

# PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO - PHI

## PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO

### 2. CONOCIMIENTO DEL RIESGO

#### 2.2.6 Evaluación del riesgo

**MARZO, 2022**

### LISTA DE DISTRIBUCIÓN

DESTINATARIO	No. DE COPIAS
EPM	Documento original

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE DE REVISIÓN	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES

### ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

TÍTULO DEL DOCUMENTO:		PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO – CONOCIMIENTO DEL RIESGO				
DOCUMENTO No.:						
APROBACIÓN	NÚMERO DE LA REVISIÓN		0	1	2	3
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	Nombre:	Consortio Generación Ituango			
		Firma:				
		Fecha:	18/03/2022			
	RESPONSABLE POR REVISIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	Nombre:	B. Hernández A.			
		Firma:				
		Fecha:	18/03/2022			
	Vo. Bo. DIRECTOR DEL PROYECTO	Nombre:	L. F. Restrepo			
		Firma:				
		Fecha:	18/03/2022			

## TABLA DE CONTENIDO

2	CONOCIMIENTO DEL RIESGO .....	3
2.2	VALORACIÓN DEL RIESGO .....	3
2.2.6	Evaluación del riesgo.....	3

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-2	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por amenaza sísmica.....	3
Tabla 2-3	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por movimientos sísmicos inducidos por el embalse.....	5
Tabla 2-4	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de movimiento en masa por precipitación. ....	8
Tabla 2-5	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de movimiento en masa por sismos. ....	10
Tabla 2-6	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por falla o rotura de la presa.....	11
Tabla 2-7	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por falla de la presa - aguas abajo. ....	12
Tabla 2-8	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por socavación del cuenco del vertedero. ....	13
Tabla 2-9	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por socavación y procesos erosivos en márgenes del río.....	14
Tabla 2-10	Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos ante derrames.....	15

Tabla 2-11 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por avenidas torrenciales. ....	16
Tabla 2-12 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de descarga intermedia. ....	17
Tabla 2-13 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de destaponamiento súbito TDD y GAD 8.100 m <sup>3</sup> .....	19
Tabla 2-14 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de destaponamiento súbito TDD y GAD 16.000 m <sup>3</sup> .....	21
Tabla 2-15 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de falla de compuertas del vertedero. ....	23
Tabla 2-16 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales Tr2,33. ....	25
Tabla 2-17 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales Tr50.....	26
Tabla 2-18 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales Tr100. ....	28
Tabla 2-19 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales Tr500. ....	29
Tabla 2-20 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales en otras fuentes. ....	31
Tabla 2-21 Análisis de riesgo por incendios y explosiones en instalaciones. ....	32
Tabla 2-22 Determinación de los niveles de aceptabilidad del riesgo.....	33
Tabla 2-23 Distribución de las categorías de riesgo por incendios forestales. ....	34
Tabla 2-24 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por emergencias sanitarias.....	35
Tabla 2-25 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por orden público y social. ....	36
Tabla 2-26 Tipos de amenaza y escenarios de riesgo.....	38

## LISTA DE ANEXOS

I-I-2194-PHI-111-AMB-PGRD-001\_A15 – Tabla Evaluación de Riesgo



# 1 INTRODUCCIÓN

## 2 CONOCIMIENTO DEL RIESGO

### 2.2 VALORACIÓN DEL RIESGO

#### 2.2.6 Evaluación del riesgo

El análisis del riesgo se determina a partir de la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad, esto considerando las áreas de afectación de cada amenaza y su probabilidad de ocurrencia, así como la vulnerabilidad establecida para cada uno de los elementos expuestos.

En el anexo I-I-2194-PHI-111-AMB-PGRD-001\_A15, se evalúa el nivel de riesgo por elemento expuesto para cada amenaza y escenario de riesgo.

##### 2.2.6.1 Riesgo por amenaza sísmica

La determinación del riesgo para los fenómenos sísmicos identificados y zonificados dentro del área de afectación se encuentra recopilada en la Tabla 2-1. La valoración del riesgo obtenida se presenta en el plano M-PHI-111-TRA-SN-G-030.

Tabla 2-1 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por amenaza sísmica.

Elemento Expuesto		Amenaza sísmica (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas Acuáticos	48,36		
	Coberturas Naturales		12842,01	7248,76
	Áreas de protección		12666,55	7942,96
Sitios de captación	Captaciones		0,02	0,01
Infraestructura Productiva	Áreas de producción minera		2438,03	133,06
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)		0,14	

3

Elemento Expuesto		Amenaza sísmica (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
	Áreas de pesca	28,56		
	Cultivos y producción pecuaria	2526,06	270,14	
	Plantación forestal	0,04		
Infraestructura pública	Líneas Vitales			7,85
	Vías de comunicación		71,30	2,86
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes peatonal)	0,92	0,03	
	Infraestructura PHI	185,25		
Asentamientos Humanos	(Viviendas aisladas, centros nucleados, campamentos)			76,63
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas.	Casa de máquinas, caverna de transformadores, estación de gas, polvorín, estación de combustible, Taller ATB, Tanque GLP, estación 44k, etc.		2,80	

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

El riesgo sísmico determinando en las áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos se encuentra dentro de los tres rangos posibles, en donde, 48,36 ha asociadas a ciénagas y cuerpos de agua presentan un grado aceptable de riesgo, además, se presenta un riesgo tolerable e inaceptable en las coberturas naturales y áreas de protección, ya que un evento sísmico de gran magnitud podría ocasionar la pérdida de cobertura vegetal y alterar las características de los suelos en las áreas indicadas en la tabla anterior.

