).

El propósito consiste en tener conocimiento de cómo se relaciona los elementos esenciales con los peligros de origen natural en el marco de la gestión del riesgo de desastres. La investigación se enmarca en el contexto de la prevención, porque aporta en el análisis de la exposición de los elementos esenciales ante el impacto de los aluviones. Se ha determinado que los puentes y el aeropuerto son los elementos esenciales por ser medios de transporte y rutas de evacuación vitales ante la ocurrencia de desastres.

La escala espacial está comprendida entre las coordenadas:

Proyección UTM, Zona 18 Sur - Datum WGS 1984:

212 153 mE, 8 972 142 mE

237 191mN, 8 937 774 mN

En el sistema de coordenadas geográficas:

9° 17' 21.6558" LS, 77° 37' 14.0304" LW

9° 36' 0.8202" LS, 77° 23' 39.2634" LW

Cuya ubicación por el Oeste comprende la parte baja de la Cordillera Negra, hasta la parte de la expansión urbana de la ciudad de Huaraz y el aeropuerto de Anta. Por el Este, el área de estudio abarca hasta las proximidades de la Zona de amortiguamiento del Parque Nacional Huascarán, esta ampliación tiene su fundamento es que el área urbana de la ciudad de Huaraz se ha extendido a las conurbaciones de Marian, Unchus, Wilcawain, Pariac y centros poblados aledaños. En la parte norte comprende hasta la ciudad de Marcará, próxima al aeropuerto de Anta, en la parte sur el barrio de Tacllán.

La escala temporal comprende desde el año 2011 (año que se publicó la ley 29664 sobre el Sistema Nacional de Gestión del riesgo de desastres – SINAGERD), hasta el año 2019 fecha que se realizó el trabajo de campo; teniendo además consideración de los principios señalados en el evento de Sendai sobre las líneas vitales celebrado en el 2015, de la misma manera los estudios de Robert D’Ercole realizados en Quito en 2002 y los estudios de la Universidad de Texas en Austin en el 2014. (Ver mapa base).

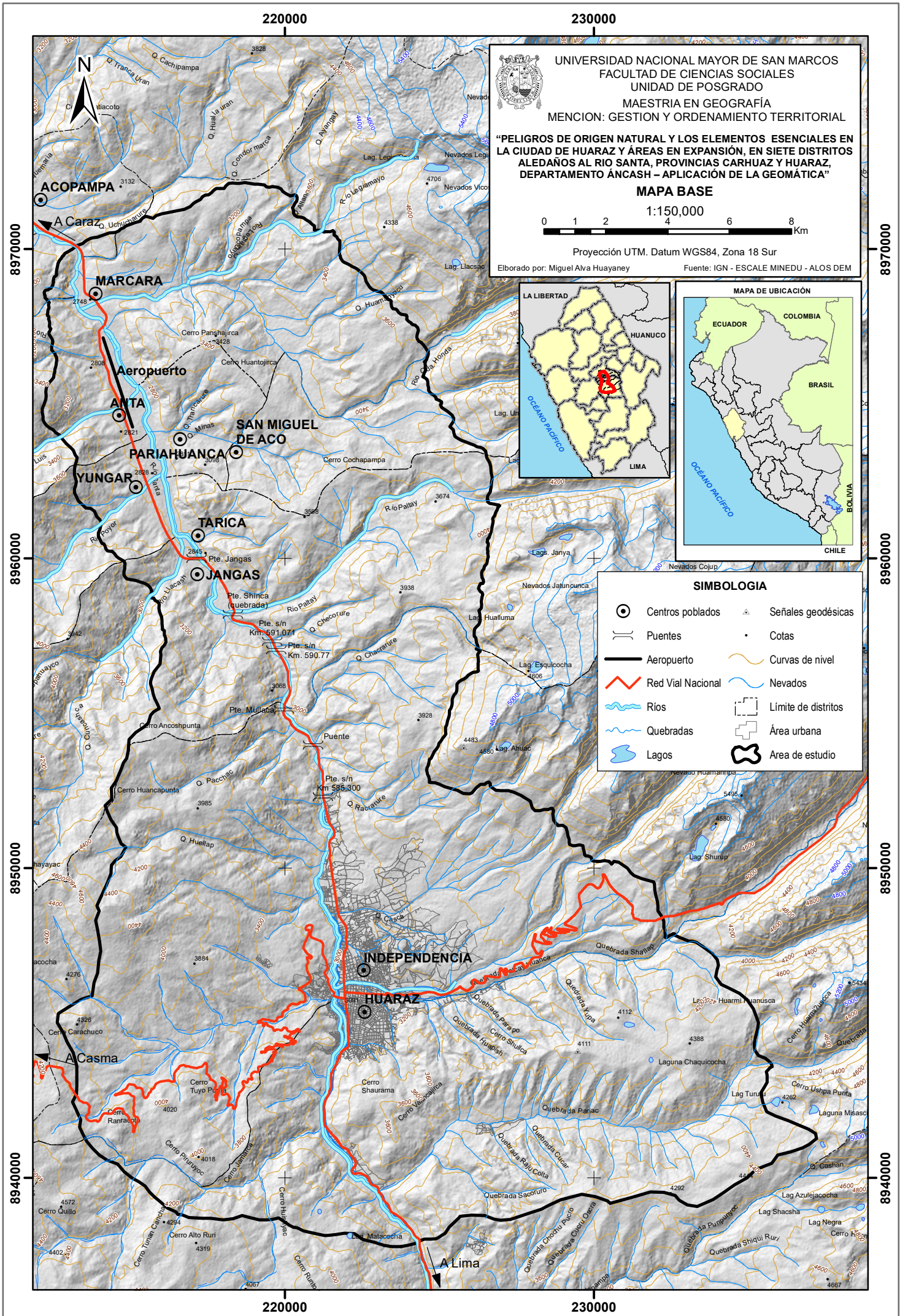


Figura 1. Mapa Base

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Pregunta principal

¿Cómo los peligros de origen natural por movimientos en masa y sismos amenazan a los elementos esenciales en la ciudad de Huaraz y áreas de expansión de siete distritos aledaños al río Santa que comprenden el área de estudio?

1.2.2 Preguntas específicas

- ¿Cómo los peligros por movimientos en masa – aluvión amenazan a la infraestructura vial (carretera, puentes) en la ciudad de Huaraz y áreas de expansión de siete distritos aledaños al río Santa que comprenden el área de estudio?
- ¿Cómo el peligro por sismo amenaza a la infraestructura urbana (bomberos, hospitales, aeropuerto, centros educativos) en la ciudad de Huaraz y áreas en expansión de siete distritos aledaños al río Santa que comprenden el área de estudio?

1.3 Justificación

La funcionalidad de los espacios ocupados, principalmente en las ciudades; se deben a los elementos esenciales, al respecto; encontramos a los centros económicos, infraestructura vial (carreteras, puentes), infraestructura urbana (hospitales, centros educativos, aeropuerto, compañía de bomberos, etc.) entre otros como dichos elementos, expuestos al impacto de los procesos naturales (geológicos-geomorfológicos). En algunos casos, es debido a la falta de conocimiento de los actores sociales y decisores sobre dichos procesos.

La ciudad de Huaraz y las áreas de expansión urbana, no son ajenos a esta situación, debido a su ubicación en el abanico aluvial o cono deyectivo del río Quillcay, que comprende la confluencia de los ríos Paria y Auqui de las

quebradas Cojup y Quillcayhuanca respectivamente, están expuestas al impacto de dichos eventos geológicos-geomorfológicos (aluviones).



Figura 2. Confluencia de los ríos Auqui y Paria, proceso de urbanización en el cono aluvial.
Fuente. Archivo personal, fecha de toma: 22 diciembre de 2008



Figura 3 Viviendas con medidas de mitigación (enrocado) en el cono aluvial.
Fuente. Archivo personal, fecha de toma: 25 abril de 2019

Huaraz al ser capital del departamento de Ancash, es la ciudad más importante del Callejón de Huaylas, constituyendo el centro natural de servicios para un área en la que se encuentran concentrados elementos de captación turística, tanto desde el punto de vista histórico como paisajista, con grandes perspectivas de desarrollo. Cumple, además, la función de ser el centro administrativo, comercial y de servicios para el desarrollo de las actividades agropecuarias, mineras, artesanales y de una amplia variedad de otras actividades económicas.

Debido a su importancia geoeconómica a nivel regional y nacional, la ciudad de Huaraz esta sienta ocupada intensamente, a pesar de haber sufrido desastres, dicha importancia a acelerado un proceso de expansión urbana en áreas aledañas a la ciudad de Huaraz (fenómenos de conurbación), que están ubicadas en los conos deyeativos de las quebradas que forman parte de las cordilleras Blanca y Negra, colindantes al río Santa, exponiendo a la ocurrencia de peligros de origen natural. Según el INEI (cifras proyectadas al 2018) la minería concentra el 46.8% del PBI regional, ya que en el departamento se localizan las minas de Pierina (plan de cierre) y Antamina (en operación), seguido de manufactura con 9.5%, comercio 5.6% construcción 5%, agricultura, ganadería con 3.4%, alojamiento y restaurantes 2.4% y otros servicios 12.2% entre otros.

En tal sentido, el desastre es un producto social muy complejo, ya que viene a ser el problema en su totalidad, y parte de la misma es estudiar la relación de los “peligros de origen natural” (CENEPRED, 2014, p. 31) y los elementos esenciales que pueden ser impactados, es decir; la parte fundamental para tratar el problema es determinar cómo los peligros de origen natural afectan a los elementos esenciales de la ciudad de Huaraz y áreas de expansión.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar qué peligros de origen natural amenazan a los elementos esenciales en la ciudad de Huaraz y áreas de expansión en siete distritos aledaños al río Santa, provincias de Carhuaz y Huaraz, departamento de Ancash.

1.4.2 Objetivo específico

Determinar cómo los sismos y los aluviones amenazan a la infraestructura urbana (compañía de bomberos, hospitales, aeropuerto, centros educativos) y vial (carreteras, puentes) en la ciudad de Huaraz y áreas en expansión, en el área de estudio.

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

2.1 Marco epistemológico de la investigación

2.2.1 Peligros de origen natural

A. Geología

Geológicamente en el ámbito de estudio, la formación geológica regional predominante es la del grupo Goyllarisquizca (Formaciones Chimú, Santa-Carhuaz) conformada por rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior. En el Cuaternario la más reciente conformada por depósitos inconsolidados del holoceno. Las rocas intrusivas corresponden al Batolito de la Cordillera Blanca del Paleógeno (INGEMMET, 1996).

Tabla 1. *Formación geológica de la Subcuenca Quillcay*

Rocas sedimentarias	Rocas volcánicas	Rocas intrusivas	Depósitos cuaternarios
Formación Jumasha (Ks-j) - Calizas	Grupo volcánico Calipuy:	Batolito de la Cordillera Blanca	Depósitos aluviales recientes (Qr-al)
Formación Pariatambo (Ki-pt) - Calizas	<ul style="list-style-type: none"> • Calipuy Inferior (Tim- vu) • Calipuy Inferior (Tms- vch) 	(T-gd / to) –	Fluvio-glaciar (clastos, cantos, arenas, arcillas)
Formación Chimú (Ki-ch) – Areniscas y lutitas			Aluviónico (Bloque, bolos, clastos, cantos, arenas, arcillas)
Formación Pariahuanca (Ki-pa) - Calizas	Tobas, piroclásticos gruesos, lavas y cuerpos intrusivos subvolcánicos	Tonalita, granodiorita y granito	
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) - Areniscas y lutitas			
Formación Chicama (Js-ch) – Lutitas, areniscas y arcilla			

Elaboración propia.

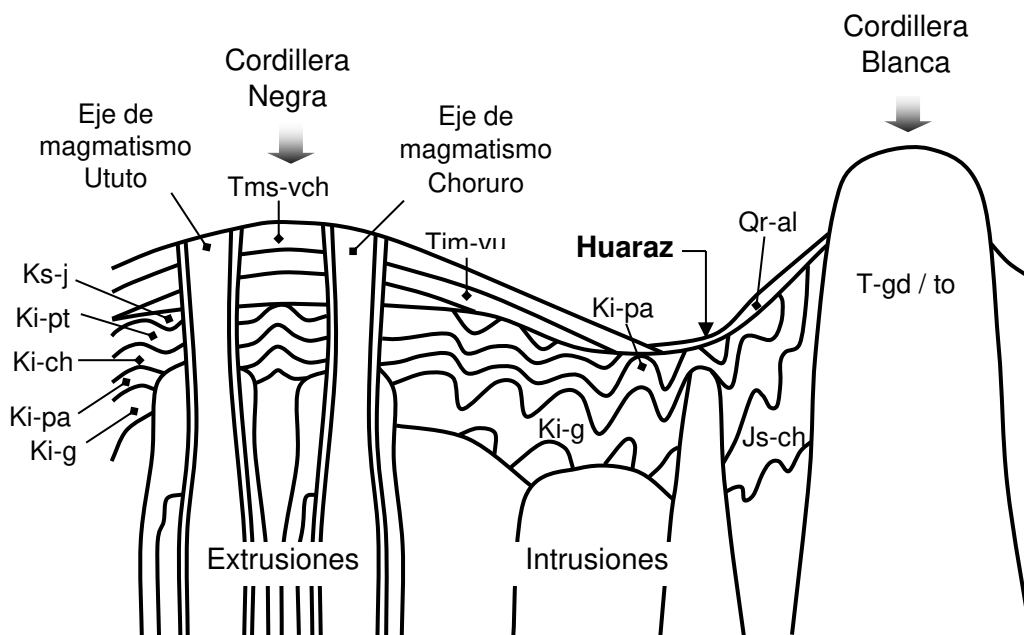


Figura 4 Muestra el perfil geológico en el cual se asienta la Ciudad de Huaraz
Fuente: Enríquez, 1999.

En la figura 4 se puede observar que normalmente el basamento del área de estudio está compuesto de rocas intrusivas correspondientes al Batolito de la Cordillera Blanca, así como rocas volcánicas sobre todo en la Cordillera Negra. El valle del Río Santa, donde se ubica la ciudad de Huaraz y su área de expansión, se encuentra relleno por potentes depósitos aluviales y proluviales (provenientes de aluviones) de edad del cuaternario Reciente (Holoceno) y del Pleistoceno.

B. Geomorfología.

La geomorfología es la disciplina geográfica y geológica cuyo objeto de estudio es determinar las geoformas (formas del relieve), su morfogénesis (origen), desarrollo y dinámica actual. Cuando se señala esa dinámica actual nos referimos a lo que ha venido ocurriendo recientemente, es decir, en los últimos 10,000 años. Considerando la escala temporal de la geología, la edad reciente del cuaternario está reflejado en una serie de eventos de movimientos en masa.

C. Geodinámica

La geodinámica son todos los procesos que modifican geológicamente la Tierra. En este contexto se subdivide en geodinámica interna y geodinámica externa.

Geodinámica interna

La geodinámica interna son todos los procesos endógenos que influyen en el desarrollo del relieve como los orogénicos (plegamientos) o epirogénicos (fracturamientos y fallamientos).

Geodinámica externa (Movimientos en masa)

La geodinámica externa comprende los procesos de meteorización y erosión que influyen en el desarrollo del relieve. La meteorización son los procesos de alteración “in situ” que sufre la roca a penas aflora a la superficie. Mientras que la erosión es la continuación de la meteorización a diferencia que hay movimiento, pero en ese desplazamiento de materiales va cortando en diferentes intensidades y velocidades. Obviamente, que ese movimiento significa un transporte, pero un “transporte cortante”.

La erosión muy intensa por la velocidad del transporte (incluyendo la acción cortante) de gran volumen de material de basamento o de relleno, en laderas o en cauces es conocido como movimientos en masa (o remoción en masas). Suelen ser procesos de erosión que ocurren en tiempos cortantes y actualmente registrados videos.

D. Cinturón de fuego

El Cinturón de Fuego se localiza en el Océano Pacífico paralelo al litoral de Sudamérica, Centroamérica, parte de lo que es Rusia, Japón, Filipinas, entre otros países, hasta Nueva Zelanda.

El Cinturón de Fuego del Pacífico estructuralmente comprenden las placas tectónicas y los procesos tectónicos de coalición resultantes, así como zona de impacto. Los procesos comprenden procesos vinculados a la orogenia, epirogénica y los volcánicos. Asimismo, los mencionados procesos están relacionados con procesos exógenos, sobre todo los de erosión. Los permanentes sismos y las erupciones volcánicas son manifestaciones de la dinámica del Cinturón de Fuego.

Por tales razones, para el caso del Perú, la Cordillera de los Andes y sus geoformas resultantes como las montañas, colinas, los volcanes, las terrazas aluviales, terrazas marinas, los abanicos aluviales, taludes de derrubios, etc, son

efecto en gran parte de los eventos que ocurren en el Cinturón de Fuego (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

E. Clima

Clima

Köppen define el clima como: “estado medio y proceso ordinario del tiempo de un lugar determinado”.

Climas en el área de estudio

Sobre la base del informe “Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual” (UNESCO, 2006) los climas más importantes del área de estudio son los siguientes:

“Clima Frío o Boreal, este tipo de clima se extiende entre los 3,000 y 4,000 msnm, se caracteriza por sus precipitaciones de 700 mm anuales y temperaturas medias anuales de 12° C. Clima Frígido, conocido como clima de Puna entre los 4,000 a 5,000 msnm, con precipitaciones anuales de 700 mm y temperaturas promedio anuales de 6° C.”

De acuerdo al estudio de Peligros de Huaraz del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) la “temperatura media anual está entre 11° a 21°C siendo las más bajas en las noches y para los meses de junio/julio (heladas) y las temperaturas más altas al mediodía. Las precipitaciones entre los 500 a 1,000 mm de lluvia anual, siendo la mayor en la Cordillera Blanca”.

Fenómeno El Niño

“El fenómeno “El Niño” (FEN) conocido también con el nombre científico de “El Niño Oscilación del Sur” (ENSO), es un evento meteorológico a gran escala, suceso que ocurre cada cierto período de años. Es una interacción [científica] compleja del Océano Pacífico tropical y la atmósfera global con episodios de ciclicidad variable de cambio en patrones oceánicos y meteorológicos en diversas partes del mundo. Los impactos son significativos tales como alteración [en los hábitats marinos y] en las precipitaciones, produciendo inundaciones, sequías y cambios en patrones de tormenta” (Naciones Unidas & EIRD, 2004).

“Entre diciembre de 1982 y junio de 1983 se presentaron en el Perú lluvias torrenciales en el norte y sequias en el Sur. Los daños producidos por El Niño 1982-1983. Fueron estimados en 1200 millones de dólares de los cuales 80.6% fueron causados por las lluvias y el 19.4% por las sequias. En el norte del país el 66.3% de los daños fue a la infraestructura y 33.7% a la producción y estuvieron relacionadas a las intensas lluvias. El departamento de Piura fue el más afectado” (INGEMMET, 2006).

El fenómeno El Niño de 1997-1998 es considerado como uno de los más catastróficos del siglo XX. El Niño desencadenó sus efectos catastróficos sobre los diferentes sectores, principalmente en los departamentos de la costa de Tumbes a Ica.

El fenómeno El Niño del año 2017 conocido como “El Niño Costero”. El Niño Costero es un evento climático anómalo con altas temperaturas del mar en la costa norte que puede coincidir con el FEN o El Niño Global pero no necesariamente (MINAM, IGP, 2017).

Como consecuencia de este fenómeno, en la zona de estudio se produce un aumento de las lluvias y en las partes altas de la cordillera se incrementa la nevada, lo que se convierte en un factor desencadenante a tomar en consideración.

F. Peligros

Peligro

“El peligro es la 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 intensidad y un período de tiempo y frecuencia definidos”¹.

Se puede afirmar que los peligros de origen natural son procesos relacionados con la geología, geomorfología, hidrología y otros, que relacionan con determinadas geoformas como conos deyección, terrazas aluviales, talud de derrubios y otros. En este plano la sociedad mediante la planificación debería

¹ Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)

restringir su ocupación de lo contrario estaría exponiendo a ser impactado por los mencionados fenómenos.

- **Clasificación de peligros**

Los peligros de origen natural se suelen clasificar por su vinculación con alguna disciplina de las ciencias de la Tierra. Por tal razón se suele tener la siguiente clasificación.

a. Peligros geológicos

Se trata de los peligros relacionados no solo con la geología sino también por la geomorfología como:

Los de geodinámica interna:

Sismos, pueden ser originados por la convergencia y subducción de la placa de Nazca por debajo de la sudamericana o por fallas geológicas regionales y locales (Tavera, 2014).

Los de geodinámica externa:

En las laderas (interfluvios): deslizamientos, caídas

En el caso de los deslizamientos se pueden mencionar a los deslizamientos traslacionales (productos de los corrientes de las partes altas de laderas hacia abajo por la gravedad, el agua y peso de los materiales detríticos), los deslizamientos rotacionales o soliflucción derivados de movimientos plásticos teniendo como elemento esencial a la arcilla. Las caídas en estos casos están vinculados muchas veces a los deslizamientos o por efecto de un sismo o pérdida de inercia de un derrubio. También se suele considerar a estos movimientos de laderas como flujo de derrubios normalmente cuando el agua derivados de precipitaciones pluviales es el factor desencadenante del proceso.

En los cauces: aluviones (huaycos)

Los aluviones son procesos que tienen diversas intensidades y dependerá de las “inyecciones” que reciba de las laderas derivados de los deslizamientos. En estos casos se suele considerar en el Perú, como flujos de detritos o flujos de lodo para

precisar el elemento relevante. Asimismo, si el flujo de detritos es muy intenso o violento se suele clasificarlos como aluvión o huayco.

El cauce normalmente se suele denominar en nuestro país como de río o quebrada lo cual es válido para los estudios hidrográficos. Sin embargo, para los casos de la geomorfología aplicada los eventos aluviónicos se desarrollan de cauces de torrentes. Los valles glaciares que disectan la Cordillera Blanca, como por ejemplo Cojup y Quillcay, durante el Cuaternario han ocurrido eventos aluviónicos (o torrenciales) interviniendo como agentes, el agua (fluvial) y glacial (avalanchas glaciares) combinados. En este último caso se puede agregar los eventos sísmicos como uno de los procesos que intervienen en los eventos torrenciales. Conviene precisar que las aludidas acciones aluviónicas sobre los cauces son cortantes en dirección vertical, incorporando al lecho material detrítico resultante de la excavación del propio lecho. Es decir, estamos hablando de procesos de erosión intensos o de movimientos en masa profundo que adicionalmente puede incorporar parte de las terrazas que se van derrumbando en la mencionada excavación del cauce.

b. Peligros hidrometeorológicos

En este campo se encuentran los fenómenos de precipitaciones intensas por varias horas o días que pueden causar inundaciones en diversos puntos del país. De otro modo, las altas precipitaciones derivadas de anomalías termo-oceánicas como El Niño, trasvases de masa de vapor de agua de una vertiente a otra, en ambos casos no suelen ser considerados “normales”.

De otra parte, se tienen las inundaciones que impactan terrazas aluviales o planicies producto de las crecidas de los ríos que ocurren durante los retornos de máximos caudales.

Las heladas y las sequías es otro de fenómenos que se basan el primero en una disminución de la temperatura ambiental (bajo cero) y el segundo a la ausencia prolongada de las precipitaciones. En estos se vinculan con actividades económicas que con la ocurrencia de los mencionados fenómenos se afectan causando pérdidas económicas y hasta humanas.

c. Peligros de origen múltiple

En años recientes se suele utilizar el mencionado término para reconocer que cuando se produce un fenómeno de origen natural en realidad es consecuencia de otro y durante su desarrollo se van manifestando otros de naturaleza “secundaria”. Por ejemplo, una caída puede ser consecuencia de un sismo en este caso en la práctica se están conjugando no solo el efecto sino también una de las causas. Otro ejemplo, cuando se produce un aluvión, en realidad también se manifiesta deslizamientos, caídas y lluvias intensas, etc.

