

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO MEDIANTE EL MÉTODO
MULTICRITERIO, PARA EL SISTEMA DE RIEGO QUENGORIO,
REGIÓN DE CAJAMARCA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

GONZALO ALFREDO HUAMÁN ALARCÓN

LIMA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO MEDIANTE EL MÉTODO
MULTICRITERIO, PARA EL SISTEMA DE RIEGO QUENGORIO,
REGIÓN DE CAJAMARCA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. GONZALO ALFREDO HUAMÁN ALARCÓN

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. RAUL ARNALDO ESPINOZA VILLAR
Presidente

Mg. Sc. JOSELITO JERSIN ROBLES SILVESTRE
Asesor

Ing. ANTONIO CELESTINO ENCISO GUTIERREZ
Miembro

Mag. SAUL MOISES TORRES MURGA
Miembro

LIMA – PERU

2020

ÍNDICE GENERAL

I. PRESENTACIÓN	1
II. INTRODUCCIÓN.....	4
III. OBJETIVOS.....	5
3.1. Objetivos generales	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
IV. DESARROLLO DEL TEMA	6
4.1. Aspectos generales de la zona del proyecto	6
4.2. Proyección de infraestructura.....	6
4.3. Ubicación.....	7
4.4. Identificación infraestructura existente	8
4.5. Identificación y evaluación de peligros.....	14
4.6. Peligros en el área de influencia del proyecto.....	18
4.6.1. Sismos (Geodinámica interna)	18
4.6.2. Deslizamiento (Geodinamica externa).....	24
4.6.3. Lluvias intensas (Hidrometeorológico).....	26
4.6.4. Vientos fuertes (Hidrometeorológico)	27
4.6.5. Inundaciones (Hidrometeorológico)	31
4.6.6. Granizadas (Hidrometeorológico).....	33
4.7. Vulnerabilidad en el área de influencia del proyecto	34
4.8. Metodología para el análisis.....	39
4.8.1. Análisis jerárquico (PAJ)	39
4.8.2. Método multicriterio	41
4.9. Determinación de peligro, vulnerabilidad y riesgo del proyecto	45
4.9.1. Peligro	45
4.9.2. Vulnerabilidad.....	51
4.9.3. Riesgo.....	57
4.10. Descripción de las funciones desempeñadas y su vinculación con campos temáticos de la carrera profesional.....	67
4.11. Contribución en la solución de cada situación problemática	67
4.12. Análisis de su contribución de las competencias y habilidades adquiridas durante su formación profesional, considerando la revisión de literatura actualizada pertinente.....	68

V. CONCLUSIONES.....	70
VI. RECOMENDACIONES.....	71
VII. BIBLIOGRAFÍA	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Inventario de infraestructura existentes.....	13
Tabla 2: Emergencias y daños ocurridos a nivel nacional, durante el año 2016.....	16
Tabla 3: Emergencias y daños ocurridos a nivel nacional, durante el año 2017.....	16
Tabla 4: Fenómenos naturales de mayor incidencia en Cajamarca 2016 - 2017	17
Tabla 5: Correlación escala de Mercalli y aceleración sísmica.....	20
Tabla 6: Sismos registrados en el área de estudio	24
Tabla 7: Deslizamientos registrados en el área de estudio	25
Tabla 8: Precipitaciones intensas registrados en el área de estudio	27
Tabla 9: Vientos fuertes registrados en el área de estudio	28
Tabla 10: Inundaciones registradas en el área de estudio.....	32
Tabla 11: Registro de granizadas en el área de estudio.....	34
Tabla 12: Escala de Saaty.....	40
Tabla 13: Aplicaciones del Analisis Jerárquico	41
Tabla 14: Factores condicionante y desencadenates	45
Tabla 15: Matriz comparación de pares factores condicionantes.....	46
Tabla 16: Matriz de normalización de los factores condicionantes.....	46
Tabla 17: Hallando el vector suma ponderado para los condicionantes.....	46
Tabla 18: Hallando el λ_{max} para los condicionantes	47
Tabla 19: Matriz comparación de pares - Geología	47
Tabla 20: Hallando el vector suma ponderado – Geología	48
Tabla 21: Hallando el vector suma ponderado - Geología.....	48
Tabla 22: Hallando λ_{max} – Geología.....	48
Tabla 23: Pesos y coeficiente final de la geología.....	49
Tabla 24: Precipitación como factor desencadenante.....	49
Tabla 25: Parámetros de Evaluación para el análisis	50
Tabla 26: Matriz de comparación de pares de la dimensión social.....	51
Tabla 27: Matriz de normalización de la dimensión social	51
Tabla 28: Vector suma ponderada.....	51
Tabla 29: Hallando el λ_{max}	52

Tabla 30: Matriz de comparación de la exposición social.....	52
Tabla 31: Matriz de normalización de la exposición social	53
Tabla 32: Vector suma ponderada de la exposición social.....	53
Tabla 33: Hallando el λ_{max} de la exposición social	53
Tabla 34: Matriz de comparación de la fragilidad social	54
Tabla 35: Matriz de normalización de la fragilidad social	54
Tabla 36: Vector suma ponderada de la exposición social.....	54
Tabla 37: Hallando el λ_{max} de la fragilidad social	55
Tabla 38: Matriz de comparación del parámetro abastecimiento de agua	55
Tabla 39: Matriz de normalización del parámetro de abastecimiento de agua	55
Tabla 40: Vector suma ponderada del parámetro abastecimiento de agua.....	56
Tabla 41: Hallando el λ_{max} de la fragilidad social	56
Tabla 42: Determinación del Peligro para el proyecto - parte 01	59
Tabla 43: Determinación del Peligro para el proyecto - parte 02.....	60
Tabla 44: Determinación de la Vulnerabilidad para el proyecto – parte 01	61
Tabla 45: Determinación de la Vulnerabilidad para el proyecto – parte 02.....	62
Tabla 46: Determinación del Riesgo para el proyecto de riego Quengorio	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del proyecto	7
Figura 2: Identificación in situ de la infraestructura existente	13
Figura 3: Clasificación de peligros.....	14
Figura 4: Clasificación de peligros de origen natural.....	15
Figura 5: Fenómenos Cajamarca 2016 - 2017.....	17
Figura 6: Magnitudes sísmicas de la zona del proyecto	19
Figura 7: Isoaceleración de la zona del proyecto	20
Figura 8: Escala de intensidades – mapa Isosismos	21
Figura 9: Zonificación Sísmica.....	23
Figura 10: Movimiento de masas	24
Figura 11: Deslizamiento por falta de cobertura vegetal.....	25
Figura 12: Factores de la vulnerabilidad	34
Figura 13: Quebradas que podrían poner en exposición la infraestructura (canal).....	35
Figura 14: Trazo del canal y casas cercanas en su recorrido vista desde abajo	36
Figura 15: Trazo del canal y casas cercanas en su recorrido vista atras.....	37
Figura 16: Secuencia de análisis de vulnerabilidad.....	38
Figura 17: Esquema susceptibilidad.....	39
Figura 18: Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones	39

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Abreviatura en español	Significado de abreviatura
WGS	Sistema geodésico mundial
UTM	Universal Transversal de Mercator
AAA	Autoridad Administrativa del Agua
ALA	Autoridad Local del Agua
UH	Unidad Hidrográfica
Mw	Magnitud de momento
Gal	Aceleración en el sistema cegesimal
g	Gravedad
m/s ²	Aceleración
G	Aceleración sísmica
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería
Z	Factores de zona sísmica
MM	Mercalli Modificada
PAJ	Proceso de análisis jerárquico
RC	Relación de consistencia
IC	Índice de consistencia
IA	Índice aleatorio
λ_{max}	Lambda máximo
n	Números de parámetros en la matriz
VSP	Vector suma ponderada
VP	Vector priorización
FC	Factores condicionantes
PE	Parámetros de Evaluación
R	Riesgo
S	Susceptibilidad
P	Peligro
V	Vulnerabilidad

I. PRESENTACIÓN

Las funciones desempeñadas dentro de las empresas privadas donde se desarrollaron actividades, tuvieron lugar en el área de ingeniería de proyectos. Ambas empresas se encuentran en el rubro de riego, la primera de ellas abocada al riego tecnificado (presurizado), la cual brinda soluciones para la agricultura a nivel nacional en diseño, instalación, venta de materiales y reposición del servicio post venta. La segunda empresa, es una consultora que realiza estudios a nivel de perfil y expediente técnico de proyectos de infraestructura de riego de entidades públicas y privadas.

En la empresa IPESA Hydro, el cargo fue de Diseñador de Proyectos cuya función era la de verificación y corrección de diseños y presupuestos de Estudios de Riego Tecnificado del Programa Subsectorial de Riego (PSI) tales como:

- Creación del sistema de riego tecnificado del centro poblado Chambac – Provincia de Santa Cruz – Cajamarca.
- Mejoramiento del servicio de agua del sistema de riego tecnificado de Atuyunga - el Guayo - Distrito de Jorge Chávez Celendín – Cajamarca.
- Instalación del sistema de riego tecnificado en el caserío de lirio, distrito de Yauya – Carlos Fermin Fitzcarrald – Ancash.
- Instalación del sistema de riego tecnificado zona alta del distrito de sucre -sector Sumbatillo, Distrito sucre, Provincia Celendín y Región Cajamarca.

En la empresa consultora CAMSA INGENIEROS se laboraba en el área de ingeniería con un equipo multidisciplinario (ingenieros agrónomos, ambientales, agrícolas, geólogos, hidrólogos, sociólogos y especialistas en costos y presupuestos) con los que se realizaron los trabajos de campo y oficina en el cargo de dirección, supervisión de los trabajos de campo.

En primera instancia, se recopiló información primaria in-situ, tal como levantamiento topográfico, ubicación de fuentes de agua, medición de caudales, ubicación de canteras, ubicación de los componentes del proyecto, extracción de suelo mediante calicatas para el análisis agrológico y geotécnico.

En el trabajo de gabinete, se tuvo a cargo la parte SIG de todos los estudios y a su vez encargado del Estudio de la Gestión de Riesgo de los proyectos de la consultora. La data obtenida en campo era procesada para componer los diversos estudios y para el posterior diseño de las obras hidráulicas a considerar para el desarrollo de los perfiles y expedientes técnicos; es decir, se desarrollaba toda la logística y trabajo necesario en función de los requisitos que exigían la elaboración de los estudios a nivel de perfil y expediente técnico de las entidades públicas y privadas. También se participó de forma activa en otras áreas en las que se necesitaba apoyo, dado los plazos cortos de entrega de proyectos, tal es así que se proporcionó colaboración en los costos y presupuestos, en los estudios de impacto ambiental, hidrología y topografía. Lo cual motivó y puso en práctica los conocimientos de los cursos de topografía, hidrología e hidráulica en campo, y en cuanto al uso de herramientas de *software* se trabajó con ArcGIS, S10 Presupuestos, Microsoft Project y AutoCAD por nombrar algunos, poniendo en práctica los criterios vistos en los cursos de concreto reforzado, riegos, mecánica de suelos, percepción remota y SIG, Riegos I y II, etc. todo esto con el fin de la consolidación de los estudios, presupuesto y capítulos que componen los perfiles y expedientes técnicos.

Algunos de los proyectos de gran envergadura en los que se aplicaron los conocimientos adquiridos durante los años de la carrera fueron:

2016:

- Mejoramiento del servicio de agua para el sistema de riego Ingenio – Ñausilla – Unguymaran Magapash – Quicacan, Distrito de Conchamarca, Provincia de ambo-Huánuco.
- Creación del servicio de agua para el sistema de riego cañón Apurímac II, Distrito de Suykutambo, Coporaque y Espinar, Provincia de Espinar, Cusco.

2017:

- Instalación del sistema de riego para las localidades de Pichiú san pedro, Pichiú Quenhuaragra, Santa Cruz de Mosna, Challhuayaco, la Merced Gaucho, Rancas, Carash, San Luis de Pujun, Carhuayoc, San Andres de Runtu, Quenhuaragra, San miguel de Opayaco Huaripampa Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Región Áncash.
- Instalación del Servicio de Agua del Sistema de Riego Tucso, Distrito de Oyolo, Ushua, Corculla, Sayla, Tauria, Provincia de Paucar del Sara Sara – La Unión – Región Ayacucho – Arequipa.

2018:

- Creación del servicio de agua para riego con sistema de represamiento, localidad de Quengorio, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca.
- Instalación del sistema de represamiento de la Laguna Pisturo en el Distrito de Haquira, Provincia Cotabambas – Apurímac.

2019:

- Creación de servicio de agua para riego a través de Represamiento Sotomachay para los Sectores del distrito de Congalla, Provincia de Angaraes, Departamento Huancavelica.

Debido al desenvolvimiento y beneficio brindado a la consultora la permanencia en CAMSA Ingenieros fue por más de 4 años, esto debido al desarrollo eficaz de los trabajos delegados y de los que se estuvo a cargo.

II. INTRODUCCIÓN

Resolver problemas para satisfacer necesidades es una cualidad inherente en el hombre, es por ello que a través del tiempo el desarrollo profesional es la base para mantener el progreso de un país y a su vez nos concede un alto grado de autoexigencia, superación laboral y personal. Cuando se pone en práctica los conocimientos aprendidos para la resolución de problemas de forma adecuada y oportuna se puede decir que se ha adquirido madurez y solidez en el área profesional. Por tal motivo es importante evidenciar las distintas situaciones de las experiencias vividas en el ámbito laboral, las cuales serán expuestas en el desarrollo de la presente monografía.

El presente trabajo fue desarrollado en el Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc en la Región de Cajamarca, permite analizar y aplicar de forma técnica la metodología utilizada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) para diversos proyectos, pero en este caso en particular, fue analizado para un proyecto de riego. Para tal fin, se usó el análisis multicriterio o multivariado, el cual se apoyó en los estudios básicos del proyecto “Creación del Servicio de Agua para el Riego con Sistema de Represamiento, Localidad de Quengorio, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca – 2018”, esto para tener sustento con los criterios utilizados en el análisis jerárquico del método multicriterio, y de esta forma poder tener una adecuada confiabilidad en la distribución y ponderación de los descriptores a tomar en cuenta para el análisis jerárquico, logrando la consistencia adecuada de matrices elaboradas según el método empleado.

También se desarrollaron y aplicaron, de forma concreta, las matrices con la herramienta de sistema de información geográfica (ArcGIS), logrando como resultado la consolidación final del método de forma visual, repercutiendo de forma directa con la toma de decisiones de diseño de las obras del proyecto de Riego Quengorio.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivos generales

Exponer, explicar las competencias, y contribuciones en el desarrollo de la identificación, estimación y mitigación del riesgo del proyecto de Riego Quengorio mediante el método del análisis multicriterio.

3.2. Objetivos específicos

- Implementar la metodología multicriterio en el análisis del riesgo para un proyecto de infraestructura de riego.
- Generar mediante ArcGIS un mapa visual de los resultados del análisis para la toma de decisiones y diseño.
- Dar a conocer las distintas problemáticas se hayan presentado durante el desarrollo del proyecto de Riego Quengorio.

IV. DESARROLLO DEL TEMA

Para el desarrollo de la monografía se presentarán aspectos generales, y antecedentes de la zona de estudio donde se llevará a cabo la creación del sistema de riego, esto para comprender la necesidad del análisis de riesgo para la protección de la infraestructura de riego ante la inminencia de eventos futuros; una vez comprendida la necesidad se dispondrá a presentar la información necesaria como base para realización del análisis mediante la metodología indicada.

4.1. Aspectos generales de la zona del proyecto

La creación de infraestructura de riego Quengorio se encuentra ubicada en la región de Cajamarca, Provincia de Hualgayoc, Distrito de Bambamarca, a una altitud de 3457 m.s.n.m. y con coordenadas de proyección WGS 1984 UTM zona 17 sur (Este 783213.4; Norte 9244656.3).

Las coordenadas en las que se ubica la bocatoma de la margen izquierda es Este 782879; Norte 9246601 UTM WGS84 y el final del canal se ubica en Este 773833; Norte 9252031 UTM WGS84 y la bocatoma de la margen derecha Este 782991; Norte 9247042 UTM WGS84 hasta el final del canal de coordenadas Este 781765; Norte 9254969 UTM WGS84.

4.2. Proyección de infraestructura

Se proyectó la construcción de un canal entubado por la margen izquierda, la cual tenía una longitud de 13.41 km que irrigara 1300 has con caudal de 507.1 l/s y por la margen derecha un canal entubado de longitud de 9.132 km para irrigar 700 has con un caudal de 217.33 l/s; cabe mencionar que el tipo de riego es tecnificado por aspersión, con una eficiencia de riego del 60%. Construcción de 02 bocatomas para el canal de la margen derecha y otra para la margen izquierda.

Construcción de una represa que tendrá un almacenamiento de 8 hm³ de volumen útil y 0.62 hm³ de volumen muerto, la altura total ser a de 56.51 m con un nivel de garantía de 91.1%

Construcción de obras complementarias como las de obras de arte, aliviadero de excedencias, obra de toma, pases aéreos, etc.

4.3. Ubicación

Política

- Región : Cajamarca
- Provincia : Hualgayoc
- Distrito : Bambamarca
- Sectores : Alto Perú, La unión, Batancucho Alto, Coñorconga, Agua Santa, Poro Poro, Nogalpampa, Cashapampa, Lucmacucho, Chacapampa Chicolón, Chicolón Alto, Tayamayo, Tambo Alto, Tambo bajo, Tambo, LancheBajo, Lanhecucho, Totoramayo y Ñunñun.

