

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV

Elaborado para:
HIDROLASPEÑAS S.A.S.

Elaborado por:
INGEA INGENIERIA Y GESTION
AMBIENTAL S.A.S.



AGOSTO, 2024

CAPÍTULO 7. ANALISIS DE RIESGOS

CONTENIDO

CAPÍTULO 7.....	7-1
7. ANÁLISIS DE RIESGOS.....	7-1
7.1. METODOLOGÍA.....	7-1
7.2. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL AMBIENTE HACIA EL PROYECTO (EXÓGENOS) ..	7-3
7.2.1. Riesgos físicos.....	7-3
7.2.2. Riesgos Bióticos.....	7-10
7.2.3. Riesgos Sociales.....	7-11
7.2.4. Resumen de los Riesgos Ambientales hacia el Proyecto (Exógenos)	7-12
7.3. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO HACIA EL AMBIENTE (ENDÓGENOS)..	7-13
7.3.1. Riesgos físicos.....	7-13
7.3.2. Riesgos bióticos.....	7-16
7.3.3. Riesgos sociales.....	7-17
7.3.4. Resumen de los Riesgos del Proyecto hacia el Ambiente	7-18
7.4. ANÁLISIS DE RIESGOS EN LAS FASES DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y CIERRE	7-19
7.4.1. Metodología.....	7-19
7.4.2. Valoración de Riesgos en las diferentes Fases	7-21
7.5. CONCLUSIONES.....	7-24
7.6. RECOMENDACIONES	7-24

FIGURAS

Figura 7-1. Zonas sísmicas para propósitos de diseño	7-5
Figura 7-2. Mapa de infraestructura vial expuesta a peligros volcánicos en el Ecuador Continental..	7-6
Figura 7-3. Peligros potenciales del Volcán Sangay.....	7-7
Figura 7-4. Mapa Zonas de deslizamiento y derrumbes en el Ecuador continental.	7-8
Figura 7-5. Mapo Pluviometría media anual en el Ecuador.....	7-9

GRÁFICOS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

TABLAS

Tabla 7-1. Criterios de valoración para la probabilidad.....	7-1
Tabla 7-2. Criterios para la determinación de las consecuencias de un suceso.....	7-2
Tabla 7-3. Matriz de riesgo.	7-3
Tabla 7-4. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.	7-5
Tabla 7-5. Resumen de los Riesgos Ambientales hacia el Proyecto.	7-12
Tabla 7-6. Riesgos exógenos por componente ambiental.	7-13
Tabla 7-7. Resumen de los Riesgos del Proyecto hacia el Ambiente.....	7-18
Tabla 7-8. Riesgos endógenos por componente ambiental.	7-19
Tabla 7-9. Evaluación de la Probabilidad del Riesgo.	7-19
Tabla 7-10. Evaluación de la Severidad del Riesgo.....	7-19

Tabla 7-11. Significancia del riesgo.	7-20
Tabla 7-12. Jerarquización del riesgo determinado.	7-21
Tabla 7-13. Magnitud de riesgos en las fases de Construcción, Operación y Cierre.....	7-21

CAPÍTULO 7

7. ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos permite identificar y evaluar los riesgos ambientales de tipo endógeno y exógeno que tendrían lugar durante el desarrollo de las actividades de un proyecto. Este análisis se refiere a las posibles situaciones de amenaza o fuentes de daño potencial, considerando que el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un peligro.

La identificación de las amenazas que podrían afectar al proyecto, al área circundante y al entorno se las clasifica en función de las consecuencias del daño y probabilidad de ocurrencia, considerando factores internos y externos.

7.1. METODOLOGÍA

Para el análisis de riesgos exógenos se emplea la metodología empleada para Evaluación de la Fundación Natura (1996). La evaluación corresponde a un análisis de tipo cualitativo. Donde los riesgos son evaluados sobre la base de dos variables o atributos que son la probabilidad de ocurrencia y la consecuencia que podría generar.

Esta metodología califica al componente en base a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, sus consecuencias y a la vez, permitió identificar espacialmente la magnitud del riesgo en un lugar determinado.

$$R \text{ (riesgo)} = P \text{ (probabilidad)} * C \text{ (consecuencia)}$$

La probabilidad de ocurrencia de un suceso se define como la posibilidad que determinados factores de riesgo se materialicen en daños y es calificada en una escala de 1 a 5, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 7-1. Criterios de valoración para la probabilidad.

PROBABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Improbable	Menos de una vez cada 1000 años	1
Poco probable	Una vez cada 100 a 1000 años	2
Probable	Una vez cada 10 a 100 años	3
Bastante probable	Una vez al año	4
Muy probable	Más de una vez al año	5

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

La consecuencia que podría generar un suceso es definida como la magnitud de los daños, y son calificadas en una escala de la A (no importantes) hasta la E (catastróficas). Como parte de este análisis, se determinaron si corresponden a daños personales, al ambiente o materiales, para lo cual se tendrá en consideración que los daños personales tienen prelación sobre los daños ambientales y, estos últimos, sobre los daños materiales.

Tabla 7-2. Criterios para la determinación de las consecuencias de un suceso.

NIVEL DE CONSECUENCIAS	CRITERIOS		
	DAÑOS PERSONALES	DAÑOS AMBIENTE	DAÑOS MATERIALES
No importantes (A)	No hay lesiones a personas	Impactos ambientales no significativos.	Menos de 10 000 USD
Limitadas (B)	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Impactos ambientales poco significativos en áreas intervenidas y con especies animales generalistas.	Entre 10 000 y 50 000 USD
Serias (C)	Lesiones con incapacidad laboral transitoria	Impactos ambientales dentro del área del escenario de emergencia y/o impactos reversibles.	Entre 50 000 y 100 000 USD
Muy serias (D)	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Impactos en área aledañas al escenario de emergencia, de difícil remediación. / Impactos en áreas prístinas o con especies sensibles a los cambios en su hábitat.	Entre 100 000 y 1000 000 USD
Catastróficas (E)	Un muerto o más	Impactos con consecuencias sobre comunidades, especies en peligro de extinción, y/o impactos irreversibles.	Más de 1 000 000 USD

Fuente: NTP 330 Ministerio Trabajo y Asuntos Sociales. España

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Una vez asignada la valoración, acorde con los criterios de cada atributo, se procedió a calcular el riesgo tomando en consideración las interacciones indicadas en la siguiente matriz:

Tabla 7-3. Matriz de riesgo.