- Susceptibilidad a los movimientos en masa

En el método de Evaluación de Riesgos (EVAR) del CENEPRED² se viene considerando la situación de “Condicionante” los lugares o espacios donde normalmente ocurren peligros de origen natural (deslizamientos, aluviones, caídas, otros). Sobre todo, las alertas tempranas durante las semanas o días previos “a la [probable] ocurrencia de [un fenómeno] de origen natural” (Huaricacha, 2018, p. 86) porque los factores “Detonantes” están siendo importantes como por ejemplo las lluvias. Ejemplos típicos serían los torrentes donde se pueden estar iniciando movimientos en masa, como en los casos los distritos de Lurigancho Chosica, en Lima, o en los valles de origen glaciar en la Cordillera Blanca.

Peligros del área de estudio

Dentro de los estudios realizados por diferentes instituciones Internacionales, se ha recogido el estudio realizado por el Centro de Investigaciones en Recursos Hídricos (CRWR) de The University of Texas at Austin en conjunto con el Instituto de Montaña; proyecto financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), quienes elaboraron un estudio de modelamiento muy detallado empleando levantamiento fotogramétrico y LIDAR con muy alta resolución (menor a 1 metro), para lo cual consideraron peligro de avalancha por desprendimiento de roca y hielo, sin considerar el desborde de la laguna por movimiento sísmico.

² Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre

Se simularon 2 escenarios de inundación por aluvión proveniente de la laguna de Palcacocha, que tiene una profundidad máxima de 73 m, determinada por estudios de batimetría realizados por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) , el cual erosionaría la morrena frontal, uno de ellos con una brecha de erosión de 22.5 m y otra de 56 m, siendo esta última la de mayor impacto sobre la ciudad de Huaraz; como parte del Proyecto “Inundation Modeling of a Potential Glacial Lake Outburst Flood in Huaraz, Peru” – GLOF elaborado en 2014 (Ver mapa de peligros de inundación extremo – 56 m).

Este estudio, sirvió de base para que posteriormente lo tenga en cuenta el Proyecto Glaciares, desarrollado por la Universidad de Zurich en 2016, el cual elaboró el Mapa de zonas seguras y rutas de evacuación ante aluviones en Huaraz – Independencia, Zona baja - subcuenca del río Quillcay (Ver mapa de peligros ante aluviones).

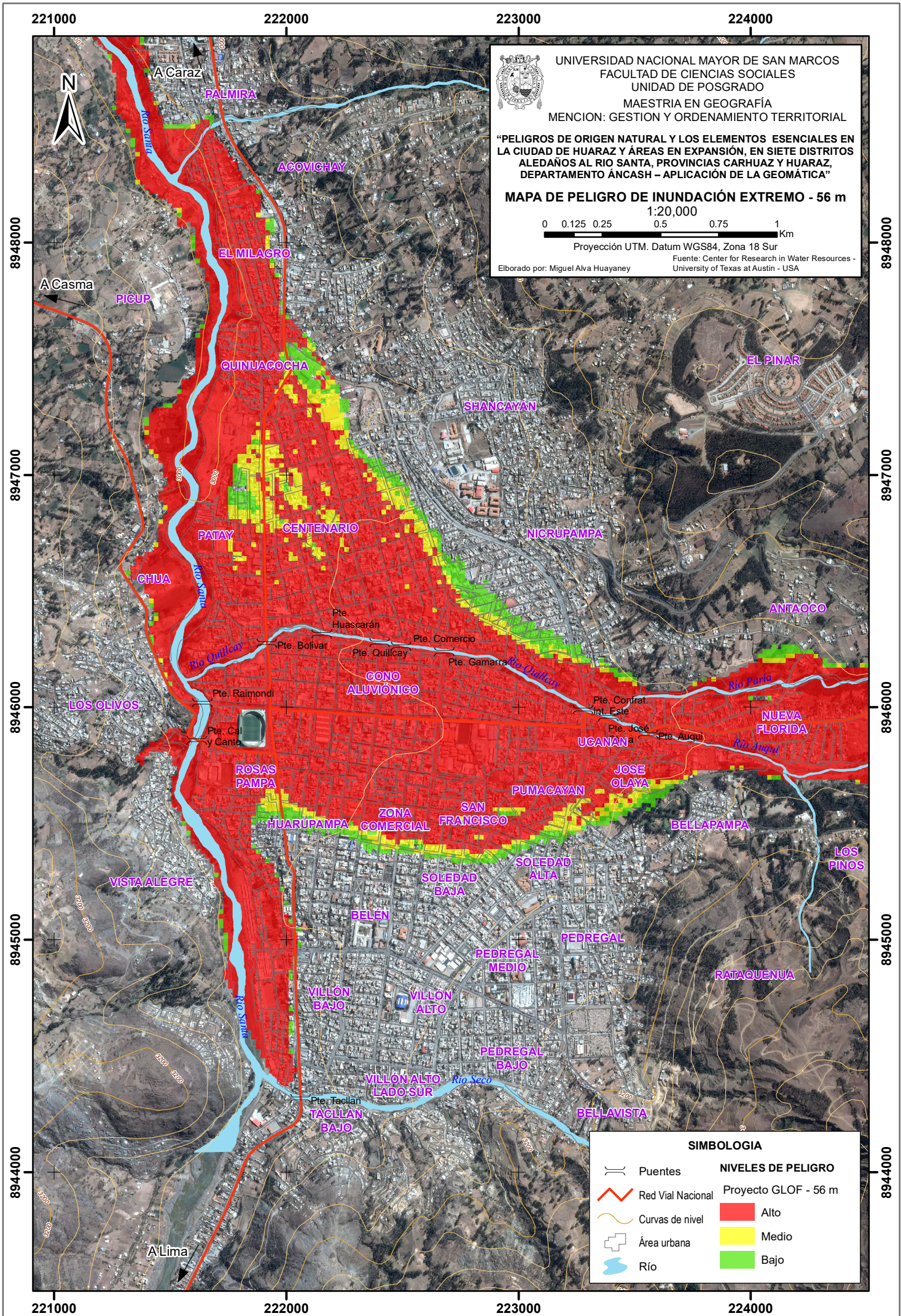


Figura 5. Mapa de peligros de inundación extremo

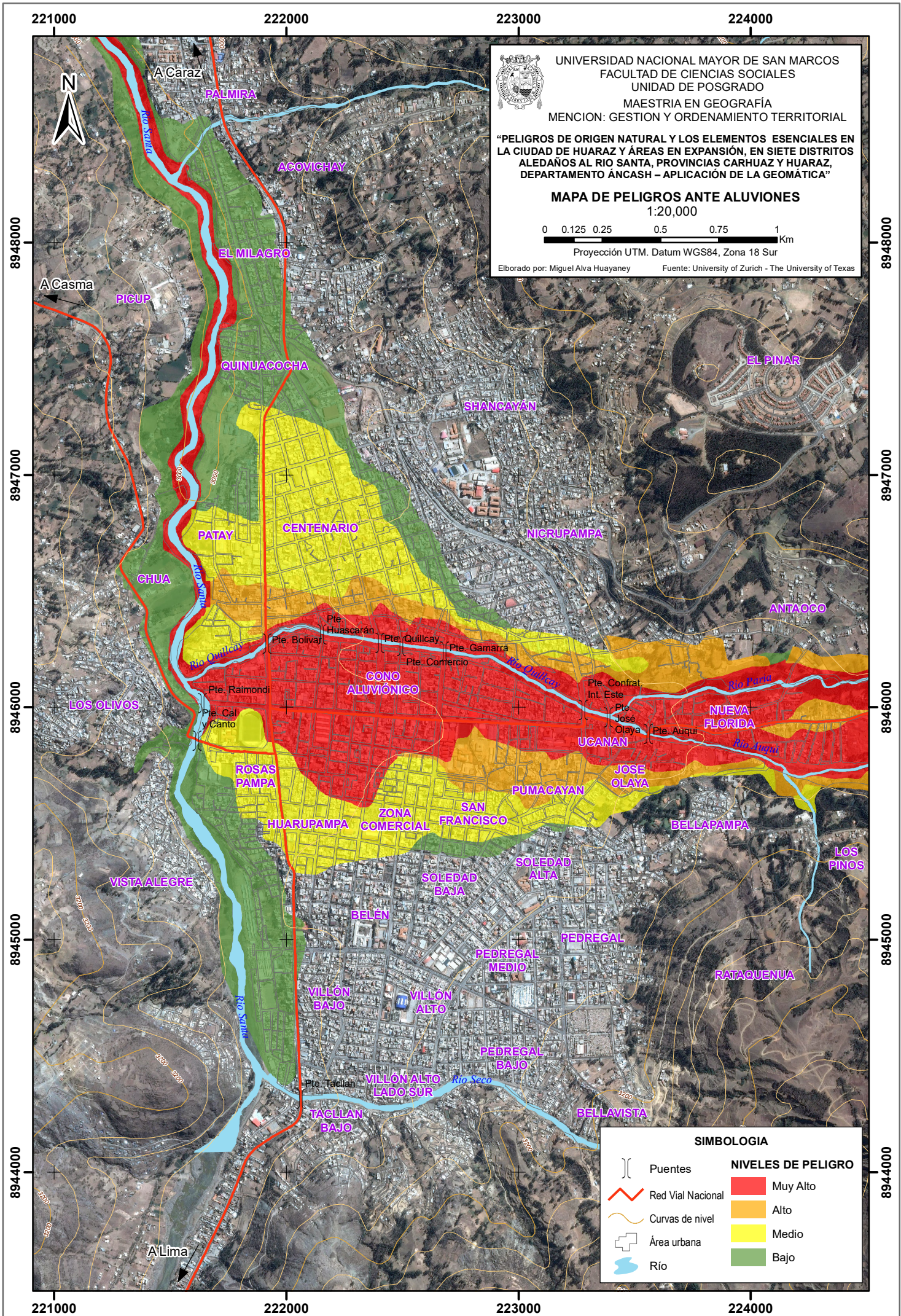


Figura 6. Mapa de peligros ante aluviones

2.2.2 Elementos esenciales

2.2.2.1 Territorio

En el artículo 87° en el Reglamento de la Ley Orgánica sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad – DS N° 068-2001-PCM contiene uno de los conceptos de territorio que más se adecua al presente estudio: “Territorio espacio geográfico vinculado a un grupo social, que resulta a partir de los espacios proyectados por grupos sociales a través de redes, circuitos y flujos”.

2.2.2.2 Proceso histórico de ocupación

En el Documento: Bases conceptuales y metodológicas para la elaboración de la Guía Nacional de Ordenamiento Territorial, preparado en el año 2006 por MINAM se precisa que el “Territorio es considerado como un producto social e histórico dotado de una determinada base de recursos naturales, de ciertas formas de producción, consumo e intercambio y de una red de instituciones y formas de organización que dan cohesión al resto de elementos”.

2.2.3 Vulnerabilidad de elementos esenciales

Vulnerabilidad

Uno de los conceptos mejor estructurados es la expresa por Allan Lavell: “Vulnerabilidad es el factor del riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado, de ser susceptible a sufrir daño, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un fenómeno peligroso de origen natural o causado por el hombre se manifieste. Las diferencias de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determinan el carácter selectivo de la severidad de sus efectos”.

Asimismo, la vulnerabilidad es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza³.

Análisis de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad se puede estudiar descomponiendo sus factores en “Exposición, fragilidad y resiliencia.

a. Exposición. Está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio o [a las] políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición mayor vulnerabilidad” (PREDES, 2011).

“b. Fragilidad. Esta referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo, formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción o materiales, entre otros. A mayor fragilidad mayor vulnerabilidad” (PREDES, 2011).

“c. Resiliencia. Es la capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y [de] recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro”⁴.

Vulnerabilidad de las líneas vitales

Las condiciones de las líneas vitales como infraestructura vial, agua, desagüe, energía eléctrica, así como de la infraestructura de soporte (sistema de drenaje, lagunas de oxidación, botaderos de residuos sólidos).

³ Reglamento de la Ley N° 29664, aprobado mediante DS N° 048-2011-PCM, publicado año 2011

⁴ Reglamento de la Ley N° 29664, aprobado mediante DS N° 048-2011-PCM, publicado año 2011

Elementos esenciales

De acuerdo a la teoría formulada por D'Ecorle en sus estudios sobre riesgos urbanos donde se afirma que “no existe política de prevención eficaz que pueda cubrir todos los aspectos de un territorio. Es entonces lógico, en primer lugar, plantearse las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los elementos esenciales del sistema territorial urbano, cuya pérdida sería más perjudicial para el conjunto de la población?, ¿Cuáles son los elementos que se quiere preservar a toda costa?

Según D'Ecorle “Se debe también, y ante todo, lograr determinar, en medio de todas esas cosas que son importantes, lo que lo es aún más, en otros términos, lo esencial. Este procedimiento se debe inscribir en la evolución perceptible del concepto del riesgo”.

Por lo tanto, la propuesta conceptual de D'Ecorle consiste en ubicar los elementos esenciales en el centro de la definición del riesgo.

En esta tesis se ha estudiado los puentes de la ciudad de Huaraz y áreas de expansión como uno de los elementos esenciales y su importancia se basa en la siguiente expresión de D'Ecorle “La red vial, soporte de la movilidad, se organiza en torno a ejes de gran capacidad y nodos esenciales constituidos por intersecciones neurálgicas”.

2.2.4 Bases teóricas de los estudios de Riesgos

Riesgo

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 peligro⁵, por tanto, el riesgo es la estimación cualitativa o cuantitativa del daño potencial a la sociedad generado por un fenómeno peligroso de origen natural o humano (tecnológico) en un contexto espacio-temporal dado.

El riesgo, es el resultado de la exposición de la construcción hecha por el hombre, con un grado de vulnerabilidad que le es inherente, frente al peligro que será

⁵ Reglamento de la Ley N° 29664, aprobado mediante DS N° 048-2011-PCM, publicado año 2011

sometida. “Evaluación esperada de probables víctimas, pérdidas y daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. El riesgo, el peligro y la vulnerabilidad se expresan en términos de probabilidad, entre 1 y 100” (INDECI, 2011).

Por lo tanto, se puede concebir el Riesgo como una creación humana, una construcción social producto del “desconocimiento” de la dinámica y alcance de los procesos naturales en sus manifestaciones extremas, situación a la que se suman los problemas socio-económicos, los culturales y la carencia de cuerpos normativos que regulen adecuadamente el uso del espacio, y propendan a alcanzar una situación de sostenibilidad.

Gestión internacional de los riesgos

Los Desastres que impactaron en el Mundo sobre en los países que se encuentran en el ámbito del Cinturón de Fuego del Pacífico motivó la ejecución de los siguientes eventos mundiales para reducir los Riesgos de Desastres.

- La Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Naturales, Yokohama, Japón, del 23 al 27 de mayo de 1994. Evento llevado a cabo en el marco del Decenio Internacional para la Reducción Internacional de Desastres. Se destaca esta primera afirmación “Las pérdidas humanas y económicas causadas por desastres naturales han venido en aumento en los últimos años y la sociedad en general se ha hecho más vulnerable a esos desastres. Los más perjudicados por los desastres naturales o de otra índole suelen ser los pobres y los grupos en situación social desventajosa de países en desarrollo, que son quienes cuentan con menos medios para hacerles frente”.
- Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, 18 a 22 de enero de 2005, Hyogo, Japón. Marco de Acción de Hyogo para 2005 – 2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y de las comunidades ante desastres. En el evento se señalaron “las siguientes 5 acciones:
 1. Velar por que la reducción de los riesgos de desastre constituya una prioridad nacional y local dotada de una sólida base institucional de aplicación.

2. Identificar, evaluar y vigilar los riesgos de desastre y potenciar la alerta temprana.
 3. Utilizar los conocimientos, las innovaciones y la educación para crear una cultura de seguridad y de resiliencia a todo nivel.
 4. Reducir los factores de riesgo subyacentes.
 5. Fortalecer la preparación para casos de desastre a fin de asegurar una respuesta eficaz a todo nivel” (2005).
- Marco de Sendai para la Reducción del riesgo de Desastres 2015-2030, fue aprobado en la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, celebrada del 14 al 18 de marzo de 2015 en Sendai, Miyagi (Japón), tiene como Objetivo: “Orientar la gestión del riesgo de desastres en relación con amenazas múltiples en el desarrollo a todos los niveles, así como en todos los sectores y entre un sector y otro” (Naciones Unidas, 2015, p. 11). En el mencionado evento se aprobaron “7 metas mundiales:
1. Reducir considerablemente la mortalidad mundial causada por desastres para 2030.
 2. Reducir considerablemente la mortalidad mundial causada por desastres para 2030.
 3. Reducir considerablemente el número de personas afectadas a nivel mundial para 2030.
 4. Reducir las pérdidas económicas en relación con el PIB mundial para 2030.
 5. **Reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos para 2030.**
 6. Incrementar considerablemente el número de países que cuentan con estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional y local para 2020.
 7. Mejorar considerablemente la cooperación internacional para los países en desarrollo para 2030.
 8. Incrementar considerablemente la disponibilidad de los sistemas de alerta temprana y de información y evaluación sobre el riesgo de desastres para 2030” (Naciones Unidas, 2015, p. 11).

La quinta meta mundial tiene que ver directamente con el tema de la presente investigación, es decir la importancia de las infraestructuras vitales en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Es decir, los elementos esenciales de la ciudad de Huaraz y sus áreas de expansión.

Gestión de Riesgos de Desastres

“La Gestión de Riesgos de Desastres – GdR - es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgos de desastres en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastres, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional de manera sostenible”⁶.

Gestión de Riesgos en el Perú

En el Perú la Gestión de Riesgos que viene impulsando GENEPRD está compuesto de 7 procesos: estimación, prevención, reducción, preparación, respuesta, rehabilitación y reconstrucción. Entre ellas la reducción es uno de los que más se está gestionando en nuestro país, sobre todo en los espacios donde la población donde viene sufriendo riesgo de desastres. Las autoridades sectores, regionales y locales, promover la construcción de obras de “defensas” estructurales a fin de reducir las pérdidas humanas, económicas y materiales.

A. Reducción

“El proceso de reducción del riesgo comprende las acciones que se realizan para reducir las vulnerabilidades y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible”⁷.

En este marco se disponen de las medidas de Mitigación como acciones para reducir los riesgos.

⁶ Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)

⁷ Decreto Supremo N° 048-2011-PCM

a. Estructurales

“Las medidas estructurales, es cualquier construcción física para reducir o evitar los riesgos o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a los peligros”⁸.

Las medidas de mitigación que más se emplean en nuestro país están clasificadas en la obra “Manejo de cuencas” de Absalón Vásquez y se puede resumir de la siguiente manera:

- Enrocado con roca colocada

Cuando la roca está colocada con ayuda de cargador frontal, excavadora o con pala mecánica.

- Estructuras de concreto

Estas obras son construidas sobre la base de concreto y sirven para la protección de la acción erosiva del río, por ejemplo, muros de concreto armado.

- Gaviones

Son estructuras flexibles construidas por una red de malla hexagonal tejida a doble torsión. El alambre galvanizado tiene un recubrimiento plastificado.

El llenado de las cajas del gavión se hace normalmente sobre la base de cantos que se encuentra en los cauces de los ríos.

- Temporales

Construidas por un periodo de avenida de costos relativamente bajos no requiere mayor especialización. Su finalidad es desviar el flujo del agua de los terrenos de cultivo. Terraplenes: Consiste en la acumulación de material del río mediante maquinaria pesada. Esta acumulación se efectúa con el objeto de desviar el flujo y proteger terrenos de cultivo. El material acumulado no es compacto.

⁸ Decreto Supremo N° 048-2011-PCM

- Limpieza de cauce

Consiste en realizar la limpieza y darle uniformidad al cauce del río para lo cual se utiliza maquinaria pesada, con la finalidad de recuperar la pendiente y obtener una sección en el tramo crítico.



Figura 7 Limpieza de cauce en la confluencia de ríos Auqui y Paria, en el cono aluvial.
Fuente. Archivo personal, fecha de toma: 25 abril de 2019

b. Defensas vivas, reforestación

Constituida por variedades de árboles y arbustos de buena densidad dispuestas en ambas márgenes de los ríos, manteniendo un ancho de 30 a 40 m., lo cual en cierta manera constituye una garantía de su protección. La acción de la sociedad y la inadecuada explotación del área con fines de usos de madera, leña y otros, originan el debilitamiento de los cauces y riberas, ocasionando que el río se desborde impactando construcciones.

B. Prevención o cultura de prevención

Es el conjunto de valores, principios, conocimientos y actitudes de una sociedad que le permiten identificar, prevenir, reducir, prepararse, reaccionar y recuperarse de las emergencias o desastres.

Entre las principales medidas de prevención tenemos a Planificación que se verá más adelante, sin embargo, normalmente la población ya se encuentra en situación de riesgos. Por esa razón, una de las medidas preventivas de mayor

atención en la actualidad es el señalamiento de las Franjas marginales porque se puede gestionar con ciertas limitaciones debido al proceso de urbanización en marcha.

- **Medida de Prevención: Faja Marginal**

La faja marginal es un espacio aledaño a un curso de agua como si fuese una banda que debe mantenerse intangible porque por un lado es propiedad del Estado y por otra es un espacio que puede ser impactada durante las máximas crecidas de un curso de agua. Entre los criterios para delimitar fajas marginales aprobadas con el mencionado dispositivo destacan dos que se relacionan con la presente tesis:

- a. El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces.
- b. La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua. No se consideran las máximas crecidas registradas por causas de eventos excepcionales.

2.2.5 Ordenamiento territorial

Ordenamiento territorial

En el plano de los conceptos formulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM). El Ordenamiento Territorial es una política de Estado, un proceso político y técnico administrativo de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos para la ocupación ordenada y usos sostenible del territorio, la regulación y promoción de la localización y desarrollo sostenible de los asentamientos humanos, de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial sobre la base de la identificación de potencialidades y limitaciones considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos.

Planificación

La planificación puede definirse como “la regulación del uso del suelo”, o como “la regulación de la distribución espacial de las actividades y ambiente dentro de un área geográfica dada” (WOOD y LEE, 1978).

Planificación física, ecológica o ambiental

Pretende situar en el espacio los usos y actividades humanas, sujetos a las restricciones y posibilidades del medio físico, tanto para salvaguardar éste, como para el desarrollo de actividades. La planificación física intenta representar un territorio con todas sus interrelaciones, no sólo las biológicas y su objetivo es asignar usos del suelo con criterios ecológicos, económicos, técnicos y sociales (Martínez, 2006).

Planificación urbana – PDU 2012 - 2022

La Municipalidad Provincial de Huaraz, realizó la actualización del Plan de Desarrollo Urbano 2012 – 2022, aprobado con Ordenanza Municipal N° 001 - 2017-MPH en febrero de 2017; el cual contempla entre sus “normas:

- Actualización de la zona de expansión urbana.
- Actualización de la zonificación.
- Delimitación de las fajas marginales y seguridad.
- Normas urbanísticas, complementarias, generales y concordadas”.

Dicho plan contempla en el Art 2º lo relacionado con la localización de las zonas de riesgo ante fenómenos naturales y riesgos por atentados ecológicos, planteando alternativas de mitigación y prevención.