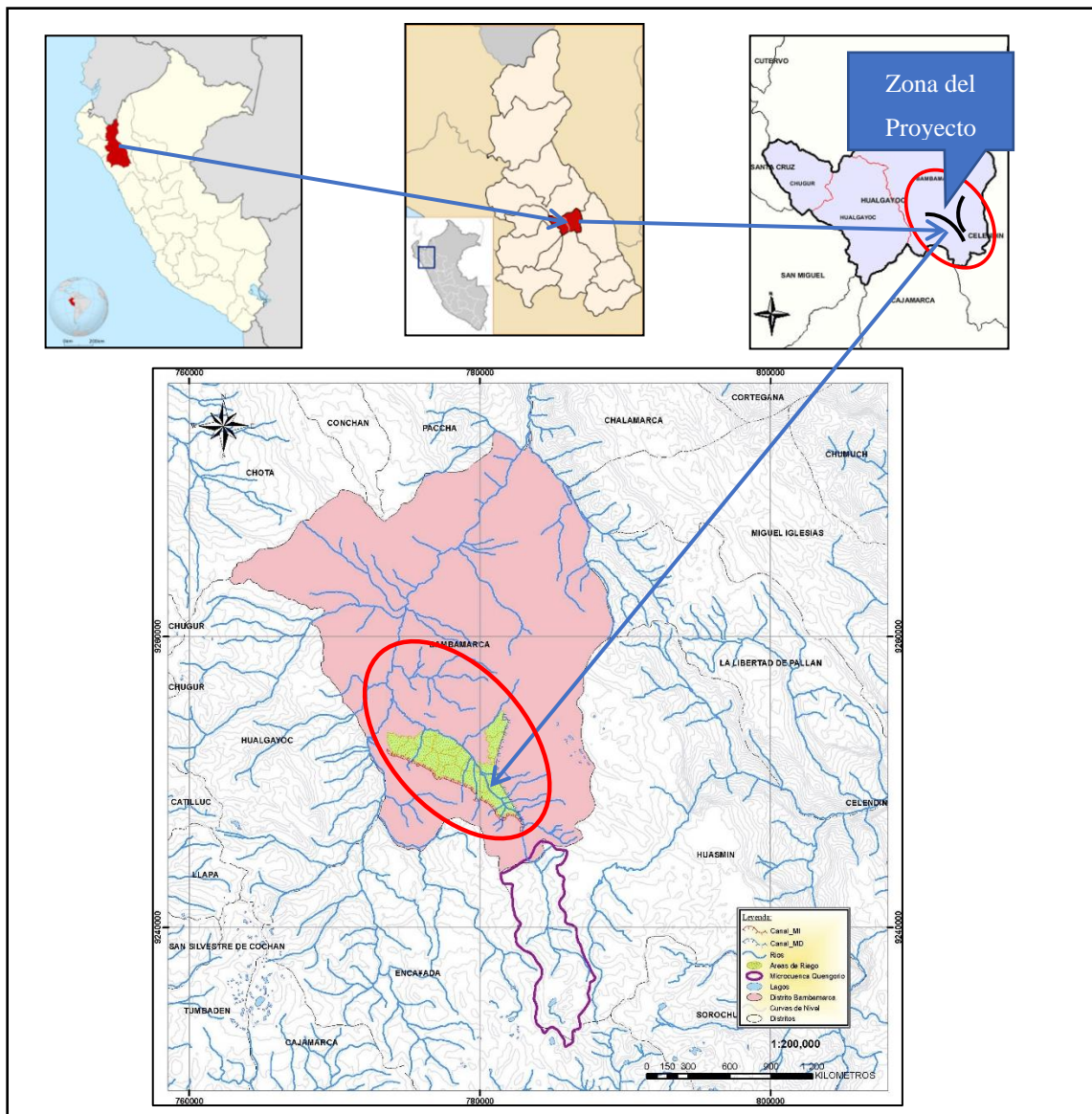


Figura 1: Ubicación del proyecto

Administrativa



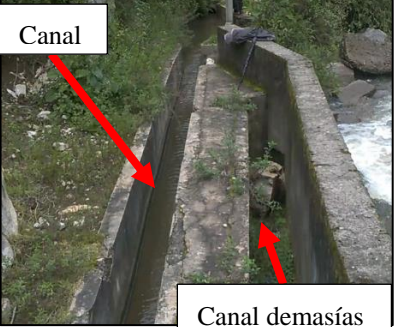

AAA Marañon ALA Chotano – Llaucano UH Intercuenca Alto Marañon IV

Cartográfica

Carta Nacional del IGN a escala 1:100,000, Hoja: CHOTA 14-f y CELENDIN 14-g y a escala 1: 25,000 correspondientes al área del proyecto: 14-f1, 14-f2, 14-g3 y 14-g4.

4.4. Identificación infraestructura existente

Parte de la labor de campo realizada, fue la identificación, localización y medición de los recursos hídricos, así como la infraestructura existente de las áreas a beneficiar (Figura 2). Esto para conocer el nivel de estado, mantenimiento y caudales de trabajo que servirán para el cálculo de la oferta hídrica.

<p>Río Quengorio</p> <p>La Microcuenca Quengorio proviene de las nacientes de las lagunas Pencayoc y Mamacocho, además los alimentan otras quebradas como la Quebrada Alumbre en la margen izquierda, y la Quebrada Peña Blanca y Guayunuida por la margen derecha, todas estas alimentan al río Quengorio 1.25 m³/s.</p>	
<p>Margen Izquierdo</p> <p><i>Canal Las Águilas</i></p> <p>Estructura de captación en la margen izquierda del río Quengorio y canal de conducción entubado de material tipo <i>High-density polyethylene</i> (HDPE) que riega parte del sector de Ñunñun y Lanchecucho.</p> <p>Canal vertedero de demasías y canal de 1.00 de alto x 0.50 m de concreto hasta el desarenador</p> <p>Desarenador de concreto con compuerta de limpieza.</p>	  

<p>Canal entubado de material de tipo <i>High-density polyethylene</i> (HDPE) de 4" de diámetro.</p> <p>Cámara de registro y distribución de 1.00 x 0.80 m a lo largo del canal entubado.</p>	<p>Canal entubado</p>  
<p><i>Canal Artesamayo</i></p> <p>Pequeño barrage en la quebrada Artesamayo que derivan las aguas a una rejilla en el fondo (bocatoma) y posterior hacia un canal de concreto de 0.40 x 0.40 m.</p> <p>Canal Artesamayo con revestimiento parcial de concreto y canal de distribución que beneficia a los sectores de Lanchecucho y Tambo Alto.</p>	<p>Rejilla</p> <p>Canal tapado</p>  <p>Barraje h = 0.50</p> <p>Destrucción del canal</p>  <p>Canal Artesamyo</p>
<p><i>Manantial Palo Blanco</i></p> <p>Manantial Palo blanco beneficiando a la zona de Tambo Alto que dota de agua a las partes de bajas de los beneficiarios del proyecto.</p>	<p>Canal de tierra</p> 

Manantial Agua Santa

Manantial Agua Santa baja por un canal natural y se deriva en dos canales, el primero es un canal de tierra de 0.40 de alto x 0.40 m que beneficia a los sectores de Agua Santa, Tambo Bajo y parte de Tamayo, el segundo canal de 0.40 x 0.40 m también de tierra beneficiando a los sectores de Agua Santa, Poro Poro y parte de Nogalpampa.

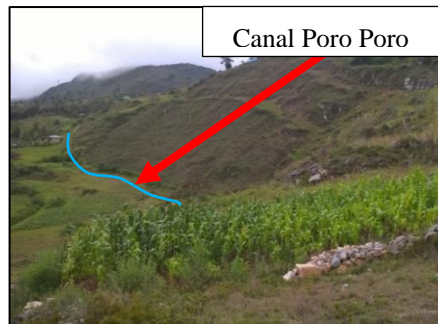


División de manantial Agua Santa



Manantial Poro Poro – Obrerito

se deriva a un canal de tierra de 0.40 x 0.40 m beneficiando a los sectores de Agua Santa, Poro Poro y parte de Nogalpampa.



Canal Poro Poro

Manantial Cashapampa – Lucmacucho

El Manantial Lucamacucho a unos 50 m de su origen se divide en dos canales (canal Lucamacucho y Cashapampa). Los canales mencionados benefician a los sectores de Cashapampa y Lucamacucho ambos con dimensiones de 0.40 x 0.50 m.



Manantial Lucmacucho

Margen Derecha

Canal Batancucho

El canal Batancucho tiene por dimensiones 0.50 x 0.50 m y es revestido con concreto en el primer tramo, posteriormente es de tierra, es un canal que ya posee expediente técnico para su posterior ejecución por tanto no aporta áreas ni sectores de riego en el presente proyecto, el canal Batancucho posee una longitud de 9 km.

Implementación de plástico para evitar la infiltración del agua

Pase aéreo para la conducción del agua, se encuentra en mal estado.

Canal de tierra sinuoso sin pendiente definida.



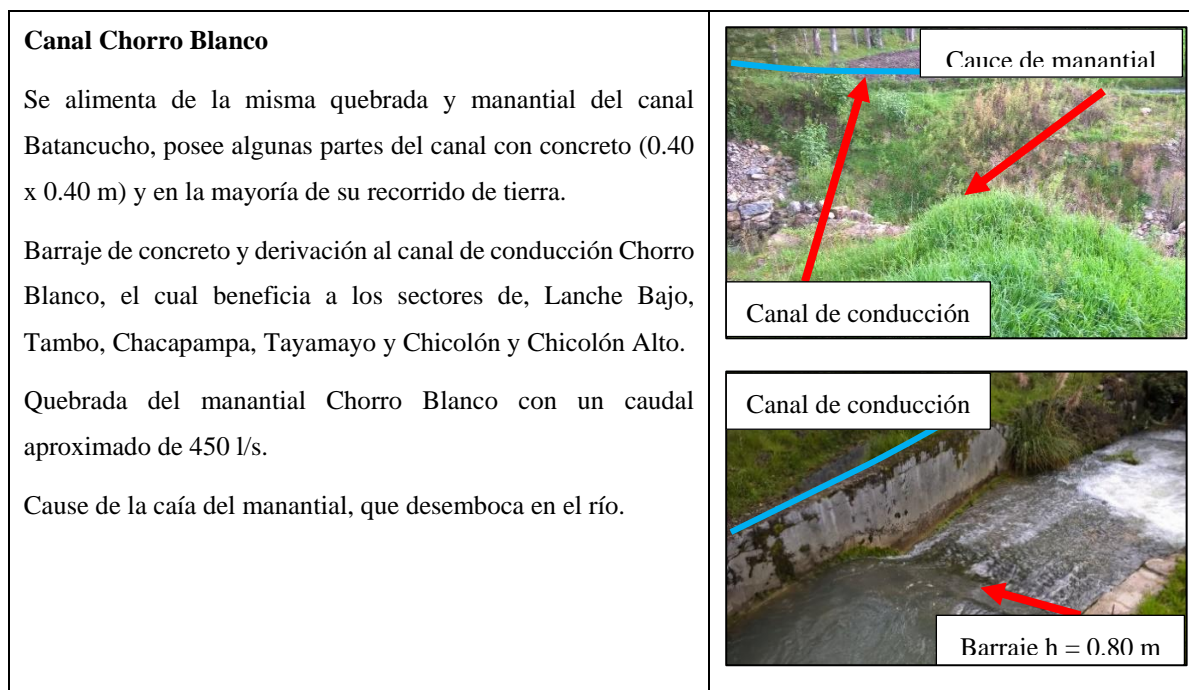


Figura 2: Identificación in situ de la infraestructura existente

Tabla 1: Inventario de infraestructura existentes

Canales del margen izquierdo		Longitud del canal (m)	Caudal (l/s)	CANAL	
				Tipo de material	Estado
1	Canal las Águilas	1647.41	40	PVC	En funcionamiento
2	Canal Artesamayo	2161.94	20	Concreto y tierra	En funcionamiento
3	Canal Palo Blanco	367.47	22	Tierra	En funcionamiento
4	Canal Obrerito Porporo	1169.51	23	Concreto y tierra	En funcionamiento
5	Canal Agua Santa 01	2409.14	20	Tierra	En funcionamiento
6	Canal Agua Santa 02	2535.05	22	Tierra	En funcionamiento
7	Canal Cashapampa	1394.51	19	Concreto y tierra	En funcionamiento
8	Canal Lucmacucho	1360.99	23	Concreto y tierra	En funcionamiento
Canales del margen Derecho		Longitud del canal (m)	Caudal (l/s)	CANAL	
				Tipo de material	Estado
1	Canal Batancucho	8709.73	42	Concreto y tierra	En funcionamiento
2	Canal Chorro Blanco 01	467.46	25	Concreto y tierra	En funcionamiento
3	Canal Chorro Blanco 02	4293.67	30	Concreto y tierra	En funcionamiento

4.5. Identificación y evaluación de peligros

Peligro o Amenaza

El primer elemento que explica el nivel de riesgo es el peligro. Este es un evento físico que tiene probabilidad de ocurrir y por tanto de causar daños a una unidad social o económica. El fenómeno físico se puede presentar en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo definido. Así, el grado o nivel de peligro está definido en función de características como intensidad, localización, área de impacto, duración y período de recurrencia.

Clasificación de Peligros

El peligro, según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana (Figura 3). Esta agrupación nos permite realizar la identificación y caracterización de cada uno de ellos, tal como se muestra a continuación.

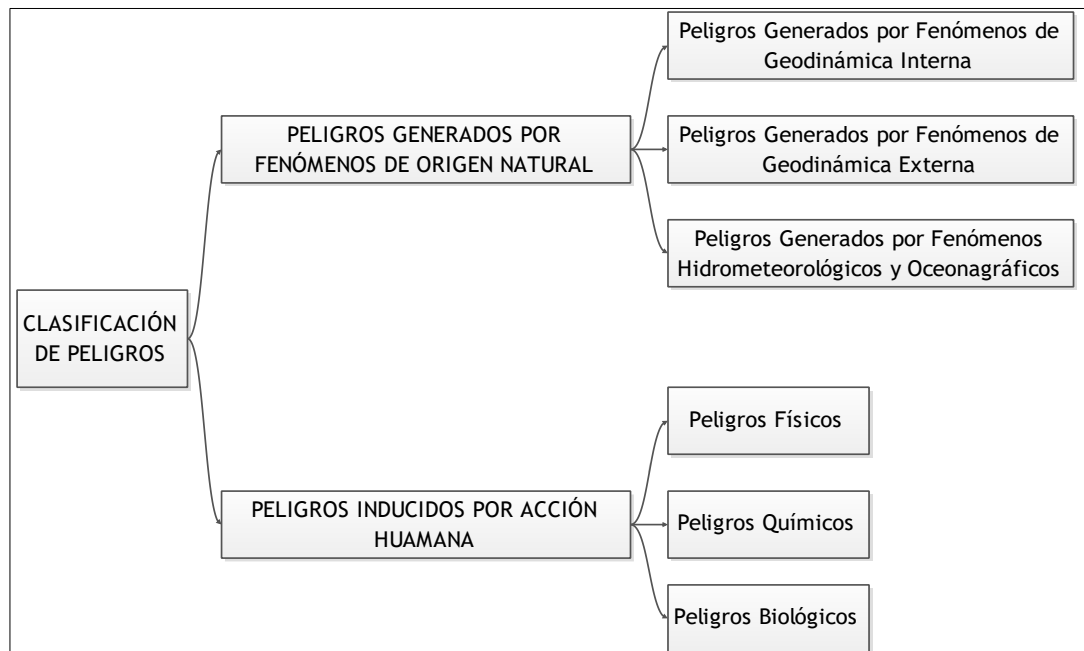


Figura 3: Clasificación de peligros

FUENTE: CENEPRED (2014)

Esta clasificación ha permitido ordenar (Figura 4) los fenómenos de origen natural en tres grupos:

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

Así podemos apreciar en el gráfico siguiente el resultado de la clasificación indicada:

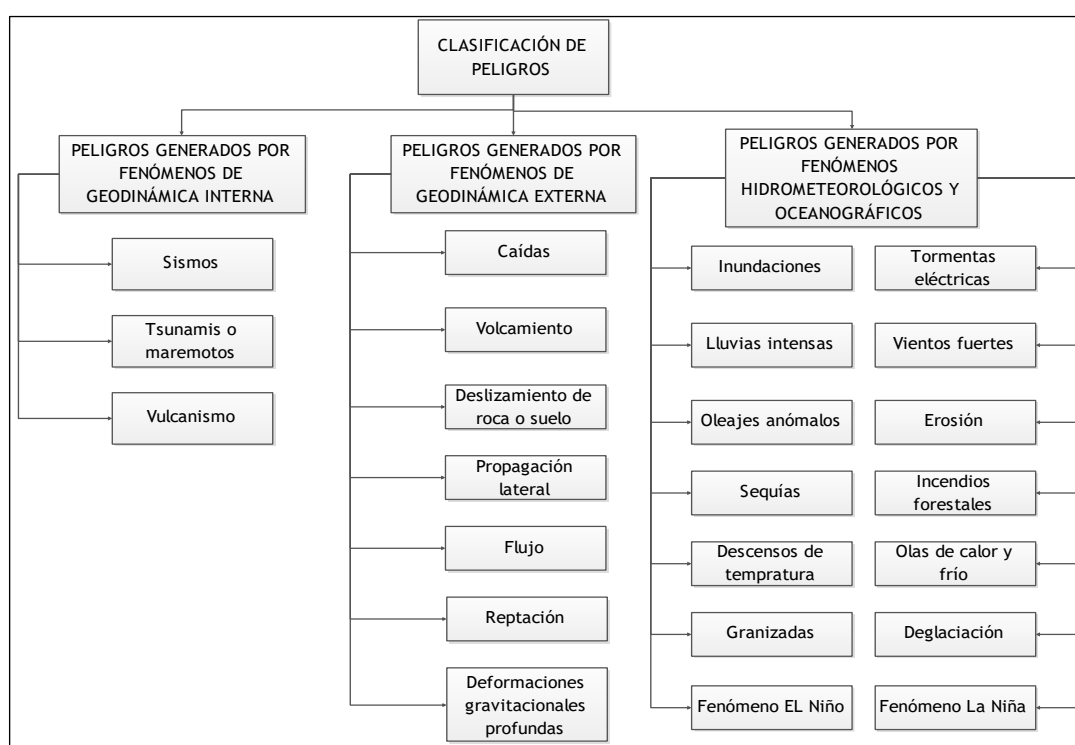


Figura 4: Clasificación de peligros de origen natural

FUENTE: CENEPRED (2014)

Descripción de Peligros

Durante el año 2016 y 2017 en la región de Cajamarca se registraron múltiples daños y emergencias se ven y detallan a continuación.