PROBABILIDAD	5	Muy probable						
	4	Bastante probable						
	3	Probable						
	2	Poco Probable						
	1	Improbable						
GRADO		Bajo	Moderado	No importantes	Limitadas	Serias	Muy serias	Catastróficas
		Alto	Muy alto	A	B	C	D	E
				CONSECUENCIAS				

Fuente: Fundación Natura, 1996

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

El proceso para el análisis de la evaluación del riesgo se llevó a cabo según los siguientes pasos:

- La selección de una metodología adecuada para el análisis de riesgos ambientales.
- Revisión de información confiable del área de estudio.
- Identificación de las amenazas sobre la base de la descripción del proyecto correspondiente y las condiciones del área donde se implementará la infraestructura operativa del proyecto.
- Clasificación del riesgo según su factor de origen (exógena o endógena).
- Elaboración de una matriz de evaluación de riesgos específica para cada fase del proyecto.
- Valoración de los atributos consecuencia y probabilidad de ocurrencia, considerando los criterios descritos.
- Clasificación del nivel del riesgo.

7.2. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL AMBIENTE HACIA EL PROYECTO (EXÓGENOS)

7.2.1. Riesgos físicos

7.2.1.1. Riesgo sísmico

Un sismo es un evento de temblor o sacudida de la tierra que resulta de la liberación de energía acumulada en la corteza terrestre debido a la actividad tectónica (Tarbuck y Lutgens, 2001). Ecuador se encuentra en una región sísmicamente activa debido a su ubicación en la convergencia de las placas tectónicas de Nazca y la placa Sudamericana. La actividad sísmica en Ecuador es común debido a la

subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana en la costa oeste del país. Esta interacción de placas tectónicas genera tensiones que eventualmente se liberan en forma de sismos. Algunas áreas de Ecuador son más propensas a los sismos que otras, y se han registrado terremotos significativos a lo largo de la historia del país (Sposob, 2018)

Para evaluar el riesgo sísmico, se consideran los movimientos sísmicos de origen natural que pueden tener consecuencias graves en términos de impacto en la población, el entorno y las estructuras construidas. Este análisis implicó la revisión de las zonas de amenaza sísmica identificadas por el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) y la consulta de literatura especializada adicional. Es relevante mencionar que Ecuador está ubicado en la región conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico.

En Ecuador, a lo largo de los últimos cuatro siglos, se han registrado numerosos terremotos de gran magnitud, incluyendo dos eventos con una intensidad de XI en la escala de Mercalli. El primero de estos sismos ocurrió en la provincia de Tungurahua en 1797 (SNGR, 2016), mientras que el segundo en la provincia de Manabí en 2016 con una magnitud de 7,8 en la escala de Richter (CNN, 2017).

De acuerdo con el mapa de datos sísmicos de Ecuador, publicado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en 2014, en las áreas cercanas al Proyecto, se identifica fuentes sísmicas que se encuentra en la superficie. El mapa de zonificación sísmica utilizado para el diseño se basa en los resultados de un estudio de peligro sísmico que considera un nivel de riesgo del 10% en un período de retorno de 50 años (equivalente a 475 años).

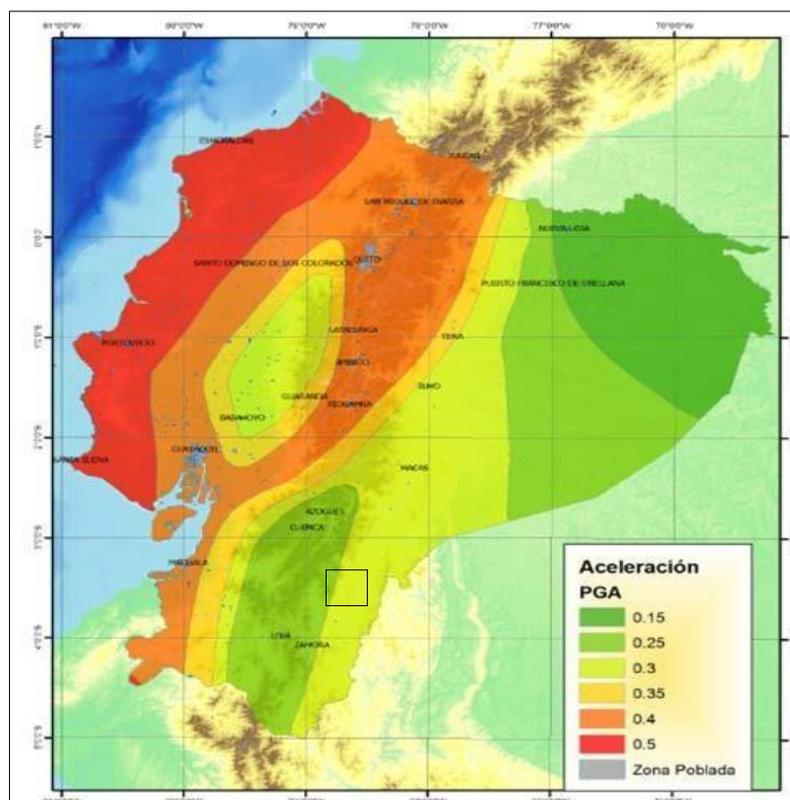


Figura 7-1. Zonas sísmicas para propósitos de diseño

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción, 2011

En la siguiente Tabla, el valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. Se identifica que el área de estudio se encuentra en zonas con amenaza sísmica alta.

Tabla 7-4. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción, 2011

La ubicación del área de estudio se encuentra en una región propensa a terremotos en el país. Esta área está situada en las proximidades de la Cordillera real y parte de la zona Subandina, con una categorización de densidad sísmica que varía de alta a intermedia. Esta ubicación está rodeada por varias fallas activas, las cuales son la falla Catamayo, la falla de Las Pitás, falla sección norte y sur, falla de Nangaritza, falla Gualaceo, falla sección noreste y suroeste y fallas S/N ubicadas en territorio del Perú.

En consecuencia, de este análisis, considerando la información antes expuesta se determina que la probabilidad de que ocurra un sismo en el lugar donde se ubica el proyecto es PROBABLE y las consecuencias que presentaría serían MUY SERIAS. Por lo tanto, se concluye que el área de implantación del proyecto presenta un riesgo sísmico MODERADO. Esto implica que existe la posibilidad de que un evento sísmico significativo con consecuencias graves pueda ocurrir una o más veces durante un período de 10 años.

7.2.1.2. Riesgo volcánico

El resultado del proceso de subducción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana ha sido la razón de la generación y desarrollo de la actual Cordillera de los Andes, del fallamiento y sismicidad en el Ecuador, y principalmente del vulcanismo. Se han generado 2 cordilleras en el Ecuador, la Cordillera Occidental y la Cordillera Real, con grandes volcanes como Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Guagua Pichincha, etc. (HIDROLASPEÑAS S.A.S., 2023).