La Zona de Reglamentación Especial ZRE – 3: Nueva Florida, comprende la confluencia de los ríos Auqui y Paria, que actualmente está ocupada por la urbanización Nueva Florida, considerada una zona de muy alto riesgo ante crecida de los ríos y aluviones calificada así por múltiples estudios como el “Plan de Prevención ante Desastres, Uso del Suelo y medidas de Mitigación – Ciudad de Huaraz” implementado por INDECI y fue aprobada con ordenanza Municipal N° 003-2005-MPH vigente actualmente; sin embargo podemos apreciar en las imágenes de satélite como se ha urbanizado sin control a la fecha.

Cobertura y uso – CORINE

El proyecto CORINE (Coordination of Information on the Environment) LandCover dirigido por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) y tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos europea a escala 1:100.000 sobre la cobertura y uso del

territorio mediante la interpretación a través de las imágenes recogidas por la serie de satélites LandSat y SPOT. En su primera etapa fue un proyecto basado en la fotointerpretación y no en la clasificación automatizada. Su metodología es común, y le permite evaluar los cambios en el territorio desde que se inició el citado proyecto en 1987; teniendo como su principal fin el de facilitar la toma de decisiones en materia de política territorial y medio ambiente dentro de la Unión Europea. Aunque CORINE Land Cover finalizó en el año 2000, en la actualidad tiene su continuación en el proyecto denominado Image & CORINE Land Cover 2000 (I&CLC2000), cuyo objetivo es actualizar la base de datos CORINE LandCover (CLC).

En nuestro país, la Comunidad Andina de Naciones, el Ministerio del Ambiente, y la Universidad Nacional Agraria La Molina durante los años 2008 y 2009 realizaron un convenio para el desarrollo de un proyecto denominado "Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina" el cuál nos permitió implementar dicha metodología para la generación de información que apoye a la toma de decisiones orientadas a la planificación y ordenamiento del territorio.

En el año 2013 se promulgó la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAN que aprueba los instrumentos técnicos sustentatorios del ordenamiento territorial dentro de los cuales se incorpora un nuevo instrumento denominado Estudios Especializados (EE) orientados a complementar información de la ZEE para elaborar el Diagnóstico Integrado del Territorio (DIT) y la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), siendo uno de los estudios requeridos Estudio de las Dinámicas de Cambio de la Cobertura y Uso de la Tierra, siendo el MINAM quien brinde asistencia técnica a los gobiernos regionales que lo requieran.

2.2.6 Desastres

Concepto de desastres

“Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro u amenaza cuya intensidad genera

graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana”⁹.

El concepto anterior ha sido criticado por los científicos sociales porque la causa de los daños es atribuida al evento físico (paradigma fisicalista) sin tener en cuenta que la ocupación y alteraciones del medio es una construcción social. Por tal razón, se puede señalar en adición los siguientes conceptos de desastres.

Un desastre es el fin de un proceso, a veces muy largo, de construcción de condiciones de riesgo en la sociedad. Esta realización ocurre en el momento en que un determinado evento físico, sea este un huracán, sismo, explosión, incendio, u otro ocurre y con ello muestra las condiciones de vulnerabilidad existentes, revela el riesgo latente y lo convierte en un producto, con consecuencias en términos de pérdidas y daños. Los desastres se explican en el conjunto de condiciones económicas, sociales y ambientales, según Lavell.

Desastres ocurridos en la zona de estudio (1941 – 1970)

Históricamente la ciudad de Huaraz, se ha visto afectado por diferentes desastres, que han afectado su normal desarrollo, entre los que más daños han ocasionado, podemos mencionar:

- Aluvión del 13 de diciembre de 1941, que arrasó gran parte de la ciudad en el sector comprendido como el Cono Aluviónico, causando la muerte de 5 000 personas y destruyendo totalmente la infraestructura urbana y vial (puentes).
- Terremoto del 31 de mayo de 1970, que destruyó gran parte de la ciudad de Huaraz, principalmente los barrios de la Soledad, San Francisco, Huarupampa, Belén y el centro comercial, ocasionando más de 10 000 víctimas, a partir de la cual fue reconstruida la ciudad en gran parte de manera planificada.

⁹ Decreto Supremo N° 048-2011-PCM



Figura 8 Fotografía aérea tomada el 29 de diciembre de 1943, dos años después del aluvión de 1941, notase la zona destruida.

Fuente. Servicio Aereo Fotografico Nacional.



Figura 9 Vista aérea de la zona afectada por el aluvión del 13 de diciembre de 1941.

Fuente. Terminal-moraine-failure-Huaraz-Peru-Photos-Hans-Kinzl-and-Erwin-Schneider-above

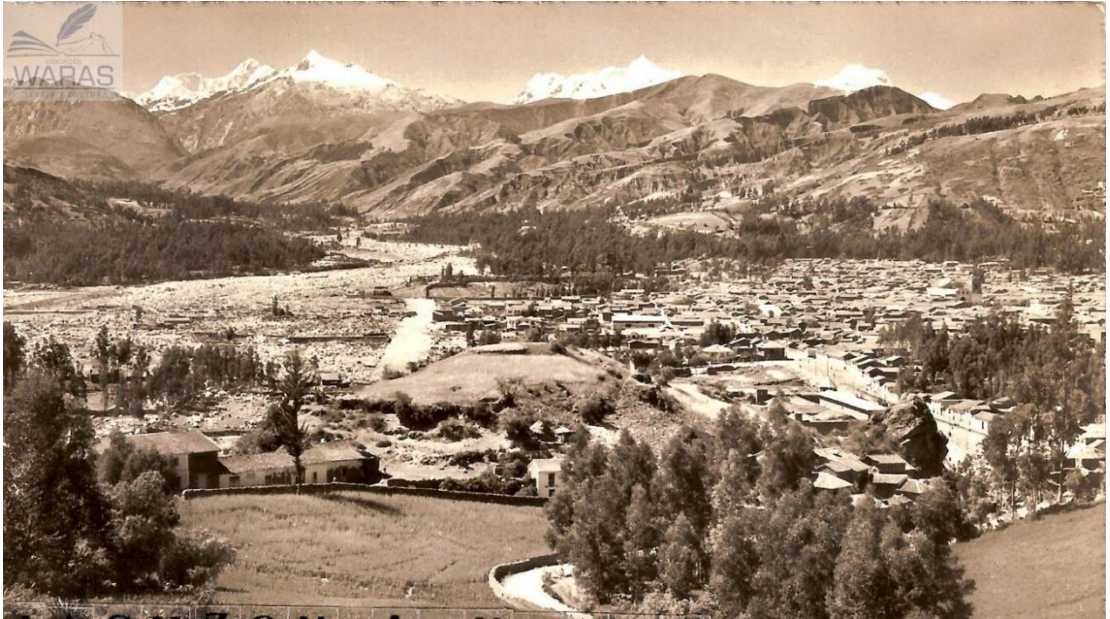


Figura 10 Vista de la ciudad de Huaraz desde la Cordillera Negra: se observa la nave central de la Catedral en construcción y la zona aluviónica (1950).
Fuente. Fotografo Anonimo. Archivo Max Aguirre



Figura 11 Vista de la ciudad de Huaraz en escombros (1970).
Fotografo: Corporación Peruana del Santa. Archivo: Giber G. Alamo
Fuente: Asociación Waras, Ciencia y Cultura



Figura 12 Ciudad de Huaraz después de limpieza de viviendas destruidas, previas a la reconstrucción.
Fuente: Asociación Waras, Ciencia y Cultura



Figura 13 Ciudad de Huaraz destruida por el terremoto de 1970. Vista desde la Cordillera Negra (1970).
Fotografo: Miguel Sotomayor Castro. Archivo: Alejandro Castiglioni Virhuez
Fuente: Asociación Waras, Ciencia y Cultura

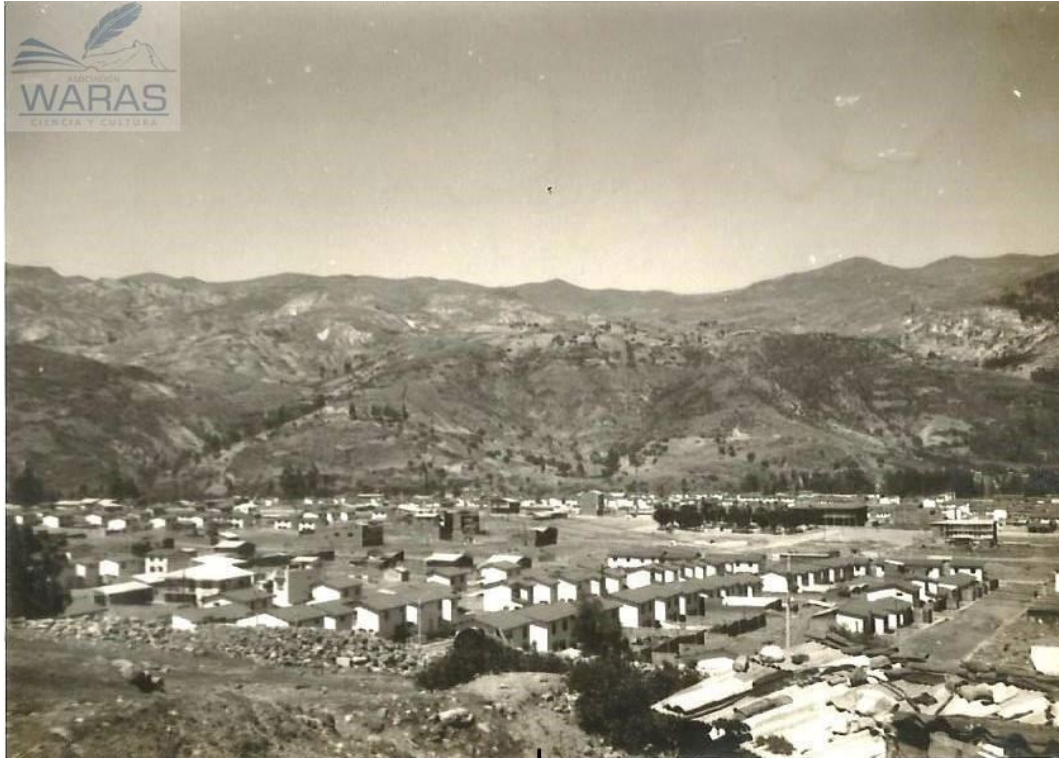


Figura 14 Ciudad de Huaraz en Reconstrucción, Barrio San Francisco (1976).
Fotografo: Miguel Sotomayor Castro. Archivo: Familia Sotomayor
Fuente: Asociación Waras, Ciencia y Cultura

2.2 Antecedentes de Investigación

Entre los antecedentes de investigaciones realizadas en la zona de estudio, tenemos al realizado por el INDECI, quien con el apoyo del PNUD en 2003, realizó el estudio: “Plan de prevención ante desastres: usos del suelo y medidas de mitigación – ciudad de Huaraz”. Dentro del Proyecto INDECI – PNUD PER / 02 / 051 Ciudades Sostenibles. Este estudio tuvo por finalidad la realización de una propuesta de mitigación que le permita a la Municipalidad Provincial de Huaraz e Independencia orientar sus políticas y acciones relacionadas al desarrollo urbano, teniendo como base la seguridad física ante peligros de origen natural y antrópicos. Permitió la identificación de sectores críticos mediante la estimación de los niveles de riesgo de la ciudad, evaluando los peligros y la vulnerabilidad.

Teniendo como referencia esta investigación, la ONG ITDG en el año 2003, desarrollo la investigación titulada: “Identificación de las amenazas en las localidades de Huaraz, Independencia, Yungay, Ranrahirca y centros poblados

de Coyllur, Encayoc-Arhuay y Huashao”; que formó parte del proyecto: “Fortalecimiento de las capacidades para responder a emergencias en el Callejón de Huaylas – Perú, elaborado por el Ing. Cesar Portocarrero Rodríguez, este estudio permitió caracterizar la ciudad de Huaraz, analizando las amenazas que la afectan principalmente la sismicidad y aluviones, recomendando que se deben realizar estudios para comprobar las condiciones de seguridad de las lagunas situadas en las cabeceras de las cuencas de los ríos que drenan hacia la ciudad de Huaraz bajo las nuevas condiciones sobretodo el retroceso glaciar acelerado como parte del cambio climático, para lo cual se debe realizar una minuciosa evaluación de campo y el modelamiento de los posibles flujos que podrían originarse.

Posteriormente Orlando Chuquisengo y Pedro Ferradas de la ONG Soluciones Prácticas – ITDG en el año 2007, realizaron la investigación titulada: “Gestión de riesgos en Ancash: Experiencias y Propuestas”. Este estudio centra su atención en unos de los departamentos del Perú que tiene un historial dramático sobre los desastres ocurridos, sentando su atención en las amenazas y vulnerabilidad. Realiza una evaluación de riesgos y diversas propuestas para mejorar la situación, fortaleciendo la necesidad que la población u actores locales estén capacitados, organizados para poder reducir el riesgo de desastres, fortaleciendo su capacidad de resiliencia. Analiza históricamente los desastres ocurridos en el país, donde Ancash y Lima se muestran como los departamentos con mayor número de desastres como sismos, huaycos, aluviones e inundaciones.

Otra investigación realizada por Vladimir Ferro en 2009, fue la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, titulada: “Lineamientos de desarrollo para la ciudad de Huaraz”. Esta investigación centra su interés en el análisis del estado actual de desarrollo y del grado de riesgo a desastres de la ciudad de Huaraz, que le permitan establecer una base de conocimientos para la planificación territorial urbana. Analiza el proceso histórico de desarrollo y la situación actual de cómo están distribuidas las actividades urbanas para poder satisfacer las necesidades de la población demandante.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Elementos esenciales

Elementos del territorio indispensables para su funcionamiento, que deben tomarse en cuenta prioritariamente (es decir tomar medidas preventivas) en la “medida en que su pérdida (o su daño) constituirá un hándicap (desventaja) mayor para la comunidad” (D’Ercole y Metzger, 2002). El concepto de elementos esenciales está relacionado con la importancia que tiene una infraestructura en el tejido urbano. La ciudad puede estar sectorizado en grandes espacios que están conectados normalmente con vías locales y nacionales. La importancia, de esas vías, radica en que una eventual interrupción de su funcionamiento afecta las actividades económicas y a la población en general de una ciudad.

A nivel intra-urbano hay avenidas que funcionan como arterías que su interrupción también determina diferentes afectaciones a la población y a las actividades económicas. Las ciudades se asientan sobre determinadas geoformas que pueden tener una topografía llana, inclinada u ondulada. Asimismo, las ciudades pueden ser disectadas por ríos, quebradas o torrentes que podrían tener una geodinámica externa muy particular. Es decir, los factores físicos o de soporte están relacionados con la morfología urbana. En este último aspecto determinadas vías, avenidas o puentes resultan muy importante para el acceso de grandes sectores de una ciudad donde se puede concentrar gran parte de la población, unidades productivas o instituciones públicas o privadas. En ese sentido, la sostenibilidad en el largo plazo de algunos elementos esenciales de la ciudad resulta vitales para su desarrollo. Si una ciudad esta articulado por una red de vías y avenidas, así como puentes, u otros, algunos de ellos resultan de mayor importancia a los cuales se les denomina “elementos esenciales”. En el caso de los puentes, aeropuertos, hospitales u otros, resultan a su vez lugares esenciales. Si esos lugares son afectados o dañados impactan negativamente a gran parte de la población y de las actividades económicas en una ciudad.

El mencionado concepto tiene aplicación para la gestión de riesgos, sobre todo en ciudades donde la población viene sufriendo riesgos de desastres. En este contexto resaltan las ciudades que tienen antecedentes de haber sufrido desastres debido a su exposición al impacto a algún fenómeno de origen natural. Por tal razón, los elementos esenciales de una ciudad tienen esa condición luego de evaluar cada uno de ellos señalando los que resulten de mayor importancia con el objetivo de prevenir mejor los riesgos de desastres.

2.3.2 Metodología para identificar elementos esenciales

Los métodos para identificar elementos esenciales en una ciudad están planteados por D'Ercole, en su obra "Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito". Sobre la base del mencionado trabajo el método se puede resumir de la siguiente manera:

- El primero se refiere a la población, a las necesidades que tiene sobre todo los servicios de educación (escuelas, universidades), salud (hospitales), así como la recreación.
- El segundo comprende los elementos relacionados con la logística urbana entre ellos servicios (luz, agua, telecomunicaciones, combustibles) e infraestructura (vías, puentes).
- El tercero se refiere a la dependencia de las actividades económicas al punto anterior (logística urbana). El desarrollo de una ciudad y un territorio en general va depender mucho de esa logística urbana.
- Normalmente, la mencionada metodología se apoya utilizando las herramientas de los sistemas de información geográfica, para visualizar y analizar los elementos esenciales en una ciudad o espacio urbano.

2.4 Hipótesis

Hipótesis general

Los niveles de peligros que amenazan los elementos esenciales, en el área de estudio, son muy altos.

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

El tipo de investigación es del tipo explicativo causal, no existiendo estudios similares en el país. Se va a analizar y caracterizar cualitativamente y cuantitativamente los peligros de origen natural y a los elementos esenciales expuestos a estos impactos. También se considera que es una investigación de geografía aplicada, a través de la geomática; cuyos resultados son fundamentales para formular estrategias de prevención de desastres y reducción de los efectos de los riesgos, en el marco de la planificación del uso de suelo.

3.1 Procedimiento metodológico

Etapas: La metodología aplicada en la presente investigación, ha seguido el siguiente procedimiento:

3.1.1 Primera Etapa:

Se realizaron trabajos preparatorios de la información que va a sustentar la investigación.

1. Delimitación del área de estudio

Los límites del área de estudio están comprendidos entre las coordenadas (ver mapa base):

Proyección UTM, Zona 18 Sur - Datum WGS 1984:

212 153 mE, 8 972 142 mE

237 191mN, 8 937 774 mN

En el sistema de coordenadas geográficas:

9° 17' 21.6558" LS, 77° 37' 14.0304" LW

9° 36' 0.8202" LS, 77° 23' 39.2634" LW

Por el Oeste comprende la parte baja de la Cordillera Negra, hasta la parte de la expansión urbana de la ciudad de Huaraz y el aeropuerto de Anta. Por el Este, abarca hasta las proximidades de la Zona de amortiguamiento del

Parque Nacional Huascarán, esta ampliación tiene su fundamento en la expansión de la ciudad de Huaraz a las conurbaciones de Marian, Unchus, Wuilcawain, Pariac y centros poblados aledaños. En la parte norte comprende hasta el aeropuerto de Anta, en la parte Sur hasta el barrio de Tacllán.

Política y administrativamente, esta área de estudio comprende los siguientes distritos distribuidos en dos provincias:

Provincia de Huaraz: Distritos de Huaraz, Independencia, Taricá y Jangas

Provincia de Carhuaz: Distritos de Yungar, Pariahuanca y Anta.

2. Elaboración de una base de datos para disponer de la información temática

3.1.2 Segunda Etapa:

Elaboración de una Geodatabase GdB, tomado de:

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.6/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>⁹. Se trabajó con el programa ArcGIS versión 10.6.1, para el ingreso, consulta, edición y análisis de los datos espaciales, así como la generación de los mapas finales. La información espacial fue consolidada en una File Geodatabase que es la estructura de datos nativa de ArcGIS y es el formato de datos primario para la edición y administración de datos espaciales.

Las geodatabases (GdB) tienen un modelo de información completo para representar y administrar información geográfica. Este modelo de información integral se implementa como una serie de tablas que almacenan clases de entidad, datasets ráster y atributos. Además, los objetos de datos de SIG avanzados agregan comportamiento de SIG, reglas para la administración de la integridad espacial y herramientas para trabajar con una gran cantidad de relaciones espaciales de las principales entidades, ráster y atributos.

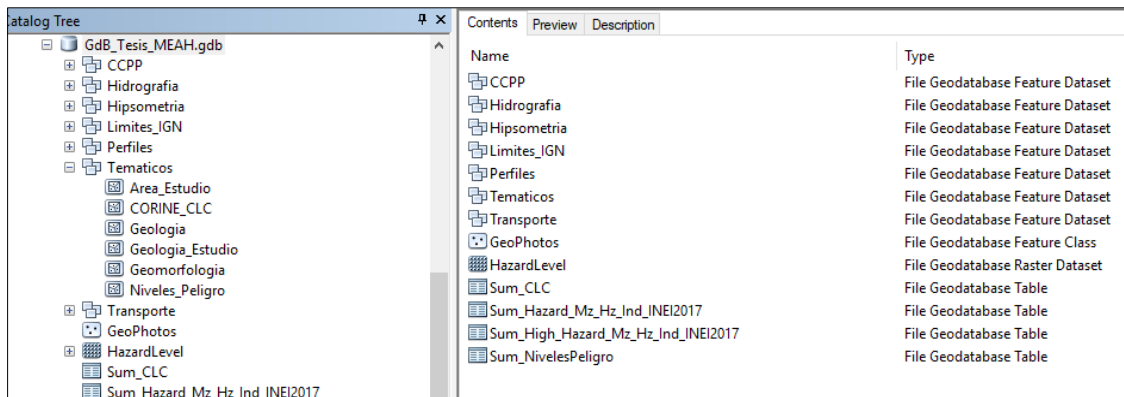


Figura 15 Estructura de la Geodatabase

Fuente: Elaboración propia

A fin de desarrollar la segunda etapa es fundamental la conceptualización y aplicación de la geomática, el cual se detalla a continuación:

El término Geomática fue creado por la Universidad de Laval en Canadá en 1986, se define como un enfoque sistémico, multidisciplinario e integrado para seleccionar los instrumentos y las técnicas apropiadas para recopilar, almacenar, integrar, modelar, analizar, recuperar a voluntad, transformando, mostrando y compartiendo espacialmente datos georreferenciados desde diferentes fuentes con características de precisión bien definidas, continuas y en formato digital. (MARIO A. GOMARASCA (2009). "Basics of Geomatics". Springer. USA.

Aplicaciones de la geomática [tomado de la Guía Geomorfológica, elaborado por el CGP, 2011]:

1) Modelo de Elevación Digital (MDE) o Digital Elevation Model (DEM)

Es generado mediante diversos métodos, uno de ellos a partir de las curvas de nivel utilizando técnicas de interpolación, para generar superficies continuas, con una resolución óptima de pixeles a 30 metros, puesto que las Cartas Nacionales tienen una escala de 1:100 000. Otras fuentes de datos es la satelital, mediante imágenes de Radar y técnicas interferométricas, como ALOS DEM, obtenido a partir de las imágenes ALOS Palsar, con una resolución de 12.5 metros. "Un DEM es la representación topográfica simplificada del terreno, para ello se considera que las elevaciones forman

una superficie tridimensional ondulada, en la que dos dimensiones se refieren a los ejes de un espacio ortogonal plano (X e Y), y la tercera mide la "altura (Z)" (Chuvienco, 1996).

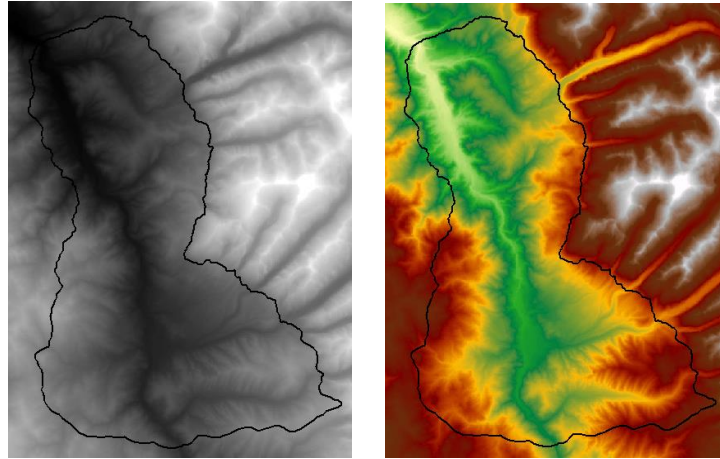


Figura 16 Extracto de un mapa de elevaciones a escala de grises y en pseudocolor
Fuente: Elaboración propia

A partir del DEM, es posible realizar el análisis del terreno porque se puede visualizar la geometría del relieve.