Las captaciones presentes en el área de afectación ante un fenómeno sísmico de magnitudes considerables podrían sufrir alteraciones que afecten su normal desarrollo, por ende, para el caso en cuestión, se presenta un riesgo tolerable e inaceptable en 0,02 ha y 0,01 ha respectivamente.

Asimismo, las áreas de producción minera presentes en el área de afectación presentan un riesgo tolerable e inaceptable, ya que eventos sísmicos podrían ocasionar desprendimientos de materiales relevantes. En las demás áreas asociadas a la infraestructura productiva, en caso de

4

presentarse un evento sísmico, este no ocasionaría cambios relevantes en la producción expuesta, por ende, se presentan niveles de riesgo aceptable y tolerable.

En cuanto a la infraestructura pública, esta presenta un riesgo inaceptable en relación a las líneas vitales, y tolerable e inaceptable para las vías de comunicación, ya que al presentarse un sismo de gran magnitud e intensidad se podrían generar daños y pérdidas estructurales, por otro lado, la infraestructura del proyecto presenta un riesgo aceptable, y los equipamientos asociados a puentes, vías, torres, etc, presentan un riesgo tolerable y aceptable, debido a los criterios de sismo resistencia implementados en la ejecución de las obras, para la prevención y mitigación de los daños sobre estos elementos expuestos.

Por otro lado, los asentamientos humanos dentro del área de afectación, ante un evento sísmico se encuentran con un riesgo inaceptable, en donde, dadas las características constructivas, los recursos limitados de la mayoría de los asentamientos y las condiciones morfológicas del terreno, se limita la capacidad de adaptación y respuesta de la gran mayoría de los asentamientos.

Los demás elementos asociados a las empresas e infraestructuras que manejan sustancias peligrosas presentan un riesgo tolerable, ya que un evento sísmico de magnitud e intensidad considerable podría exponerlas, sin embargo, la capacidad de respuesta y el estricto manejo y almacenamiento bajo el cual se manipulan estas sustancias reducen y mitigan los impactos.

#### **2.2.6.2 Riesgo por movimientos sísmicos inducidos por el embalse**

El riesgo por movimientos sísmicos inducidos por el embalse se determinó a partir de los factores de riesgo que interactúan dentro del área de afectación. En la Tabla 2-2 se encuentra comprendido el análisis en cuestión.

La valoración del riesgo obtenida se presenta en el plano M-PHI-111-TRA-SE-G-030.

Tabla 2-2 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por movimientos sísmicos inducidos por el embalse.

Elemento Expuesto		Movimientos sísmicos inducidos por el embalse (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas Acuáticos	16,18		
	Coberturas Naturales		40175,95	
	Áreas de protección		33985,97	
Sitios de captación	Captaciones		0,06	
Infraestructura Productiva	Áreas de producción minera		4185,50	

5

Elemento Expuesto		Movimientos sísmicos inducidos por el embalse (ha)		
		Acceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	1,71		
	Cultivos y producción pecuaria	5283,14		
Infraestructura pública	Líneas Vitales		19,02	11,91
	Vías de comunicación		73,64	
	Equipamientos (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)	1,78		
	Infraestructura PHI	101,50		
Asentamientos Humanos	Viviendas aisladas, centros nucleados, campamentos		51,54	96,24
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas.	Casa de máquinas, caverna de transformadores, estación de gas, polvorín, estación de combustible, Taller ATB, Tanque GLP, estación 44k, etc.		2,80	

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

Los movimientos sísmicos inducidos por el embalse tienden a ser de baja magnitud e intensidad, ya que su origen se debe al desplazamiento de volúmenes de agua considerables, por ende, esta sismicidad inducida por el embalse representa un riesgo aceptable y tolerable para las áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos que se encuentran expuestos dentro del área de afectación, debido a que, estos movimientos eventualmente podrían influenciar en cambios de la resistencia de los suelos a causa de las cargas aplicadas.

En cuanto a los sitios de captación expuestos ante un eventual fenómeno sísmico inducido por el embalse, se encontró un riesgo tolerable asociado a las alteraciones en los sistemas que se pueden llegar presentar y la relevancia e importancia que dicho sistema representa.

En cuanto al riesgo asociado a la infraestructura productiva expuesta ante dicha sismicidad, se encontraron las áreas de producción minera bajo un riesgo tolerable, en cambio, las áreas de

cultivos, producción agrícola, pecuaria, etc. cuentan con un riesgo aceptable, esto debido a la localización de estos elementos expuestos dentro del área de afectación.