Las erupciones volcánicas afectaron esencialmente a la Sierra Norte, desde Riobamba hasta Ibarra, el subandino oriental y las islas Galápagos. Cinco volcanes erupcionaron más de 15 veces entre el siglo XVI y finales del siglo XX: Cotopaxi, Tungurahua, Sangay, Reventador y La Cumbre en las islas Galápagos.

En general, las erupciones volcánicas dejaron menos estragos que los terremotos. Sin embargo, una erupción puede tener efectos significativos como la destrucción de cultivos y ganado a causa de la caída de cenizas o de edificios (desplome de los techos por el sobrepeso).

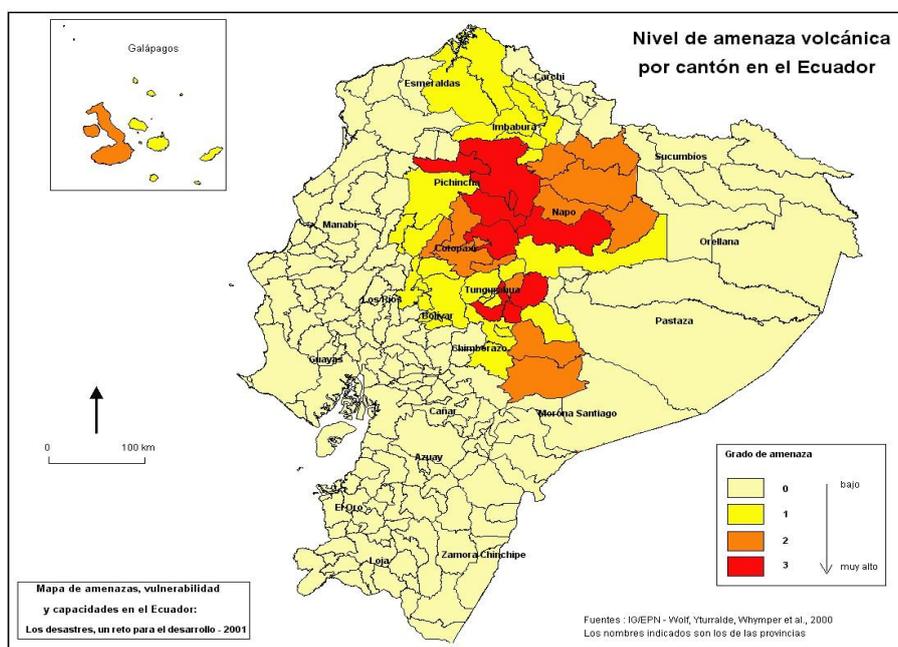


Figura 7-2. Mapa de infraestructura vial expuesta a peligros volcánicos en el Ecuador Continental.

Fuente: Dávila et al., 2018.

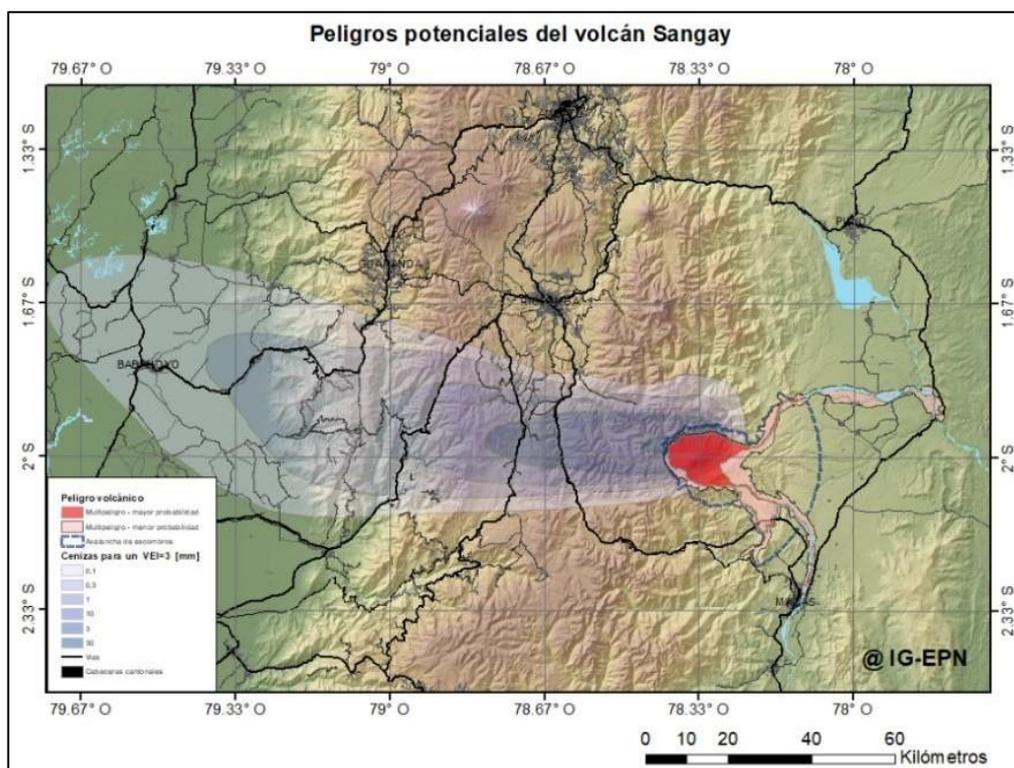


Figura 7-3. Peligros potenciales del Volcán Sangay.

Fuente: IG EPN, 2023.

El área de estudio se encuentra en la zona Subandina, por lo que se encuentra a distancias lejanas de los volcanes, el volcán más cercano es el Sangay, pero según el mapa de amenazas, no produciría ninguna afectación al proyecto hidroeléctrico, principalmente por la distancia y por la geomorfología de la zona. En caso de una erupción eventual del volcán Sangay, el cual se encuentra próximo al proyecto, es posible que se produzcan ocasionalmente pequeñas caídas de ceniza debido a la dirección predominante del viento.

Se determina que la probabilidad de que ocurra una erupción volcánica en el lugar donde se ubica el proyecto es IMPROBABLE y las consecuencias que presentaría serían NO IMPORTANTES por lo tanto el riesgo volcánico se ha categorizado como BAJO. En el cual se indica que un evento volcánico de importancia que podría afectar el área de estudio tiene una probabilidad de ocurrir una o más veces en un período de 10 años, con consecuencias no significativas.