2) **Mapa de sombras**

Mapa de relieve sombreado (Shade Relief), el relieve se observa como si la superficie estuviera iluminada por una fuente luminosa infinitamente distante (asumiendo que la superficie representa un material uniforme). La ventana de ajuste de sombreado de relieve determina la variación del azimut (dirección de la brújula) y el ángulo de elevación de la fuente de luz y la vertical en Z (exageración vertical). El azimut fluctúa entre los 0 a 360 grados en el sentido de las agujas del reloj desde el norte. Las características de la superficie perpendiculares a la dirección de la iluminación son acentuadas por el sombreado, mientras que aquellas que son paralelas a esta son menos visibles. La disminución del ángulo de elevación generalmente oscurece la imagen sombreada e incrementa el contraste entre las áreas sombreadas e iluminadas.

El mapa de sombras es muy valioso para el análisis de la geometría del relieve. Por ejemplo, se puede apreciar con claridad, en el gráfico inferior, la

zona de piedemonte que es a su vez la zona de inicio de la parte media de la cuenca del río Santa y que son de pendientes llanas, mientras que en la parte alta se muestra los valles glaciares y divisorias como parte de las cumbres nevadas con pendientes muy abruptas. También se puede visualizar la red de drenaje, patrones de drenaje, las subcuencas, densidad de disección, longitudes de vertientes, valles, áreas montañosas, etc. En el análisis geomorfológico del área estudio se utilizó como apoyo para analizar procesos endógenos y exógenos. Durante el análisis de la geometría del relieve para el caso práctico se correlacionó con las imágenes de satélite PeruSAT-1 a fin de tener un acercamiento visual a las formas del terreno para luego ser verificadas en el campo.

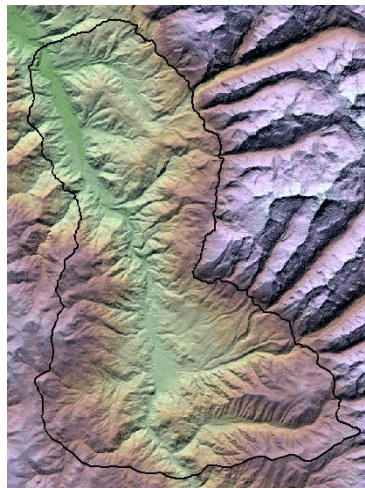


Figura 17 Mapa de relieve colorido de la zona de estudio
Fuente: Elaboración propia

3) **Mapa de pendientes (declives)**

El mapa de pendientes es una de las representaciones morfométricas de mayor importancia porque señala espacios con diferentes promedios de declives lo cual puede relacionarse con procesos morfodinámicos. Tradicionalmente la elaboración de un mapa de pendientes era un trabajo sencillo pero laborioso porque se realizaba en forma manual. Recientemente con el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) esta tarea se ha visto facilitada y más precisa.

La precisión en la delimitación de las unidades de pendientes es sólo relativa y va depender del levantamiento topográfico (modelo de curvas de nivel) y de la escala cartográfica. Asimismo, en los estudios geomorfológicos los valores de los rangos requieren que estén representados en grados a fin de estimar procesos gravitatorios de erosión o acumulación. Cabe recordar, que todo cuerpo tiende al centro de la Tierra por ejemplo el agua que circula por las laderas (interfluvios) y el escurrimiento en los ríos. Asimismo, que la energía solar participa en conjunto con la gravedad para modelar el relieve mediante la meteorización y erosión.

Esos procesos gravitatorios se concretan en el terreno de “arriba” hacia “abajo”, es decir de mayor a menor altitud y a su vez no hay que olvidar que interviene la rotación de la Tierra. Por esas razones, los mapas de pendientes siempre tienen resultados relativos. Geomorfológicamente, la esorrentía y los procesos coluviales en los interfluvios (vertientes), así como la erosión fluvial, son procesos de geodinámica externa fundamentales que están controlados por la tectónica y estructura de la roca. Los mapas de pendientes son importantes porque aportan en la cuantificación o estimación de dichos procesos (ver mapa de pendientes).

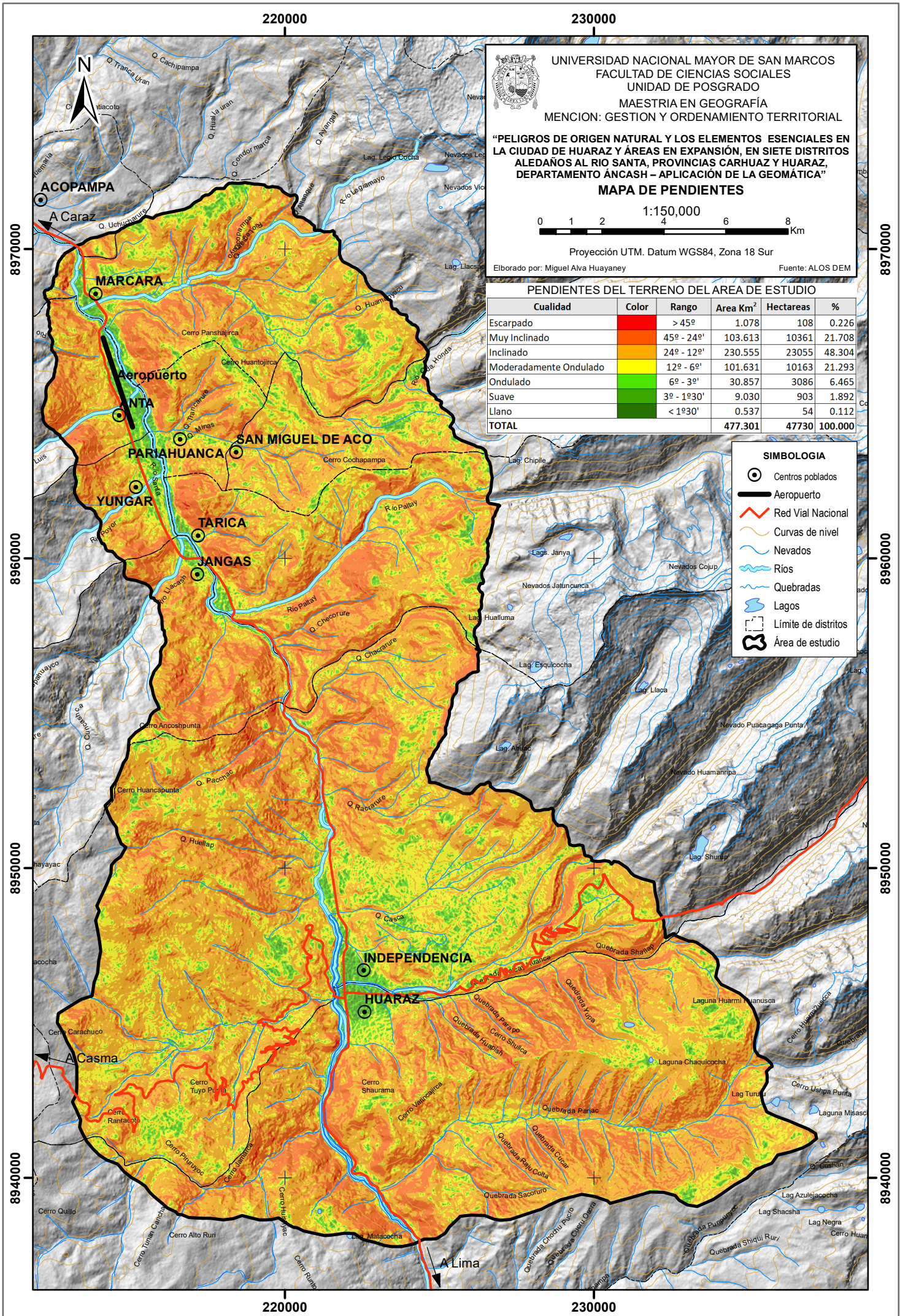


Figura 19. Mapa de Pendientes

Teledetección y procesamiento digital de imágenes

Teledetección

Chuvienco E (2010), la define como la técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas terrestres, aéreas o espaciales, asumiendo que existe una interacción energética entre el suelo y el sensor ya sea por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial o por emisión propia. Esta energía es almacenada para ser distribuida posteriormente de tal manera que pueda interpretarse para una determinada aplicación.

Para lograr nuestros objetivos, se usaron diferentes tipos de imágenes satelitales para la interpretación y análisis y poder generar cartografía temática como:

- Mapa Geomorfológico
- Mapa de Cobertura y uso actual de la tierra - Corine Land Cover,
- Mapa de Peligros, etc.

Las imágenes satelitales utilizadas son las siguientes:

a) Peru SAT-1

Es un satélite de observación de la tierra desarrollado por la empresa francesa Airbus Defence and Space (AIRBUS), es operado por la Agencia Espacial del Perú (CONIDA) y el Centro Nacional de Operación de Imágenes de Satélite (CNOIS).

Tabla 2. Características del satélite Perú SAT-1

ITEM	DETALLE
Entidad responsable	CONIDA – MINISTERIO DE DEFENSA
Misión	Observación de la Tierra
Sensor	Óptico
Órbita	Helio-sincrónica (694 km)
Fecha de lanzamiento	15 de setiembre de 2016 desde estación espacial en Guayana Francesa
Resolución espacial	0.7 m en Pancromático 2.8 m en Multiespectral
Resolución espectral (bandas)	01 Banda Pancromática: 0.45 – 0.75 μm 04 Bandas Multiespectrales: Blue (Azul): 0.45 – 0.52 μm Green (Verde): 0.53 – 0.60 μm Red (Rojo): 0.62 – 0.69 μm NIR (Infrarrojo cercano): 0.76 – 0.89 μm
Resolución radiométrica	12 bits (4096 niveles digitales)
Resolución angular	Posee capacidad estereoscópica
Resolución temporal	21 días
Ancho de barrido	14.5 km
Peso	400 kg
Tiempo de vida útil	10 años

Fuente: CONIDA, 2016

Para el desarrollo de la tesis, se utilizaron 2 Escenas de imágenes Perú SAT-1, adquiridas el 26 de noviembre de 2016, ortorrectificadas, las cuales posteriormente se fusionaron para tener una imagen multiespectral de 0.7 m de resolución y con ello mejorar la calidad de la imagen para la interpretación de coberturas. Posteriormente se hizo el mosaico y se trabajó con composiciones coloridas en color natural e infrarrojo falso color estándar.

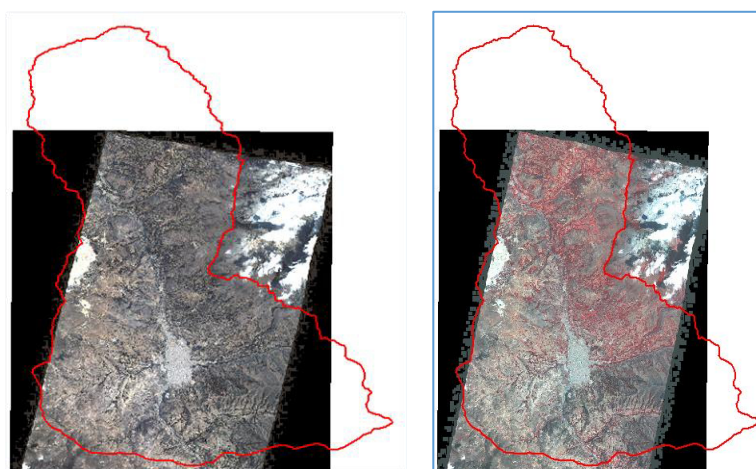


Figura 19 Imágenes del satélite Perú SAT-1 en color natural e infrarrojo falso color estándar
Fuente: Elaboración propia

b) SPOT-6

Es un satélite de observación de la tierra desarrollado por la empresa francesa SPOT Imagine y distribuido por Airbus Defence and Space (AIRBUS).

Tabla 3. Características del satélite SPOT-6

ITEM	DETALLE
Entidad responsable	CONIDA – MINISTERIO DE DEFENSA
Misión	Observación de la Tierra
Sensor	Óptico
Órbita	Helio-sincrónica (694 km)
Fecha de lanzamiento	09 de setiembre de 2012 desde estación espacial en Guayana Francesa
Resolución espacial	1.5 m en Pancromático 6.0 m en Multiespectral
Resolución espectral (bandas)	01 Banda Pancromática: 0.45 – 0.75 μm 04 Bandas Multiespectrales: Blue (Azul): 0.45 – 0.52 μm Green (Verde): 0.53 – 0.59 μm Red (Rojo): 0.62 – 0.69 μm NIR (Infrarrojo cercano): 0.76 – 0.89 μm
Resolución radiométrica	12 bits (4096 niveles digitales)
Resolución angular	Posee capacidad estereoscópica y trioscópica
Resolución temporal	26 días
Ancho de barrido	60 km de ancho hasta 600 km de longitud
Peso	712 kg
Tiempo de vida útil	10 años

Fuente: SPOT CNES, 2019

Como las escenas de PeruSAT-1 no cubrían la totalidad de nuestra área de estudio, se complementó con imágenes SPOT 6 en modo pansharpeneo con una resolución de 1.5 m, de fecha de toma 14 de julio de 2017 y se trabajó con composiciones coloridas en color natural e infrarrojo falso color estándar.

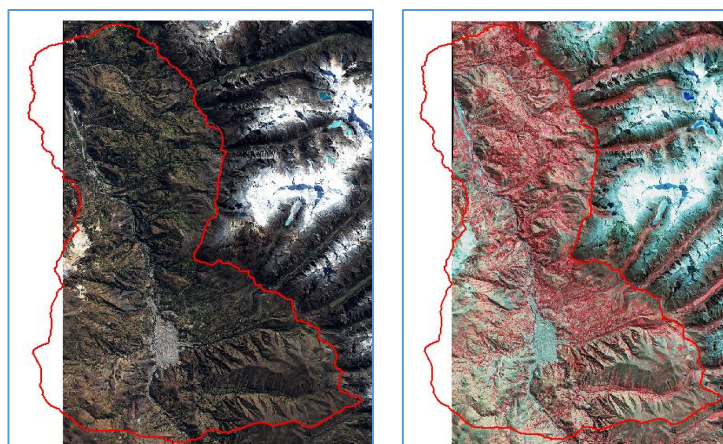


Figura 20 Imágenes SPOT-6 en color natural e infrarrojo falso color estándar

Fuente: Elaboración propia

c) Sentinel 2A

Es un satélite de observación de la tierra desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA) a través del programa Copérnicus, diseñado para proporcionar información precisa y actualizada del planeta y apoyar en las investigaciones que se realizan sobre cambio climático, deforestación, desastres, gestión ambiental, etc. y poder garantizar la seguridad ciudadana. Las imágenes son de libre distribución mediante las plataformas:

- <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> o
- <https://earthexplorer.usgs.gov/DFGFGH>

Tabla 4. Características del satélite Sentinel 2A

ITEM	DETALLE			
Entidad responsable	Agencia Espacial Europea - ASTRIUM			
Misión	Observación de la Tierra			
Sensor	MSI Óptico			
Órbita	Helio-sincrónica (786 km)			
Fecha de lanzamiento	2A 23 de junio de 2015 2B 07 de marzo de 2017 desde estación espacial en Guayana Francesa			
Resolución espacial	cuatro bandas de 10 m, seis bandas de 20 m y tres bandas con resolución de 60 m.			
Resolución espectral		Bandas	λ (μm)	Pixel
	1	Coastal aerosol	0.443	60
	2	Blue	0.490	10
	3	Green	0.560	10
	4	Red	0.665	10
	5	Vegetation red edge	0.705	20
	6	Vegetation red edge	0.740	20
	7	Vegetation red edge	0.783	20
	8	NIR	0.842	10
	8A	Vegetation red edge	0.865	20
	9	Water vapour	0.945	10
	10	SWIR – Cirrus	1.375	60
	11	SWIR	1.610	20
12	SWIR	2.190	20	
Resolución radiométrica	12 bits (4096 niveles digitales)			
Resolución angular	Monoscópico			
Resolución temporal	10 días, combinando los 2 satélites 5 días			
Ancho de barrido	Tiles de 100x100 km hasta 290 km			
Peso	1200 kg			
Tiempo de vida útil	7.5 años			

Fuente: ESA, 2019

Como las escenas de PeruSAT-1 y SPOT 6 no llegaban a cubrir la totalidad de nuestra área de estudio, se complementó con imágenes Sentinel 2 A con una resolución de 10 m y se trabajó con composiciones coloridas en color natural e infrarrojo falso color estándar.

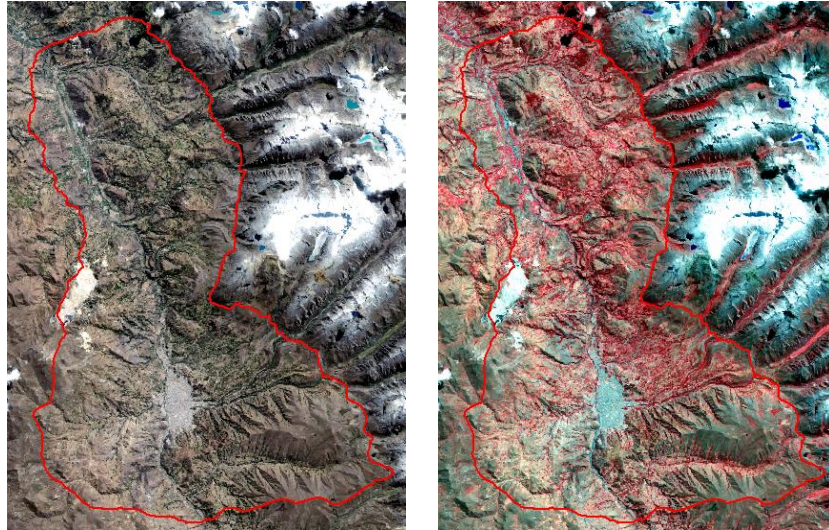


Figura 21 Imágenes Sentinel 2A en color natural e infrarrojo falso color estándar
Fuente: Elaboración propia

3. Elaboración de cartografía temática, tanto de las variables de peligros como elementos esenciales.

Se preparó los mapas de geología y geomorfología, el primero en base a la información del INGEMMET y el segundo, elaboración propia, considerando como insumos:

- El Modelo de elevación digital ALOS DEM de 12.5 metros de resolución.
- Imagen del Satélite PeruSat-1 de 0.70 metros de resolución.
- Imagen del Satélite SPOT-6 de 1.5 metros de resolución
- Imagen del Satélite Sentinel 2A de 10 metros de resolución
- Mapa de Pendientes, generado a partir del DEM.
- Perfiles topográficos.

En relación a los peligros de origen natural, sobre la base del estudio del proyecto GLOF (USAID) y del Proyecto Glaciares (CARE Perú), se corroboró los mapas de peligros ante aluviones en Huaraz.

3.1.2.1 Geología

La geología estructural que abarca el área de estudio, está dada por “cuatro etapas de deformación en el cretáceo superior y cenozoico, cada uno distinta

en cuanto al tipo y extensión de los movimientos. La primera etapa produjo el levantamiento de la faja andina, dando lugar a la depositación de la Formación Chota” (INGEMMET, 1995, p. 32) y anterior a los volcánicos Calipuy. “La segunda etapa de la orogenia andina, produjo unidades de pliegues, sobreescurremientos y la unidad imbricada. La tercera etapa se caracterizó por grandes movimientos verticales de bloques del basamento, principalmente en la Cordillera Central” (INGEMMET, 1995, p. 32); por último, la cuarta etapa consiste en el levantamiento general de la faja andina durante el Plio-Pleistoceno, levantándose algunas fajas más que el promedio regional, siendo la Cordillera Blanca, un claro ejemplo.

Petrográficamente, el área estado dado por rocas intrusivas con algunas intercalaciones de rocas volcánicas, y por depósitos provenientes de las glaciaciones. En cuanto a las “rocas intrusivas, [estas] corresponden al Batolito de la Costa” (INGEMMET, 1995, P. 25), emplazado en la parte suroccidental del cuadrángulo de Carhuaz, donde aflora. Litológicamente consiste de granodioritas y tonalitas. En ese sentido, el batolito de la Cordillera Blanca, la litología predominante es granodiorita/tonalita de grano grueso, con desarrollo de foliación en algunos sectores. Respecto, a las glaciaciones, “de acuerdo con Wilson y Reyes (1967), se reconocen dos principales glaciaciones: una Pleistocénica y la otra reciente. Los efectos de esta última, están restringidos a las partes altas de la Cordillera Blanca” (INGEMMET, 1995, p. 8), donde es común encontrar morrenas.

“La glaciación pleistocénica afectó [a] grandes áreas de la Cordillera Occidental, principalmente la Cordillera Blanca y Negra”. En la Cordillera Blanca y sus alrededores, los efectos glaciares alcanzan su máximo desarrollo en cuanto a variedad y escala, los mayores efectos erosivos, son los valles profundos y estrechos, que cortan la cordillera, los valles glaciares “están asociados con fallas o zonas de fracturamiento. El material derivado de la Cordillera Blanca se depositó en los terrenos bajos adyacentes como morrenas y extensos mantos fluvio-glaciares, donde los mantos están

mayormente restringidos al piedemonte, entre la Cordillera Blanca y el río Santa, donde alcanzan mayor desarrollo en cuanto a extensión, litológicamente dado por gravas y arenas poco consolidadas” (INGEMMET, 1995, p. 8).

Por lo tanto, La geología del área de estudio está dada por “unidades estratigráficas que abarcan desde el Neoproterozoico hasta el cuaternario” (INGEMMET, 1995, p. 11). La delimitación de las unidades geológicas se ha realizado en base al reajuste de las unidades cartografiadas en las cartas geológicas 19-h, 19-i, 20-h y 20-i, mediante las técnicas de la geomática y las comprobaciones en campo, elaborando un mapa geológico a escala 1:15000, con información litológicas y formación geológica (ver mapa geológico). El área de estudio abarca 10 unidades geológicas, los cuales están relacionados con los procesos gravitatorios y de movimientos en masa, los cuales se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 5. *Geología*

Unidad geológica	Símbolo	Descripción litológica
Depósitos Fluvioglaciares	Qh-fg	Gravas, arenas en matriz limoarenosas. Arenas y materiales residuales no consolidados.
Depósitos glaciares	Qh-g	Arenas y materiales residuales no consolidados
Depósitos Morrenicos	Qpl-mo	Fragmentos angulosos a subangulosos, diámetro variable en matriz.
Depósitos aluviales	Qh-al	Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.
Grupo Goyllarisquizga - Fm. Carhuaz	Ki-ca	Areniscas gris verdosas intercaladas con lutitas negras y limolitas marrones.
Formación Chimú	Ki-chi	Cuarcitas, areniscas y arcillas, con mantos de carbón (antracita).
Grupo Goyllarisquizga - Fm. Santa	Ki-sa	Calizas gris oscuras con venillas de calcita con lentes de lutitas grises.
Fm. Santa - Carhuaz	Ki-saca	Consiste de areniscas, calizas y cuarcitas finas marrones, con intercalaciones de arcillitas calcáreas.
Fms. Pariahuanca, Chutec, Pariatambo	Kis-Pchp	Capas delgadas de calizas, margas y arcillitas calcáreas.
Intrusivos Neogenas	N-da	Riodacitas/dacitas, monzogranito, tonalita.
Batolito de la Cordillera Blanca	N-gd/to	Granodiorita, tonalita.
Formación Yungay	Nmp-yu	Tobas blancas, cristales de cuarzo y biotita feldespática
Grupo Calipuy	PN-ca	Tobas, piroclásticos gruesos, aglomerados e intrusivos subvolcanicos.
Gpo. Calipuy inferior	PN-ca_i	Lavas andesíticas.