Asimismo, las líneas vitales expuestas dentro del área de afectación, se encuentran en una categoría de riesgo inaceptable y tolerable, las vías de comunicación cuentan con un riesgo tolerable y por último la infraestructura del PHI y equipamientos ubicados dentro del área de afectación presentan un riesgo aceptable, en donde la localización de cada uno de estos elementos es un factor que contribuye a mermar o aumentar su exposición, ya que entre mayor sea la distancia entre el hipocentro del sismo y cada elemento, menor va a ser su capacidad de afectación, debido a que, la energía liberada por las cargas aplicadas de los volúmenes de agua del embalse disminuye a medida que se propaga y junto a ella disminuye el riesgo asociado a cada uno de los elementos.

Los asentamientos humanos presentan un riesgo tolerable e inaceptable en diferentes áreas dentro del área de afectación sísmica. Por último, el riesgo asociado a las empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas es tolerable, en donde la localización de cada uno de estos elementos es relevante para determinar el riesgo, tal y como se mencionó anteriormente.

### **2.2.6.3 Riesgo por movimiento en masa**

El riesgo de los elementos expuestos dentro del área de afectación ante movimientos en masa en laderas naturales se consideró para escenarios de lluvia y sismos. La valoración del riesgo obtenida para cada escenario se presenta en los planos M-PHI-111-TRA-MMP-G-030 y M-PHI-111-TRA-MMS-G-030.

#### **2.2.6.3.1 Riesgo por movimiento en masa bajo escenarios de lluvia.**

Lluvias prolongadas e intensas, sumadas a factores naturales como las pendientes y las características de las coberturas de los suelos en el área de afectación, generan un riesgo para diferentes elementos expuestos en dicha área. Inicialmente las áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos presentan rangos aceptables, tolerables e inaceptables de riesgo, asociados a movimientos en masa detonados por lluvias, en donde, las características de los suelos y lechos, y su grado de exposición dentro del área de afectación, inciden en las alteraciones que favorecen a la materialización de la amenaza.

Las captaciones expuestas presentan un riesgo aceptable ante dicha amenaza, sin embargo, según el grado de exposición ante eventuales caídas, deslizamientos y flujos de materiales se podrían ver impactados.

En cuanto a la infraestructura productiva asociada a las áreas de producción minera, se encontró un riesgo aceptable y tolerable ante movimientos en masa inducidos por lluvias, ya que según el grado de intensidad bajo el cual se encuentren expuestas estas áreas, se podrían presentar alteraciones. Las demás áreas asociadas a la infraestructura productiva presentan un

riesgo aceptable, debido al grado de exposición y las características de cada uno de estos elementos dentro del área de afectación.

Las líneas vitales, vías de comunicación e infraestructura del PHI se encuentran bajo un riesgo aceptable y tolerable, y el equipamiento en un riesgo aceptable, esto debido a la capacidad de atención y respuesta por parte de las autoridades competentes y los habitantes del área de afectación.

Igualmente, los asentamientos humanos, empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas presentan un riesgo aceptable y tolerable, ante las afectaciones que se puedan ocasionar, esto debido a la capacidad de atención y respuesta, y el grado de exposición de cada uno de estos elementos dentro del área de afectación.

En la Tabla 2-3 se indica la distribución de los niveles de riesgo para cada elemento expuesto en el área de afectación:

Tabla 2-3 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de movimiento en masa por precipitación.

Elemento Expuesto		Movimientos en masa por escenarios de lluvia (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas Acuáticos	1256,51		
	Coberturas Naturales	61960,71	9843,66	2,15
	Áreas de protección	57265,84	10067,68	1,64
Sitios de captación	Captaciones	0,21		
Infraestructura Productiva	Áreas de producción minera	16716,98	3613,73	
	Áreas cadena productiva de pesca	398,76		
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	1,51		
	Cultivos y producción pecuaria	35682,82		
	Plantación forestal	38,84		
Infraestructura pública	Líneas Vitales	56,56	3,84	

	Vías de comunicación	704,56	92,51	
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes peatonal)	3,57		
	Infraestructura PHI	147,02	0,003	
Asentamientos Humanos	Campamentos PHI	42,09	1,74	
	Viviendas aisladas, y centros nucleados	240,07		
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas.	Casa de máquinas, caverna de transformadores, estación de gas, polvorín, estación de combustible, Taller ATB, Tanque GLP, estación 44k, etc.	2,75	0,06	

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.3.2 Riesgo por movimiento en masa bajo escenarios sísmicos y deslizamientos

Eventos sísmicos y deslizamientos de rocas y suelos en zonas de laderas generan un riesgo asociado a movimientos en masa ladera abajo, debido a la alteración de las características del suelo y a la acción de la fuerza de gravedad. Por ende, las áreas de protección y coberturas naturales presentes en el área de afectación se encuentran bajo rangos aceptables, tolerables e inaceptables de riesgo, debido a la variedad de características topográficas presentes. Dicha amenaza no genera un riesgo considerable para los ecosistemas acuáticos expuestos.

En cuanto a las captaciones expuestas ante la amenaza, se encontró un riesgo aceptable, en donde, la capacidad de atención y respuesta ante eventuales obstrucciones y averías, y el grado de exposición atenúan el nivel del riesgo.

La infraestructura productiva se encuentra bajo niveles aceptables y tolerables de riesgo, influenciados por la localización de cada uno de estos elementos expuestos en el área de afectación.