7.2.1.3. Riesgo de deslizamiento

Para que ocurran deslizamientos en una pendiente, es necesario que se produzca una combinación de factores geológicos, hidrológicos y geomorfológicos, que luego sean modificados por procesos geodinámicos, la presencia de vegetación y la actividad humana. Además, la frecuencia e intensidad de

eventos naturales como terremotos y lluvias también desempeñan un papel crucial en la generación de deslizamientos. Es importante destacar que los deslizamientos pueden variar en cuanto a su forma de falla, velocidad de movimiento y las condiciones de los materiales presentes en la pendiente, lo que añade un alto grado de incertidumbre a su ocurrencia. Además, los parámetros y modelos matemáticos utilizados para analizar la estabilidad de la pendiente también están sujetos a incertidumbre (Morgenstern, 1997).

Un colapso o desplazamiento de tierra implica la caída de masas de roca, tierra o escombros a lo largo de una pendiente. Si las laderas empinadas retienen un exceso de agua, se forma un flujo de lodo conocido como aluvión. Pueden moverse a gran velocidad sin previo aviso, a veces alcanzando velocidades de avalancha, y pueden recorrer distancias considerablemente largas desde su origen, acumulando más tierra, rocas, vegetación y otros materiales a medida que avanzan.

Según los estudios realizados por la SNGRE se determina que algunas provincias del Ecuador están propensas a sufrir procesos de deslizamientos en épocas de invierno debido a las altas pendientes que presenta la zona.

La región sierra en su totalidad y ciertas provincias de la amazonia son consideradas como zonas de deslizamiento y derrumbes potenciales.

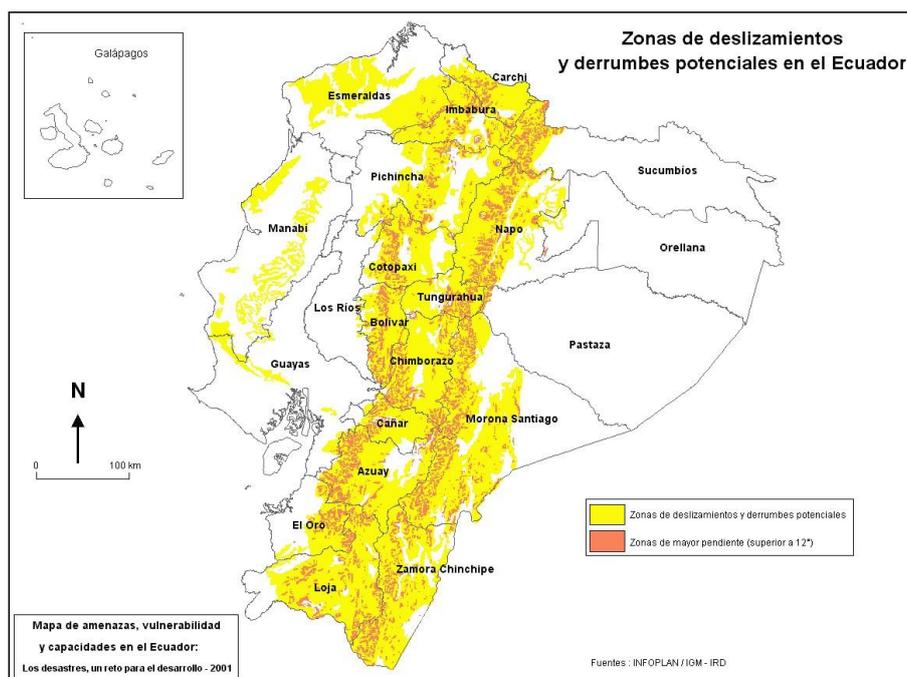


Figura 7-4. Mapa Zonas de deslizamiento y derrumbes en el Ecuador continental.

Fuente: DEMORAES y D'ERCOLE, 2001.

De acuerdo a información presentada en la línea base del cantón y parroquia donde se planea llevar a cabo la ejecución del proyecto es de alta pluviosidad, se ubica mayormente en áreas con un alto riesgo de inundación. En contraste, la zona de captación y parte de la canalización de conducción se encuentran en áreas con un riesgo aún mayor de inundación.

Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto y en referencia a lo antes mencionado se determina que la probabilidad de ocurrencia de inundaciones es PROBABLE con una consecuencia SERIAS, en este caso con un nivel de riesgo MODERADO.

7.2.2. Riesgos Bióticos

7.2.2.1. Riesgos ocasionados por la flora local

Considerando las condiciones climáticas y los resultados del inventario forestal realizado en el área del proyecto, se identifican los posibles riesgos asociados con la flora local:

- Peligro de caída de ramas y árboles: Durante épocas lluviosas y con fuertes vientos, existe el riesgo de que ramas y árboles caigan, representando una amenaza para el personal que trabaja en el campo.
- Reacciones alérgicas: La exposición a ciertas especies de plantas puede desencadenar reacciones alérgicas en los trabajadores, como erupciones cutáneas, picazón, enrojecimiento e irritación en la piel.
- Presencia de espinas y estructuras punzantes: Al realizar labores en áreas boscosas, los trabajadores pueden encontrarse con plantas que poseen espinas, aguijones u otras estructuras punzantes que pueden causar heridas, cortes o rasguños.

Sin embargo, en el PMA Se implementarán medidas de seguridad adecuadas para mitigar estos riesgos y proteger la salud y la integridad física de los trabajadores en el área del proyecto. Por lo que se determina que el riesgo es PROBABLE, pero con una consecuencia MUY SERIA, con un nivel de riesgo MODERADO

7.2.2.2. Riesgos ocasionados por la fauna local

Desde la construcción hasta el cierre y/o abandono del proyecto, los trabajadores enfrentaran varios riesgos asociados con la presencia de especies de fauna local en el área. Algunos de estos riesgos incluyen:

- Ataques de animales salvajes: La presencia de fauna local, como mamíferos depredadores o reptiles venenosos, puede aumentar el riesgo de encuentros peligrosos con los trabajadores, lo que podría resultar en ataques y lesiones.
- Picaduras y mordeduras: Los trabajadores pueden estar expuestos a picaduras de insectos venenosos, o a mordeduras de serpientes u otros animales venenosos presentes en el área.
- Enfermedades transmitidas por animales: La interacción con la fauna local también puede aumentar el riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas, como la rabia, la leptospirosis, etc., que pueden ser transmitidas por mordeduras, arañazos o contacto con animales infectados.
- Accidentes con fauna durante el transporte y movimiento de materiales: Durante la construcción y operación de la hidroeléctrica, el movimiento de materiales y equipos pesados puede perturbar a la fauna local, aumentando el riesgo de accidentes con animales que intentan cruzar áreas de trabajo o rutas de transporte.