Tabla 2: Emergencias y daños ocurridos a nivel nacional, durante el año 2016

DPTO	TOTAL	AMAZONAS	ANCAASH	APURIMAC	AREQUIBA	AYACUCHO	CAJAMARCA	CALLAO	CUSCO	HUANCAVELICA	HUANUCO	ICAZA	JUNIN	LA LIBERTAD	LAMBAYEQUE	LIMA	LORETO	MORDE	MOQUEGUA	PASCO	PIURA	PUNO	SAN MARTIN	TACNA	TUMBES	UCAYALI
TOTAL NACIONAL	7.535	160	844	572	236	312	560	71	274	573	103	152	151	357	100	1314	107	46	57	373	459	201	161	52	165	135
ACTIVIDAD VOLCANICA	1				1																					
ALUD	13	1			3	1								2		6										
BAJAS TEMPERATURAS	699	2	7	105	42	64	9		130	63	30	5	40	6	1	35		3	12	80	9	44		12		
CONTAMINACION	9		1											2		1	1		1							3
DERRAME DE SUSTANCIAS PELIGROSAS	4													1			2									1
DERRUMBE	217		32	13	4	9	26	1	3	5	1	4	4	23		83				3		5				1
DESGLIZAMIENTO	317	29	33	5	5	15	45		16	17	6		11	23		95	3			3	1	2	1	1	1	5
EPIDEMIAS	3											2														1
EROSION	29											3		1		6	10	1	4		1				1	2
EXPLOSION	4															3						1				
HUAYCO	559	4	55	4	15	5	8		6	17	1	25	8	48	1	375				3	3		1	10		
INCENDIO FORESTAL	143		1	34		12	6		39	2			3	1	1	6		4	2	10	2	8			6	6
INCENDIO URB. E INDUST.	850	28	15	36	9	20	14	61	14	26	1	30	28	4	11	222	31	13	10	25	60	25	70	13	17	67
INUNDACION	385	2	9	18	13	11	15		5	5	13	34	13	24	1	92	43	11		6	10	5	29		5	21
LLUVIA INTENSA	3.559	72	644	214	128	145	390		48	387	39	48	20	233	76	354	7	3	21	200	358	29	1	12	124	6
MAREJADA	9											1			1	6					1					
PLAGAS	4				1				1	1											1					
SEQUIA	54		38	1	1						2											12				
SISMO	46			2	13	1							1			5			4	1	2	12		4	1	
TORRENTA ELÉCTRICA	55			24		4			5	1	1			1		2			1	2	2	10	1			1
VIENTOS FUERTES	508	21	5	111	1	26	37		6	47	9		22	13	2	4	10	11	2	40	9	46	58		5	23
OTRO	67	1	4	5			9	9	1	2			1	5	6	19						2				2

FUENTE: SINPAD-COEN-INDECI, Sub-Dirección de aplicaciones estadísticas-DIPPE-INDECI

Tabla 3: Emergencias y daños ocurridos a nivel nacional, durante el año 2017

DPTO	TOTAL	AMAZONAS	ANCAASH	APURIMAC	AREQUIBA	AYACUCHO	CAJAMARCA	CALLAO	CUSCO	HUANCAVELICA	HUANUCO	ICAZA	JUNIN	LA LIBERTAD	LAMBAYEQUE	LIMA	LORETO	MORDE	MOQUEGUA	PASCO	PIURA	PUNO	SAN MARTIN	TACNA	TUMBES	UCAYALI
TOTAL NACIONAL	5,083	209	22	663	181	423	125	27	433	388	188	43	289	41	37	317	107	76	78	325	157	489	100	72	97	196
ALUD	10	1		1	1				3		1				1					1	1					
BAJAS TEMPERATURAS	1,203	8		123	51	101	5		163	146	76	3	89	5	1	53	9	11	22	112	7	200		16		2
CONTAMINACION	5				1			1												2		1				
DERRAME SUSTANC. PELIGR	15	2		2	1								3	3		21					2	2		4		1
DERRUMBE	39			1	1	1							3	3		21					2	2		4		1
DESGLIZAMIENTO	64	11	1		1	2	4		9	8	5		8	1		6				1	3		1	1		1
EPIDEMIA	17								1				1						9		1	3				2
EROSION	22						1						2	2					8	2						6
EXPLOSION	3															1	1									
HUAYCO	82	11	1	3	9	5	2		5	6			2	1		29				4	2		2			
INCENDIO FORESTAL	282	31	7	50		20	23	1	41	7	2		5	4	4	2	1	1		23	6	43		3	7	1
INCENDIO URBANO E INDUST.	848	33	4	51	8	29	8	23	27	23	2	14	34	10	10	174	36	23	13	28	49	76	43	12	17	101
INUNDACION	124	1	1	6	1	1	1		12	9		1	3		3	5	18	4		4	4	29	13	1	3	4
LLUVIA INTENSA	753	55	6	91	65	49	17		94	36	26	2	33	2	2	1	3	9	18	99	58	20	1	1	53	12
MAREJADA (MARETAZO)	7															4					1					2
PLAGAS	13								6												7					
SEQUIA	783	19		164	14	186	29		41	82	58	21	88			11		7	9	1		33		20		
SISMO (*)	55	2			25				2							1			4			21				
TORRENTA ELECTRICA	25			8					6										1	1	2		7			
VIENTOS FUERTES	699	35	2	163	2	29	34		21	71	17	1	22	12	6		20	10	3	45	19	48	42	19	10	68
OTROS	34			1	1	1		2	1		1			1	11	8	1				2	2				2

FUENTE: SINPAD-COEN-INDECI, Sub-Dirección de aplicaciones estadísticas-DIPPE-INDECI

Tabla 4: Fenómenos naturales de mayor incidencia en Cajamarca 2016 - 2017

Fenómeno	Año 2016		Año 2017	
Alud	1	0.18%		0.00%
Bajas Temperaturas	9	1.61%	5	4.00%
Derrumbe	26	4.64%	1	0.80%
Deslizamiento	45	8.04%	4	3.20%
Erosión		0.00%	1	0.80%
Huayco	8	1.43%	2	1.60%
Incendio Forestal	6	1.07%	23	18.40%
Incendio Urbano e Indust.	14	2.50%	8	6.40%
Inundación	15	2.68%	1	0.80%
Lluvia Intensa	390	69.64%	17	13.60%
Sequia		0.00%	29	23.20%
Vientos Fuertes	37	6.61%	34	27.20%
Otros	9	1.61%		0.00%
Total	560	100	125	100

Como se aprecia en la Tabla 4, en la Región de Cajamarca existen peligros de Geodinámica Externa (Deslizamientos) 8.04% en el año 2016 y 3.02% 2017 y fenómenos Hidrometeorológicos (Temperaturas bajas, lluvias intensas 69.64% y 13.60% en el año 2016 y 2017 respectivamente, sequías, erosión y vientos fuertes) cuyos efectos pueden derivar en huaycos, inundaciones, derrumbes, a continuación (Figura 5) se muestra y detalla de forma gráfica lo expuesto anteriormente.

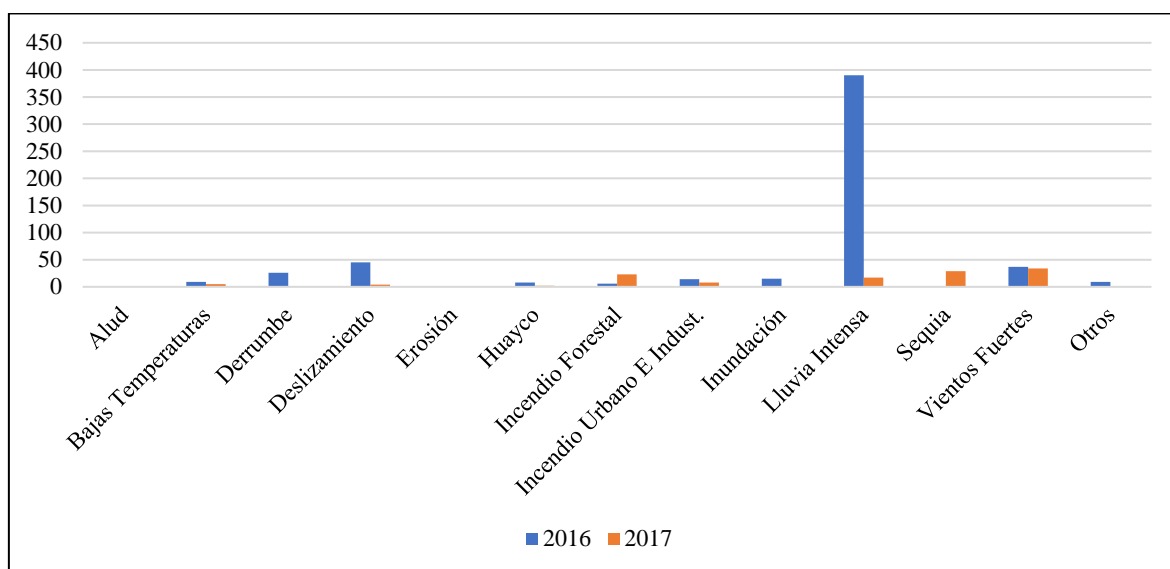


Figura 5: Fenómenos Cajamarca 2016 - 2017

4.6. Peligros en el área de influencia del proyecto

4.6.1. Sismos (Geodinámica interna)

Magnitud del Sismo (Escala de Richter y Escala de Magnitud de Momento)

La escala de Richter (Richter 1935) utiliza la amplitud de una onda grabada con un sismógrafo Wood-Anderson a una distancia conocida de la fuente para calcular la fuerza de un evento. Por desgracia, la escala de Richter y muchas otras escalas de magnitud que han sido propuestas tienen algunos inconvenientes. Por un lado, la escala de Richter tiene una magnitud máxima de 7.0 o menos, lo que significa que todo gran terremoto tendría siempre una magnitud de 7.0 o menos. Además, la escala de Richter sólo describe la amplitud de onda máxima y no da ninguna indicación de la energía total que se libera por el evento.

La magnitud de momento (M_w) se introdujo a finales de los años setenta (Hanks y Kanamori 1979) y, desde entonces, se ha convertido en el método más utilizado para describir el tamaño de un microsismo. La magnitud de momento mide el tamaño de los eventos en términos de la cantidad de energía liberada. Específicamente, la magnitud de momento se refiere a la cantidad de movimiento por roca (es decir, la distancia del movimiento a lo largo de una falla o fractura) y el área de la falla o superficie de la fractura. Dado que la magnitud de momento puede describir algo físico sobre el evento, los valores calculados pueden ser fácilmente comparados con los valores de magnitud para otros eventos.

En la zona del proyecto (Figura 6) no se han registrado sismos de alta magnitud, pero aproximadamente a 35 kilómetros del área del proyecto existe información de sismos mayores a 5 M_w a una profundidad 60 Km.

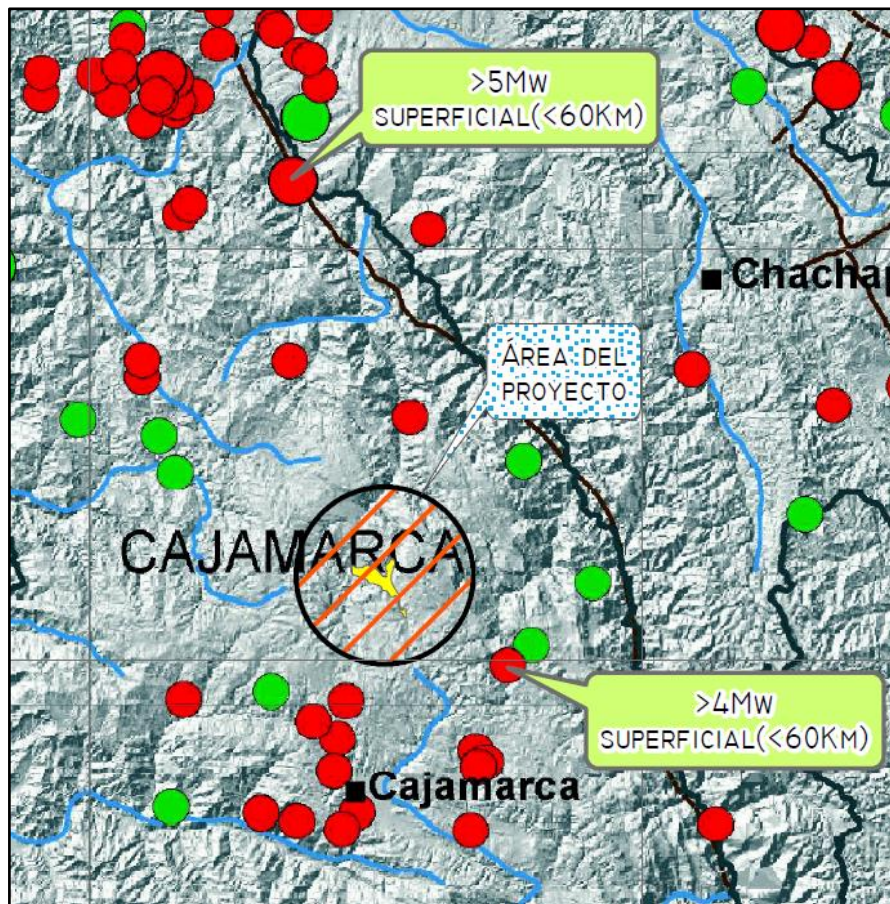


Figura 6: Magnitudes sísmicas de la zona del proyecto

FUENTE: Instituto Geofísico del Perú

Intensidad del sismo (Escala de Mercalli es una escala de 12 puntos)

Se refiere a los daños causados en las edificaciones. Se mide con la “Escala de Mercalli” (Elementary Seismology by C.F. Richter, Published by W.F. Freeman), basada en la observación de los daños causados por el sismo en las construcciones y en la sensación de las personas. A diferencia de otras medidas que cuantifican terremotos, como la escala Richter o la escala de magnitud de momento, no es una medida de la energía total liberada del terremoto, por lo que no es una medida de magnitud sino de intensidad.

Aceleración natural del suelo, es la aceleración sísmica medida y utilizada en terremotos que consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. Es una medida muy importante en ingeniería sísmica. Normalmente la unidad de aceleración utilizada es la intensidad del campo gravitatorio ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Se puede medir con simples acelerómetros y es sencillo correlacionar la aceleración sísmica con la escala de Mercalli.

La aceleración máxima (Figura 7) en el área del proyecto comprende los 300 Gal – 310 Gal (1 Gal = 0.01 m/s²), un promedio de 3.05 m/s² (0.311 G).

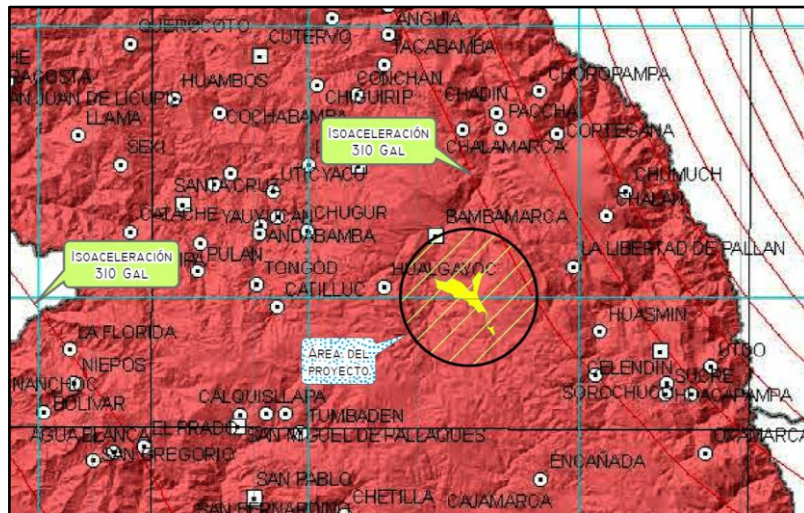


Figura 7: Isoaceleración de la zona del proyecto

FUENTE: Instituto Geofísico del Perú

La correlación con la escala de Mercalli (Tabla 5), mide la intensidad de un terremoto según los daños que produce. Normalmente, esta escala es directamente relacionable con la intensidad, aunque la existencia en la zona de construcciones mucho más resistentes (o mucho menos resistentes) de lo normal puede falsear la medición de la escala de Mercalli, perdiéndose la correlación.

Tabla 5: Correlación escala de Mercalli y aceleración sísmica

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (G)	Velocidad sísmica (cm/s)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 - 0.014	0.1 - 1.1	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 - 0.039	1.1 - 3.4	Leve	Ninguno
V	0.039 - 0.092	3.4 - 8.1	Moderado	Muy leve
VI	0.092 - 0.18	8.1 - 16	Fuerte	Leve
VII	0.18 - 0.34	16 - 31	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 - 0.65	31 - 60	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 - 1.24	60 - 116	Violento	Fuerte
X+	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte

FUENTE: CISMID

Según la aceleración dada la ubicación del área del proyecto (0.311 G) le corresponde una escala de Mercalli de VII (Figura 8), donde se tiene una percepción del temblor muy fuerte y poseen un daño potencial moderado; donde existe sacudida sentida por la zona. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero.