Las líneas vitales y vías de comunicación que se encuentran dentro del área de afectación presentan niveles de riesgo aceptables, tolerables e inaceptables, y los demás elementos que componen la infraestructura pública presentan niveles aceptables y tolerables, esto debido a la fragilidad intrínseca de cada uno de estos elementos expuestos y a su localización, en donde, las características topográficas y del paisaje inciden en la capacidad de atención y respuesta de movimientos en masa.

Finalmente, los asentamientos humanos, empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas presentan un riesgo aceptable, el cual es influenciado por los diferentes protocolos implementados para la atención y respuesta ante la amenaza.

En la Tabla 2-4 se indica la distribución de los niveles de riesgo para cada elemento expuesto en el área de afectación:

Tabla 2-4 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de movimiento en masa por sismos.

Elemento Expuesto		Movimientos en masa por escenarios sísmicos y deslizamientos (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas Acuáticos	525,62		
	Coberturas Naturales	71703,99	92,99	9,55
	Áreas de protección	67231,01	99,01	7,36
Sitios de captación	Captaciones	0,21		
Infraestructura Productiva	Áreas de producción minera	20327,62	3,38	
	Áreas cadena productiva de pesca	398,76		
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	1,51		
	Cultivos y producción pecuaria	35682,30	0,55	
	Plantación forestal	38,84		
Infraestructura pública	Líneas Vitales	60,23	0,05	0,12
	Vías de comunicación	796,91	0,11	0,05
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)	3,56		
	Infraestructura PHI	145,96	1,06	
Asentamientos Humanos	Campamentos PHI	43,83		

Elemento Expuesto		Movimientos en masa por escenarios sísmicos y deslizamientos (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
	Viviendas aisladas, y centros nucleados	240,07		
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas.	Casa de máquinas, caverna de transformadores, estación de gas, polvorín, estación de combustible, Taller ATB, Tanque GLP, estación 44k, etc.	2,80		

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.4 Riesgo por modos de falla de la presa

El riesgo de los elementos expuestos dentro del área de afectación por modos de falla de la presa se consideró incluyendo los efectos aguas abajo de dicha amenaza.

La valoración del riesgo obtenida para cada escenario se presenta en los planos M-PHI-111-TRA-MFP-G-030 y M-PHI-111-TRA-MFA-G-030.

##### 2.2.6.4.1 Modos de falla de la presa

En la Tabla 2-5 se identifica el riesgo de la infraestructura pública, en donde se obtuvo un riesgo aceptable para las vías de comunicación e infraestructura del PHI, debido a que estos elementos presentan una baja exposición ante la materialización de la amenaza, además las normas de construcción implementadas y los controles periódicos de estabilidad mitigan el riesgo asociado a la infraestructura.

Tabla 2-5 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por falla o rotura de la presa.

Elemento Expuesto		Modos de falla de la presa (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Infraestructura pública	Vías de comunicación	0,37		
	Infraestructura PHI	25,56		

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

##### 2.2.6.4.2 Modos de falla de la presa - Efectos aguas abajo

El riesgo por modos de falla de la presa asociado a las áreas ambientalmente sensibles, ecosistemas acuáticos, infraestructura productiva e infraestructura pública presenta niveles aceptables, tolerables e inaceptables en diferentes áreas expuestas de los elementos, debido a

la localización y al grado de afectación o alteración que se pueda presentar en las dinámicas de cada área, ante la materialización de dicha amenaza.

En cuanto al riesgo en las captaciones ubicadas en el área de afectación se obtuvieron niveles tolerables e inaceptables, asociados a alteraciones o suspensiones del servicio de agua, según la magnitud de la falla.

Por último, los asentamientos humanos, empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas presentan un riesgo aceptable y tolerable debido a la exposición de cada uno de estos elementos y a los controles y protocolos de seguridad implementados para la atención y respuesta ante la amenaza.

En la Tabla 2-6 se indica la distribución de los niveles de riesgo para cada elemento expuesto en el área de afectación:

Tabla 2-6 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por falla de la presa - aguas abajo.

Elemento Expuesto		Modos de falla de la presa - Efectos aguas abajo (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas Acuáticos		231211,52	333593,77
	Coberturas Naturales	151441,63	125658,78	43302,17
	Áreas de protección	65587,07	216410,26	229569,68
Sitios de captación	Captaciones		0,01	0,05
Infraestructura Productiva	Áreas de producción minera	16316,06	48243,36	
	Áreas cadena productiva de pesca	4180,66	31313,48	32320,21
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	0,77	0,48	
	Cultivos y producción pecuaria		162750,60	120287,57
	Plantación forestal	49,27	151,48	
Infraestructura pública	Líneas Vitales	323,87	32,63	
	Vías de comunicación	3080,70	2237,71	
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)	2,95	2,92	

Elemento Expuesto		Modos de falla de la presa - Efectos aguas abajo (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
	Infraestructura PHI		0,30	85,37
Asentamientos Humanos	Viviendas aisladas, y centros nucleados	3411,16	3050,24	
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas.	Agroquímicos, oleoductos, estaciones de servicio, etc.	1,88	5,89	

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

### 2.2.6.5 Riesgo por socavación y procesos erosivos

El riesgo de los elementos expuestos dentro del área de afectación ante procesos erosivos y de socavación se presenta bajo los escenarios que afecten el cuenco del vertedero o margen izquierda del río hasta el puente El Beso.