Fuente: elaboración propia

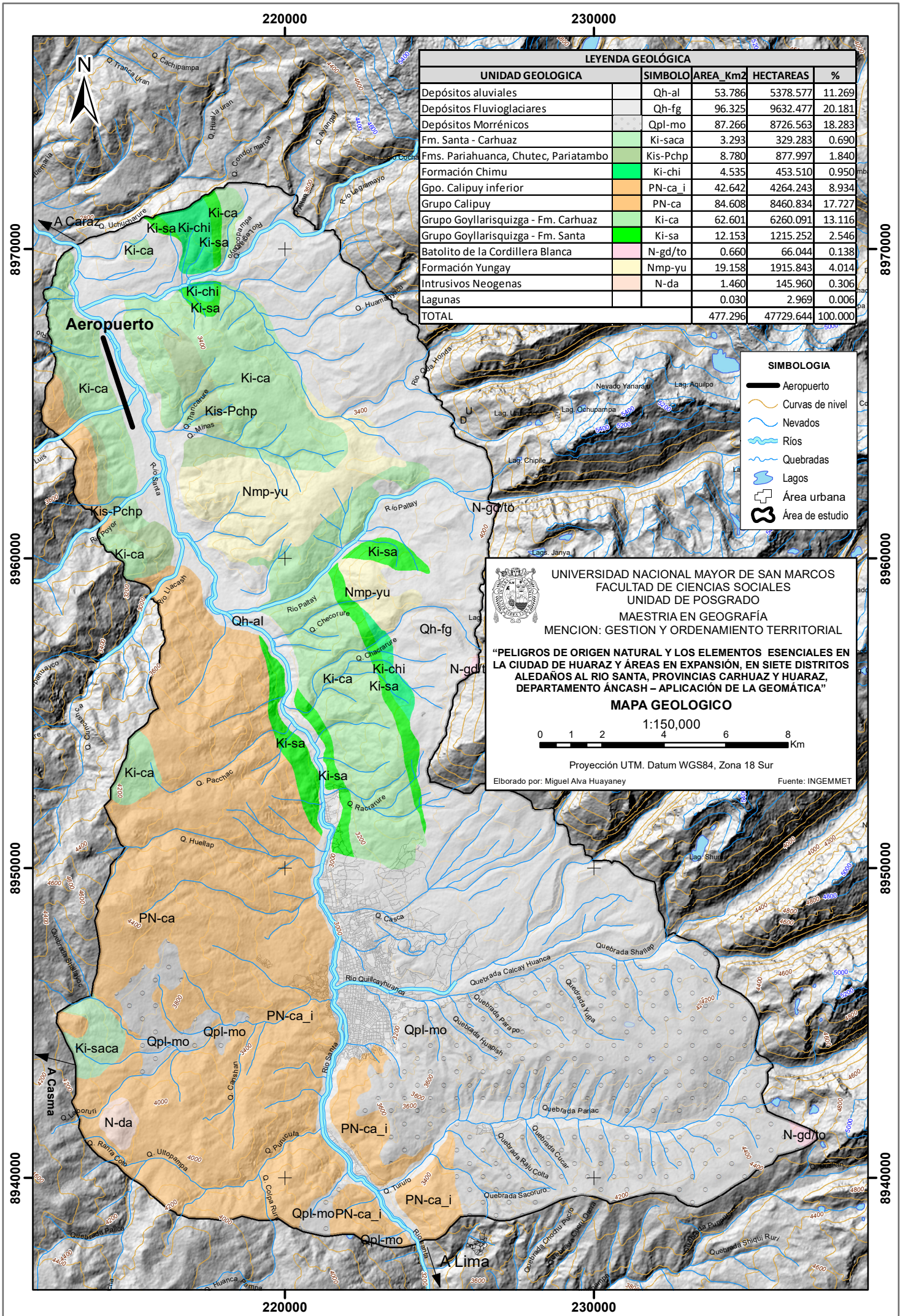


Figura 22. Mapa Geológico

3.1.2.2 Geomorfología

De acuerdo a la disposición geológica-topográfica variado y a la vez accidentado, morfológicamente el área de estudio está emplazada sobre la Cordillera Occidental, considerado como una gran zona geomorfológica, el cual presenta tres subdivisiones longitudinales bien definidas, denominados como gran unidad geomorfológica, siendo las unidades de Cordillera Negra, Valle del Santa y Cordillera Blanca. Esta clasificación geomorfológica responde a los factores morfogenéticos, morfométricos y morfodinámicos del relieve del área de estudio, los cuales han permitido la delimitación de las unidades geomorfológicas a escala 1:10 000, basados en un criterio de homogeneidad geológica-geomorfológica y el método thalweg-interfluvio.

La Cordillera Negra, ubicada en la parte occidental, es una cadena cuyas crestas sobrepasan los 4000 msnm. El flanco nororiental de esta cordillera, se presenta con fuertes disecciones por quebradas profundas que fluyen hacia el valle del río Santa, este valle corre paralelo a la Cordillera Negra y Blanca. Por otro lado, el Valle del Santa se encuentra surcado por el río del mismo nombre, este es un valle longitudinal, teniendo sus límites occidental y oriental a las Cordilleras Negra y Blanca, en este valle se encuentran asentados los mayores centros poblados, como las ciudades de Carhuaz, Yungay, Caraz, Huaraz, Huaylas y Corongo entre las principales. Por último, la Cordillera Blanca está caracterizada “por la presencia de nevados, entre los más destacados: el Huascarán, Huandoy, Alpamayo, Cojup, [topográficamente se encuentran disectados por valles bastante profundos; asimismo, alberga] numerosas lagunas que se originan principalmente por los deshielos” (INGEMMET, 1995, P. 4).

Las unidades geomorfológicas delimitadas están clasificadas de acuerdo a las grandes unidades, por lo que su distribución no es única; es decir, las geoformas de montañas pueden corresponder tanto a la Codillera Negra como a la Cordillera Blanca, el empleo de perfiles topográficos [ver mapa de perfiles

topográficos] ha sido fundamental no solo en la delimitación de las geoformas, sino también para la identificación de la relación geoforma-proceso, los cuales están vinculados con los fenómenos de origen natural. Se han delimitado 16 unidades geomorfológicas, sintetizado en un mapa geomorfológico a escala 1: 10 000, a continuación, se presenta los conceptos y características de las referidas unidades del área de estudio:

- 1) **Abanico proluvial:** Se trata del abanico originado por antiguos aluviones ocurridos en el cuaternario, su litología normalmente está compuesto de arcilla, arena, gravas y bloques o bolos. Esta unidad es el resultado de movimientos en masa como avalanchas (erosión glaciar) y aluviones.
- 2) **Colinas disectadas:** Esta zona está delimitada por colinas que se encuentran muy disectadas por la erosión hídrica, es decir por un proceso intenso de acaravamiento. El mencionado proceso se efectúa durante todo el cuaternario en climas pasados.
- 3) **Colina de roca sedimentaria:** Esta unidad está compuesta de la unión de colinas con litología sedimentaria. Las colinas tienen laderas con inclinaciones suaves y fuertes y sus cimas pueden ser relativamente planas, la altura de estas cimas no sobrepasa los 200 metros. Normalmente se localiza en zonas de piedemonte de la Cordillera Blanca o la Cordillera Negra.
- 4) **Lomas:** Comprende relieves de poca altura, menores a 20 metros de altura. Se trata de relieves residuales debido a la erosión glaciar.
- 5) **Lomas disectadas:** Esta unidad conceptualmente es similar al de "loma", sin embargo, se diferencia por que se encuentra disectada o "cortada" por quebradas es de corto recorrido o cárcavas.

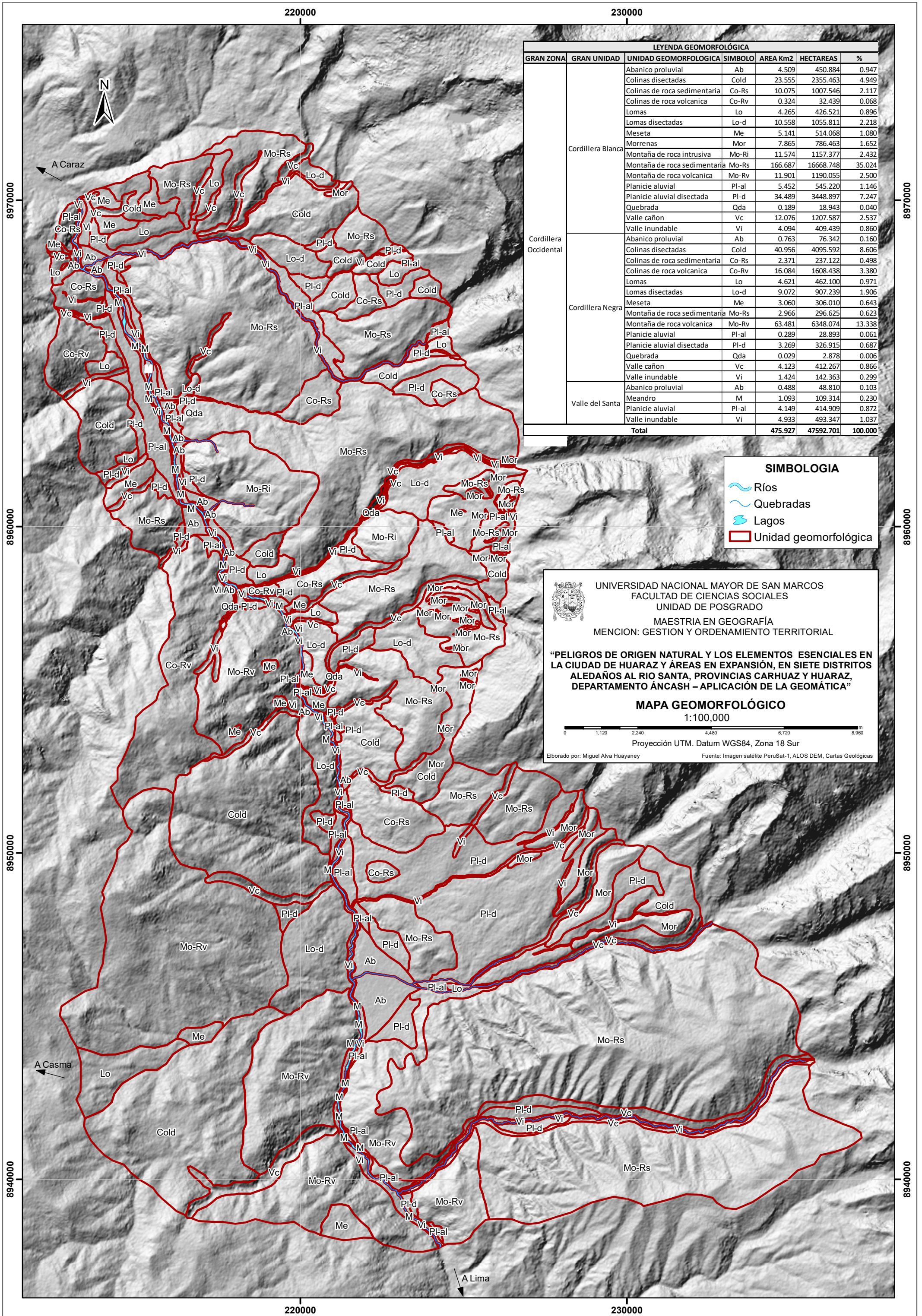
- 6) **Meandro:** Un meandro tiene una configuración ondulada o flexiones de un río, originada por el material superficial y los procesos de erosión y sedimentación.
- 7) **Meseta:** Es un terreno de poca área, elevada y llana originada por aspectos tectónicos como por ejemplo epirogénicos o por la disposición horizontal de los estratos sedimentarios.
- 8) **Morrenas:** Las morrenas tienen su origen en los procesos de erosión glacial, tienen una morfología de lomas alargadas con laderas de suave pendiente. Su litología comprende depósitos de till caracterizado por la arcilla y gravas.
- 9) **Montaña de roca intrusiva:** Esta unidad está compuesta de relieves positivos con mayor de 500 metros de altura con laderas muy inclinadas y escarpadas. Se clasifican por su litología intrusiva como el batolito de la costa.
- 10) **Montaña de roca sedimentaria:** Esta unidad está compuesta de relieves positivos con mayor de 500 metros de altura con laderas muy inclinadas y escarpadas. Se clasifican por su litología sedimentaria como areniscas, lutitas o calizas.
- 11) **Montaña de roca volcánica:** Esta unidad tiene una geometría similar al anterior, pero se diferencia por su litología que es volcánica. Normalmente se localiza en aledaño a la zona de piedemonte de la Cordillera Negra.
- 12) **Planicie aluvial:** Esta unidad es originada por antiguas crecidas de detritos y aluviones. Está compuesta de terrazas aluviales de poca altura (menor a 300 metros) que en el terreno se observa como una llanura algo ondulada.
- 13) **Planicie aluvial disectada:** El origen de esta unidad es similar al anterior sin embargo se diferencia por que ha sido erosionada por quebradas de corto recorrido y cárcavas.

- 14) **Quebrada:** Comprende el lecho menor de los cauces donde predomina material superficial (como cantos, arenas y gravas) en permanente procesos de erosión.
- 15) **Valle cañón:** Normalmente esta unidad corresponde a los taludes y lecho menor del río Santa. La altura de esos taludes son mayores a los 50 metros y tienen la forma de laderas altas escarpadas.
- 16) **Valle inundable:** Esta unidad está delimitada por el lecho menor de los ríos y las terrazas bajas menores a 10 metros de altura. Estas áreas pueden ser inundadas durante épocas de crecidas de los ríos o cursos de agua.

Tabla 6. Geomorfología: unidades y clasificación geomorfológica

GRAN ZONA	GRAN UNIDAD	UNIDAD GEOMORFOLOGICA	SIMBOLO
Cordillera Occidental	Cordillera Blanca	Abanico proluvial	Ab
		Colinas disectadas	Cold
		Colinas de roca sedimentaria	Co-Rs
		Colinas de roca volcanica	Co-Rv
		Lomas	Lo
		Lomas disectadas	Lo-d
		Meseta	Me
		Morrenas	Mor
		Montaña de roca intrusiva	Mo-Ri
		Montaña de roca sedimentaria	Mo-Rs
		Montaña de roca volcánica	Mo-Rv
		Planicie aluvial	PI-al
		Planicie aluvial disectada	PI-d
		Quebrada	Qda
		Valle cañón	Vc
		Valle inundable	Vi
	Cordillera Negra	Abanico proluvial	Ab
		Colinas disectadas	Cold
		Colinas de roca sedimentaria	Co-Rs
		Colinas de roca volcanica	Co-Rv
		Lomas	Lo
		Lomas disectadas	Lo-d
		Meseta	Me
		Montaña de roca sedimentaria	Mo-Rs
		Montaña de roca volcanica	Mo-Rv
		Planicie aluvial	PI-al
		Planicie aluvial disectada	PI-d
		Quebrada	Qda
		Valle cañón	Vc
		Valle inundable	Vi
	Valle del Santa	Abanico proluvial	Ab
		Meandro	M
		Planicie aluvial	PI-al
Valle inundable		Vi	

Fuente: elaboración propia



LEYENDA GEOMORFOLÓGICA								
GRAN ZONA	GRAN UNIDAD	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO	AREA Km2	HECTAREAS	%		
Cordillera Blanca		Abanico proluvial	Ab	4.509	450.884	0.947		
		Colinas disectadas	Cold	23.555	2355.463	4.949		
		Colinas de roca sedimentaria	Co-Rs	10.075	1007.546	2.117		
		Colinas de roca volcanica	Co-Rv	0.324	32.439	0.068		
		Lomas	Lo	4.265	426.521	0.896		
		Lomas disectadas	Lo-d	10.558	1055.811	2.218		
		Meseta	Me	5.141	514.068	1.080		
		Morrenas	Mor	7.865	786.463	1.652		
		Montaña de roca intrusiva	Mo-Ri	11.574	1157.377	2.432		
		Montaña de roca sedimentaria	Mo-Rs	166.687	16668.748	35.024		
		Montaña de roca volcanica	Mo-Rv	11.901	1190.055	2.500		
		Planicie aluvial	PI-al	5.452	545.220	1.146		
		Planicie aluvial disectada	PI-d	34.489	3448.897	7.247		
		Quebrada	Qda	0.189	18.943	0.040		
		Valle cañon	Vc	12.076	1207.587	2.537		
		Valle inundable	Vi	4.094	409.439	0.860		
		Cordillera Occidental		Abanico proluvial	Ab	0.763	76.342	0.160
Colinas disectadas	Cold			40.956	4095.592	8.606		
Colinas de roca sedimentaria	Co-Rs			2.371	237.122	0.498		
Colinas de roca volcanica	Co-Rv			16.084	1608.438	3.380		
Lomas	Lo			4.621	462.100	0.971		
Lomas disectadas	Lo-d			9.072	907.239	1.906		
Meseta	Me			3.060	306.010	0.643		
Montaña de roca sedimentaria	Mo-Rs			2.966	296.625	0.623		
Montaña de roca volcanica	Mo-Rv			63.481	6348.074	13.338		
Planicie aluvial	PI-al			0.289	28.893	0.061		
Cordillera Negra		Planicie aluvial disectada	PI-d	3.269	326.915	0.687		
		Quebrada	Qda	0.029	2.878	0.006		
		Valle cañon	Vc	4.123	412.267	0.866		
		Valle inundable	Vi	1.424	142.363	0.299		
		Abanico proluvial	Ab	0.488	48.810	0.103		
		Meandro	M	1.093	109.314	0.230		
		Planicie aluvial	PI-al	4.149	414.909	0.872		
		Valle inundable	Vi	4.933	493.347	1.037		
		Total				475.927	47592.701	100.000

SIMBOLOGIA

- Ríos
- Quebradas
- Lagos
- Unidad geomorfológica

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
 UNIDAD DE POSGRADO
 MAESTRIA EN GEOGRAFIA
 MENCION: GESTION Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

“PELIGROS DE ORIGEN NATURAL Y LOS ELEMENTOS ESENCIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ Y ÁREAS EN EXPANSION, EN SIETE DISTRITOS ALEDAÑOS AL RIO SANTA, PROVINCIAS CARHUAZ Y HUARAZ, DEPARTAMENTO ÁNCASH – APLICACIÓN DE LA GEOMÁTICA”

MAPA GEOMORFOLÓGICO
 1:100,000

0 1,120 2,240 4,480 6,720 8,960 m

Proyección UTM. Datum WGS84, Zona 18 Sur

Elaborado por: Miguel Alva Huayaney Fuente: Imagen satélite PeruSat-1, ALOS DEM, Cartas Geológicas

Figura 23. Mapa Geomorfológico

220000

230000

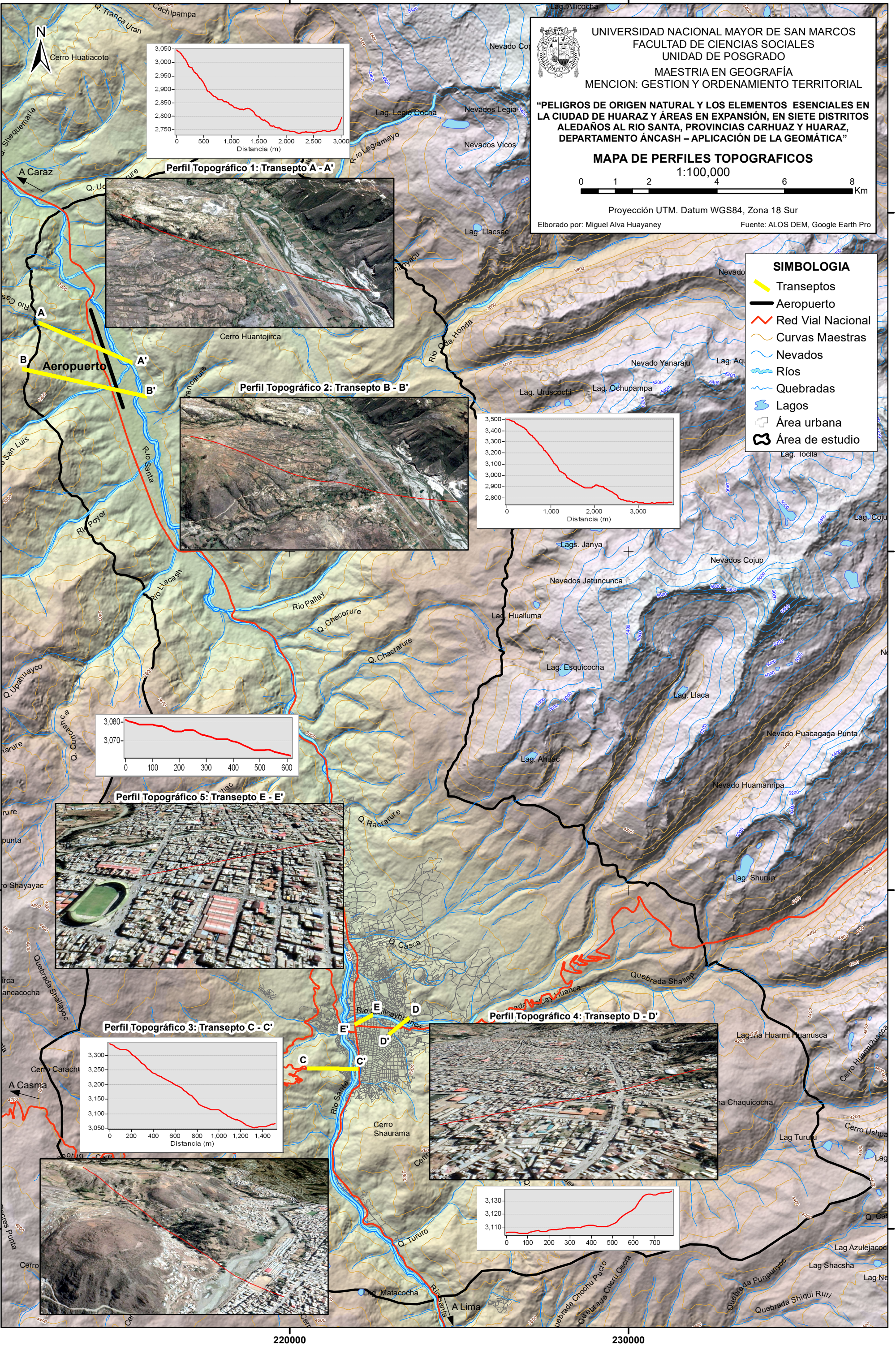


Figura 24. Mapa de perfiles topográficos

3.1.3 Tercera Etapa

Trabajo de campo, se realizaron verificaciones de campo para analizar la relación de peligros con los elementos esenciales. Por un lado, los peligros basados en la geomorfología y los elementos esenciales en la infra-estructura esencial que sostiene la ciudad de Huaraz.

3.1.4 Cuarta Etapa

Post campo, consistió en la tabulación y sistematización de la información recogida en campo sobre ambas variables. Se elaboró un modelo de peligros, cuyos resultados se plasmaron en unas tablas o matrices de valoración. De igual modo se elaboró un modelo para analizar la vulnerabilidad de los aludidos elementos esenciales. Al final se estimó los riesgos aplicando la fórmula peligros por vulnerabilidad.