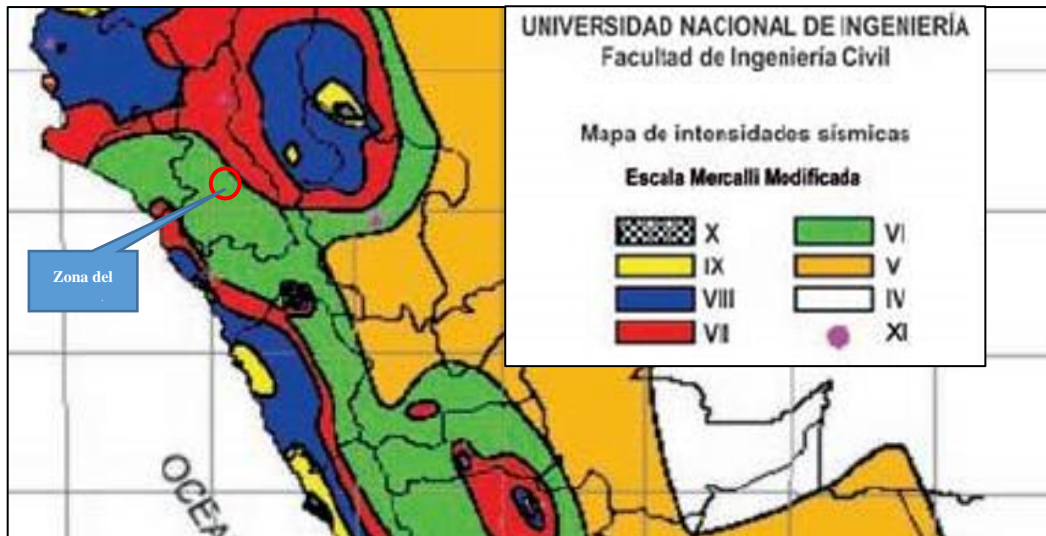


Figura 8: Escala de intensidades – mapa Isosismos

FUENTE: CISMID/FIC-UNI

De acuerdo al DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA LA NORMA TECNICA E.30 “DISEÑO SISMORESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA POR DECRETO SUPREMO N°011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON DECRETO SUPREMO N° 002-2014-VIVIENDA, Norma Publicada por el diario El Peruano, el 24 de enero del 2016 con DECRETO SUPREMO N°003-2016-VIVIENDA. El territorio nacional se ha considerado dividirlo en cuatro zonas, basado en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información Neotectónica; la Zonificación del territorio nacional es la siguiente:

- Zona 1: Esta es una zona con riesgo sísmico débil, intensidad de V a menos grados en la escala de Mercalli Modificada.

- Zona 2: es la segunda zona con peligrosidad sísmica moderada, intensidad de VI a VII grados en la escala de Mercalli Modificada.
- Zona 3: En esta zona pueden ocurrir sismos de intensidad VII, con elevación local hasta IX grados en escala Mercalli Modificada.
- Zona 4: En esta zona pueden ocurrir sismos de intensidad VIII, con elevación local hasta X grados en escala Mercalli Modificada.

Para cada zona se asigna un factor Z (este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años), para el caso de la ubicación del proyecto está ubicada en la zona 2 y le correspondería un valor de $Z=0.25$ (Figura 9), dada la proximidad a la zona 3 se recomienda tomar un valor de $Z=0.35$ para los diseños. Por lo anteriormente mencionado, la aceleración de 0.35 G es lo más recomendable, ya que, es la aceleración natural del suelo según el Instituto Geofísico del Perú, que comprende para la zona del proyecto Tambo, Quengorio de 0.304 G – 0.316 G.

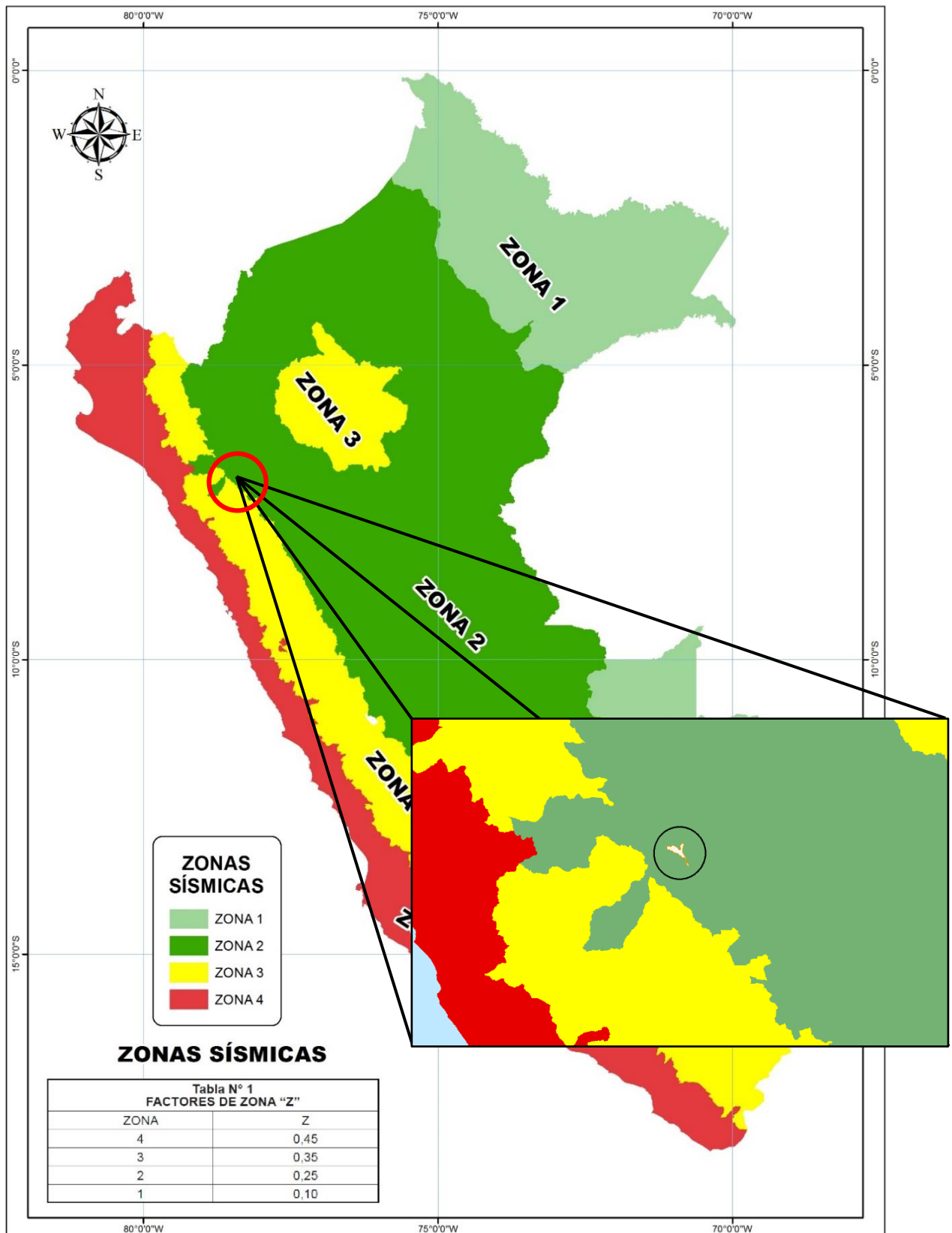


Figura 9: Zonificación Sísmica

FUENTE: Decreto Supremo N° 002-2016-Vivienda

Sismicidad histórica

La región Cajamarca ha sido afectada por un gran número de sismos que produjeron intensidades mayores a VI MM, siendo los más importantes los sismos del 14 de febrero de 1619, con intensidades de IX MM; el 24 de julio de 1912, con intensidades de VIII MM en Piura y VI en Huancabamba; el 14 de mayo de 1928, con intensidades de IX MM en Chachapoyas, VII MM en Moyobamba, Bagua, Jaén y Huancabamba; el 12 de diciembre de 1953, con intensidades de VIII MM en Corrales; el 19 de junio de 1968, con intensidades de X MM en Angaisa y VII MM en Moyobamba; el 31 de mayo de 1970 con intensidades de IX MM en Casma y Chimbote; el 29 de mayo de 1990, con intensidades de VII MM en Soritor, Porvenir, y VI en Moyobamba; y el 4 de abril de 1991, con VII MM en Moyobamba y Nueva Cajamarca.

Tabla 6: Sismos registrados en el área de estudio

Peligro	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
Sismo	25/09/2005	lat. -6.67876 Long. -78.52424	A horas 8:55 pm se produjo un fuerte movimiento sísmico en la ciudad de Bambamarca.	Consecuencia del movimiento sísmico colapsaron 2 viviendas de material tapial quedando 6 personas damnificadas	Bajo

FUENTE: INDECI (2018)

4.6.2. Deslizamiento (Geodinamica externa)

Los movimientos de masa en laderas (Figura 10), son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad.

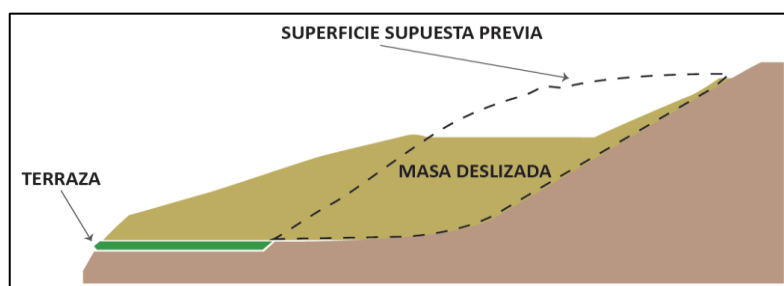


Figura 10: Movimiento de masas

FUENTE: Adaptado por CENEPRED de YESANO (2014)

Los deslizamientos consisten en un descenso masivo o relativamente rápido (Figura 11), a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad.

La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización y el consecuente desplazamiento mecánico del material por factores desencadenantes.

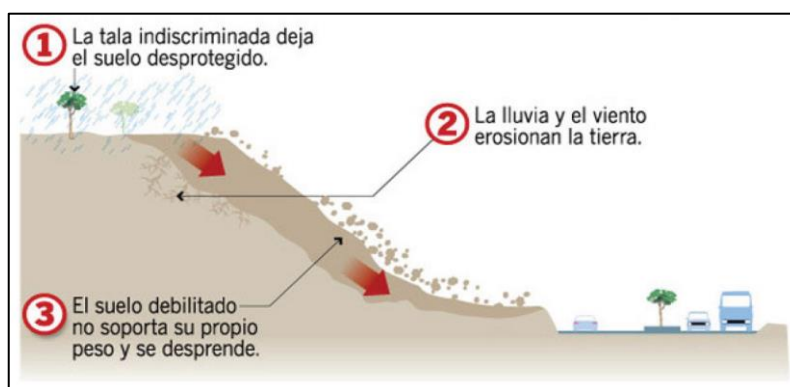


Figura 11: Deslizamiento por falta de cobertura vegetal

FUENTE: Adaptado por CENEPRED de Chávez (2014)

Deslizamiento histórico

En la siguiente Tabla 7 se puede apreciar los deslizamientos por fechas y el nivel de peligrosidad que ocasionaron en el área del proyecto.

Tabla 7: Deslizamientos registrados en el área de estudio

Peligro	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
Deslizamiento	22/03/2017	Lat. -6.75337 Long. -78.45633	El día 22 de marzo al promediar las 5 pm se presentaron lluvias fuertes que generaron el deslizamiento de un tramo de la carretera que conduce del centro poblado de Huangamarca hacia el caserío La Unión	Se afectó un tramo de 16 m lineales de la plataforma de carretera.	Bajo

«continuación»

Peligro	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
	17/03/2017	Lat. -6.76643 Long. -78.46486	El día 17 de marzo al promediar las 5 pm, se registraron lluvias intensas, originando deslizamientos en los cortes de carretera, donde se ubican viviendas de adobe	Dos tramos de la carretera intransitables con una longitud de 0.08 km, dos viviendas de adobe afectadas, dos familias afectadas con un total de 7 personas.	Bajo
	18/03/2013	Lat. -6.77157 Long. -78.49078	Aproximadamente a las 5:45 pm se produjo un deslizamiento en el centro poblado de Tambo	Dejo como saldo 1 vivienda destruida y 3 personas damnificadas.	Bajo

FUENTE: INDECI (2018)

4.6.3. Lluvias intensas (Hidrometeorológico)

La lluvia es una precipitación de agua en forma de gotas que caen de modo continuo con diferente intensidad. Puede ser llovizna, lluvia o chaparrón.

Las lluvias ocurren todos los años entre los meses de enero a marzo con mayor magnitud e intensidad. Entre octubre y noviembre y en mayo ocurren lluvias de menor magnitud e intensidad. Las lluvias de mayor magnitud e intensidad ocurren con un periodo de retorno aproximado de 10 años.

Lluvias intensas históricas

En la siguiente Tabla 8 pueden apreciarse las lluvias intensas por fechas, y el nivel de peligrosidad que ocasionaron en el área del proyecto.

Tabla 8: Precipitaciones intensas registrados en el área de estudio

Peligros	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
Precipitaciones Intensas	31/03/2015	Lat. -6.76604 Long. -78.48932	El día 31 de marzo se registraron lluvias intensas que afectaron a los caseríos de Tambo Bajo y Chorro Blanco.	1 vivienda afectada y 5 personas afectadas.	Bajo
	23/02/2015	lat.-6.77157 Long. -78.49078	A horas 10 am a consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales se produjo deslizamiento de terreno.	1 vivienda colapsada y 2 personas damnificadas.	Bajo
	20/04/2009	Lat. -6.77157 Long. -78.49078	A horas 3 am se produjeron fuertes y constantes lluvias en varios caseríos del centro poblado del Tambo.	Estas lluvias dejaron 20 viviendas colapsadas y 82 personas damnificadas.	Alto
	08/04/2008	Lat. -6.76643 Long. -78.46486	Se produjeron fuertes lluvias en la localidad del Enterador y Batancucho	A consecuencia de las fuertes lluvias se produjo la destrucción de la cobertura de 2 centros educativos.	Bajo

FUENTE: INDECI (2018)

4.6.4. Vientos fuertes (Hidrometeorológico)

Los vientos fuertes o huracanados son muy reiterativos en el área de estudio.

Vientos fuertes históricos

En la siguiente Tabla 9 pueden apreciarse los vientos fuertes por fechas, y el nivel de peligrosidad que estos ocasionaron en el área del proyecto.

Tabla 9: Vientos fuertes registrados en el área de estudio

Peligros	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
Vientos Fuertes	06/08/2017	Lat. -6.74894 Long. -78.52277	El día 06 de agosto al promediar las 4:30 pm se registraron vientos fuertes en la localidad de Poro Poro, generando daños en el techo de una vivienda.	Los vientos fuertes dejaron una vivienda inhabitable y dos personas damnificadas.	Bajo
	30/07/2017	Lat. -6.75234 Long. -78.47063	El día 30 de julio al promediar las 2 pm se registraron vientos fuertes en la localidad del Enterador generando daños en el techo de una vivienda de material rustico.	Los vientos fuertes generaron una vivienda inhabitable y 4 personas damnificadas.	Bajo
	20/11/2016	Lat. -6.78929 Long. -78.42943	El día 20 de noviembre al promediar las 5:30 am se presentaron vientos fuertes en las localidades de Quengorio y El Alumbre.	Desprendimiento de la cobertura de techos de calamina y tejas de viviendas, ocasionando 30 viviendas inhabitables y 180 personas damnificadas.	Medio
	20/11/2016	Lat. -6.77392 Long. -78.49883	El día 20 de noviembre al promediar las 8 am en la localidad del Porvenir y la Huaylla se presentaron vientos fuertes que causaron daños en los techos de calamina de las viviendas.	Desprendimiento de la cobertura de techos de calamina ocasionando 2 viviendas inhabitables y 8 afectadas con un total de 48 personas afectadas y 12 damnificadas.	Medio
	23/10/2015	Lat. -6.73828 Long. -78.46494	La presencia de vientos fuertes causo la destrucción del techo de la vivienda en el centro poblado la Colpa.	1 vivienda afectada y 3 personas afectadas.	Bajo
	13/10/2015	Lat. -6.77617 Long. -78.48225	Vientos fuertes ocasiono la destrucción del techo de una vivienda en el caserío la quina centro poblado Llaucan.	1 vivienda afectada y 7 personas afectadas.	Bajo

«continuación»

Peligros	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
	03/10/2015	Lat. -6.74705 Long. -78.5292	La presencia de vientos fuertes ha llevado el techo de la cocina de una vivienda.	1 vivienda afectada y 3 personas afectadas.	Bajo
	01/09/2015	lat. -6.79362 Long. -78.44723	A consecuencia de vientos fuertes ocasiono la voladura de techo de una vivienda en el caserío de Miraflores.	1 vivienda afectada y 2 personas afectadas	Bajo
	17/08/2015	lat. -6.75313 Long. -78.52689	A consecuencia de vientos fuertes (huracanados), ocasionaron la destrucción de una vivienda de cañas y carrizos.	1 vivienda colapsada y 6 damnificados	Bajo
	13/08/2015	lat. -6.77617 Long. -78.48225	Debidos a los continuos vientos fuertes (huracanados), ocasionaron la destrucción del techo de la vivienda ubicada en el caserío la quinua baja.	1 vivienda afectada y 3 personas afectadas	Bajo
	31/07/2015	lat. -6.76604 Long. -78.48932	A consecuencia de vientos fuertes ocasiono la voladura del techo de una vivienda en el caserío de Tayamayo en el centro poblado del tambo.	1 persona afectada y 6 viviendas afectadas	Bajo
	01/07/2015	lat. -6.73828 Long. -78.46494	Vientos fuertes ocasionaron la voladura del techo de una vivienda en el caserío la Vizcacha del centro poblado la colpa.	1 vivienda afectada y 6 personas afectadas	Bajo
	26/06/2015	lat. -6.77392 Long. -78.40000	Debido a continuos vientos huracanados ocasiono la afectación de viviendas en el caserío la Huaylla en el centro poblado del tambo.	2 viviendas afectadas y 12 personas afectadas	Bajo