Para mitigar estos riesgos, se implementarán las respectivas medidas en el PMA tanto para la protección de los trabajadores como de las especies faunísticas. En ese sentido se determina que el riesgo es PROBABLE con una consecuencia MUY SERIA y un nivel de riesgo MODERADO.

7.2.3. Riesgos Sociales

7.2.3.1. Paralizaciones de actividades por pobladores de la zona y grupos de interés

Entre las posibles causas de la paralización de actividades, se destaca la falta de consenso de la población respecto a la construcción de la Central Hidroeléctrica y LT. Esto puede deberse a preocupaciones relacionadas con la salud, la calidad de vida o la alteración de los recursos naturales. Otras causas pueden incluir los procesos asociados con la identificación y adquisición de terrenos para la instalación de las infraestructuras.

Durante estas negociaciones, es posible que surjan tensiones entre los propietarios de tierras, lo que podría resultar en medidas drásticas si no están satisfechos con los métodos de negociación y compensación.

Por tanto, la probabilidad de que ocurra un conflicto que requiera acciones concretas es PROBABLE con una consecuencia SERIAS, en este caso con un nivel de riesgo MODERADO.

7.2.3.2. Daños a Equipos y Materiales

Dada la ubicación estratégica del proyecto, se evalúa que la probabilidad de ocurrencia de daños sustanciales ocasionados por personas externas a los equipos, maquinaria e infraestructuras que forman parte del proyecto sea POCO PROBABLE. No obstante, se subraya la relevancia de implementar

medidas de seguridad física durante la operación de maquinaria o equipos en el área de trabajo. Se contempla que existe una posibilidad de que este riesgo se materialice, aunque se anticipa que las repercusiones serán mitigadas y de alcance LIMITADO. Esto conduce a una evaluación de riesgo general que se considera BAJO.

7.2.3.3. Huelgas de Trabajadores y/o Proveedores

La relación laboral entre empleados directos o contratistas podría verse afectada en caso de desacuerdos entre las partes. Dado que se crearán puestos de trabajo, especialmente durante la fase de construcción, es más probable que surjan disputas laborales que puedan representar amenazas para la operación. Sin embargo, se estima que la probabilidad de que ocurran sean POCO PROBABLES, especialmente cuando se produzca un aumento en la contratación, ya sea de trabajadores locales o foráneos, lo que resultaría en consecuencias LIMITADAS. Por lo tanto, se clasifica este riesgo como BAJO.

7.2.4. Resumen de los Riesgos Ambientales hacia el Proyecto (Exógenos)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la información presentada sobre la calificación de los riesgos del ambiente sobre el Proyecto.

Tabla 7-5. Resumen de los Riesgos Ambientales hacia el Proyecto.

COMPONENTE	RIESGO	PROBABILIDAD (P)		CONSECUENCIA (C)		NIVEL DE RIESGO R= P x C	
Físico	Sísmico	3	Probable	C	Serias	3C	Moderado
	Volcánico	1	Improbable	A	No importante	1A	Bajo
	Deslizamiento	3	Probable	C	Serias	3C	Moderado
	Inundación	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
Biótico	Ocasionados por la flora local	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
	Ocasionados por la fauna local	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
Social	Paralizaciones de actividades por pobladores	3	Probable	C	Serias	3C	Moderado

	de la zona y grupos de interés						
	Daños a Equipos y Materiales	2	Poco probable	B	Limitado	2B	Bajo
	Huelgas de Trabajadores y/o Proveedores	2	Poco probable	B	Limitado	2B	Bajo

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Como se puede apreciar en la Tabla anterior, se muestra que de manera general la mayoría de los riesgos exógenos analizados en el proyecto corresponden a la categoría MODERADO, y tres riesgos de registran como BAJOS.

En el componente físico se observan tres riesgo MODERADOR y uno BAJO, del total de riesgos exógenos este representa el 44,44%, en el componente biótico los dos riesgos son MODERADOS representando el 22,22% y en el social uno es MODERADO y dos son BAJOS los cuales representan el 33,33%.

Tabla 7-6. Riesgos exógenos por componente ambiental.

COMPONENTE	NUMERO DE RIESGOS	PORCENTAJE (%)
Físico	4	44,44
Biótico	2	22,22
Social	3	33,33
Total	9	100

Elaborado por: Equipo consultor, 2024.

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 45_ Mapa de riesgos exógenos.

7.3. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO HACIA EL AMBIENTE (ENDÓGENOS)

7.3.1. Riesgos físicos

7.3.1.1. Riesgo de explosiones no controladas

Las explosiones se definen como la liberación violenta de gases y/o sustancias explosivas, lo que produce una liberación de energía y efectos acústicos, térmicos y mecánicos.

Durante la fase de construcción del proyecto, se emplearán materiales explosivos como Emulnor 1-1/8” x 7” y Anfo superfam, los cuales se almacenarán en una zona de polvorín construido con piso de hormigón, paredes de cemento y bloque, y techo de zinc y madera. Este sitio estará rodeado por una barrera de sacos de yute con tierra y alambrado, además de un cerramiento para aislarlo del exterior, y se ubicará a una distancia mínima de 450 metros de otras instalaciones y viviendas, con vigilancia y señalización adecuadas.

Asimismo, se utilizará combustible, específicamente diésel, para la operación de equipos, maquinaria y vehículos. Este combustible se suministrará desde el cantón Gualaquiza a través de taqueros de la empresa y se almacenará en áreas designadas lejos de fuentes de calor, en contenedores apropiados para prevenir fugas y derrames.

Dado que se manejarán grandes cantidades de material explosivo (>175000 kg) y combustible (>435000 galones durante la fase de construcción y alrededor de 300 galones por mes durante la fase de operación), se determina que la probabilidad de explosiones no controladas en el sitio del proyecto es PROBABLE. Las consecuencias de tales explosiones podrían ser MUY SERIAS para el ambiente, incluyendo desestabilización del terreno, pérdida de flora, fauna, pérdidas humanas, materiales y económicas. Por lo tanto, se concluye que el área de implantación del proyecto presenta un riesgo MODERADO.

7.3.1.2. Riesgos de Incendios

La amenaza de incendios es constante en el sector eléctrico debido a la posibilidad de sobrecargas, problemas en la operación y prácticas riesgosas relacionadas con materiales inflamables. Esto puede desencadenar efectos perjudiciales, como la contaminación del aire y el suelo, así como daños a la propiedad.