3.1.4.1 Identificación de peligros y modelo de estimación

En base a los temáticos, principalmente geológico y geomorfológico, y la información obtenida en campo, respecto a la estructura, aspectos morfométricos (pendientes, densidad, distancia, etc) y dinámica de las geoformas relacionados con los fenómenos de origen natural (peligros), y tomando como referencia la metodología del CENEPRED, adaptado a la realidad del caso, se han identificado y determinado variables y subvariables que permitan estimar los “peligros de origen natural” (CENEPRED, 2014, p. 31), siendo los movimientos en masa principalmente, considerando los factores condicionantes y desencadenante. Cada uno de los variables y subvariables poseen una valoración o influencia (pesos), para estimar los niveles o intensidad del peligro.

3.1.4.2 Influencia de factores condicionantes

Los principales factores van a estar relacionados por la geología y geomorfología, así como climatológicos (precipitación). La aplicación del referido modelo se resume a continuación:

Variables o factores

Se ha identificado tres variables directamente relacionado con los movimientos en masa que se observa en el siguiente cuadro, cabe mencionar que la precipitación actúa como factor determinante para la ocurrencia de eventos de origen natural:

Tabla 6. *Influencia de los factores condicionantes y desencadenante*

Capas de información	Influencia (pesos aproximado)	Porcentaje %
Geología	0.30	30
Geomorfología	0.40	40
Hidrogeología	0.10	10
Precipitación	0.20	20

Fuente: elaboración propia

Identificado y valorado (influencia) las variables para estimar los movimientos en masa, para efectos del caso, se han seleccionado las subvariables relacionados directamente con la ocurrencia de movimientos en masa, los cuales se detallan a continuación:

Geología

Subvariable relacionado con las condiciones litológicas que normalmente indican la sucesión de eventos ocurridos. Estratigráficamente compuesto por depósitos, producto de la sedimentación del material transportado por la acción de la escorrentía superficial y los deshielos, tal como se observa en el siguiente cuadro donde se incluye los pesos correspondientes a cada unidad litológica.

Tabla 7. *Subvariable de geología*

Litología	Valor
Depósitos fluvioglaciares del cuaternario del holoceno	4
Depósitos fluvioglaciares del cuaternario del pleistoceno	3
Depósitos aluviales	2
Rocas intrusivas o volcánicas fracturadas	1

Fuente: elaboración propia

Geomorfología

Se ha considerado las geoformas relacionados directamente con la ocurrencia de movimientos en masa, principalmente alud y aluviones, de acuerdo a su morfometría (altura de la geoforma), tal como se observa en el siguiente cuadro donde se incluye los pesos correspondientes a cada geoforma.

Tabla 8. *Subvariable de geomorfología*

Geoforma	Origen	Geomorfología cuantitativa	Valor
Terraza torrencial	Alud - aluviones	< 5 metros de altura	5
Terraza torrencial	Alud - aluviones	5 – 10 metros de altura	4
Terraza torrencial	Alud – aluviones	>10 metros	3
Abanico proluvial	Alud - aluviones	0-500 m. cauce	2
Abanico proluvial	Alud – aluviones	>500 m.	1

Fuente: elaboración propia

Hidrogeología

Subvariable relacionado con las condiciones litológicas que favorecen la infiltración y saturación por precipitación. Posteriormente transportado en los procesos de erosión, tal como se observa en el siguiente cuadro donde se incluye los pesos correspondientes a cada formación.

Tabla 9. *Subvariable de hidrogeología*

Formaciones detríticas permeables no consolidadas	Origen	Valor
Arenas	Fluvial – Eólico	3
Arenas, arcillas, clastos, bloques	Erosión glaciár y fluvioglaciár	2
Arenas, gravas, cantos	Fluvial	1

Fuente: elaboración propia

3.1.4.3 Factor Condicionante: Susceptibilidad a Movimientos en Masa

Los factores condicionantes están dados por las variables geología, geomorfología e hidrogeología y su correspondiente valoración. Se ha determinado el modelo de estimación de peligros por movimientos en masa (susceptibilidad) al cual están expuestos los elementos esenciales.

Tabla 10. *Diseño de tabla para estimación de los factores condicionantes*

Elm/Esenc	Geología	Geomorfología	Hidrogeología	Valor total	Max. Puntaje	Valor promedio
Aeropuerto						
Puente						

Fuente: elaboración propia

3.1.4.4 Factor desencadenante

La metodología de CENEPRED señala como factor desencadenante a la precipitación, para el caso, a lo largo del recorrido de las quebradas que normalmente corresponden a valles glaciares. Los mencionados cauces, tienen comportamiento de torrentes por que se encuentran en curso procesos de aluviones iniciándose en las cabeceras de las mencionadas corrientes.

Tabla 11. *Influencia del factor desencadenante*

Áreas de Influencia	Precipitación promedio máximas en mm	Valor
Cabeceras de valles glaciares – Cordillera Blanca o Negra	>1600	5
Cabeceras de valles glaciares – Cordillera Blanca o Negra	1600 - 1400	4
Cabeceras de valles glaciares – Cordillera Blanca o Negra	1400 -1200	3
Cabeceras de valles glaciares – Cordillera Blanca o Negra	1200 - 1000	2
Cabeceras de valles glaciares – Cordillera Blanca o Negra	1000 -800	1

Fuente: elaborado sobre la base de la metodología de CENEPRED

Las subvariables establecidas responden a los espacios donde se originan los procesos aluvionicos (movimientos en masa) en las cabeceras y su relación con la precipitación promedio anual (mm). Este último cuantificado mediante las isoyetas, donde se incluye los pesos correspondientes a cada rango de precipitación.

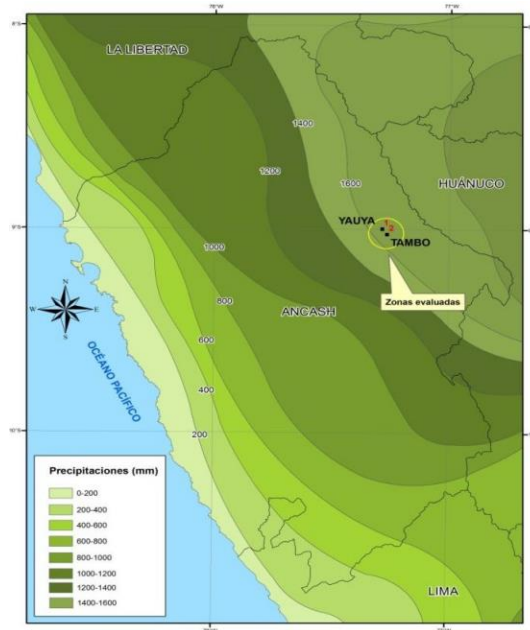


Figura 25 Factor desencadenante: lluvias
Fuente: SENAMHI 2003

3.1.4.5 Determinación del peligro

Se ha definido las variables según factores condicionantes y desencadenantes, así como la determinación de la influencia (pesos) de las mismas, a fin de estimar los niveles de peligros de origen natural. Para este fin se ha diseñado el siguiente modelo:

Tabla 12. Diseño de tabla para la estimación de peligros de origen natural

Elemento Esencial	Susceptibilidad de Movimientos en Masa	Precipitación	Valor total	Valor máximo	Valor promedio	Nivel de Peligro

Fuente: elaboración propia

Uso del suelo basado en la metodología Corine Land Cover

Para el análisis de la vulnerabilidad y los elementos expuestos, se ha elaborado el mapa de cobertura y uso actual del suelo a escala 1: 100 000, basado en el sistema de clasificación del método Corine Land Cover, adaptado a la realidad

del caso. La cobertura y el suelo actual está clasificado en cuatro niveles de clasificación: 1, 2, 3 y 4. Cada nivel representa una unidad de análisis y de identificación del uso del suelo.

El nivel 1 corresponde a grandes grupos, siendo los Territorios Artificializados, Áreas Agrícolas, Bosques y Áreas Seminaturales y Superficies de agua; y a su vez, estos grupos están divididos en grupos menores, es decir, que el Nivel 1, se divide en Nivel 2, y el Nivel 2 en 3, así sucesivamente hasta el Nivel 4, que representa la mínima unidad de análisis, y la cual está correspondiente a los elementos esenciales. Dicha clasificación de cobertura y uso del suelo, se visualiza con mayor detalle en la leyenda del mencionado mapa.

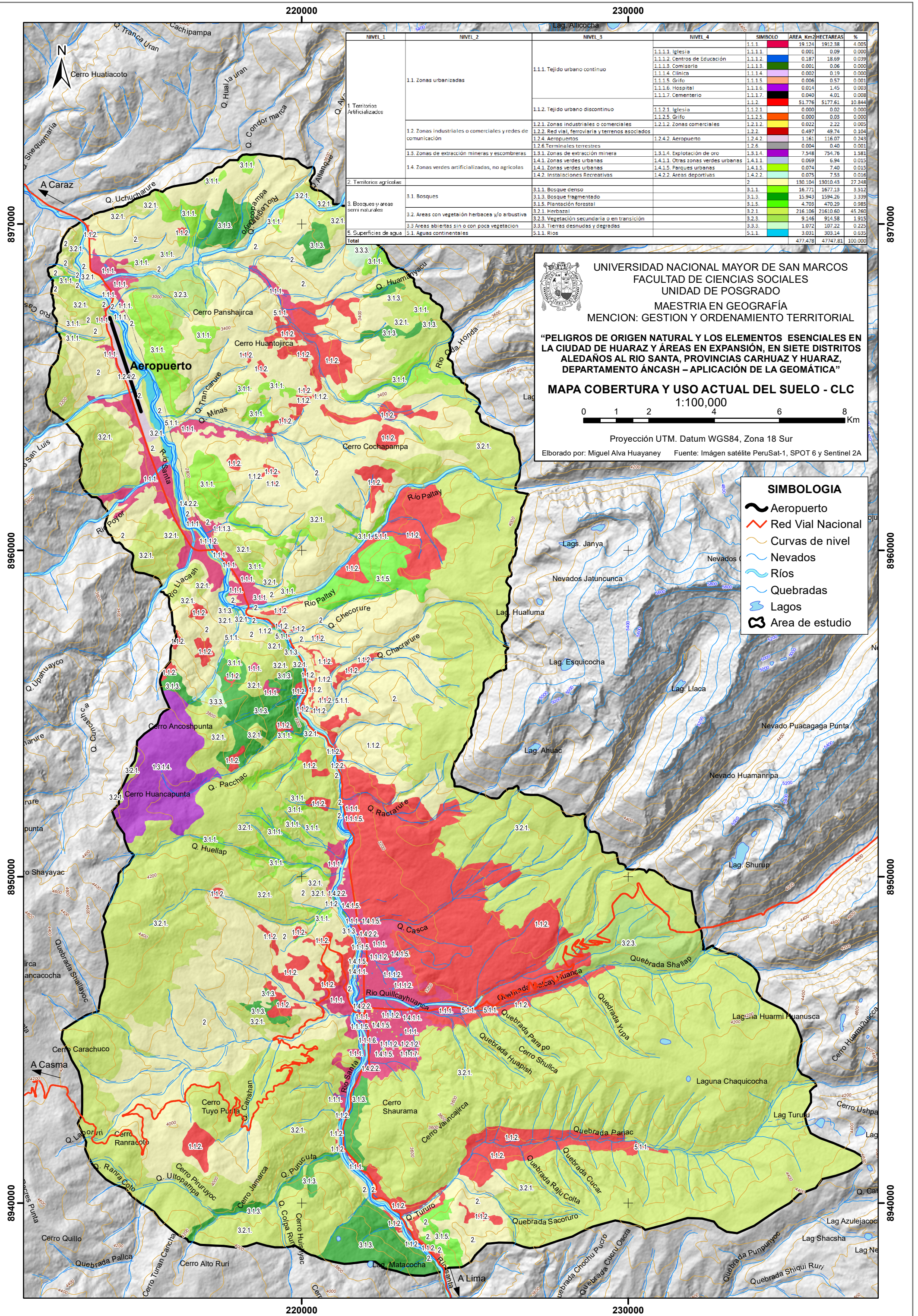


Figura 26. Mapa de cobertura y uso actual del suelo

3.1.4.6 Análisis de elementos expuestos

En base al mapa de cobertura y uso del suelo y el levantamiento de información en campo, se han identificado los elementos esenciales susceptibles a ser impactados por los fenómenos de origen natural (peligros por movimientos en masa). Cabe mencionar, que los elementos esenciales tienen una importancia geoeconómica vital para la ciudad de Huaraz y la economía de la región [el anexo va acompañado de fotografías de los referidos elementos]. A continuación, se indican los elementos expuestos:

1. Puentes

Los puentes se han clasificado por su nivel de importancia en el plano económico de la siguiente manera:

- Muy importante

Los puentes expuestos al impacto de los mencionados movimientos en masa corresponden a vías como la carretera que conecta Huaraz con Lima o Huaraz con otras ciudades del valle del río Santa (vía nacional). Asimismo, la carretera que conecta Huaraz con Casma y los puentes que conectan los dos distritos urbanos de la ciudad de Huaraz (Huaraz e Independencia)

- Regular importancia

Los puentes que se localizan al interior de la ciudad de Huaraz.

2. Aeropuerto

En el caso del Aeropuerto se encuentra aledaño al ámbito urbano de la ciudad de Huaraz y representa el elemento de elevada importancia por ser la única conexión aérea hacia la ciudad de Lima. La importancia del aeropuerto está dada por su dimensión económica, correspondiente a los flujos de bienes y servicios, así como las personas, el impacto en este elemento, ocasionaría desabastecimiento de productos, disminución de cifras de turísticas, paralización de actividades económica, disminución del PBI, etc.

3. Recintos de concentración de población

Entre ellas destacan el estadio, infraestructura educativa (colegio) y el hospital porque pueden albergar gran cantidad de población como refugio temporal o para evacuación de eventuales heridos luego de ocurrir un desastre.

3.1.4.7 Análisis de la vulnerabilidad

Como se señaló en las bases teóricas, la vulnerabilidad se analiza en cuanto a su exposición, fragilidad y resiliencia. En ese sentido, la exposición va ser una de los factores de mayor importancia tratándose de la evaluación de elementos esenciales que tienen que ver con infraestructuras, la resiliencia está referida a las medidas de mitigación o de seguridad física, y la fragilidad por la estructura de la construcción. Teniendo en cuenta los objetivos del estudio se evaluará la exposición y resiliencia.

Metodología

Se ha procedido a elaborar un modelo multivariable para analizar la vulnerabilidad de cada uno de los elementos esenciales identificados. Se han seleccionado las variables y subvariables para la estimación de la vulnerabilidad. Cabe mencionar, que cada variable y subvariable posee valoración o influencia (peso). Resultado del referido modelo, se tiene lo siguiente:

Variables o factores

Para el análisis y estimación de la vulnerabilidad, se ha seleccionado como variable la distancia al lugar de mayor impacto y las medidas estructurales de defensa o mitigación. En cuanto a la distancia al lugar de impacto está referida a que, a menor distancia del impacto, mayor será la vulnerabilidad del elemento esencial, y respecto a las medidas estructurales de defensa, están relacionadas con las medidas que posee el elemento para reducir su vulnerabilidad; es decir, si cuenta con medidas menor será su vulnerabilidad.

Tabla 13. *Influencia de los factores de vulnerabilidad*

Capas de información	Influencia (pesos)	Porcentaje %
Distancia al lugar de mayor impacto	0.60	60
Medidas estructurales de defensas o mitigación	0.40	40

Fuente: elaboración propia

Definido las variables y su influencia, se han seleccionado las siguientes subvariables con su respectiva valoración o nivel de importancia (pesos):

Distancia para puentes

Indica la distancia de separación entre el puente hacia el lugar de mayor impacto del fenómeno de origen natural (movimientos en masa).

Tabla 14. *Subvariable de distancia de puentes*

Distancia en metros	Valor
< 5	4
5 - 10	3
10- 20	2
>20	1

Fuente: elaboración propia

Distancia a recintos a zonas de mayor impacto

Subvariable que indica la distancia de separación entre los recintos con las zonas de mayor impacto por los fenómenos de origen natural (movimientos en masa).

Tabla 15. *Subvariable de distancias a recintos a zonas de mayor impacto*

Distancia en metros	Valor
< 100	4
101– 250	3
251- 500	2
>500	1

Fuente: elaboración propia

Medidas de Mitigación (Estructurales)

Subvariable relacionado con las medidas estructurales de defensa o mitigación para reducir la vulnerabilidad de los elementos esenciales “expuestos al impacto

de [los] fenómenos de origen natural [movimientos en masa]” (CENEPRED, 2014, p. 29).

Tabla 16. Subvariables de medidas de mitigación

Medida Estructural	Valor
Rellenos o ninguno	3
Enrocado colocado o muros de contención	2
Gaviones o enrocados cementados	1

Fuente: elaboración propia

3.1.4.8 Estimación de la vulnerabilidad

Definido las variables y subvariables con sus respectivos pesos, se ha definido el siguiente modelo de estimación de vulnerabilidad de los elementos esenciales, basado en el método multivariable.

Tabla 17. Diseño de tabla para estimación de la vulnerabilidad

Elemento Esencial	Distancia a lugar de impacto	Medidas de mitigación	Valor total	Valor máximo	Valor promedio	Nivel Vulnerabilidad
Estadio						
Colegio...						
Hospital...						
...						

Fuente. Metodología elaborada sobre la base del modelo de ciudades sostenibles - INDECI

3.1.4.9 Estimación del Riesgo

El riesgo es la conjunción de los peligros con la vulnerabilidad, ambos tienen valores numéricos. De esta manera multiplicará ambos factores para calcular su nivel de riesgo de los elementos esenciales. Es decir, se aplicará la siguiente fórmula y para la estimación del nivel del riesgo, sea el siguiente modelo:

RIESGO = PELIGRO X VULNERABILIDAD

Tabla 18. *Diseño de tabla para la estimación del riesgo*

Elemento Esencial	Peligros	Vulnerabilidad	Riesgo	Nivel de Riesgo

Fuente. Metodología preparada sobre la base del modelo de ciudades sostenibles – INDECI

3.1.5 Quinta Etapa

Elaboración y redacción del informe final de la tesis. Consiste en la compilación final de toda la información recolectada en las etapas previas.

MAPA CONCEPTUAL DEL PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

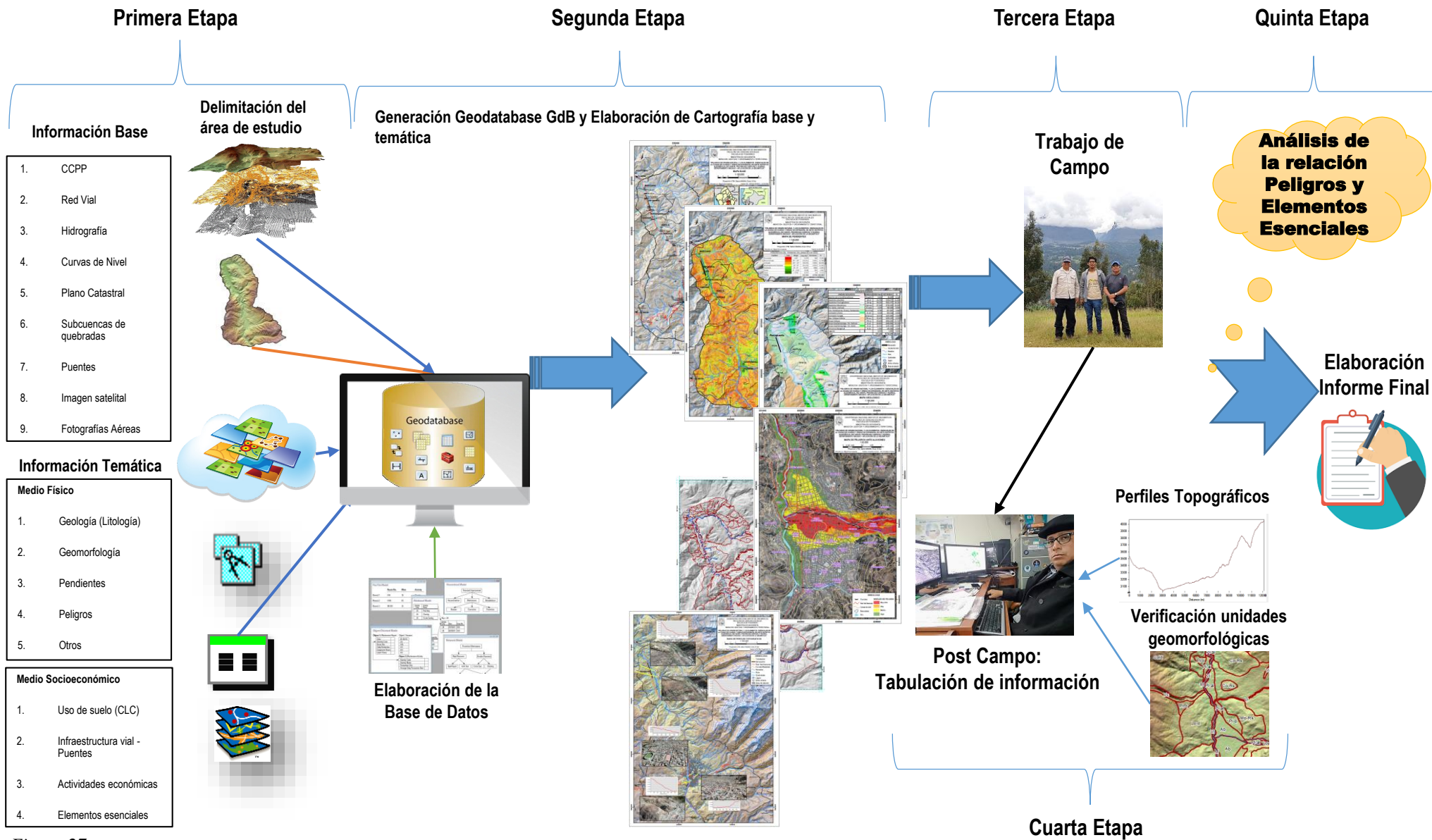


Figura 27

3.2 Enfoques metodológicos

La tesis se va desarrollar siguiendo dos enfoques que buscan conocer la manera como las intersecciones de los procesos de origen natural impactan sobre construcciones derivados de procesos sociales. Tienen que ver con el enfoque ambiental de identificar problemas en base al resultado de las construcciones que realiza la sociedad sobre el medio físico. Los enfoques son los siguientes:

1. **Riesgos geomorfológicos.** En el ámbito de la geomorfología ambiental, en particular de los estudios de las geoformas que han sido modificados por las construcciones como parte de la evolución de una ciudad o asentamiento humano, se suele abordar desde el enfoque de la geomorfología de los riesgos. Los riesgos geomorfológicos fueron señalados como una línea de investigación por el Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el año 2017. Justamente en el mencionado año se desencadenó una serie de eventos de movimientos en masa profundo (deslizamientos, aluviones, caídas, otros) en diferentes espacios de la Cordillera de los Andes de nuestro país teniendo como un factor detonante las intensas lluvias derivadas del denominado “Niño Costero”. Los eventos de origen natural del año 2017, son ejemplos de cómo las geoformas modificadas por la población están relacionadas con los procesos geológicos- geomorfológicos y los riesgos deben ser observados como una construcción social.
2. **Prevención de desastres.** La prevención de desastres es evitar que la población se exponga al impacto de los fenómenos de origen natural. Por lo tanto, se suele ver exclusivamente como un tema de ordenamiento territorial, sin embargo, debido al proceso de urbanización global y falta de desarrollo territorial urbano muchas veces no se puede conseguir ese fin. Por otro lado, la prevención de desastres es un tema cultural es decir que la población tenga conciencia que no es correcto localizarse o invertir en espacios que normalmente son impactados por fenómenos de origen natural. En este último aspecto, incluir el tema de la prevención en la educación desde el nivel básica (primaria) resulta fundamental. Los futuros ciudadanos en el papel que

cumplan en la sociedad como ciudadanos, autoridades, dirigentes u otros tendrían una cultura de prevención de desastres.