«continuación»

Peligros	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
	25/06/2015	lat. -6.73828 Long. -78.46494	Continuos vientos huracanados ocasionaron la afectación de viviendas en el centro poblado la colpa.	1 vivienda afectada y 6 personas afectadas	Bajo
	29/05/2015	lat. -6.76604 Long. -78.48932	Los continuos vientos huracanados ocasionaron la afectación de la vivienda ubicada en el caserío de Tayamayo en el centro poblado del tambo.	1 vivienda afectada y 6 personas afectadas	Bajo
	25/05/2015	lat. -6.76643 Long. -78.46486	Continuos vientos huracanados ocasionaron la afectación de viviendas en el caserío de Enterador.	1 vivienda afectada y 6 personas afectadas.	Bajo
	22/05/2015	lat. -6.75337 Long. -78.45633	Continuos vientos huracanados ocasionaron la afectación de una vivienda en el caserío de La Unión.	1 vivienda afectada y 6 personas afectadas.	Bajo
	14/05/2017	lat. -6.77617 Long. -78.48225	Continuos vientos huracanados ocasionaron la afectación de una vivienda en el caserío de Quinua Baja en el centro poblado del Tambo.	1 vivienda afectada y 6 personas afectadas.	Bajo
	17/04/2015	lat. -6.75246 Long. -78.51914	El día 17 de abril a hora 8: 45 am a consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales se produjo deslizamiento de terreno.	A consecuencia del deslizamiento 1 vivienda quedo inhabilitada y dos personas afectadas.	Bajo
	18/10/2006	lat. -6.76000 Long. -78.46282	A horas 2 pm se produjeron fuertes lluvias en la localidad de Nueva Unión.	Consecuencia fue afectada la cubierta de una vivienda de material de adobe calamina dejando afectado a 5 personas.	Bajo

«continuación»

13/07/2006	lat. -6.74648 Long. -78.52506	Ahora 4 pm se produjeron fuertes vientos en la localidad de Lucmacucho.	Dejando una vivienda afectada y 4 personas afectadas.	Bajo
23/04/2004	lat. -6.77617 Long. -78.48225	El día 23 de abril se produjeron vientos huracanados en localidad de Quinua Baja y Tambo Alto.	Dejando 1 vivienda afectada y 4 personas afectadas.	Bajo
06/11/2003	lat. -6.76604 Long. -78.48932	Se produjeron vientos huracanados en la localidad de Tambo Bajo.	Dicho evento afecto a 1 vivienda y dejó 4 personas afectadas.	Bajo

FUENTE: INDECI (2018)

4.6.5. Inundaciones (Hidrometeorológico)

Se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes.

Las llanuras de inundación (franjas de inundación) son áreas de superficie adyacente a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes. Debido a su naturaleza cambiante, las llanuras de inundación y otras áreas inundables deben ser examinadas para precisar la manera en que pueden afectar al desarrollo o ser afectadas por él. Los tipos de inundación pueden clasificarse en: (Manual Para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 2014 – CENEPRED)

Por su duración:

Inundaciones estáticas o lentas: Generalmente se producen cuando las lluvias son persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal del río hasta superar su capacidad máxima de transporte, por lo que el río se desborda, inundando áreas planas cercanas al mismo, a estas áreas se les denomina llanuras de inundación.

Por su origen:

Inundaciones fluviales: Causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos. Es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina crecida (consecuencia del exceso de lluvias).

Fenómeno de El Niño: El fenómeno El Niño es un calentamiento de la superficie de las aguas del Pacífico. Este se caracteriza por el ingreso de una masa superficial de aguas cálidas en el mar, desde el norte en el caso del Perú, que genera un aumento cambios climáticos anómalos, como el aumento de la temperatura del mar, afectado la pesca, además de intensas lluvias y también sequías.

Lluvias intensas: Es la precipitación de partículas de agua, en forma líquida, que cae de la nube. Para una determinada región existe una precipitación promedio, cuando supera dicho promedio y genera daños, se tipifica como una lluvia intensa.

Por otro lado, las características de la topografía del terreno y el tipo de suelo que presenta el distrito hacen prever que de producirse lluvias intensas estas sobrepasarían la capacidad de campo del suelo.

Inundaciones históricas

En la siguiente tabla pueden apreciarse las inundaciones por fechas y el nivel de peligrosidad que estos ocasionaron en el área del proyecto.

Tabla 10: Inundaciones registradas en el área de estudio

Peligros	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
Inundación	07/04/2015	lat. -6.74705 Long. -78.529	A consecuencia de las fuertes precipitaciones fluviales se produjo el desborde del río Llaucano produciendo inundación en áreas habitadas.	19 viviendas afectadas y colapsadas, 1 puente colgante afectado, 1 centro educativo afectado, 75 personas afectadas y 7 personas damnificadas.	Medio

«continuación»

Peligros	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
	21/04/2006	lat. -6.74894 Long. -78.52277	A las 10 de la mañana por las continuas lluvias se produjo la inundación de una vivienda en la localidad de Poro Poro.	Como consecuencia se produjo el colapso de una vivienda, 4 personas damnificadas y 87 personas afectadas.	Medio
	12/03/2006	lat. -6.73712 Long. -78.51605	A horas 2 pm por las constantes lluvias se produjo la inundación de una vivienda en la localidad de Chicolón Bajo.	A consecuencia de la inundación una vivienda de material de adobe y tapial quedo colapsada y dejo a 10 personas damnificadas.	Bajo
	12/03/2006	lat. -6.7434 Long. -78.52261	A horas 2 pm por las constantes lluvias se produjo la inundación de una vivienda en la localidad de Cashapamapa Alto	20 personas damnificadas y 2 viviendas destruidas.	Medio

FUENTE: INDECI (2018)

4.6.6. Granizadas (Hidrometeorológico)

Es un tipo de precipitación con partículas irregulares de hielo. Ocurren tormentas intensas de granizo cuando la temperatura ambiental ha descendido por debajo de 0 grados centígrados, con lo cual se destruyen cultivos y daños a personas, animales e incluso a viviendas, en pocos minutos. Este tipo de eventos se producen principalmente entre enero y abril cada año.

Las granizadas ocurren en forma esporádica en el área de estudio en cualquier época del año, aunque con mayor frecuencia durante la estación de lluvias (febrero – marzo).

Granizadas históricas

En la siguiente Tabla 11 pueden apreciarse las granizadas por fechas, y el nivel de peligrosidad que estos ocasionaron en el área del proyecto.

Tabla 11: Registro de granizadas en el área de estudio

Peligros	Fecha	Coor.	Hechos	Daños	Nivel de peligro
Granizo	06/10/2010	lat. -6.777617 Long. -78.482225	A horas 3 pm aproximadamente, se presentó una fuerte granizada en la localidad de Tambo Alto.	Dejando 6.25 ha de papas perdidas y 6.25 ha de haba perdidos.	Medio

FUENTE: INDECI (2018)

4.7. Vulnerabilidad en el área de influencia del proyecto

En el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza (Figura 12). En este contexto para desarrollar el estudio, por la escala empleada surgió la necesidad de utilizar información primaria y secundaria a nivel de sectores, ya que, la disponibilidad de información a este nivel no existe como tal; este trabajo tiene por objetivo generar, el estado de vulnerabilidad de la infraestructura en el marco del estudio.

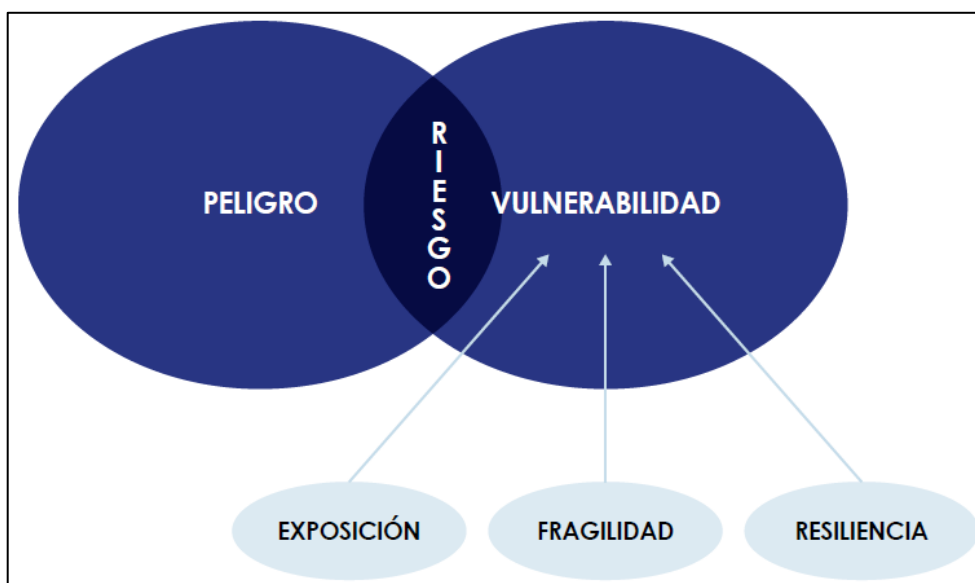


Figura 12: Factores de la vulnerabilidad

FUENTE: Adaptado por CENEPRED de CAN (2014)

Exposición

La 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 y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad.

Con este componente factor se analizan las unidades sociales expuestas (población, unidades productivas, líneas vitales, infraestructura u otros elementos) a los peligros identificados.



Figura 13: Quebradas que podrían poner en exposición la infraestructura (canal)

Al respecto es importante indicar que se cuantifica la probable afectación de los elementos expuestos (área geográfica en riesgo) que están dentro del área de influencia del fenómeno

de origen natural, calculando las probables pérdidas o daños (vidas humanas, infraestructura, bienes, y el ambiente), que podrían generarse a consecuencia de la manifestación de los fenómenos naturales.

Es importante analizar la posible pérdida en lo correspondiente a la:

- Dimensión social: población, salud, educación.
- Dimensión económica: agricultura, industria, comercio y turismo, transporte y comunicaciones, energía, agua y saneamiento.
- Dimensión ambiental: recursos naturales renovables y no renovables.

Fragilidad

La Fragilidad, está 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 y/o materiales, entre otros (Figura 14 y 15). A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.



Figura 14: Trazo del canal y casas cercanas en su recorrido vista desde abajo



Figura 15: Trazo del canal y casas cercanas en su recorrido vista atras

Resiliencia

La Resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.

Para el Análisis de los componentes utilizando información de población y vivienda recopilada en campo y la secuencia de análisis de vulnerabilidad (Figura 16) es según el siguiente diagrama.

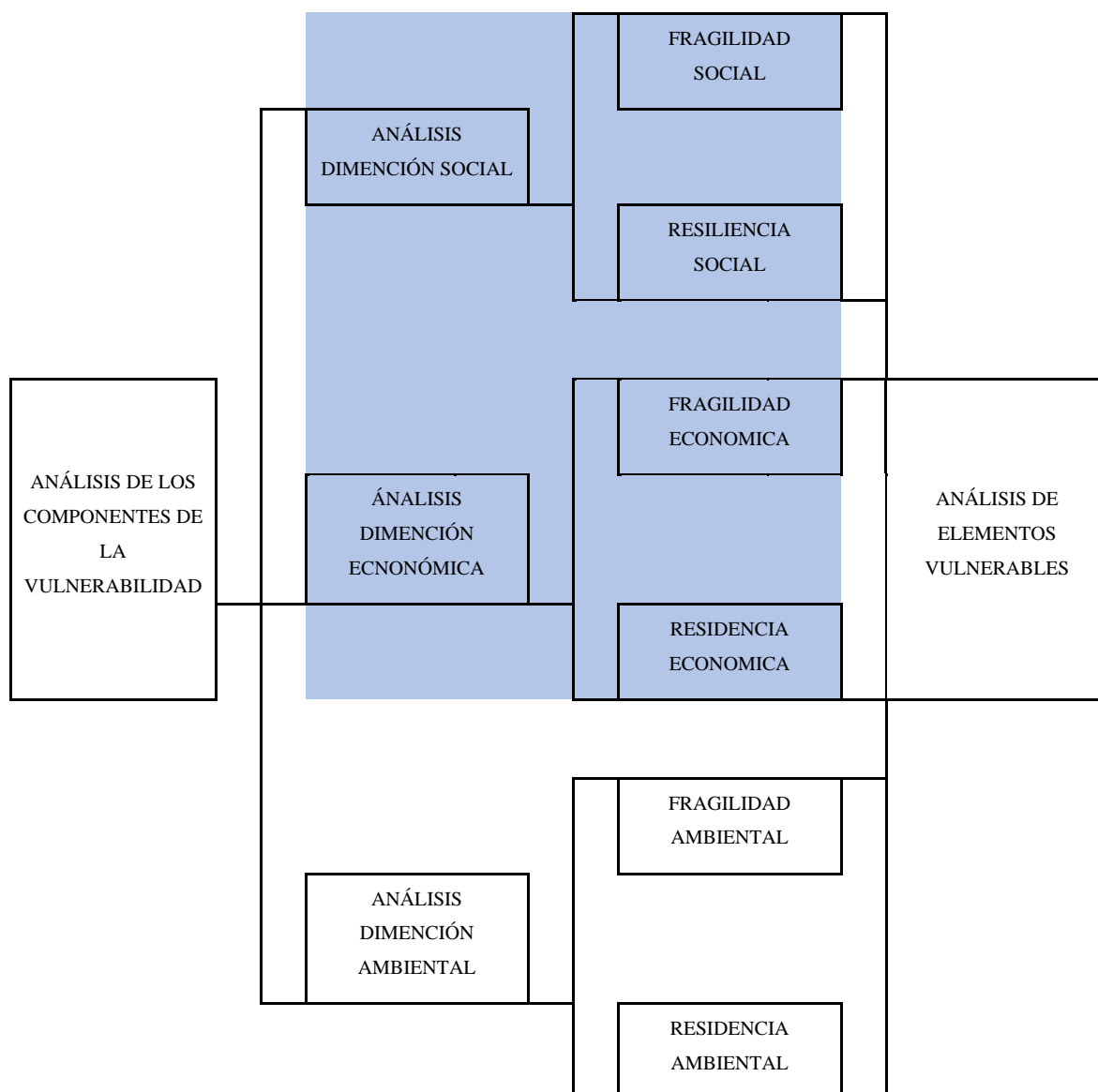


Figura 16: Secuencia de análisis de vulnerabilidad

FUENTE: Manual Para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 2014 - CENEPRED

Para el caso de susceptibilidad se trabajó con el esquema (Figura 17) que se muestra a continuación, tanto para la exposición social y exposición económica.

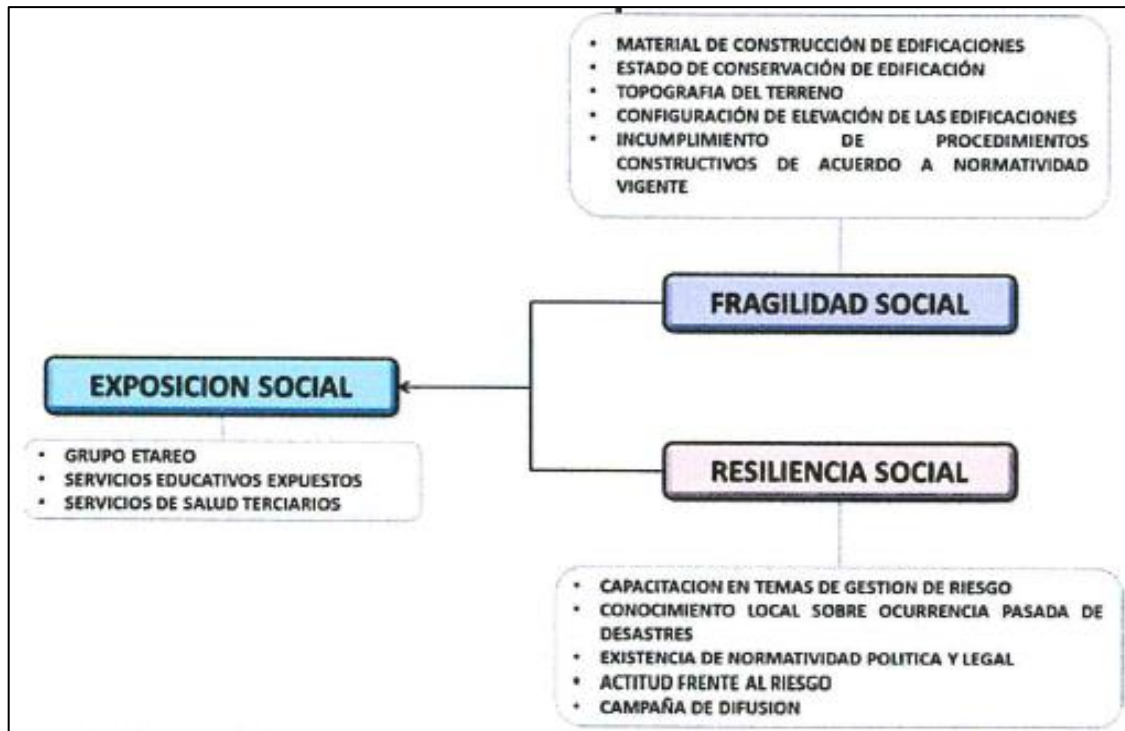


Figura 17: Esquema susceptibilidad

FUENTE: Manual Para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 2014 - CENEPRED

Los resultados del análisis de susceptibilidad se muestran en los resultados finales del presente trabajo.