El peligro de un incendio se relaciona con las zonas donde se trabajan con sustancias inflamables y equipos eléctricos en funcionamiento. Situaciones de este tipo pueden ocurrir debido a condiciones de operación deficientes, falta de mantenimiento de equipos, o la inexperiencia del personal que maneja estos equipos. Si se produce un incendio, los daños serán menores en áreas alejadas de la zona del incendio, y las consecuencias dependerán de la magnitud del fuego, el tiempo que tarde en controlarse y la respuesta dada para combatirlo.

De igual manera, el uso de materiales explosivos en el lugar donde se construirán las obras de captación de la Central Hidroeléctrica y en la excavación del túnel de conducción también se considera una amenaza de incendio, mismas que serán supervisadas por personal altamente capacitado y experto en la manipulación de explosivos, siguiendo las normas de seguridad establecidas para su transporte, manipulación y almacenamiento.

Por lo tanto, considerado la información antes mencionada se determina que la probabilidad de que ocurra un incendio en el área implantación del proyecto es PROBABLE y las consecuencias que presentaría serían MUY SERIAS, en este caso con un nivel de riesgo MODERADO.

7.3.1.3. Riesgos de Derrame de Sustancias Contaminantes

El derrame de sustancias peligrosas es un riesgo asociado a las actividades de almacenamiento, manipulación, y transporte de insumos, maquinaria, residuos sólidos y personal durante la fase de construcción del proyecto; así como el transporte de personal y equipos para inspección y mantenimiento durante la fase de operación del proyecto. Los posibles resultados de estas situaciones abarcan desde la contaminación del suelo, cobertura vegetal, cuerpos hídricos hasta la amenaza para la salud humana.

Las sustancias empleadas que tienen el riesgo de derramarse incluyen aceleradores de fraguado, refrigerantes para motores, lubricantes para maquinaria, solventes utilizados en limpieza y combustibles, aceites dieléctricos, grasas, aceites minerales, pinturas, aerosoles, disolventes, diésel, gasolina, entre otros, cada uno con su propio potencial de causar contaminación.

Por lo tanto, considerado la información antes mencionada se determina que la probabilidad de que ocurra un derrame es PROBABLE y las consecuencias que presentaría serían MUY SERIAS, en este caso con un nivel de riesgo MODERADO.

7.3.1.4. Riesgos por la inadecuada gestión de residuos y/o desechos

En todas las fases del proyecto, desde la construcción hasta el cierre y/o abandono, se generan tanto desechos peligrosos como no peligrosos. Sin embargo, debido a la actividad del proyecto, las cantidades producidas serán moderadas. Aun así, constituyen una amenaza ambiental si no se gestionan adecuadamente.

Dentro del área de implantación del proyecto se construirán áreas de almacenamiento temporal residuos y/o desechos, los cuales contarán con recipientes diferenciados y con la respectiva señalética acorde a lo establecido en las normas para el efecto. A demás la disposición final se llevará a cabo a través del sistema de disposición final del cantón para los desechos no peligrosos y a través de gestores calificados para los desechos peligrosos.

En virtud de lo anterior, se considera que el riesgo de una gestión inadecuada de los desechos es PROBABLE. No obstante, las consecuencias de este mal manejo serían MUY SERIAS para el ambiente, lo que determina un nivel de riesgo MODERADO.

7.3.1.5. Riesgos por exposición a campos electromagnéticos

Los campos electromagnéticos son una preocupación común asociada con las líneas de transmisión de energía eléctrica. Estos campos se generan cuando la corriente eléctrica fluye a través de los cables de la línea de transmisión. Aunque los campos electromagnéticos existen naturalmente en el entorno, la línea de transmisión puede aumentar su intensidad, lo que ha generado preocupaciones sobre posibles impactos en la salud humana y al ambiente. Las investigaciones sobre este tema son amplias y continúan en curso para comprender mejor cualquier riesgo potencial y desarrollar medidas de mitigación adecuadas.

Sin embargo es importante mencionar que se mantendrá la distancia de seguridad que se establece la normativa vigente, para líneas de transmisión de 230 Kv (15 metros a cada lado de la línea); En tal virtud se determina una probabilidad de ocurrencia PROBABLE con consecuencias MUY SERIAS, es decir un riesgo MODERADO.

7.3.1.6. Riesgo de pérdida de paisaje

Considerando las características de la zona la construcción del PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS PEÑAS 2 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV va a transformar drásticamente el paisaje al intervenir el terreno para instalar la Central Hidroeléctrica y LT. Esto puede cambiar la topografía y el aspecto visual de la región al crear represas y alterar el curso del río, causando pérdida de vegetación y hábitat, afectando la biodiversidad y la estética del entorno. Sin embargo, en el PMA se incluirán medidas de mitigación para reducir al mínimo los efectos negativos en el paisaje y en los ecosistemas locales.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se estima que el riesgo es BASTANTE PROBABLE con una ocurrencia MUY SERIA, y un nivel de riesgo ALTO.

7.3.2. Riesgos bióticos

7.3.2.1. Riesgos hacia la flora

Por las actividades constructivas (tales como el desbroce y movimiento de tierras), las características de zona (tierra agropecuaria, bosque, etc.) y los resultados obtenidos del inventario forestal realizado en el área del proyecto, se determina que la probabilidad de que ocurran riesgos a la flora es BASTANTE PROBABLE, dado que se ha identificado a lo largo del proyecto remanentes de bosque nativo, las posibles consecuencias estarían en un nivel MUY SERIAS, lo que se califica como un nivel ALTO.

7.3.2.2. Riesgos hacia la fauna

Como ya se ha mencionado anteriormente, para facilitar la ejecución del proyecto, se establecerán caminos de acceso hacia las instalaciones de la central hidroeléctrica. Además, se utilizarán las vías

existentes dentro del área de estudio para transportar equipos, maquinaria, herramientas y materiales hacia los sitios de trabajo, y durante la fase operativa se emplearán para tareas de mantenimiento. Esta mejora en la accesibilidad también permitirá un mayor flujo de personas externas hacia el bosque presente en el proyecto con el fin de cazar y/o pescar especies. Además, la construcción de nuevos caminos podría aumentar el tráfico vehicular, especialmente durante la fase de construcción, lo que incrementaría el riesgo de atropellos de animales que intentan cruzar esos caminos. Según el levantamiento realizado al componente biótico dentro del área de estudio se han identificado algunas especies con ciertos rangos de vulnerabilidad

Si bien es cierto que un manejo adecuado de los impactos del proyecto podría prevenir efectos negativos en la fauna local, la probabilidad de que ocurran riesgos a la fauna es **BASTANTE PROBABLE** y las consecuencias que presentaría serían **MUY SERIAS**, en este caso con un nivel de riesgo **ALTO**.