CAPITULO 4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Discusión de resultados

Se utilizó modelos para estimar el nivel de riesgo, se tiene como referencia el estudio del impacto de un aluvión sobre la ciudad de Huaraz con una ola de 56 metros elaborado por la Universidad de Texas – Austin así como el estudio elaborado por la Universidad de Zurich. Por otro lado, los puentes son considerados como elementos esenciales o infraestructuras, que en un primer momento van a sufrir el impacto directo de los movimientos en masa, a fin de reducir dichos impactos, a manera de propuesta se sugiere realizar las siguientes acciones:

- ✓ Limpieza permanente de cauces
- ✓ Protección de la franja marginal
- ✓ Construcción y mantenimiento de gaviones
- ✓ Arborización con especies nativas
- ✓ Destinar presupuesto para la reducción del riesgo

Para proceder a analizar y discutir los resultados, se presenta a continuación de manera sintética la información obtenida mediante tablas y gráficos donde se visualiza la relación entre los peligros de origen natural y los elementos esenciales; asimismo, los resultados de la estimación de peligros, vulnerabilidad y riesgos respectivamente.

Se han evaluado 17 puentes, de los cuales 12 de ellos están expuestos al impacto de aluviones y 5 al impacto de aluviones e inundaciones. En el desastre del año 1941, 4 puentes fueron impactados, siendo los puentes Huascarán y Confraternidad Internacional Este ubicados en la quebrada Quillcay, puente José Olaya en la confluencia Auqui-Paria y Cal y Canto en el río Santa respectivamente, dichos puentes presentan una susceptibilidad muy alta al impacto de los mencionados eventos.

Tabla 19. Identificación de peligros en puentes

N	NOMBRE PUENTE	RÍO/QUEBRADA	ALTURA TERRAZA (m)	TIPO DE PELIGROS	ESTIMACION PELIGRO	NIVEL DE PELIGRO	DESASTRE
1	Jangas	Santa	<5	Aluviones	0.88	Muy Alto	
2	Paltay (Ishinca)	Paltay	>10	Aluviones	0.76	Muy Alto	
3	Uchuyacu	Uchuyacu	<5	Aluviones	0.88	Muy Alto	
4	S/N		5-10	Aluviones	0.82	Muy Alto	
5	Mullaca	Chavín	>10	Aluviones	0.76	Muy Alto	
6	Churap	Churap	5-10	Aluviones	0.82	Muy Alto	
7	Monterrey	Monterrey	5-10	Aluviones	0.82	Muy Alto	
8	Auqui	Quillcay	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	1941
9	Bolivar	Quillcay	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	1941
10	Jr Huascarán	Quillcay	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	
11	Quillcay (Fitzcarrald)	Quillcay	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	1941
12	Comercio	Quillcay	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	
13	Gamarra	Quillcay	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	1941
14	Confraternidad Internacional Este	Quillcay	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	1941
15	Jose Olaya	Confluencia Auqui - Paria	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	1941
16	Av. Antonio Raimondi	Río Santa	>10	Aluviones	0.76	Muy Alto	
17	Cal y Canto - San Jerónimo	Río Santa	<5	Aluviones, Inundaciones	0.88	Muy Alto	1941

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los elementos considerados como recintos, incluido el aeropuerto, indicar que están expuestos a peligros por aluviones, presentado una susceptibilidad de alto a muy alto. En el caso del aeropuerto, por su localización está expuesto a los aluviones e inundación, por su proximidad al río Santa. Los recintos seleccionados están ubicados próximos a la quebrada Quillcay. Cabe mencionar, que en los eventos del año 1970 y 1941 han sido impactados el aeropuerto, estadio y colegio.

Tabla 20. Identificación de peligros en recintos (elementos)

N	ELEMENTO ESENCIAL	RIO / QUEBRADA	DISTANCIA (m)	PELIGRO	ESTIMACION PELIGRO	NIVEL DE PELIGRO	OCURRENCIA DESASTRE	IMPORTANCIA
1	Aeropuerto	Río Santa	120	Aluvión, Inundación	0.65	Medio	1970	Muy alta
2	Estadio	Quillcay	150	Aluvión	0.71	Alto	1941, 1970	Muy alta
3	Estación Bomberos	Quillcay	500	Aluvión	0.65	Bajo		Alta
4	Colegio	Quillcay	400	Aluvión	0.71	Alto	1970	Alta
5	Clínica	Quillcay	200	Aluvión	0.71	Alto		Media
6	Hospital	Quillcay	450	Aluvión	0.65	Bajo		Muy Alto

Fuente: elaboración propia

De acuerdo al modelo de estimación de la susceptibilidad por movimientos en masa, se tiene como resultado para el caso de los puentes, una susceptibilidad muy alta, el cual se debe a las condiciones geológicas-geomorfológicas de las zonas en las cuales están emplazadas o ubicadas.

Tabla 21. *Susceptibilidad por movimientos en masa: Puentes*

N	PUENTE	RÍO/QUEBRADA	GEOLÓGIA	GEOMORFOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PRECIPITACIÓN	VALOR TOTAL	MAXIMO PUNTAJE	VALOR PROM
1	Florida	Florida	4	5	2	4	15	17	88.24
2	Anta	Anta	4	5	2	4	15	17	88.24
3	Santa	Santa	4	5	2	4	15	17	88.24
4	Pariahuanca	Pariahuanca	4	5	2	4	15	17	88.24
5	Jangas	Jangas	4	5	2	4	15	17	88.24
6	Paltay	Collon	4	3	2	4	13	17	76.47
7	Uchuyacu	Uchuyacu	4	5	2	4	15	17	88.24
8	S/N		4	4	2	4	14	17	82.35
9	Mullaca	Chavin	4	3	2	4	13	17	76.47
10	Churap	Churap	4	4	2	4	14	17	82.35
11	S/N	Monterrey	4	4	2	4	14	17	82.35
12	Quillcay 1	Auqui	4	5	2	4	15	17	88.24
13	Quillcay 2	Quillcay	4	5	2	4	15	17	88.24
14	José Olaya	Confluencia Paria- Auqui	4	5	2	4	15	17	88.24
15	Raimondi	Santa	4	3	2	4	13	17	76.47
16	Tacllan	Tacllan	4	5	2	4	15	17	88.24
17	Cal y Canto	Rio Santa	4	5	2	4	15	17	88.24

Fuente: elaboración propia

Respecto a los recintos, debido a su proximidad a la quebrada Quillcay, y en el caso del aeropuerto, al rio Santa, posee una susceptibilidad alta “al impacto de los [referidos] fenómenos de origen natural [aluviones]” (CENEPRED, 2014, p. 29).

Tabla 22. *Susceptibilidad por movimientos en masa: Recintos*

N	ELEMENTO ESENCIAL	RÍO / QDA	GEOLÓGIA	GEOMORFOLOGÍA	HIDROGEOLOGÍA	PRECIPITACIÓN	VALOR TOTAL	MAXIMO PUNTAJE	VALOR PROM
1	Aeropuerto	Santa	2	4	1	4	11	17	64.71
2	Estadio	Quillcay	4	2	2	4	12	17	70.59
3	Estación Bomberos	Quillcay	4	1	2	4	11	17	64.71
4	Colegio	Quillcay	4	2	2	4	12	17	70.59
5	Clínica	Quillcay	4	2	2	4	12	17	70.59
6	Hospital	Quillcay	4	1	2	4	11	17	64.71

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestra un mapa que sintetiza la relación entre los peligros de origen natural y los elementos esenciales.

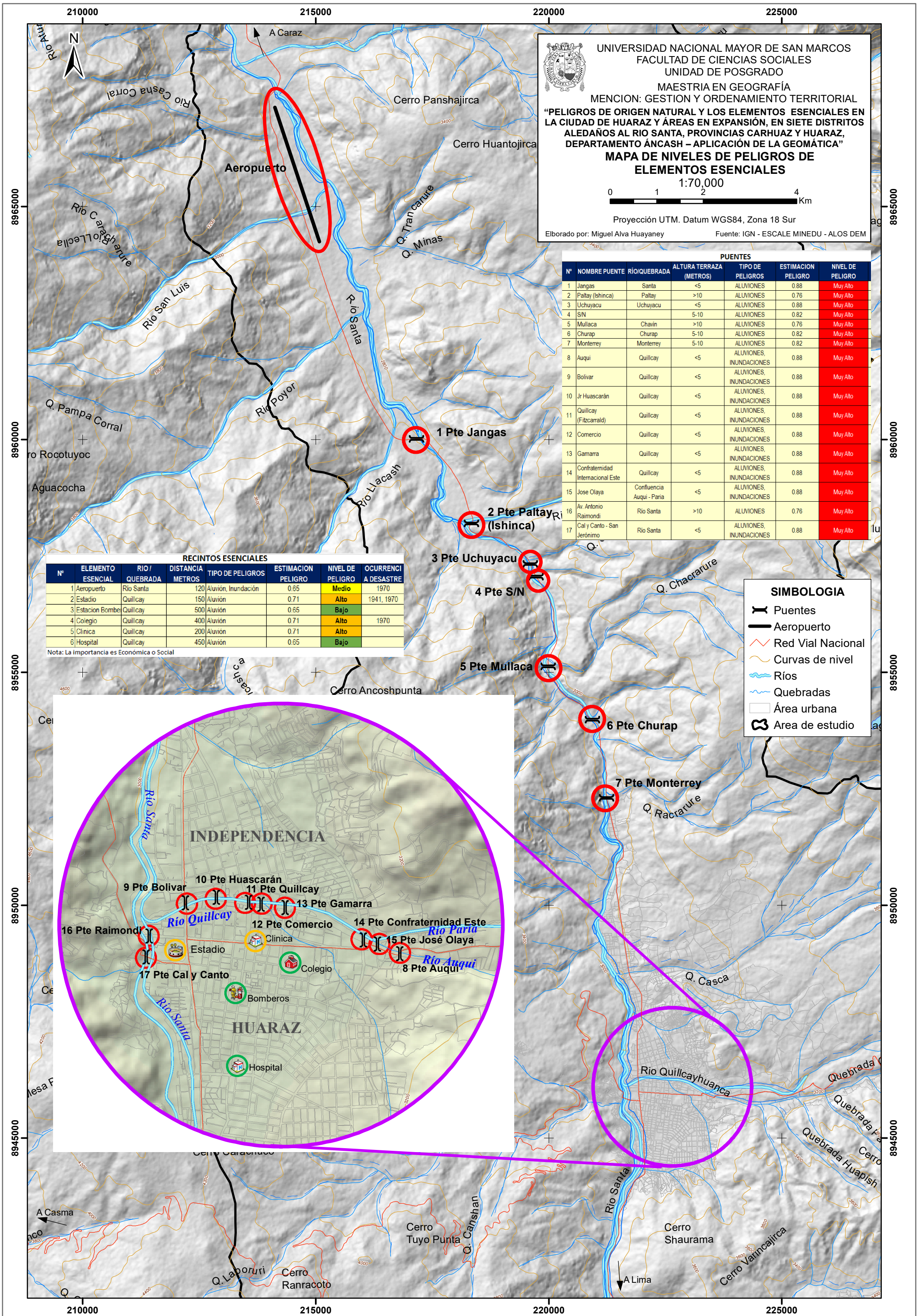


Figura 28. Mapa de niveles de peligros de elementos esenciales

En base al modelo de estimación de la vulnerabilidad, se tiene como resultado, que los puentes poseen una vulnerabilidad alta a muy alta, en relación al impacto por movimientos en masa, el cual se debe principalmente a su proximidad al lugar del impacto.

Tabla 23. *Vulnerabilidad: Puentes*

N	NOMBRE PUENTE	RÍO/QUEBRADA	DISTANCIA	MEDIDA ESTRUCTURAL	VALOR TOTAL	MAXIMO PUNTAJE	VALOR PROM
1	Jangas	Jangas	4	2	6	7	85.71
2	Paltay (Ishinca)	Collon	4	2	6	7	85.71
3	Uchuyacu	Uchuyacu	4	2	6	7	85.71
4	S/N		4	2	6	7	85.71
5	Mullaca	Chavin	4	2	6	7	85.71
6	Churap	Churap	4	1	5	7	71.43
7	Monterrey	Monterrey	4	1	5	7	71.43
8	Auqui	Auqui	4	3	7	7	100.00
9	Bolivar	Quillcay	4	1	5	7	71.43
10	Jr Huascarán	Quillcay	4	1	5	7	71.43
11	Quillcay (Fitzcarrald)	Quillcay	4	1	5	7	71.43
12	Comercio	Quillcay	4	1	5	7	71.43
13	Gamarra	Quillcay	4	1	5	7	71.43
14	Confraternidad Int. Este	Quillcay	4	1	5	7	71.43
15	José Olaya	Confluencia Paria- Auqui	4	1	5	7	71.43
16	Av Antonio Raimondi	Santa	4	2	6	7	85.71
17	Cal y Canto (San Jerónimo)	Rio Santa	4	3	7	7	100.00

Fuente: elaboración propia

En relación a los recintos, su vulnerabilidad está dado por nivel de alto a muy alto, a excepción del hospital y la estación de bomberos. Dicha vulnerabilidad se debe a su a su proximidad al lugar del impacto.

Tabla 24. *Vulnerabilidad: Recintos*

N	ELEMENTO ESENCIAL	RÍO/QUEBRADA	DISTANCIA	VALOR TOTAL	MAXIMO PUNTAJE	VALOR PROMEDIO
1	Aeropuerto	Santa	4	4	4	100.00
2	Estadio	Quillcay	3	3	4	75.00
3	Estación Bomberos	Quillcay	1	1	4	25.00
4	Colegio	Quillcay	2	2	4	50.00
5	Clínica	Quillcay	2	2	4	50.00
6	Hospital	Quillcay	1	1	4	25.00

Fuente: elaboración propia

Teniendo los valores de la estimación de la susceptibilidad (peligros) y la vulnerabilidad, se evaluó los riesgos de los elementos esenciales, de acuerdo a la fórmula y modelo definido en el capítulo anterior. Teniendo como resultado 16 puentes con riesgo muy alto, 4 puentes con riesgo alto y 1 puente con riesgo medio, correspondiente al puente Paltay, ubicado en la quebrada Collon.

Tabla 25. *Estimación del Riesgo: Puentes*

Nº	NOMBRE	QUEBRADA	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO	NIVEL DE RIESGO
1	Jangas	Jangas	0.88	0.86	0.76	Muy Alto
2	Paltay (Ishinca)	Paltay	0.76	0.86	0.66	Medio
3	Uchuyacu	Uchuyacu	0.88	0.86	0.76	Muy Alto
4	S/N		0.82	0.86	0.71	Alto
5	Mullaca	Chavin	0.76	0.86	0.66	Alto
6	Churap	Churap	0.82	0.71	0.59	Alto
7	S/N	Monterrey	0.82	0.71	0.59	Alto
8	Auqui	Auqui	0.88	1.00	0.88	Muy Alto
9	Bolívar	Quillcay	0.88	1.00	0.88	Muy Alto
10	Huascarán	Quillcay	0.88	1.00	0.88	Muy Alto
11	Quillcay	Quillcay	0.88	0.71	0.63	Muy Alto
12	Comercio	Quillcay	0.88	1.00	0.88	Muy Alto
13	Gamarra	Quillcay	0.88	1.00	0.88	Muy Alto
14	Confraternidad Int. Este	Quillcay	0.88	1.00	0.88	Muy Alto
15	José Olaya	Confluencia Paria- Auqui	0.88	0.71	0.63	Muy Alto
16	Raimondi	Santa	0.76	0.86	0.66	Muy Alto
17	Cal y Canto	Rio Santa	0.88	1.00	0.88	Muy Alto

Fuente: elaboración propia

Cabe mencionar, que para determinar los niveles del riesgo se ha usado la siguiente matriz o rangos:

Tabla 26. *Niveles de riesgo*

VALOR	NIVEL DE RIESGO	PALETA
> 0.76	Riesgo Muy Alto	
0.75 - 0.5	Riesgo Alto	
0.49 - 0.35	Riesgo Medio	
< 0.35	Riesgo Bajo	

Fuente: elaboración propia

En relación a los otros elementos esenciales, denominados como recintos, presentan riesgo alto y bajo respectivamente. Los elementos con riesgo alto están dados por el aeropuerto y el estadio.

Tabla 27. *Estimación del Riesgo: Recintos*

ELEMENTO ESENCIAL	QUEBRADA	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO	NIVEL RIESGO
Aeropuerto	Rio Santa	0.65	1.00	0.65	Alto
Estadio	Quillcay	0.71	0.75	0.53	Alto
Estación Bomberos	Quillcay	0.65	0.25	0.16	Bajo
Colegio	Quillcay	0.71	0.50	0.35	Bajo
Clínica	Quillcay	0.71	1.00	0.71	Alto
Hospital	Quillcay	0.65	0.25	0.16	Bajo

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los resultados y con el objetivo de la investigación, se ha encontrado que las geoformas donde ocurren la mayor intensidad de los impactos por movimientos en masa como por ejemplo los abanicos proluviales y planicies aluviales están ocupadas por los elementos esenciales considerados en esta investigación; por lo tanto, los niveles de peligro son elevados y requieren ser permanentemente evaluados y monitoreados por los organismos competentes a fin de atender una de las metas mundiales señaladas por el acuerdo de Sendai 2015 – 2030. Esta situación se puede visualizar en la siguiente tabla y gráfico de barras:

Tabla 28. *Relación de peligros y elementos esenciales en la ciudad de Huaraz*

Nº	GEOFORMA	ELEMENTO ESENCIAL	PELIGROS	NIVEL DE PELIGRO	POBLACION AFECTADA	POBLACION ESTIMADA (CENSO 2017)
1	Planicie Aluvial	Aeropuerto	Alto	0.65	Siete distritos de provincias Carhuaz y	150000
2	Abanico proluviales del Quillcay	Puente Bolivar	Muy alto	0.88	Ciudad de Huaraz, distritos Huaraz e Independencia	119058
3		Puente Huascarán	Muy alto	0.88		
4		Puente Quillcay	Muy alto	0.88		
5		Puente Comercio	Muy alto	0.88		
6		Puente Gamarra	Muy alto	0.88		
7		Puente Conf. Int. Este	Muy alto	0.88		
8		Puente de Piedra	Muy alto	0.88		
9	Planicie aluvial	Puente Auqui	Muy alto	0.88		
10	Valle inundable	Raimondi	Muy alto	0.76		
11	Valle inundable	Cal y Canto	Muy alto	0.88		

Fuente: elaboración propia

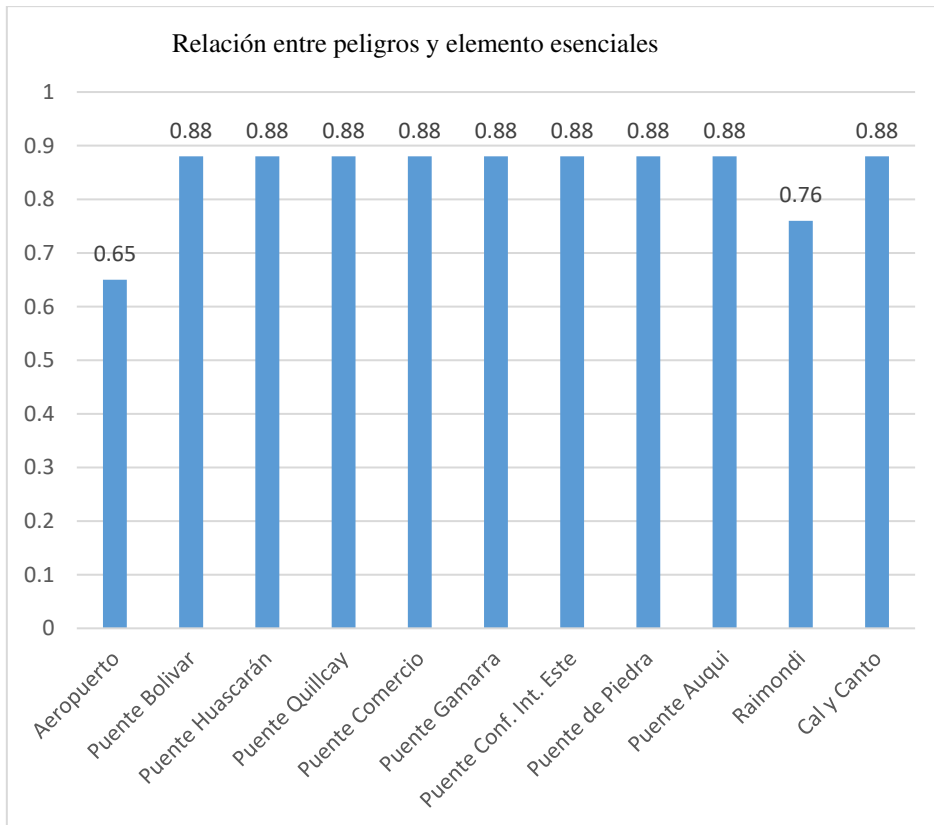


Figura 29 Relación entre peligros y elementos esenciales
Fuente. Elaboración propia

Adicionalmente, esta realidad físico geográfica, se puede visualizar espacialmente en los perfiles topográficos (ver anexos), donde uno de ellos, es el que recorre el puente de piedra, tal como se visualiza en las siguientes fotografías de distinto año:



Figura 30 Confluencia de los ríos Auqui y Paria y origen del río Quillcay, como aluvial habitado sin defensas ribereñas.

Fuente. Archivo personal, fecha de toma: 22 diciembre de 2008



Figura 31 Confluencia de los ríos Auqui y Paria y origen del río Quillcay, como aluvial habitado con defensas ribereñas de gaviones y enrocado.

Fuente. Archivo personal, fecha de toma: 25 abril de 2019

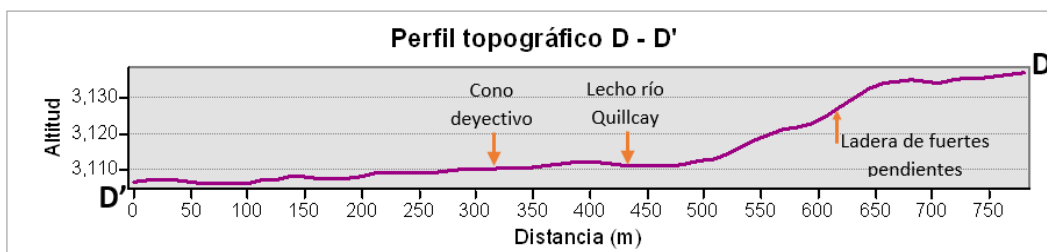


Figura 32 Perfil topográfico de la confluencia de los ríos Auqui y Paria

Fuente. Elaboración propia

En esta zona de confluencia de los ríos Auqui y Paria, ha ocurrido durante el cuaternario, eventos aluviónicos intensos, el último el 13 de diciembre de 1941. Hasta hace unas décadas era un área intangible y arborizada. Esta fue una medida de ordenamiento territorial apropiada; sin embargo, en los últimos 15 años, se ha venido urbanizando de manera espontánea, creándose un escenario de riesgo de desastres. La población y las autoridades locales han gestionado el mencionado riesgo, tratando de reducirlo mediante las construcciones de gaviones, enrocados colocados y muros de contención. En este contexto se encuentra el puente Auqui, que al igual que los demás puentes o elementos esenciales debería disponer de áreas intangibles (fajas marginales) aledañas para facilitar la accesibilidad y evaluación de la población ante futuros desastres.