La valoración del riesgo obtenida para cada escenario se presenta en los planos M-PHI-111-TRA-SCV-G-030 y M-PHI-111-TRA-SPE-G-030.

#### 2.2.6.5.1 Socavación cuenco del vertedero

La infraestructura del PHI asociada al cuenco del vertedero presenta un riesgo tolerable ante procesos erosivos y de socavación desencadenados por la acción del agua al caer. Los resultados se indican en la Tabla 2-7:

Tabla 2-7 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por socavación del cuenco del vertedero.

Elemento Expuesto		Socavación cuenco del vertedero (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Infraestructura pública	Infraestructura PHI		6,37	

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.5.2 Socavación y procesos erosivos

Las coberturas naturales y ecosistemas acuáticos asociados a bosques, vegetación secundaria y el río Cauca que se encuentran dentro del área de afectación por procesos erosivos y de socavación, cuentan con niveles de riesgo aceptable, tolerable e inaceptable, debido al grado de exposición en el que se encuentre el elemento, una vez se materialice la amenaza.

En cuanto a la infraestructura del PHI y las líneas vitales, se encontraron áreas expuestas ante un riesgo aceptable, debido al bajo grado de exposición y fragilidad de cada uno de estos elementos dentro del área de afectación.

Tabla 2-8 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por socavación y procesos erosivos en márgenes del río.

Elemento Expuesto		Socavación y procesos erosivos(ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas Acuáticos		0,707	
	Coberturas Naturales	1,937		0,958
Infraestructura pública	Infraestructura PHI	0,047		
	Líneas Vitales	0,005		

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.6 Riesgo por derrames de sustancias peligrosas

La zona circundante a la estación de combustible cuenta con un sistema de drenaje de aguas de escorrentía, la cual, es muy factible que llegue al combustible contenido en los tanques, en caso de que ocurra un derrame de gran magnitud, contaminando las fuentes hídricas asociadas a este sistema de drenaje. Por tanto, en caso de materializarse un evento, las consecuencias estarían relacionadas principalmente con los ecosistemas acuáticos producto de aguas de infiltración con aproximadamente 851,05 ha de riesgo inaceptable como se muestra en la Tabla 2-9, requiriendo la aplicación de medidas de forma prioritaria.

Estas consecuencias serán mayores en cuanto las condiciones hidrológicas estén asociadas a caudales mínimos, puesto que permitirían una mayor asimilación de las sustancias contaminantes. Es importante anotar, que a medida que discurre el río aguas abajo las afectaciones serán menores, en cuanto se reduzcan las concentraciones de la sustancia contaminante.

En estrecha relación con lo anterior, se afectarían los sistemas productivos, en especial, las áreas de pesca. Esto obedece a la afectación directa sobre los medios de vida y la cadena trófica de la fauna existente producto de las alteraciones por asimilación de sustancias contaminantes, lo que podría desencadenar enfermedades, muertes, disponibilidad de peces para consumo humano y pérdidas económicas.

Asimismo, con riesgo tolerable a aceptable podría verse afectado las coberturas naturales y las áreas de protección aledañas al río Cauca y otras fuentes, ya que podría tener infiltraciones con

sustancias contaminantes, que afectarían la composición química del suelo y por tanto, cambios en el metabolismo de microorganismos, fertilidad, entre otros.

Por su parte, las áreas de producción minera y los cultivos de producción pecuaria presentan niveles de riesgo entre tolerable e inaceptable. Diferentes títulos mineros se encuentran aledaños al río, por lo que podrían sufrir efectos indirectos ante la ocurrencia de un desastre, relacionados con el detenimiento de la actividad. En cuanto a los cultivos, se presentarían afectaciones en las actividades productivas ya que los cultivos podrían contaminarse y generar efectos en la cadena alimenticia.

Los demás elementos expuestos no presentan niveles de riesgo importantes, en este sentido, es importante anotar que la infraestructura del proyecto asociada con sitios de almacenamiento y manejo de sustancias peligrosas presenta un adecuado desarrollo de la actividad y sistemas de contención de derrames.

Tabla 2-9 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos ante derrames.

Elemento Expuesto		Amenaza por derrames (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos	-	119,24	851,05
	Coberturas Naturales	51,30	1,08	-
	Áreas de protección	2132,16	95,05	-
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	-	112,59	440,73
	Áreas de pesca	-	119,24	746,35
	Cultivos y producción pecuaria	-	55,31	111,69

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

La valoración del riesgo obtenida se presenta en el plano M-PHI-111-TRA-DER-P-030.

### 2.2.6.7 Riesgo por avenidas torrenciales

Las lluvias intensas tienen la capacidad de generar crecidas y avenidas torrenciales, las cuales pueden ir acompañadas de rocas, sedimentos y demás materiales que se van encontrando a su paso, en donde la influencia de las pendientes favorece la velocidad del flujo torrencial que se pueda presentar dentro del área de afectación.