7.3.3. Riesgos sociales

7.3.3.1. Riesgo de fallas operativas

Durante el desarrollo de las actividades del proyecto, es posible que ocurran problemas operativos a pesar de todas las medidas de seguridad y técnicas implementadas. Las fallas en la operación surgen debido a problemas en el funcionamiento de los equipos, desajustes mecánicos, conexiones inapropiadas y otras situaciones que implican desviaciones de las prácticas y procedimientos habituales de funcionamiento. En este contexto, el principal peligro está relacionado con posibles daños al suelo, agua, aire, lo que podría poner en riesgo la seguridad del personal en el área del proyecto. Si estos incidentes ocurrieran y no se controlarán dentro del área de operaciones, podrían afectar áreas fuera de esa zona.

De acuerdo a estas consideraciones, para el riesgo por fallas operativas la probabilidad de que ocurra una falla es **PROBABLE** y las consecuencias que presentaría serían **MUY SERIAS**, en este caso con un nivel de riesgo **MODERADO**

7.3.3.2. Riesgos de accidentes de tránsito

Las actividades a llevar a cabo implican principalmente el transporte de personal. Para mejorar la movilidad entre las instalaciones del proyecto y la salida a la vía principal, se planea construir vías de acceso. En esta fase, aunque existe la posibilidad de accidentes laborales debido a la frecuencia con la que se necesita transportar personal, materiales, equipo e infraestructura a los puntos de entrada, se considera que el riesgo es **POCO PROBABLE** y las consecuencias que presentaría serían **LIMITADAS**, en este caso con un nivel de riesgo **BAJO**, debido a la baja velocidad a la que se circula, lo que limitaría las posibles consecuencias.

7.3.4. Resumen de los Riesgos del Proyecto hacia el Ambiente

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la información presentada sobre la calificación de los riesgos del Proyecto sobre el ambiente:

Tabla 7-7. Resumen de los Riesgos del Proyecto hacia el Ambiente.

COMPONENTE	RIESGO	PROBABILIDAD (P)		CONSECUENCIA (C)		NIVEL DE RIESGO R= P x C	
Físico	Riesgo de explosiones no controladas	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
	Riesgos de Incendios	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
	Riesgo de Derrame de Sustancias Contaminantes	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
	Riesgos por la inadecuada gestión de residuos y/o desechos	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
	Riesgos por exposición a campos electromagnéticos	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
	Riesgo de pérdida de paisaje	4	Bastante probables	D	Muy Serias	4D	Alto
Biótico	Riesgos Flora	4	Bastante Probable	D	Muy Serias	4D	Alto
	Riesgos Fauna	4	Bastante Probable	D	Muy Serias	4D	Alto
Social	Riesgo de fallas operativas	3	Probable	D	Muy Serias	3D	Moderado
	Riesgos de accidentes de tránsito	2	Poco probable	B	Limitado	2B	Bajo

Elaborado por: Equipo consultor, 2024

Como se puede apreciar en la tabla anterior, se han identificado un total de 10 riesgos endógenos. De estos, 6 riesgos pertenecen al componente físico que representa el 60%, 2 al componente biótico (20%) y 2 al componente social (20%). Además, de los riesgos endógenos totales, 3 se clasifica como riesgos altos, 6 como riesgos moderados y 1 como riesgo bajo.

Tabla 7-8. Riesgos endógenos por componente ambiental.

COMPONENTE	NUMERO DE RIESGOS	PORCENTAJE (%)
Físico	6	60
Biótico	2	20
Social	2	20
Total	10	100

Elaborado por: Equipo consultor, 2024.

Ver ANEXO 10.4. Mapas temáticos – 44_ Mapa de riesgos endógenos.

7.4. ANÁLISIS DE RIESGOS EN LAS FASES DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y CIERRE

7.4.1. Metodología

7.4.1.1. Determinación de la severidad y la probabilidad de los riesgos

Después de identificar los riesgos, se procedió a su respectiva evaluación, para lo cual se consideró una metodología basada en una Matriz de Significancia, a fin de determinar el tipo de riesgo que pueda darse, en función de la severidad y probabilidad de ocurrencia del mismo. (William T. Fine, 1.999).

Tabla 7-9. Evaluación de la Probabilidad del Riesgo.

GRADO	SIGNIFICANCIA	VALOR
Improbable	El daño o accidente ocurrirá raras veces	1
Probable	El daño o accidente ocurrirá en algunas ocasiones	2
Frecuente	El daño o accidente ocurrirá siempre o casi siempre	3

Fuente: Equipo consultor, 2024

Tabla 7-10. Evaluación de la Severidad del Riesgo.

GRADO	SIGNIFICANCIA	VALOR
Bajo	<p>El accidente o incidente no causa daño significativo al ambiente</p> <p>Puede ser mitigado y controlado con recursos propios</p> <p>No hay daños físicos de personas</p> <p>Daños materiales insignificantes</p>	1
Moderado	<p>El accidente o incidente causa daño al ambiente en el sitio de trabajo</p> <p>Puede ser mitigado y controlado con recursos propios</p> <p>Lesiones leves a las personas</p> <p>Daños materiales poco significativos</p>	2
Alto	<p>El accidente o incidente causa daño severo al ambiente.</p> <p>Puede ser mitigado mediante acciones correctivas inmediatas</p> <p>Lesiones graves a las personas</p> <p>Daños materiales significativos</p>	3
Crítico	<p>El accidente o incidente causa daño irreversible al ambiente en el sitio o fuera de sus límites</p> <p>Lesiones irreparables</p>	4

Fuente: Equipo consultor, 2024

7.4.1.2. Jerarquización de los riesgos identificados

El producto de la severidad por la probabilidad de ocurrencia determina el valor para jerarquizar el riesgo identificado. Los riesgos en situaciones de emergencia cuya significancia sea menor o igual a 4, se consideran riesgos tolerables; los riesgos en situación de emergencia cuya significancia sea igual o mayor que 6, son considerados riesgos no tolerables (significativos) para el proyecto.

Tabla 7-11. Significancia del riesgo.

PROBABILIDAD	SEVERIDAD			
	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12

Fuente: Equipo consultor 2024

Tabla 7-12. Jerarquización del riesgo determinado.

RIESGO	ACCIÓN REQUERIDA
BAJO	No genera mayor dificultad
TOLERABLE	No se necesita mejorar la acción preventiva; sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
SIGNIFICATIVO	No se debe empezar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo mínimo. Las principales medidas de prevención y minimización de riesgos significativos, se establecerán en el Plan de Contingencias respectivo.