4.8. Metodología para el análisis

4.8.1. Análisis jerárquico (PAJ)

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

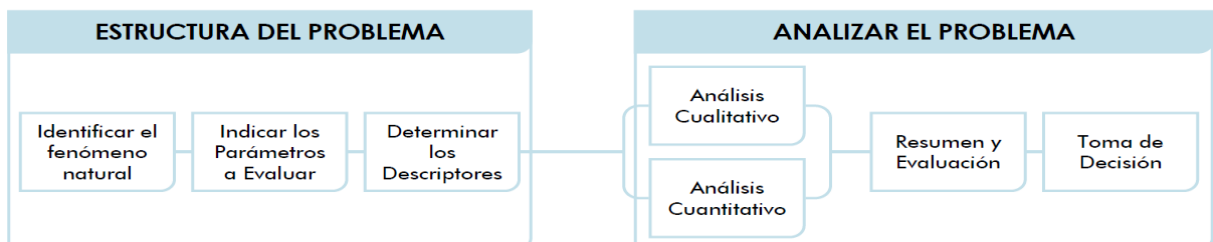


Figura 18: Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones

FUENTE: Adaptado por CENEPRED de Toskano (2005)

Permite combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo. El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados. Para la estimación del valor de la importancia relativa (Tabla 12) de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión, la escala es la que se muestra a continuación:

Tabla 12: Escala de Saaty

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

FUENTE: Saaty (1980)

Para obtener estos ponderados son necesarios respuestas (numéricas o verbales) a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas. Toskano (2005) presenta algunas de las ventajas del PAJ frente a otros métodos de Decisión Multicriterio y son:

- Presenta un sustento matemático;
- Permite desglosar y analizar un problema por partes;
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común;
- Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso;
- Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones, si fuere el caso;
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad;
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

Aplicaciones usuales (Tabla 13) del PAJ:

Tabla 13: Aplicaciones del Analisis Jerárquico

Planificación Estratégica	Formulación de Políticas
Planificación Territorial	Gestión Ambiental
Planificación por Escenarios	Análisis Costo - Beneficio
Evaluación de Planes	Formulación de Estrategias de Mercado
Optimización de Procesos	Asignación de Recursos, etc.

4.8.2. Método multicriterio

Proceso de análisis jerárquico

Para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son

considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas.

La notación matemática sería (Ecuación 1): $A = A_{ij}$ Ecuación 1

Para el cálculo de pesos ponderados

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas (Ecuación 2), el que mostraría la comparación entre criterios, sub criterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios, esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio respecto a otro, lo que servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

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

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna (Ecuación 3). Así se obtienen los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i \dots \text{Ecuación 3}$$

Segundo: Construimos la matriz de comparaciones normalizada (Ecuación 4). El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix} \dots \text{Ecuación 4}$$

Tercero: El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad (Ecuación 5 y 6) el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello se calcula el vector columna:

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix} \dots \text{Ecuación 5}$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} \dots \text{Ecuación 6}$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad (Ecuación 7) debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{ci} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1 \dots \text{Ecuación 7}$$

Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados.

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa (Ecuación 8) del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix} \dots \text{Ecuación 8}$$

Segundo: Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad (Ecuación 9) para cada uno de los criterios:

$$\begin{array}{l} VSP_{11} / p_{c11} = \lambda_1 \\ VSP_{12} / p_{c12} = \lambda_2 \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} / p_{c1n} = \lambda_n \end{array} \dots \text{Ecuación 9}$$

Tercero: Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{max} (Ecuación 10)

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n \dots \text{Ecuación 10}$$

Esto nos permite hallar el índice de consistencia.

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC) (Ecuación 11):

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \dots \text{Ecuación 11}$$

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

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC) (Ecuación 12):

$$RC = IC / IA \dots \text{Ecuación 12}$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre lo sugiere, de forma aleatoria.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Moreno Jiménez, 2001), son:

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

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

4.9. Determinación de peligro, vulnerabilidad y riesgo del proyecto

Con la información recopilada *in situ* y la información del Centro de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENPRED) y del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) de desastres, se tienen los criterios de análisis para la probabilidad de peligros a tomar en cuenta para el análisis multicriterio.

Por otro lado, para el análisis de la vulnerabilidad se toma la información de las encuestas realizadas por el estudio social hecho en la zona y se apoya como información secundaria en los censos realizados por el Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI).

4.9.1. Peligro

Para el análisis multicriterio, se tomaron como factores lo que se muestra a continuación (Tabla 14):

Tabla 14: Factores condicionante y desencadenantes

Factores Condicionantes	Factor Desencadenante
Geomorfología	Lluvias
Pendiente	
Geología	
Suelos	

Para el desarrollo de la metodología se tomó como muestra a la geología (Tabla 19), cabe resaltar, que esto se hace con cada factor condicionante y desencadenante. Los factores desencadenantes y condicionantes (Tabla 14) fueron seleccionados por el equipo

multidisciplinario en base a la data registrada de peligros, y a la información como fotografías, muestras de suelo, imágenes satelitales del área del proyecto.

Tabla 15: Matriz comparación de pares factores condicionantes

Factores condicionantes	Geomorfología	Pendiente	Geología	Suelo
Geomorfología	1.00	2.00	3.00	6.00
Pendiente	0.50	1.00	2.00	3.00
Geología	0.33	0.50	1.00	2.00
Suelo	0.17	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.00	3.83	6.50	12.00
1/SUMA	0.50	0.26	0.15	0.08

Tabla 16: Matriz de normalización de los factores condicionantes

Factores condicionantes	Geomorfología	Pendiente	Geología	Suelo	Vector Priorización
Geomorfología	0.500	0.522	0.462	0.500	0.496
Pendiente	0.250	0.261	0.308	0.250	0.267
Geología	0.167	0.130	0.154	0.167	0.154
Suelo	0.083	0.087	0.077	0.083	0.083
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Se calcula la Relación de Consistencia (Tabla 18), el cual debe ser menor al 10% ($RC > 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 17: Hallando el vector suma ponderado para los condicionantes

Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada
0.496	0.534	0.463	0.496	1.989
0.248	0.267	0.309	0.248	1.072
0.165	0.134	0.154	0.165	0.619

0.083 0.089 0.077 0.083 0.332

Tabla 18: Hallando el λ_{max} para los condicionantes

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	4.012
	4.012
	4.006
	4.012
SUMA	16.041
PROMEDIO	4.010

$$RC = IC / IA$$

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

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.003
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.08 (*)	RC	0.004

(*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por (Moreno Jiménez, 2001). Donde "n" es el número de parámetros en la matriz.

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

Nota: Los Valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes "n", obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices.

Tabla 19: Matriz comparación de pares - Geología

Geología	Depósito fluvial (Q-fl)	Depósitos aluviales (Q-al1 y Q-al2)	Depósito de morrena (Q-mo)	Andesita porfirítica (P-ap)	Volcánico Oyotún (Jms-vo) - Grupo Goyllarisquizfa (Ki-go)
Depósito fluvial (Q-fl)	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Depósitos aluviales (Q-al1 y Q-al2)	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
Depósito de morrena (Q-mo)	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Andesita porfirítica (P-ap)	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Volcánico Oyotún (Jms-vo) - Grupo Goyllarisquizfa (Ki-go)	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00

SUMA	1.93	4.78	8.58	13.33	20.00
1/SUMA	0.52	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 20: Hallando el vector suma ponderado – Geología

Geología	Depósito fluvial (Q-fl)	Depósitos aluviales (Q-al1 y Q-al2)	Depósito de morrena (Q-mo)	Andesita porfirítica (P-ap)	Volcánico Oyotún (Jms-vo) - Grupo Goyllarisquizfa (Ki-go)	Vector Priorización
Depósito fluvial (Q-fl)	0.519	0.627	0.466	0.375	0.350	0.467
Depósitos aluviales (Q-al1 y Q-al2)	0.173	0.209	0.350	0.300	0.250	0.256
Depósito de morrena (Q-mo)	0.130	0.070	0.117	0.225	0.200	0.148
Andesita porfirítica (P-ap)	0.104	0.052	0.039	0.075	0.150	0.084
Volcánico (Jms-vo) - Grupo Goyllarisquizfa (Ki-go)	0.074	0.042	0.029	0.025	0.050	0.044
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 21: Hallando el vector suma ponderado - Geología

						Vector Suma Ponderado
0.467	0.769	0.593	0.420	0.308		2.557
0.156	0.256	0.445	0.336	0.220		1.413
0.117	0.085	0.148	0.252	0.176		0.779
0.093	0.064	0.049	0.084	0.132		0.423
0.067	0.051	0.037	0.028	0.044		0.227

Tabla 22: Hallando λ_{max} – Geología

Hallando λ_{max}	VSP/VP
	5.471
	5.512
	5.253
	5.037
	5.159
SUMA	26.432
PROMEDIO	5.286

Índice de consistencia	IC	0.072
Relación de consistencia < 0.1	RC	0.064

Como resultado final, podemos darle el peso y coeficiente dentro del *shapefile* de geología para el posterior cálculo y visualización de los peligros de la zona del proyecto.

Tabla 23: Pesos y coeficiente final de la geología

Geología	Peso	Coeficiente
Depósito fluvial (Q-fl)	0.467	0.154
Depósitos aluviales (Q-al1 y Q-al2)	0.256	0.154
Depósito de morrena (Q-mo)	0.148	0.154
Andesita porfírica (P-ap)	0.084	0.154
Volcánico (Jms-vo) - Grupo	0.044	0.154
Goyllarisquizfa (Ki-go)		

Dentro de los *shapefile* de los factores condicionantes (FC), P() es el peso de cada factor y C() el coeficiente de cada descriptor, se aplica la siguiente fórmula que se muestra a continuación (Ecuación 13):

$$\text{Factor Condicionante (FC)} = P(\text{Suelo}) * C(\text{Suelo}) + P(\text{Pendiente}) * C(\text{Pendiente}) + P(\text{Geomorfología}) * C(\text{Geomorfología}) + P(\text{Geología}) * C(\text{Geología}) \dots \text{Ecuación 13}$$

De la misma forma anterior se analiza los criterios para el factor desencadenante, para este caso se tomó un solo factor que fue la precipitación de la zona (Tabla 24), siendo el resultado final el siguiente:

Tabla 24: Precipitación como factor desencadenante

PRECIPITACIÓN	Peso
300-500 % superior a su normal climática	0.454
220-300 % superior a su normal climática	0.294
190-220 % superior a su normal climática	0.145
160-190 % superior a su normal climática	0.070
130-160 % superior a su normal climática	0.037

Hecho esto se procede a insertar a los descriptores cada peso dentro del *shapefile* para hallar la susceptibilidad que tiene la siguiente fórmula (Ecuación 14) que se muestra a continuación:

Susceptibilidad = FC*0.70 + P(Precipitación)*0.30 (la sumatoria de los pesos siempre es igual a 1) Ecuación 14

Para los parámetros de evaluación (PE) se tomaron en consideración la información de la geodinámica externa de la zona ubicando la zona del proyecto (Tabla 25) como se muestra a continuación.

Tabla 25: Parámetros de Evaluación para el análisis

FRECUENCIA	Peso	Coefficiente
De 2 a 3 eventos por año en promedio	0.17	0.16
MAGNITUD (Escala de Velocidad)	Peso	Coefficiente
Muy rápido	0.461	0.436
INTENSIDAD	Peso	Coefficiente
Evacuación es posible, estructuras, bienes y equipos son destruidos	0.268	0.272
PERIODO DE RETORNO	Peso	Coefficiente
100 - 200 AÑOS	0.473	0.083
DURACIÓN	Peso	Coefficiente
Mayor a 24 horas	0.451	0.049

Para hallar el valor del Parámetro de Evaluación (PE) se usó la fórmula (Ecuación 15) donde P () es el peso y C () es el coeficiente del descriptor:

Parámetros de evaluación (PE) = P(Frecuencia)*C(Frecuencia) + P(Magnitud)*C(Magnitud) + P(Intencidad)*C(Intencidad) + P(PeriodoRetorno)*C(PeriodoRetorno) + P(Duración)*C(Duración) Ecuación 15

Como parte final del análisis, se halló el peligro siendo la fórmula siguiente (Ecuación 16):
Peligro:

$$\text{Susceptibilidad} \cdot 0.60 + \text{PE} \cdot 0.40 \dots \text{Ecuación 16}$$

Los resultados podrán visualizarse de manera resumida en los resultados del presente trabajo.

4.9.2. Vulnerabilidad


Para el análisis multicriterio, se desarrolló solo lo relacionado a la dimensión social (Tabla 30 y 34), cabe resaltar que se repite de igual forma para la dimensión económica.

Tabla 26: Matriz de comparación de pares de la dimensión social

DIMENSIÓN SOCIAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	4.00
Fragilidad	0.33	1.00	2.00
Resiliencia	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.58	4.50	7.00
1/SUMA	0.63	0.22	0.14

Tabla 27: Matriz de normalización de la dimensión social

DIMENSIÓN SOCIAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.632	0.667	0.571	0.623225
Fragilidad	0.211	0.222	0.286	0.239488
Resiliencia	0.158	0.111	0.143	0.137288
	1.000	1.000	1.000	1.000



Porcentaje (%)
62.322
23.949
13.729

Tabla 28: Vector suma ponderada

Resultados de la operación de matrices	Vector Suma Ponderada
0.623	0.718 0.549 1.891
0.208	0.239 0.275 0.722
0.156	0.120 0.137 0.413

Tabla 29: Hallando el λ_{max}

Vector Suma Ponderado/Vector Priorización	
	3.034
	3.014
	3.007
SUMA	9.055
PROMEDIO	3.018

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.009
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.017

El valor del coeficiente debe ser menor a 0.1. Si el coeficiente es mayor a 0.1 se debe volver a analizar los criterios en la matriz de comparación de pares.

(*) Para determinar el índice aleatorio (IA) que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por (Moreno Jiménez, 2001), donde "n" es el número de parámetros en la matriz.

Exposición

Se tomó un solo parámetro (Tabla 30) para el análisis de exposición (Población residente de los sectores del proyecto)

Tabla 30: Matriz de comparación de la exposición social

Población residente de los sectores del proyecto	Mayor a 1200 habitantes	De 800 a 1200 habitantes	De 500 a 800 habitantes	De 200 a 500 habitantes	Menor a 200 habitantes
Mayor a 1200 habitantes	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
De 800 a 1200 habitantes	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
De 500 a 800 habitantes	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
De 200 a 500 habitantes	0.20	0.33	0.50	1.00	3.00
Menor a 200 habitantes	0.14	0.20	0.33	0.33	1.00
SUMA	2.18	4.03	6.83	11.33	19.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.09	0.05

Tabla 31: Matriz de normalización de la exposición social

Población residente en el Sector 1 del distrito	Mayor a 1200 habitantes	De 800 a 1200 habitantes	De 500 a 800 habitantes	De 200 a 500 habitantes	Menor a 200 habitantes	Vector Priorización
Mayor a 1200 habitantes	0.460	0.496	0.439	0.441	0.368	0.440802
De 800 a 1200 habitantes	0.230	0.248	0.293	0.265	0.263	0.259648
De 500 a 800 habitantes	0.153	0.124	0.146	0.176	0.158	0.151569
De 200 a 500 habitantes	0.092	0.083	0.073	0.088	0.158	0.098770
Menor a 200 habitantes	0.066	0.050	0.049	0.029	0.053	0.049211

Tabla 32: Vector suma ponderada de la exposición social

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.441	0.519	0.455	0.494	0.344	2.253
0.220	0.260	0.303	0.296	0.246	1.326
0.147	0.130	0.152	0.198	0.148	0.774
0.088	0.087	0.076	0.099	0.148	0.497
0.063	0.052	0.051	0.033	0.049	0.248

Tabla 33: Hallando el λ_{max} de la exposición social

Vector Suma Ponderado / Vector Priorización	
	5.111
	5.105
	5.103
	5.031
	5.031
SUMA	25.381
PROMEDIO	5.076
INDICE DE CONSISTENCIA	IC 0.019
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC 0.017

Fragilidad

Para el análisis de la fragilidad social (Tabla 34) se tomaron tres parámetros (abastecimiento de agua, servicios higiénicos y tipo de alumbrado), para el presente trabajo se desarrolló solo uno de ellos (Tabla 38), cabe resaltar que se repite el mismo procedimiento para los otros dos parámetros.

Tabla 34: Matriz de comparación de la fragilidad social

Fragilidad Social	Abastecimiento de agua	Servicios Higiénicos	Tipo de Alumbrado
Abastecimiento de agua	1.00	2.00	4.00
Servicios Higiénicos	0.50	1.00	3.00
Tipo de Alumbrado	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.75	3.33	8.00
1/SUMA	0.57	0.30	0.13

Tabla 35: Matriz de normalización de la fragilidad social

Fragilidad Social	Abastecimiento de agua	Servicios Higiénicos	Tipo de Alumbrado	Vector Priorización
Abastecimiento de agua	0.571	0.600	0.500	0.557143
Servicios Higiénicos	0.286	0.300	0.375	0.320238
Tipo de Alumbrado	0.143	0.100	0.125	0.122619
	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 36: Vector suma ponderada de la exposición social

Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.557	0.640	0.490	1.688
0.279	0.320	0.368	0.967
0.139	0.107	0.123	0.369

Tabla 37: Hallando el λ_{max} de la fragilidad social

Vector Suma Ponderado/Vector Priorización	
	3.030
	3.019
	3.006
SUMA	9.055
PROMEDIO	3.018

ÍNDICE DE CONSISTENCIA		IC	0.009
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)		RC	0.017

A continuación, se muestra el desarrollo del parámetro abastecimiento de agua donde se visualizan los siguientes descriptores.