Los elementos expuestos en el área de afectación se encuentran identificados en la Tabla 2-10 y contienen niveles tolerables e inaceptables del riesgo debido a la localización de cada uno de estos y la fragilidad intrínseca, por ende, es relevante amortiguar los daños y pérdidas, por medio medidas que mitiguen y prevengan el riesgo, tales como: mantenimientos preventivos a los cuerpos de aguas; a los sistemas de desagüe de las estructuras hidráulicas y a los sitios de captación expuestos en el área de afectación, en donde, además la inadecuada organización

territorial de asentamientos humanos en zonas de rondas hídrica favorece el incremento del riesgo asociado a avenidas torrenciales.

Tabla 2-10 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por avenidas torrenciales.

Elemento Expuesto		Avenidas torrenciales (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas Acuáticos		428,92	827,30
	Coberturas Naturales		46287,84	25437,31
	Áreas de protección		30818,78	36463,52
Sitios de captación	Captaciones			0,21
Infraestructura Productiva	Áreas de producción minera.		8538,29	11789,98
	Áreas de pesca			398,62
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)		1,21	0,32
	Cultivos y producción pecuaria		1,22	35642,07
	Plantación forestal		33,56	5,15
Infraestructura pública	Infraestructura PHI		4,29	142,73
	Líneas Vitales		0,17	60,10
	Vías de comunicación		0,05	795,04
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)			3,53
Asentamientos Humanos	Campamentos			43,77
	Viviendas aisladas, centros nucleados		0,34	239,68
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas.	Casa de máquinas, caverna de transformadores, estación de gas, polvorín, estación de combustible, Taller ATB, Tanque GLP, estación 44k, etc.		2,80	

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

La valoración del riesgo obtenida se presenta en el plano M-PHI-111-TRA-AT-P-030.

### 2.2.6.8 Riesgo por modificaciones extremas de caudales por riesgo tecnológico

El análisis refleja el riesgo que puede provocarse ante fallos de operación e infraestructura del vertedero, descarga intermedia – DI –, túneles de desviación (túnel de desviación derecho – TDD – y la galería auxiliar de desviación – GAD –) y el cierre de los *stop-logs* en la descarga 3 para la protección de la casa de máquinas, respecto a las personas, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. A continuación, se describen los niveles de riesgo obtenidos para cada uno de los escenarios de riesgo y sus respectivas áreas de extensión (Tabla 2-11, Tabla 2-12, Tabla 2-13 y Tabla 2-14).

La valoración del riesgo obtenida para cada escenario se presenta en los planos M-PHI-111-TRA-DI-P-030, M-PHI-111-TRA-DSA-P-030, M-PHI-111-TRA-DSB-P-030 y M-PHI-111-TRA-CV-P-030.

#### 2.2.6.8.1 Falla en las compuertas del túnel de descarga intermedia

Como se observa en la Tabla 2-11, en caso de presentarse fallas técnicas u operativas del túnel de descarga intermedia del embalse a través del sistema de generación, el nivel de riesgo sería inaceptable. Esto se debe a que podría generarse una sequía en el río aguas abajo del proyecto si no se abre en el momento adecuado las compuertas de la DI, cuando el embalse se encuentre por debajo de la cota 405 m.s.n.m. y no sea posible generar (daño en la central).

Es importante anotar que los impactos que se generan por falta de flujo descargado desde el proyecto son más notorios en las zonas más cercanas al proyecto y se van diluyendo un poco hacia agua abajo con los aportes de los afluentes.

Las mayores áreas de afectación se verían sobre los ecosistemas acuáticos, las áreas de pesca y las áreas de protección, ya que podrían generarse desconexiones de los sistemas río – ciénaga, presentes en el área de influencia, producto de la no descarga hacia aguas abajo. Si bien, los efectos que podrían tener las ciénagas ubicadas en la zona de influencia del proyecto son de carácter temporal y transitorio, se presentarían impactos sobre los ecosistemas allí presentes y con ello modificaría la producción de pesca de la zona.

Las áreas de producción minera, las coberturas naturales y los cultivos de producción pecuaria también presentan un área de afectación importante, ya que son actividades y modos de producción dependientes del recurso hídrico, el cual se modificaría producto de variaciones en el caudal.

Por su parte, la infraestructura pública, los asentamientos y las empresas que contienen sustancias peligrosas representan un área de afectación menor, aunque inaceptable. Esto se debe, a que el área de afectación de la amenaza contiene elementos de estas categorías en menor proporción y por tanto, los efectos y pérdidas serían menores.

Tabla 2-11 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de descarga intermedia.