Fuente: Equipo consultor 2024

7.4.2. Valoración de Riesgos en las diferentes Fases

Tabla 7-13. Magnitud de riesgos en las fases de Construcción, Operación y Cierre.

FASE	ACTIVIDADES	PROBABILIDAD	SEVERIDAD	GRADO DE PELIGRO	MAGNITUD DEL RIESGO
CONSTRUCCIÓN	Desplazamiento del personal, maquinaria, equipos y otros elementos hacia el área de construcción.	1	2	2	Bajo
	Desbroce y limpieza de vegetación	2	2	4	Tolerable
	Movimiento de tierras para obras de infraestructura	2	2	4	Tolerable
	Construcción de vías	2	2	2	Tolerable

	Disposición de escombros (escombreras)	2	2	4	Tolerable
	Uso y manejo de explosivos.	1	3	3	Tolerable
	Construcción de captación	3	3	9	Significativo
	Construcción del desarenador	2	3	6	Significativo
	Construcción del tanque de carga	2	2	4	Tolerable
	Construcción del canal de conducción	2	2	4	Tolerable
	Construcción de tubería de presión	2	2	4	Tolerable
	Construcción de la casa de máquinas	2	2	4	Tolerable
	Construcción de la Línea de Transmisión.	2	2	4	Tolerable
	Mantenimiento de equipos y maquinaria	2	2	4	Tolerable
	Áreas de almacenamiento de combustibles	2	2	4	Tolerable
	Stock de materiales de construcción	2	1	2	Bajo
	Generación de desechos sólidos	1	1	1	Bajo
	Generación de desechos líquidos	2	2	4	Tolerable
	Contratación de personal	1	1	1	Bajo
	Desmantelamiento y levantamiento de infraestructura temporal	2	2	4	Tolerable
	Rehabilitación de áreas afectadas	1	2	2	Bajo
OPERACIÓN	Operación de la hidroeléctrica	1	2	2	Bajo
	Mantenimiento de vías y caminos de acceso a la hidroeléctrica.	1	2	2	Bajo

	Reparación y mantenimiento de equipos e infraestructura de la hidroeléctrica	2	2	4	Tolerable
	Operación de la Línea de Transmisión	1	2		Bajo
	Mantenimiento de franja de servidumbre de Línea de transmisión	2	1	2	Bajo
	Mantenimientos de estructuras de torres de la LT	2	2		Tolerable
	Generación de desechos sólidos	1	1	1	Bajo
	Generación de desechos líquidos	2	2	4	Tolerable
CIERRE	Paralización total de actividades en la hidroeléctrica	2	2	4	Tolerable
	Desmontaje de infraestructura	2	3	6	Significativo
	Recolección y traslado de equipos y maquinaria	2	2	4	Tolerable
	Rehabilitación de áreas afectadas	1	2	2	Bajo

Fuente: Equipo consultor, 2024

En la fase de construcción las actividades relacionadas con la construcción de infraestructuras son las que presentan un riesgo tolerable, pero las actividades de desvío del río y obras de captación y desarenador se consideran de riesgo significativo debido a su potencial para inundaciones repentinas y peligro para los trabajadores.

En la fase de operación las actividades con riesgo tolerable corresponden a mantenimientos más complejos. Esto sugiere que, una vez que el proyecto esté en funcionamiento, las tareas de mantenimiento pueden ser críticas en términos de seguridad, así mismo, en la calidad de los recursos se destaca la importancia de un adecuado manejo de desechos peligrosos, ya que se considera un riesgo tolerable. Esto implica que el manejo incorrecto de estos desechos podría tener consecuencias negativas tanto para la seguridad como para el medio ambiente.

En la fase de cierres y/o abandono se identifica un riesgo significativo asociado con la actividad de desmontaje de infraestructura ya que puede generar accidentes de trabajo.

La magnitud de los riesgos se asocia con eventos súbitos, imprevistos y de fuerza mayor, por lo que en estos casos no existen acciones predeterminadas para reducir la valoración del riesgo, excepto las medidas de salud y seguridad ocupacional estándar, como la capacitación y los procedimientos de respuesta a emergencias.

Es importante que se implementen medidas de seguridad y protocolos de respuesta adecuados para mitigar los riesgos identificados durante la ejecución del proyecto. Además, es fundamental mantener una vigilancia constante sobre la seguridad en todas las fases del proyecto y estar preparados para responder a situaciones de emergencia de manera eficaz.

7.5. CONCLUSIONES

Llevando a cabo la evaluación de riesgos ambientales, se identificaron 9 riesgos de tipo exógeno y 10 de tipo endógeno.

La mayor parte de riesgos exógenos se califican como MODERADOS que corresponden al 66,67% y en menor porción se encuentran los riesgos BAJOS que representan el 33,33%.

Los riesgos físicos representan el 44,44% del total de riesgos exógenos, seguido por los riesgos sociales (33,33%) y riesgos bióticos (22,22%)

Con los resultados obtenidos, es posible jerarquizar los riesgos y enfocar esfuerzos en aquellos que representan mayores amenazas del ambiente hacia el proyecto. En este sentido, hay que destacar el hecho que no se identificó ningún riesgo Alta o muy alto.

En los riesgos endógenos tres se califican como riesgos ALTOS en estos se incluye el paisaje, flora y fauna, seis se califican como MODERADOS y uno como BAJO el relacionado con riesgos por accidente de tránsito.

Los riesgos físicos representan el 60% del total de riesgos exógenos, seguido por los riesgos sociales (20%) y riesgos bióticos (20%)

La evaluación de riesgos del proyecto indica que la mayoría de las actividades presentan riesgos TOLERABLES, especialmente aquellas más complicadas, lo que aumenta la exposición de los trabajadores a posibles accidentes.

7.6. RECOMENDACIONES

Se deben implementar medidas dentro del PMA que permitan mitigar los riesgos exógenos asociados a los componentes físicos, bióticos sociales, calificados como MODERADOS.

Los riesgos endógenos asociados el paisaje, flora y fauna presentan la necesidad de enfocar medidas para su protección en el PMA; así como también se debe prestar atención a los riesgos calificados como MODERADOS (explosiones no controladas, Incendios, derrame de sustancias contaminadas, gestión inadecuada de residuos y/o desechos, campos electromagnéticos, y fallas operativas).

Es esencial implementar en el PMA medidas de seguridad y protocolos de respuesta adecuados para mitigar los riesgos identificados durante el proyecto y mantener una vigilancia constante sobre la seguridad en todas las fases, además de estar preparados para responder eficazmente a situaciones de emergencia.