Tabla 38: Matriz de comparación del parámetro abastecimiento de agua

Abastecimiento de Agua	No tiene	Rio, acequia, manantial o similar	Camión cisterna u otro similar	Pilón de uso público	Red pública
No tiene	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Rio, acequia, manantial o similar	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
Camión cisterna u otro similar	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Pilón de uso público	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Red pública	0.17	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.95	4.73	8.53	13.33	22.00
1/SUMA	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 39: Matriz de normalización del parámetro de abastecimiento de agua

Abastecimiento de Agua	No tiene	Rio, acequia, manantial o similar	Camión cisterna u otro similar	Pilón de uso público	Red pública	Vector Priorización
No tiene	0.513	0.635	0.469	0.375	0.318	0.461903
Rio, acequia, manantial o similar	0.171	0.212	0.352	0.300	0.273	0.261363
Camión cisterna u otro similar	0.128	0.071	0.117	0.225	0.227	0.153639
Pilón de uso público	0.103	0.053	0.039	0.075	0.136	0.081177

Abastecimiento de Agua	No tiene	Rio, acequia, manantial o similar	Camión cisterna u otro similar	Pilón de uso público	Red pública	Vector Priorización
Red pública	0.085	0.030	0.023	0.025	0.045	0.041918
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 40: Vector suma ponderada del parámetro abastecimiento de agua

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.462	0.784	0.615	0.406	0.293	2.560
0.154	0.261	0.461	0.325	0.252	1.452
0.115	0.087	0.154	0.244	0.210	0.809
0.092	0.065	0.051	0.081	0.126	0.416
0.077	0.037	0.031	0.027	0.042	0.214

Tabla 41: Hallando el λ_{max} de la fragilidad social

Vector Suma Ponderado / Vector Priorización	
	5.542
	5.557
	5.268
	5.123
	5.106
SUMA	26.596
PROMEDIO	5.319
INDICE DE CONSISTENCIA	IC 0.080
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC 0.072

Para el análisis de la resiliencia social se hace el mismo procedimiento como la hecha para la fragilidad social donde se tomaron tres parámetros los cuales fueron; Conocimiento sobre desastres, capacitación en temas de riesgo de desastres y actitud frente al riesgo, estos podrán visualizarse en los resultados de manera resumida.

4.9.3. Riesgo

Una vez identificados y analizados los peligros a los que están expuestos los componentes del proyecto, mediante la evaluación de intensidad, magnitud, frecuencia o periodo de recurrencia y nivel de susceptibilidad ante los fenómenos de origen natural, así como también, el análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad por exposición, fragilidad y resiliencia, identificando los elementos potencialmente vulnerables, tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio. Siendo el riesgo, el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos.

Los cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada (Carreño *et al.*, 2005). El expresar los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985b), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función $f(P_i, V_e)$ del peligro y la vulnerabilidad (Ecuación 17):

$$R_{ie} |_t = f(P_i, V_e) |_t \dots \text{Ecuación 17}$$

Dónde:

R= Riesgo.

f= En función

P_i=Peligro con la intensidad mayor o igual a *i* durante un período de exposición *t*

V_e= Vulnerabilidad de un elemento expuesto.

Con la información obtenida se trabajó tanto para el peligro y vulnerabilidad ($R=P \times V$), se calcularon los niveles de riesgo de la zona del proyecto.

- Se agregaron los *shapefile* donde se tienen los valores de peligro y vulnerabilidad. El *shapefile* de vulnerabilidad debe tener un campo de identificación.
- Se efectuó la intersección de los dos *shapefiles*.

- Se creó un nuevo campo llamado Riesgo donde se va a calcular el valor del riesgo con la herramienta *Field Calculator*.
- Una vez que fueron calculados los valores de riesgo, se crea un nuevo campo de nombre niveles de riesgo y se asigna como texto las categorías “Bajo”, “Medio”, “Alto” y “Muy Alto”, según corresponda.
- Luego se efectuó la herramienta *spatial join* para asignar una sola categoría a una zona determinada de la conducción del canal. (*Target feature: shapefile* de vulnerabilidad y *Join feature* el *shapefile* de riesgo) lo que finalmente produjo un único nivel de riesgo para la zona correspondiente.

Los mapas de los resultados se muestran en los Anexos.

Tabla 42: Determinación del Peligro para el proyecto - parte 01

FACTOR CONDICIONANTE (FC)								FACTOR DESENCADENANTE (FD)			
Geomorfología		Pendiente		Geología		Suelo		VALOR	PESO	PRECIPITACION	
COEF	PESO	COEF	PESO	COEF	PESO	COEF	PESO			VALOR	PESO
0.496	0.416	0.267	0.464	0.154	0.467	0.083	0.470	0.441	0.70	0.454	0.30
0.496	0.262	0.267	0.257	0.154	0.256	0.083	0.287	0.262	0.70	0.294	0.30
0.496	0.161	0.267	0.147	0.154	0.148	0.083	0.123	0.152	0.70	0.145	0.30
0.496	0.099	0.267	0.081	0.154	0.084	0.083	0.075	0.090	0.70	0.070	0.30
0.496	0.062	0.267	0.051	0.154	0.044	0.083	0.044	0.055	0.70	0.037	0.30

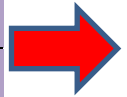


Tabla 43: Determinación del Peligro para el proyecto - parte 02

SUSCEPTIBILIDAD (S)													PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (PE)		VALOR DE PELIGRO
VALOR	PESO	Magnitud		Intensidad		Frecuencia		Periodo de retorno		Duración		VALOR	PESO	(VALOR S*PESO S+(VALOR PE*PESO PE)	
(VALOR FC*PESO FC)+(VALOR FD*PESO FD)		COEF	PESO	COEF	PESO	COEF	PESO	COEF	PESO	COEF	PESO				
0.445	0.60	0.436	0.461	0.272	0.468	0.160	0.458	0.083	0.473	0.049	0.451	0.463	0.40	0.452	
0.271	0.60	0.436	0.270	0.272	0.268	0.160	0.257	0.083	0.256	0.049	0.266	0.266	0.40	0.269	
0.150	0.60	0.436	0.145	0.272	0.144	0.160	0.170	0.083	0.145	0.049	0.149	0.149	0.40	0.149	
0.084	0.60	0.436	0.077	0.272	0.076	0.160	0.079	0.083	0.081	0.049	0.084	0.077	0.40	0.081	
0.050	0.60	0.436	0.046	0.272	0.044	0.160	0.037	0.083	0.045	0.049	0.050	0.044	0.40	0.047	



Rango	Nivel de Peligro
0.269 ≤ P ≤ 0.452	MUY ALTO
0.149 ≤ P < 0.269	ALTO
0.081 ≤ P < 0.149	MEDIO
0.047 ≤ P < 0.081	BAJO

Tabla 44: Determinación de la Vulnerabilidad para el proyecto – parte 01

DIMENSIÓN SOCIAL																				VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL
EXPOSICION		FRAGILIDAD SOCIAL									RESILIENCIA SOCIAL										
Población residente en el los sectores	Valor Exposición Social	Peso Exposición Social	Abastecimiento de agua		servicio higienico		Tipo de alumbrado		Valor Fragilidad Social	Peso Fragilidad Social	Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres		Capacitación en temas de Gestión del Riesgo		Actitud frente al riesgo		Valor Resiliencia Social	Peso Resiliencia Social			
	Ppar		Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc		Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar		Pdesc		
1.000	0.441	0.441	0.623	0.557	0.462	0.320	0.473	0.123	0.441	0.463	0.239	0.539	0.435	0.297	0.471	0.164	0.490	0.455	0.137	0.448	0.40
1.000	0.260	0.260	0.623	0.557	0.261	0.320	0.248	0.123	0.260	0.257	0.239	0.539	0.284	0.297	0.270	0.164	0.213	0.268	0.137	0.260	0.40
1.000	0.152	0.152	0.623	0.557	0.154	0.320	0.146	0.123	0.152	0.151	0.239	0.539	0.156	0.297	0.150	0.164	0.168	0.156	0.137	0.152	0.40
1.000	0.099	0.099	0.623	0.557	0.081	0.320	0.084	0.123	0.099	0.084	0.239	0.539	0.083	0.297	0.066	0.164	0.085	0.078	0.137	0.092	0.40
1.000	0.049	0.049	0.623	0.557	0.042	0.320	0.048	0.123	0.049	0.045	0.239	0.539	0.042	0.297	0.043	0.164	0.045	0.043	0.137	0.047	0.40

Tabla 45: Determinación de la Vulnerabilidad para el proyecto – parte 02

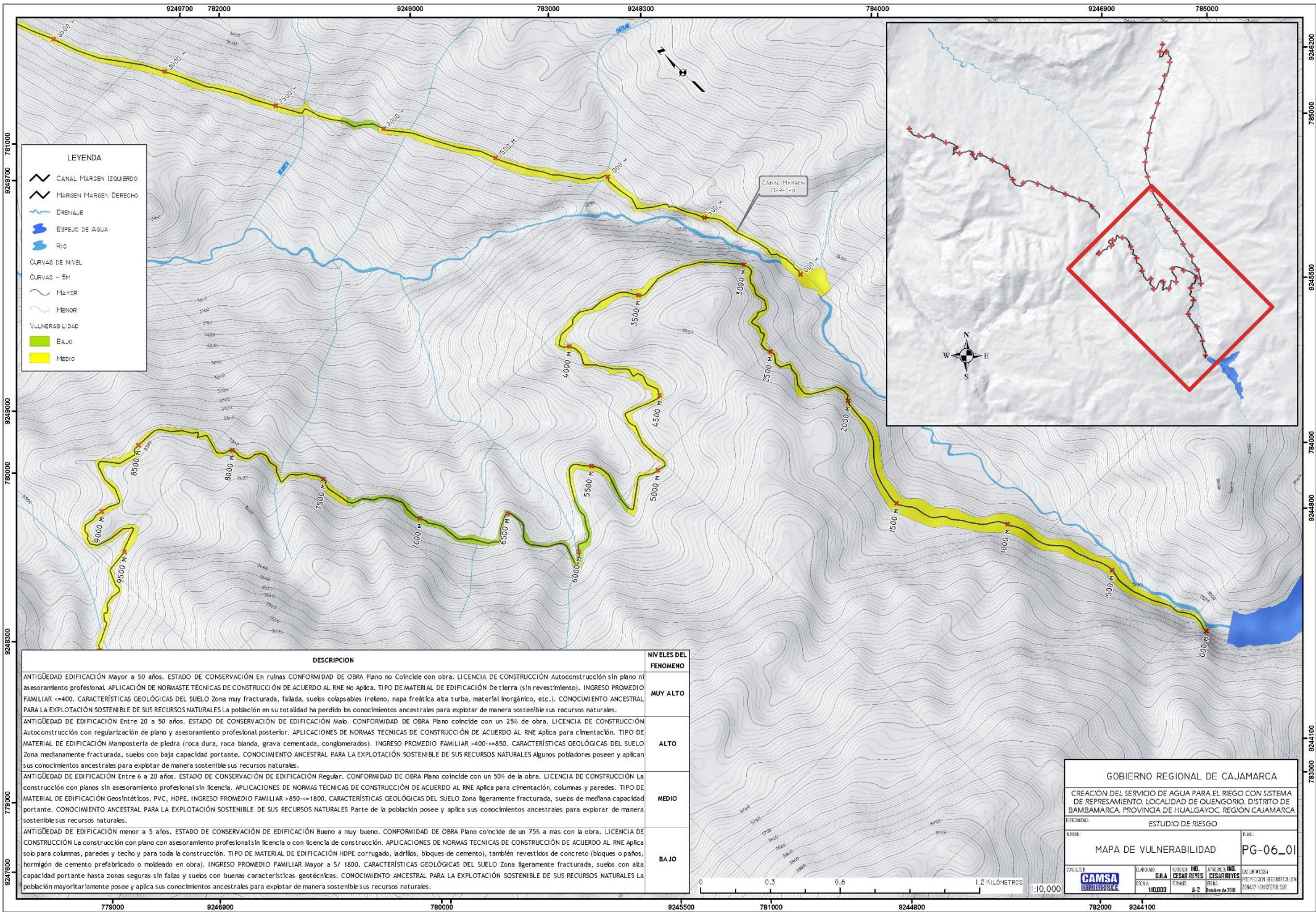
DIMENSIÓN ECONÓMICA																				VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA	VALOR DE LA VULNERABILIDAD
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD ECONÓMICA									RESILIENCIA ECONOMICA											
Viviendas ubicadas en los sectores	Valor Exposición Económica	Peso Exposición Económica	Material Paredes			Material Techos			Estado de conservación			Valor Fragilidad Económica	Peso Fragilidad Económica	Ingreso promedio familiar		Actividad laboral		Ocupación		Valor Resiliencia Económica	Peso Resiliencia Económica	
	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc
1.00	0.420	0.420	0.557	0.653	0.447	0.251	0.439	0.096	0.481	0.449	0.320	0.595	0.444	0.277	0.433	0.129	0.420	0.438	0.123	0.431	0.60	0.438
1.00	0.266	0.266	0.557	0.653	0.261	0.251	0.281	0.096	0.236	0.264	0.320	0.595	0.301	0.277	0.275	0.129	0.310	0.295	0.123	0.269	0.60	0.265
1.00	0.156	0.156	0.557	0.653	0.161	0.251	0.150	0.096	0.141	0.156	0.320	0.595	0.155	0.277	0.153	0.129	0.160	0.155	0.123	0.156	0.60	0.154
1.00	0.106	0.106	0.557	0.653	0.086	0.251	0.085	0.096	0.087	0.086	0.320	0.595	0.062	0.277	0.078	0.129	0.069	0.067	0.123	0.095	0.60	0.094
1.00	0.052	0.052	0.557	0.653	0.045	0.251	0.045	0.096	0.054	0.046	0.320	0.595	0.038	0.277	0.062	0.129	0.040	0.045	0.123	0.049	0.60	0.048

Niveles de Vulnerabilidad	
0.265 ≤ V ≤ 0.438	Muy alto
0.154 ≤ V < 0.265	Alto
0.094 ≤ V < 0.154	Medio
0.048 ≤ V < 0.094	Bajo

Tabla 46: Determinación del Riesgo para el proyecto de riego Quengorio

Niveles de Vulnerabilidad		Rango	Nivel de Peligro	Peligro	Vulne	R=PxV	Niveles de Riesgo		
0.265	$\leq V \leq 0.438$	0.269	$\leq P \leq 0.452$	0.452	0.438	0.198	0.071	$\leq V \leq 0.198$	Muy alto
0.154	$\leq V < 0.265$	0.149	$\leq P < 0.269$	0.269	0.265	0.071	0.023	$\leq V < 0.071$	Alto
0.094	$\leq V < 0.154$	0.081	$\leq P < 0.149$	0.149	0.154	0.023	0.008	$\leq V < 0.023$	Medio
0.048	$\leq V < 0.094$	0.047	$\leq P < 0.081$	0.081	0.094	0.008	0.002	$\leq V < 0.008$	Bajo
				0.047	0.048	0.002			

El resultado final es el RIESGO que es producto del peligro y vulnerabilidad (Tabla 46 – Niveles de Riesgo), estos se subdividen en niveles BAJO, MEDIO, ALTO y MUY ALTO. Esta información fue procesada con la herramienta SIG de modo que la información numérica vista en los diferentes cuadros y resultados se encuentran dentro de la geodatabase del *shapefile* y esto con una clasificación adecuada de colores nos muestra en el plano las zonas de peligrosidad, vulnerabilidad y de mayor riesgo, todo es de suma importancia y utilidad para la consideración de parámetros a tomar en cuenta para el diseño y la capacidad de respuesta para la gestión del riesgo, A continuación se muestran algunos de los resultados visuales por medio del ArcMAP.