Elemento Expuesto	Fallas en las compuertas del túnel de descarga intermedia (ha)
-------------------	--

		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos			3547,41
	Coberturas Naturales			10,31
	Áreas de protección			5513,87
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera			1523,29
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)			0,006
	Áreas de pesca			3463,35
	Cultivos y producción pecuaria			30,001
Infraestructura pública	Líneas Vitales			0,15
	Vías de comunicación			4,93
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes peatonal)			0,0008
	Infraestructura PHI			0,044
Asentamientos humanos	Viviendas			0,048
	Centros Poblados			6,55
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas			0,12

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.8.2 Destaponamiento súbito TDD y GAD 8.100m<sup>3</sup>

El destaponamiento, ya sea del Túnel de Desviación Derecho (TDD) o la Galería Auxiliar de Desviación (GAD) debido a la falla de los tapones naturales que bloquean el paso del embalse por ambos túneles podría generar un descenso rápido del nivel del embalse, esto puede darse por el aumento de la cabeza de columna de agua, lo cual aumenta la presión que deban soportar las mismas. Este escenario en particular considera la descarga no controlada del túnel derecho, con vertimiento inicial por el vertedero y caudal descargado cuatro conducciones desde la casa de máquinas

Ante este escenario se afectarían las comunidades aguas abajo en especial Puerto Valdivia, Puerto Antioquia, Cáceres, Caucasia y Nechí en niveles de riesgo que van de tolerable a inaceptable, debido a que algunas zonas, como es el caso del casco urbano de Puerto Valdivia se vería muy afectado en términos de viviendas y personas, en otros municipios las afectaciones serían variables, pero igual representarían daños y pérdidas. Asimismo, se vería comprometida la infraestructura pública, principalmente las vías y líneas vitales, lo cual estaría relacionado directamente con la velocidad del flujo que los afecte y pueda generar fallos estructurales.

Sobre las áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos se presentaría un riesgo mayoritariamente tolerable, así como unas áreas importantes en riesgo inaceptable y aceptable, puesto que ante los cambios en el caudal las afectaciones sobre los ecosistemas, coberturas y áreas de protección serían diversas, dada la capacidad de determinada flora y fauna de adaptarse o bien, ser perturbadas y disminuir su población, diversidad y demás.

Respecto a la infraestructura productiva las áreas de pesca y cultivos presentarían las mayores áreas con nivel de riesgo inaceptable y tolerable. Las fluctuaciones abruptas del caudal modificarían las dinámicas de producción debido a las alteraciones sobre el ecosistema y las inundaciones sobre los cultivos respectivamente. Igualmente, se verían en riesgo las áreas de producción minera dada la extensión de los títulos sobre el área de afectación.

Los sitios de captación de agua y las empresas con manejo de sustancias peligrosas, también reflejan niveles de riesgo inaceptable y tolerable, no obstante, son áreas de poca extensión.

Tabla 2-12 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de destaponamiento súbito TDD y GAD 8.100 m<sup>3</sup>

Elemento Expuesto		Destaponamiento súbito TDD y GAD 8.000m <sup>3</sup> (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos		179246,16	39314,55
	Coberturas Naturales	103887,93	17224,26	2698,17
	Áreas de protección	78967,19	80746,26	31434,93
Sitios de captación de agua	Captaciones		0,002	0,005
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	8266,30	11724,81	8668,22
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	0,19	0,014	0,015
	Áreas de pesca		17201,29	16862,45
	Cultivos y producción pecuaria		105698,74	13847,36

Elemento Expuesto		Destaponamiento súbito TDD y GAD 8.000m <sup>3</sup> (ha)		
		Acceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
	Plantación forestal	12,79	28,33	5,93
Infraestructura pública	Líneas Vitales		125,74	5,44
	Vías de comunicación		1286,87	328,56
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)		1,11	9,24
	Infraestructura PHI		0,08	0,40
Asentamientos humanos	Centro poblado		1348,66	282,94
	Vivienda		182,21	20,26
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas	0,23	0,08	1,06

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.8.3 Destaponamiento súbito TDD y GAD 16.000m<sup>3</sup>

Este escenario considera el caso máximo de descarga de los túneles, debido a la descarga no controlada de ambos túneles de desviación, con vertimiento inicial por el vertedero y caudal descargado cuatro conducciones desde la casa de máquinas. Es importante resaltar que este escenario se considera durante la situación actual del proyecto, dado que cuando este entre en operación ambos túneles se encontrarían con sus tapones definitivos lo cual removería la materialización de este riesgo.

Bajo este escenario los asentamientos humanos presentarían un nivel de riesgo de tolerable a inaceptable, las mayores afectaciones se verían en el casco urbano de Puerto Valdivia, y en niveles variables para Puerto Antioquia, Cáceres, Nechí y Caucasia. Asimismo, se afectaría infraestructura relacionada con vías, líneas vitales y equipamientos en niveles de riesgo de inaceptables a altos, lo cual estaría relacionado directamente con la velocidad del flujo que los afecte y pueda generar fallos estructurales.

Sobre las áreas de protección y ecosistemas acuáticos se presentaría un riesgo mayoritariamente tolerable, así como unas áreas importantes en riesgo inaceptable y aceptable, puesto que ante los cambios en el caudal las afectaciones sobre los ecosistemas y

áreas de protección serían diversas, dada la capacidad de los ecosistemas a cambios abruptos y de la fauna y flora de ser perturbadas y disminuir su población, diversidad y demás.

Respecto a la infraestructura productiva las áreas de producción minera presentarían las mayores áreas con nivel de riesgo inaceptable y tolerable dada la extensión de los títulos sobre el área de afectación. Asimismo, se afectarían las plantaciones forestales y las zonas de producción, bien sea por el detenimiento de la actividad o por alteraciones producto de inundaciones, lo que ocasionaría pérdidas económicas.