Las fajas marginales constituyen la herramienta de planificación y debería gestionarse en estos casos su construcción en todas las áreas a fin de prevenir y mitigar los efectos del impacto de los aluviones.

A continuación, se muestra que la expansión urbana ha sobrepasado las medidas de planificación anteriormente señaladas:



Figura 33 Cono aluvial como zona intangible
Fuente. Google Earth Pro, imagen satélite QuickBird, fecha de toma: 10 agosto de 2003

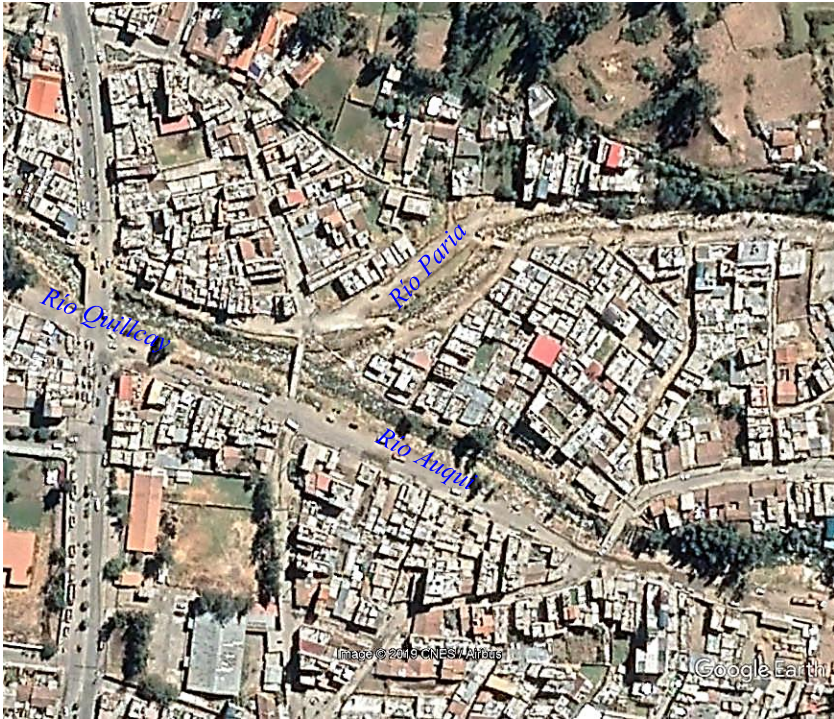


Figura 34 Cono aluvial se encuentra habitado
Fuente. Google Earth Pro, imagen satélite Pleyades, fecha de toma 21 de junio de 2019

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Las conclusiones alcanzadas en la presente investigación son las siguientes:

1. Se demostró la hipótesis, es decir, que los niveles de peligros de origen natural que amenazan a los elementos esenciales en la ciudad de Huaraz y áreas de expansión son muy altos. La hipótesis se verificó en el campo contrastando la situación de exposición de cada uno de los elementos esenciales ante el impacto de eventos de origen natural como aluviones e inundaciones. En este último aspecto se consideró en la evaluación los factores geológico – geomorfológicos y topográficos.
2. La metodología empleada consistió primero en delimitar al área de estudio en función a la identificación de los elementos esenciales en el contexto urbano de la ciudad de Huaraz y sus áreas de expansión. Segundo, se preparó la información geoespacial temática relacionada con la geomorfología, peligros, usos de suelos, entre otros. Tercero, se realizaron comprobaciones y recojo de información en el campo. Cuarto, se analizó en gabinete la relación entre los peligros y los elementos esenciales. Quinto, se procedió con redacción final de la tesis.
3. En resumen, el 100% de los puentes (17 en total), a su vez considerados como elementos esenciales, se encuentran en situación de peligro muy alto a ser impactados por aluviones. El aeropuerto y los recintos localizados en la ciudad de Huaraz como estadio, estación de bomberos, colegio, clínica y hospital se encuentra en situación de peligro alto (100%). Por lo tanto, los niveles de peligro de los elementos esenciales, en el área de estudio, varía de alto a muy alto.
4. Se ha establecido que los Elementos Esenciales señalados en esta investigación están relacionados con la vulnerabilidad del territorio (área de estudio). Es decir, a nivel regional y local los aludidos elementos esenciales

deben ser preservados y mantenidos permanentemente para la sostenibilidad del territorio.

5.2 Recomendaciones

Las recomendaciones alcanzadas en la presente investigación son las siguientes:

1. Mediante la ejecución de la normativa que gestiona la Autoridad Nacional de Agua (ANA) se debería señalar de manera densa las franjas marginales y convertirse en espacios intangibles los lugares de elementos esenciales.
2. Una medida posterior sería considerar los espacios de los elementos esenciales de la ciudad de Huaraz como zonas de recuperación en el marco de la planificación urbana local a fin de evitar que sean alterados por la población.
3. Sobre la base de lo anterior se podrían elaborar proyectos de inversión pública, teniendo como entidades ejecutoras a los gobiernos locales, para llevar a la práctica una descolmatación de cauces, arborización de riberas y la construcción de gaviones y enrocados en los taludes de las terrazas.
4. Se recomienda implementar medidas de control para el cumplimiento de decisiones adoptadas con respecto a los elementos esenciales.
5. La cultura de prevención de desastres debería incluir el conocimiento de los elementos esenciales y su importancia en el contexto de la gestión de riesgos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNILLAS, A. et. al. (2012). *Informe Final del Proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina. Componente Nacional Perú – Primera Etapa*. Centro de Datos para la Conservación (CDC-UNALM). Laboratorio de Teledetección (LTAUNALM). Dirección General de Ordenamiento Territorial - Ministerio del Ambiente (DGOT - MINAM). Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA). Lima - Perú. pp. 56.

CENTRO DE ESTUDIOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES - PREDES. (2011). *Guía Metodológica para incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres en la Planificación del Desarrollo*. Lima: Predes Fondo Editorial

GENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales – Segunda versión*. Lima

CHUQUISENGO, O. y FERRADAS, P. (2007). “*Gestión de riesgos en Ancash: Experiencias y Propuestas*”. Lima: Soluciones Prácticas – ITDG.

DE PEDRAZA, J. (1996). *Geomorfología - Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Editorial Rueda.

D’ECORLE, R. y PASCALE, M. (2002). *Los Lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: IRD.

FERRO, V. (2009). “*Lineamientos de desarrollo para la ciudad de Huaraz*”. Tesis de pregrado Universidad Nacional de Ingeniería.

HUARICACHA, E. (2018). *Los peligros y la planificación del uso del suelo en las subcuencas de las quebradas Barba Blanca y Callahuanca, en el Distrito Callahuanca, Provincia Huarochirí, Departamento Lima – Aplicaciones de la geomática*. Tesis de pregrado. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Sociales, EP. de Geografía. 244 h

INDECI – PNUD (2003). “*Plan de prevención ante desastres: usos del suelo y medidas de mitigación – ciudad de Huaraz*”. Proyecto INDECI – PNUD PER / 02 / 051 Ciudades Sostenibles Primera Etapa.

INDECI (2002). *Informe principal Mapa de peligros de la Ciudad de Huaraz y sus áreas de Expansión*.

INDECI - PNUD. (2011). *Programa de Ciudades Sostenibles (PCS)*.

INGEMMET (1995). *Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari*. Lima

INGEMMET (1996). *Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca*. Lima

ITDG (2003). *“Identificación de las amenazas en las localidades de Huaraz, Independencia, Yungay, Ranrahirca y centros poblados de Coyllur, Encayoc-Arhuay y Huashao”*. Proyecto “Fortalecimiento de las capacidades para responder a emergencias en el Callejón de Huaylas - Perú”.

LUQUE, G; DELGADO, F. (2012). *Informe Técnico N° A6592 Evaluación Ingeniero – Geológica de los deslizamientos de Yauya y Tambo Real – Distrito Yauya, Provincia Carlos Fermin Fitzcarrald*. Lima: INGEMMET.

MARTINEZ, P. (2006). *Planificación y Ordenación del Territorio*. Madrid: Editorial Dykinson

MELENDEZ, J. (2017). *Geomorfología y peligros de origen natural en laderas aledañas a la localidad de Huallanca, provincia de Huaylas, departamento Ancash*. Revista de Investigaciones Sociales – UNMSM- Vol. 21 N° 38, pp. 87-96.

MELENDEZ, J; ALVA, M. (2005). *Aplicación de la geomatica en el análisis geomorfológico de la subcuenca de la quebrada Cojup (Huaraz, Ancash)*. Revista de Investigaciones Sociales – UNMSM- Vol. 21 N° 15, pp. 337-352.

NACIONES UNIDAS. (2015). *Marco Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*.

PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). *Conozcamos los peligros geológicos en la región andina*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 5, 78 p. y un mapa a escala 1:7.500.000.

TAVERA, H. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú*. Lima

UNESCO (2006). *Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual*.

UNITED NATIONS. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres*.

VASQUEZ, A. (2000). *Manejo de cuencas Altoandinas*. UNALM.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS:

Recuperado el 30 de agosto de 2019 <http://www.cip.org.pe/events/xiii-simposio-internacional-en-gestion-del-riesgo-de-desastres/>

http://siar.minam.gob.pe/ancash/sites/default/files/archivos/public/docs/nota_tecnica_03.pdf

https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

<http://www.cip.org.pe/events/xiii-simposio-internacional-en-gestion-del-riesgo-de-desastres/>

<http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>

<http://www.pcca.org.pe/fototeca/show/1>

<http://www.conida.gob.pe/index.php/noticias/perusat-1-satelite-de-observacion-de-la-tierra>

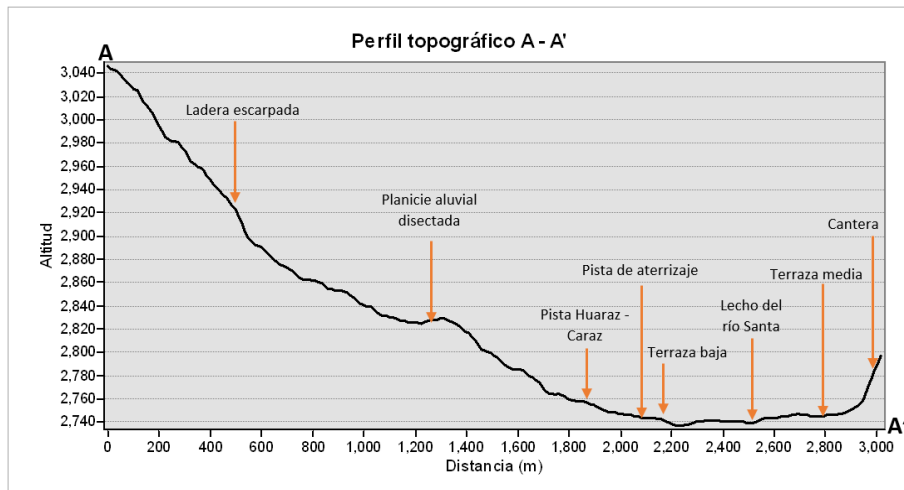
<https://spot.cnes.fr/en/SPOT/index.htm>

<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2>

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.6/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>

ANEXOS

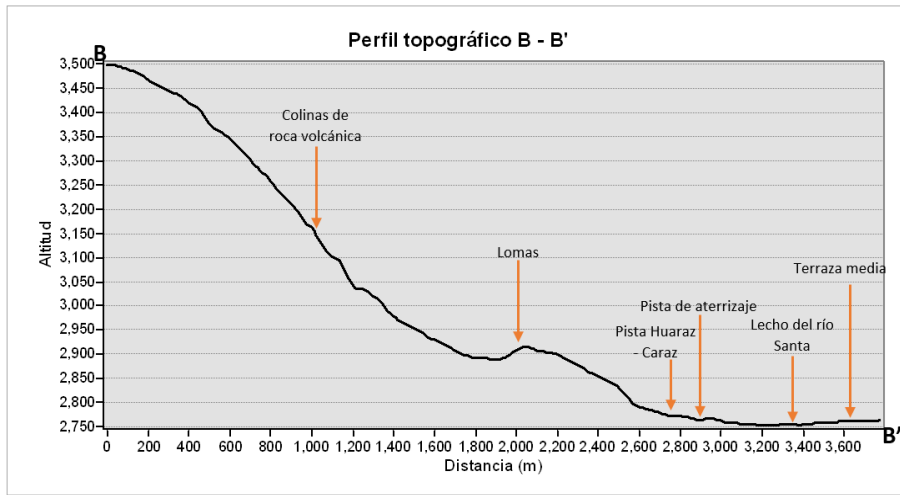
ANEXO 1: PERFILES TOPOGRAFICOS:



Vista en 3D del sector



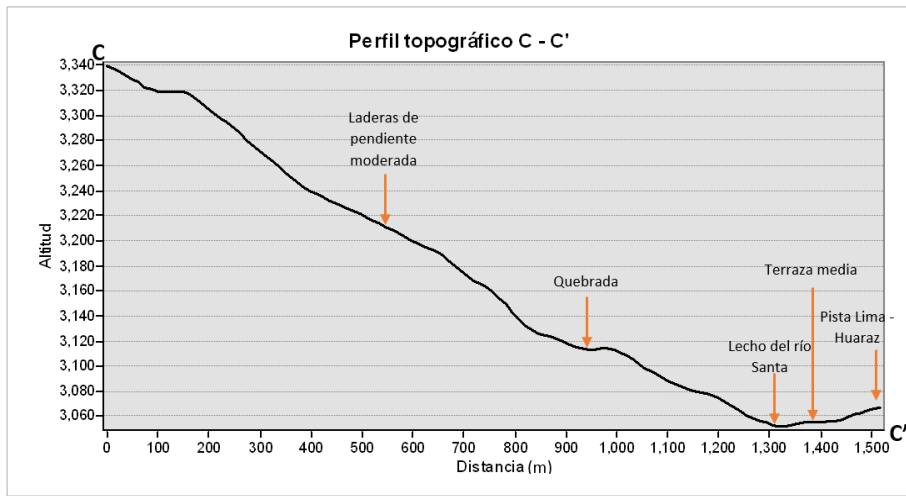
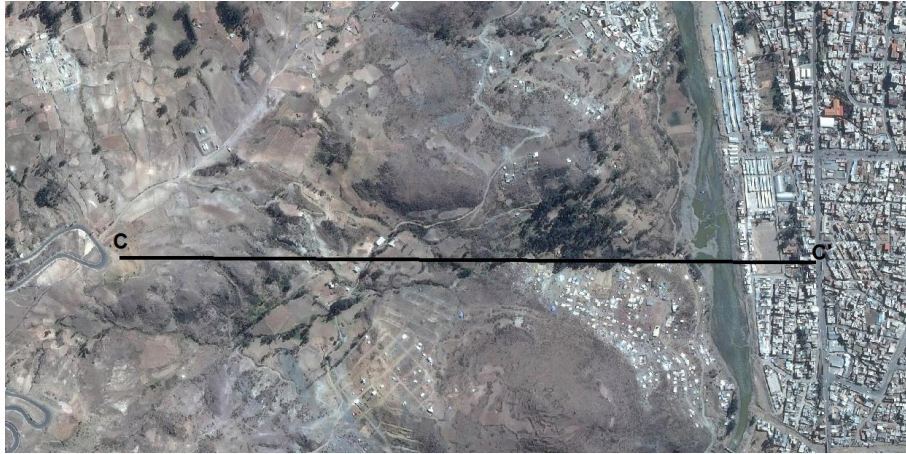
Figura 35 Transepto A – A': Norte del aeropuerto de Anta. Distancia 3.05 km. Pendiente máxima 39.7%, pendiente media 7.9 – 12.3%
Fuente. Google Earth Pro.



Vista en 3D del sector



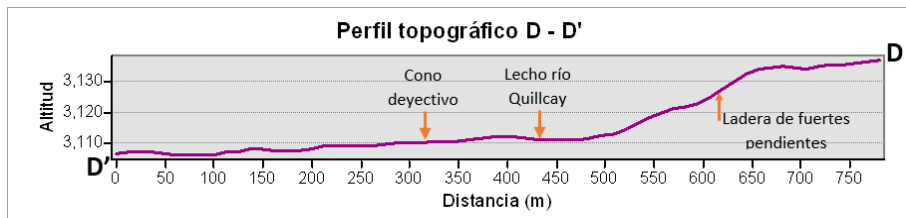
Figura 36 Transepto B – B': Sur del aeropuerto de Anta. Distancia 3.9 km. Pendiente máxima 50.5%, pendiente media 4.2 – 23.8%
 Fuente. Google Earth Pro



Vista en 3D del sector



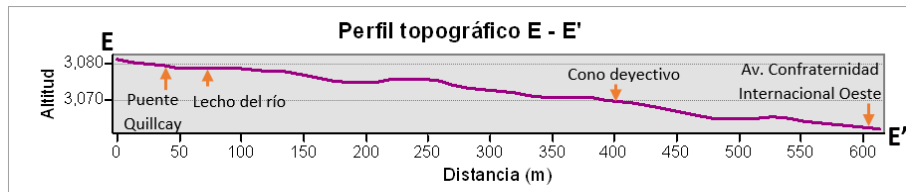
Figura 37 Transepto C – C': Cordillera Negra – Ciudad de Huaraz, sector sur. Distancia 1.55 km. Pendiente máxima 34.5%, pendiente media 7.2 – 19.8%
 Fuente. Google Earth Pro



Vista en 3D del sector



Figura 38 Transepto D – D': Ciudad de Huaraz, sector Barrio de Nicrupampa – Barrio San Francisco. Distancia 0.784 km. Pendiente máxima 13.9%, pendiente media 4.6%
 Fuente. Google Earth Pro



Vista en 3D del sector



Figura 39 Transepto E – E': Ciudad de Huaraz, sector Puente Quillcay – Av. Confraternidad Internacional Oeste. Distancia 0.615 km. Pendiente máxima 6.6%, pendiente media 3.0%
Fuente. Google Earth Pro

ANEXO 2: PUENTES CIUDAD DE HUARAZ



Figura 40 Puente Bolívar, sobre el río Quillcay (Av. Confraternidad Internacional Oeste)
Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: noviembre de 2013



Figura 41 Puente Nueva Florida, sobre río Auqui (Km 1.709)
Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: julio de 2013



Figura 42 Puente San Jerónimo (Cal y Canto, sobre río Santa)
Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: noviembre de 2013



Figura 43 Puente Antonio Raimondi sobre río Santa
Fuente: Archivo personal, fecha de toma: 25 abril de 2019



Figura 44 Puente Huascarán sobre río Quillcay
Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: julio de 2013

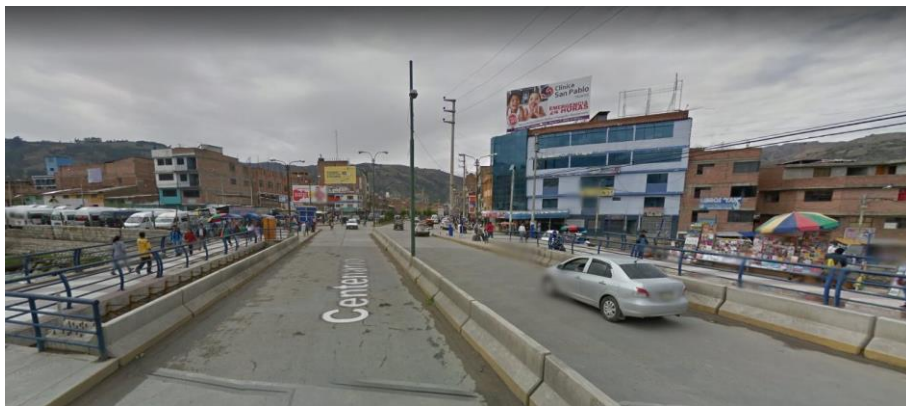


Figura 45 Puente Fitzcarrald sobre el río Quillcay
Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: agosto de 2013



Figura 46 Puente Comercio sobre el río Quillcay
Fuente: Archivo personal, fecha de toma: 25 de abril de 2019



Figura 47 Puente Av. Gamarra sobre río Quillcay
Fuente: Archivo personal, fecha de toma: 25 de abril de 2019



Figura 48 Puente Av. Confraternidad Internacional Este sobre el Río Quillcay.
Fuente: Archivo personal, fecha de toma: 25 de abril de 2019



Figura 49 Puente Jr. José Olaya sobre el Río Quillcay
Fuente: Archivo personal, fecha de toma: 25 de abril de 2019

ANEXO 3: PUENTES AREA DE ESTUDIO



Figura 50 Puente Anta

Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: noviembre de 2013



Figura 51 Puente Yungar

Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: noviembre de 2013



Figura 52 Puente Jangas
Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: noviembre de 2013



Figura 53 Puente Ishinca
Fuente: Archivo personal, fecha de toma 24 de abril de 2019



Figura 54 Puente Km 591 / Fuente: Archivo personal, fecha de toma 24 de abril de 2019



Figura 55 Puente Km 590 / Fuente: Archivo personal, fecha de toma 24 de abril de 2019



Figura 56 Puente Mullaca
Fuente: Archivo personal, fecha de toma 24 de abril de 2019



Figura 57 Puente Sauna
Fuente: Archivo personal, fecha de toma 24 de abril de 2019



Figura 58 Puente Km 585
Fuente: Archivo personal, fecha de toma 24 de abril de 2019



Figura 59 Puente Llupa
Fuente: Google Earth Pro, fecha de toma: junio de 2013

ANEXO 4: AEROPUERTO

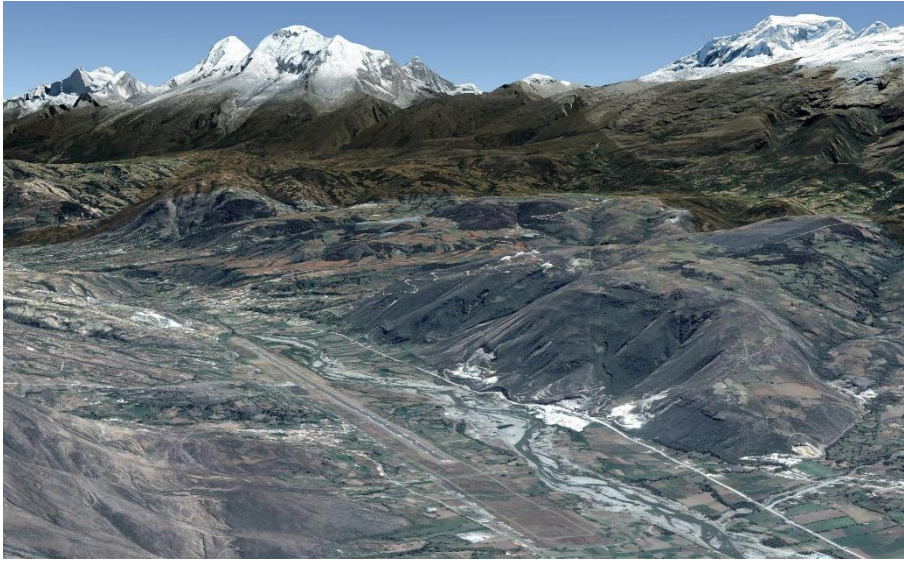


Figura 60 Vista 3 D del Aeropuerto Comandante FAP Germán Arias Graziani – Anta
Fuente: Google Earth Pro, Imagen Pleyades, fecha de toma: 17 de junio de 2017



Figura 61 Vista 3 D de la pista del Aeropuerto Comandante FAP Germán Arias Graziani – Anta
Fuente: Google Earth Pro, Imagen Pleyades, fecha de toma: 17 de junio de 2017