LEYENDA

- CANAL MARGEN IZQUIERDO
- MARGEN MARGEN DERECHO
- DRENAJE
- ESPEJO DE AGUA
- RIO
- CURVAS DE NIVEL**
- CURVAS - SM
MAYOR
- CURVAS - SM
MENOR
- VULNERABILIDAD**
- BAJO
- MEDIO

DESCRIPCION	NIVELES DEL FENOMENO
ANTIGÜEDAD EDIFICACION Mayor a 50 años. ESTADO DE CONSERVACION En ruinas CONFORMIDAD DE OBRA Plano no coincide con obra. LICENCIA DE CONSTRUCCION Autoconstrucción sin plano ni asesoramiento profesional. APLICACION DE NORMAS TECNICAS DE CONSTRUCCION DE ACUERDO AL RNE No Aplica. TIPO DE MATERIAL DE EDIFICACION De tierra (sin revestimiento). INGRESO PROMEDIO FAMILIAR <=400. CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS DEL SUELO Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, napa freática alta turba, material inorgánico, etc.). CONOCIMIENTO ANCESTRAL PARA LA EXPLOTACION SOSTENIBLE DE SUS RECURSOS NATURALES La población en su totalidad ha perdido los conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	MUY ALTO
ANTIGÜEDAD DE EDIFICACION Entre 20 a 50 años. ESTADO DE CONSERVACION DE EDIFICACION Mab. CONFORMIDAD DE OBRA Plano coincide con un 25% de obra. LICENCIA DE CONSTRUCCION Autoconstrucción con regularización de plano y asesoramiento profesional posterior. APLICACIONES DE NORMAS TECNICAS DE CONSTRUCCION DE ACUERDO AL RNE Aplica para cimentación. TIPO DE MATERIAL DE EDIFICACION Mamposteria de piedra (roca dura, roca blanda, grava cementada, conglomerados). INGRESO PROMEDIO FAMILIAR >400-<=850. CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS DEL SUELO Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante. CONOCIMIENTO ANCESTRAL PARA LA EXPLOTACION SOSTENIBLE DE SUS RECURSOS NATURALES Algunos pobladores poseen y aplican sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	ALTO
ANTIGÜEDAD DE EDIFICACION Entre 6 a 20 años. ESTADO DE CONSERVACION DE EDIFICACION Regular. CONFORMIDAD DE OBRA Plano coincide con un 50% de la obra. LICENCIA DE CONSTRUCCION La construcción con planos sin asesoramiento profesional sin licencia. APLICACIONES DE NORMAS TECNICAS DE CONSTRUCCION DE ACUERDO AL RNE Aplica para cimentación, columnas y paredes. TIPO DE MATERIAL DE EDIFICACION Geosintéticos, PVC, HDPE. INGRESO PROMEDIO FAMILIAR >850-<=1800. CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS DEL SUELO Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante. CONOCIMIENTO ANCESTRAL PARA LA EXPLOTACION SOSTENIBLE DE SUS RECURSOS NATURALES Parte de la población posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	MEDIO
ANTIGÜEDAD DE EDIFICACION menor a 5 años. ESTADO DE CONSERVACION DE EDIFICACION Bueno a muy bueno. CONFORMIDAD DE OBRA Plano coincide de un 75% a mas con la obra. LICENCIA DE CONSTRUCCION La construcción con planos sin asesoramiento profesional sin licencia. APLICACIONES DE NORMAS TECNICAS DE CONSTRUCCION DE ACUERDO AL RNE Aplica solo para columnas, paredes y techo y para toda la construcción. TIPO DE MATERIAL DE EDIFICACION HDPE corrugado, ladrillos, bloques de cemento), también revestidos de concreto (bloques o paños, hormigón de cemento prefabricado o moldeado en obra). INGRESO PROMEDIO FAMILIAR Mayor a 5/ 1800. CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS DEL SUELO Zona ligeramente fracturada, suelos con alta capacidad portante hasta zonas seguras sin fallas y suelos con buenas características geotécnicas. CONOCIMIENTO ANCESTRAL PARA LA EXPLOTACION SOSTENIBLE DE SUS RECURSOS NATURALES La población mayoritariamente posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	BAJO

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

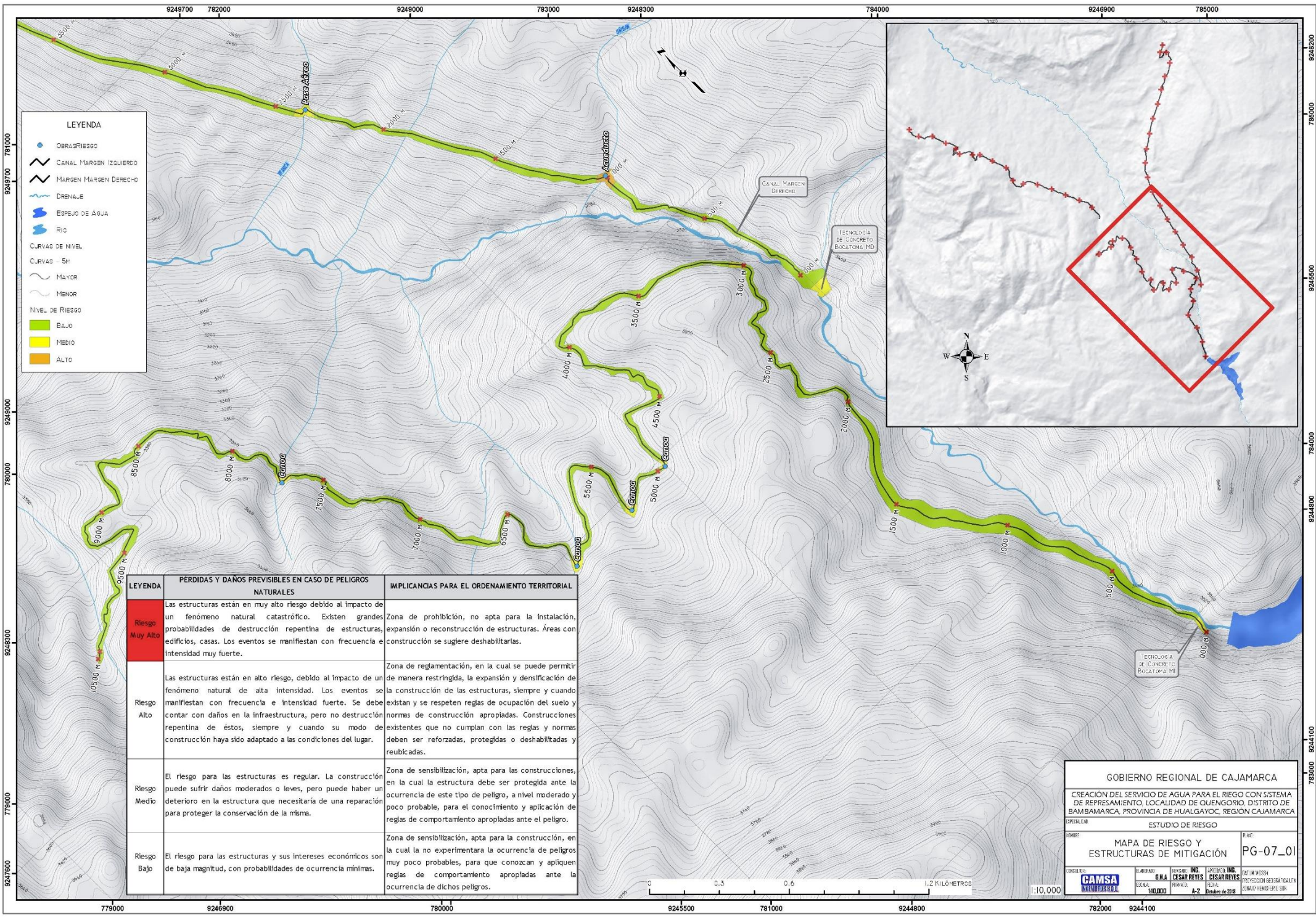
CREACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL RIEGO CON SISTEMA DE REPRESAMIENTO LOCALIDAD DE OENGORIO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGION CAJAMARCA

ESTUDIO: ESTUDIO DE RIESGO

MAPA DE VULNERABILIDAD

PG-06_01





LEYENDA

- OBRAS RIESGO
- CANAL MARGEN IZQUIERDO
- MARGEN MARGEN DERECHO
- DRENAJE
- ESPEJO DE AGUA
- RIO
- CURVAS DE NIVEL
- CURVAS 5M
- MAYOR
- MENOR
- NIVEL DE RIESGO BAJO
- NIVEL DE RIESGO MEDIO
- NIVEL DE RIESGO ALTO

LEYENDA	PÉRDIDAS Y DAÑOS PREVISIBLES EN CASO DE PELIGROS NATURALES	IMPLICANCIAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL
Riesgo Muy Alto	Las estructuras están en muy alto riesgo debido al impacto de un fenómeno natural catastrófico. Existen grandes probabilidades de destrucción repentina de estructuras, edificios, casas. Los eventos se manifiestan con frecuencia e intensidad muy fuerte.	Zona de prohibición, no apta para la instalación, expansión o reconstrucción de estructuras. Áreas con construcción se sugiere deshabilitarlas.
Riesgo Alto	Las estructuras están en alto riesgo, debido al impacto de un fenómeno natural de alta intensidad. Los eventos se manifiestan con frecuencia e intensidad fuerte. Se debe contar con daños en la infraestructura, pero no destrucción repentina de éstos, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar.	Zona de reglamentación, en la cual se puede permitir de manera restringida, la expansión y densificación de la construcción de las estructuras, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo y normas de construcción apropiadas. Construcciones existentes que no cumplan con las reglas y normas deben ser reforzadas, protegidas o deshabilitadas y reubicadas.
Riesgo Medio	El riesgo para las estructuras es regular. La construcción puede sufrir daños moderados o leves, pero puede haber un deterioro en la estructura que necesitaría de una reparación para proteger la conservación de la misma.	Zona de sensibilización, apta para las construcciones, en la cual la estructura debe ser protegida ante la ocurrencia de este tipo de peligro, a nivel moderado y poco probable, para el conocimiento y aplicación de reglas de comportamiento apropiadas ante el peligro.
Riesgo Bajo	El riesgo para las estructuras y sus intereses económicos son de baja magnitud, con probabilidades de ocurrencia mínimas.	Zona de sensibilización, apta para la construcción, en la cual la no experimentara la ocurrencia de peligros muy poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante la ocurrencia de dichos peligros.

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

CREACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL RIEGO CON SISTEMA DE REPRESAMIENTO. LOCALIDAD DE QUENGORIO, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGION CAJAMARCA

ESTUDIO DE RIESGO

TÍTULO: **MAPA DE RIESGO Y ESTRUCTURAS DE MITIGACIÓN** P.R. Nº: **PG-07_01**

ELABORADO: CAMSA	DISEÑADO: G.H.A. CESAR REYES	REVISADO: ING. CESAR REYES	APROBADO: ING. CESAR REYES	FECHA: 2023
ESCALA: 1:10,000	ESCALA: 1:10,000	ESCALA: 1:10,000	ESCALA: 1:10,000	ESCALA: 1:10,000



1:10,000

4.10. Descripción de las funciones desempeñadas y su vinculación con campos temáticos de la carrera profesional

Las funciones realizadas en las empresas privadas de riego IPESA Hydro y CAMSA Ingenieros fue como:

Diseñador de proyectos en el área de ingeniería, dentro de las funciones fue la evaluación de diseños, actualización de presupuestos y estudios de proyectos observados por el Programa sub sectorial de riego (PSI). Otra de las funciones fue la supervisión de las actividades de campo, extracción

Responsable de la parte SIG de todos los proyectos y del desarrollo del estudio de riesgo y del análisis de la parte física de los estudios de impacto ambiental.

El manejo de *software* permitió la colaboración transversal en cada uno de los estudios realizados (Geología, Hidrología, Topografía y costos y presupuesto). La gran mayoría de proyectos realizados fueron de creación y rehabilitación de sistemas de infraestructura de riego.

4.11. Contribución en la solución de cada situación problemática

La optimización técnica y la eficacia de los tiempos de presentación de los estudios han sido siempre de interés de las empresas, ya que la culminación oportuna con el cumplimiento de los mismos evita las penalizaciones que son una gran pérdida para la empresa. Es el caso del proyecto Quengorío, dado el proyecto de gran envergadura y que los tiempos de entrega eran demasiado cortos entre la etapa de campo y oficina, sumado a esto las exigencias del TDR de la nueva implementación del “Manual de evaluación de Riesgo II” publicada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENPRED) con el método del análisis multicriterio.

Se desarrolló el análisis y ejecución de cada matriz en Excel para peligros y vulnerabilidad encontradas para el proyecto Quengorio, también se innovó dentro de la empresa la automatización de la data de las matrices en los *shapefile* trabajados mediante la herramienta model builder con el programa ArcGIS para acelerar las operaciones matemáticas de

geoprocesamiento para la producción todos los planos como resultado final.

En la nueva integración de proyectos del sector Agricultura y Riego al Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE), se colaboró con la implementación de los EVAPs conforme al Anexo II del Reglamento de la Ley del SEIA, como exigibilidad para certificación ambiental, conforme a lo dispuesto en el literal del artículo 7 del Reglamento de la Ley del SEIA, se actualizaron los formatos de los Estudios de Impacto Ambiental de acuerdo a las exigencias y a la plataforma virtual implementada por el SENACE para los estudios ambientales de la consultora CAMSA para obtener la evaluación, y categorización de los EVAPs como requisito indispensable para la aprobación de los proyectos.

4.12. Análisis de su contribución de las competencias y habilidades adquiridas durante su formación profesional, considerando la revisión de literatura actualizada pertinente

Dentro de las competencias de la vida profesional se ha podido desarrollar la capacidad de adaptabilidad al medio cambiante de las diferentes situaciones en los centros de labores y saber cómo enfrentar las situaciones. Se ha ampliado la capacidad crítica, esto se da en el análisis de datos y líneas de acción al momento de tomar decisiones oportunas para llegar a los tiempos según los cronogramas establecidos, todo esto de forma técnica, y lógica. Así se desarrolló el compromiso con el centro de labores proporcionando y brindando a la empresa mayores credenciales para ganar procesos siguientes.

Se desarrolló el trabajo con el equipo multidisciplinario, para las diferentes actividades que conllevaba el desarrollo de los proyectos de riego donde se ha laborado. Por otro lado, se desarrolló liderazgo, desenvolvimiento con autoridades locales, regionales y diversos representantes de las localidades y con el staff de ingenieros de supervisión del Ministerio de Agricultura y Ministerio del Ambiente.

El beneficio obtenido dentro del área laboral ha sido fundamental para ampliar los conocimientos en lo que conlleva la realización total de un proyecto de riego y gracias a los conocimientos impartidos en las aulas de la Universidad fue fundamental en el desenvolvimiento, con criterio para las diversas labores dentro de las empresas. Se ha

permitido desarrollar diferentes competencias y habilidades de forma libre y sin mayor restricción contribuyendo y proponiendo alternativas de solución en el momento de presentarse retrasos e inconvenientes en la ejecución del cronograma a cabalidad.

V. CONCLUSIONES

1. El método multicriterio, o proceso de análisis jerárquico logra resolver problemas complejos subjetivos, proporcionando la posibilidad de incluir datos cuantitativos relativos para ser medidos, incidiendo directamente con las decisiones en las alternativas de solución y recomendaciones para el proyecto de infraestructura de riego Quengorio.
2. La utilización de *software* de procesamiento geográfico permite y logra consolidar el método, haciendo que las operaciones matemáticas de la geodata tengan mayor grado de confiabilidad y brinda como resultado final la visualización de las zonas de riesgo, peligro y vulnerabilidad del área de interés en el proyecto Quengorio.
3. El estudio se desarrolló con un equipo multidisciplinario profesional que resolvió de manera conjunta la problemática social por el inicio del proyecto, los beneficiarios comprendieron que el proyecto de Riego Quengorio, incrementaría la producción agrícola de manera eficiente, además que se evaluaron los riesgos posibles de las obras y estructuras hidráulicas que se realizaran en este estudio.

VI. RECOMENDACIONES

- El levantamiento de información primaria, como la topografía, geología, tipo de suelo y descripción geomorfológica del recorrido de los canales de conducción, incide de forma directa en la estimación de la susceptibilidad y como consecuencia del peligro y riesgo del canal de riego.
- Es importante la obtención de data secundaria a través de organismos públicos para tener mayor sustento, robustez en el criterio de las ponderaciones.
- Es importante la presencia *in situ*, para la observación directa y registro de datos del medio físico, social y ambiental que permitan ponderar de forma adecuada los pesos para los factores dentro del análisis.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aznar Bellver, J. y Guijarro Martínez, F. (2012). Nuevos métodos de valoración: modelos multicriterio. (2º ed.). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- CAN. (2014). Comunidad Andina de Naciones. Marco de Acción de Hyogo – EIRD. Recuperado de <http://www.comunidadandina.org/>
- CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales. Recuperado de <http://cenepred.gob.pe/web/>
- Contreras, E. y Pacheco, J.F. (2007). Evaluación Multicriterio para Programas y Proyectos Públicos. Recuperado de http://www.sistemaspublicos.cl/wp-content/files_mf/127258066992-ceges-EC.pdf
- Toskano Hurtado, Gérard Bruno. El proceso de análisis jerárquico (ahp) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Recuperado de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/basic/toskano_hg/contenido.htm
- Hanks TC, Kanamori H (1979). A Moment Magnitude Scale. Recuperado de <https://web.archive.org/web/20100821063413/http://www.gps.caltech.edu/uploads/File/People/kanamori/HKjgr79d.pdf>
- Richter, C.F. (1935). Bulletin of the Seismological Society of America. Recuperado de <https://web.archive.org/web/20130730032040/https://www2.bc.edu/~ebel/Richter1935.pdf>
- W H Freeman & Co; Presumed First Edition Edición (1958). Elementary Seismology. Presumed First Edition Edición.
- José María Moreno Jiménez (2001). El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, Metodología y Aplicaciones. Recuperado de [https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP\(ve%20rpaginas11-16\).pdf](https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP(ve%20rpaginas11-16).pdf)

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2018). Reporte de emergencias SINDAP.
Recuperado de <http://www.sinpad.indeci.gob.pe/PortalSINPAD>

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2017). Gestión de Riesgos en la Planificación de la Ejecución de Obras. Directiva N° 012-2017-OSCE/CD

M. L. Carreño y O. D. Cardona (2005). Sistema de Indicadores para la Evaluación de Riesgos. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271505500_Sistema_de_indicadores_para_la_evaluacion_de_riesgos

Cardona. O. D. (1985). Hazard, Vulnerability and Risk Assessment, unedited working paper, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology IZIIS, Skopje, Yugoslavia.

Militinovic Z. y Petrovski J. (1985b). Earthquake vulnerability and loss assessment for physical and urban planning, International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, IZIIS, Skopje, Yugoslavia.

Fournier, d'Albe E. M. (1985), "The Quantification of Seismic Hazard for the Purposes of Risk Assessment", International Conference on Reconstruction, Restauration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, Skopje, noviembre.

SENACE. (2019). El SENACE y la Certificación Ambiental de Proyectos de Inversión. Recuperado de http://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/2019/06/pub_El-Senace-y-la-certificacion-ambiental-de-proyectos-de-inversion-Sector-Agricultura-y-Riego.pdf

Satty, Thomas (1980). The Analytic Hierarchy Pocess. Ed. McGrawHill

YESANO. (2014). Historia de los deslizamientos de laderas en el embalse de Yesa. Recuperado de http://www.yesano.com/deslizamientos_Yesa.htm