Los sitios de captación de agua y las empresas con manejo de sustancias peligrosas, también reflejan niveles de riesgo inaceptable y tolerable, no obstante, son áreas de poca extensión y sobre las que se pueden generar controles específicos.

Tabla 2-13 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de destaponamiento súbito TDD y GAD 16.000 m<sup>3</sup>

Elemento Expuesto		Destaponamiento súbito TDD y GAD 16.000m <sup>3</sup> (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos		169244,50	50525,22
	Coberturas Naturales	98587,80	27106,50	4408,34
	Áreas de protección	66522,43	87628,84	45438,53
Sitios de captación de agua	Captaciones	0,002	0,002	0,01
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	7238,82	10516,65	12920,69
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	0,27	0,017	0,02
	Plantación forestal	11,80	32,75	14,63
Infraestructura pública	Líneas Vitales		139,05	9,29
	Vías de comunicación		1336,53	540,48
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)		1,24	0,47
	Infraestructura PHI		0,10	10,36
Asentamientos humanos	Centro Poblado		1376,02	471,81
	Vivienda		200,08	48,39

Elemento Expuesto		Destaponamiento súbito TDD y GAD 16.000m <sup>3</sup> (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas	0,63	0,15	1,14

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.8.4 Falla cuatro compuertas del vertedero 24m<sup>3</sup>/s

El vertedero del proyecto consta de cuatro compuertas radiales que permiten controlar el nivel del embalse, de tal manera que se mantenga próximo al nivel máximo normal definido para la etapa de operación o cualquier otro nivel que se considere conveniente, así, la capacidad de descarga del vertedero depende del nivel del embalse y de la apertura de las compuertas. Por tanto, este escenario de riesgo considera la ocurrencia de fallas técnicas u operativas de las diferentes compuertas de las estructuras de evacuación de agua del embalse, ya sea que no puedan cerrarse (generando un aumento en el caudal descargado) o que – por el contrario – no puedan abrirse y se genere un sobrepaso de la presa.

Ante la ocurrencia de este escenario se podría generar un evento con considerables consecuencias para las poblaciones localizada en las riberas del río aguas abajo del proyecto, particularmente en Puerto Valdivia y en algunos sectores del casco urbano de Cáceres, Caucasia y Nechí, con niveles de riesgo entre tolerable e inaceptable, ya que se generarían inundaciones sobre zonas urbanas generando pérdidas económicas y en las condiciones de vida.

Las áreas ambientalmente sensibles más afectadas corresponden con las áreas de protección con niveles de riesgo entre aceptables e inaceptables, correspondiente con la respuesta de la diferente fauna y flora ante la ocurrencia de un evento y las condiciones que definen la conservación de dichas áreas. En menor extensión de área se afectarían los ecosistemas acuáticos y las coberturas naturales, lo cual es correspondiente con el área de afectación del escenario de riesgo, no obstante, podrían generarse desconexiones entre ecosistemas y modificación de las coberturas.

Los elementos de la infraestructura productiva con mayor extensión de área en riesgo tolerable e inaceptable corresponden con áreas de cultivos, áreas de producción minera y áreas de pesca. Las fluctuaciones abruptas del caudal modificarían las dinámicas de producción debido a las alteraciones sobre los cultivos, el ecosistema y la extensión de los títulos mineros sobre el área de afectación, alterando la dinámica económica de las comunidades y empresas que hacen uso del río para el desarrollo de sus actividades.

Los sitios de captación de agua y las empresas con manejo de sustancias peligrosas, también reflejan niveles de riesgo inaceptable y tolerable, no obstante, son áreas de poca extensión y sobre las que se pueden generar controles específicos.

Tabla 2-14 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de falla de compuertas del vertedero.

Elemento Expuesto		Falla cuatro compuertas del vertedero 24m <sup>3</sup> /s (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos		1485,22	5920,80
	Coberturas Naturales	5538,57	3971,17	1048,88
	Áreas de protección	18266,42	25430,29	20720,19
Sitios de captación de agua	Captaciones		0,003	0,01
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	7529,70	7180,58	5156,66
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	0,04		0,01
	Áreas de pesca		538,77	4949,85
	Cultivos y producción pecuaria		6369,35	7926,00
	Plantación forestal	18,10	9,47	0,50
Infraestructura pública	Líneas Vitales		1,34	0,87
	Vías de comunicación		132,14	193,43
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)		0,11	0,15
	Infraestructura PHI			0,37
Asentamientos humanos	Centro poblado		228,24	182,20
	Vivienda		35,41	9,79
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas		0,27	0,37

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

### 2.2.6.9 Riesgo por fenómenos climáticos extremos: crecientes y sequías (Río Cauca)

Los escenarios de riesgo considerados corresponden con simulaciones de los comportamientos hidráulicos de las crecientes naturales asociadas a los periodos de retorno de 2,33, 50, 100 y 500 años aguas abajo del proyecto, adicional a esto, se tuvieron en cuenta las crecientes (o inundaciones) asociados con tributarios del río, siendo el área de análisis la asociada con regiones donde se ejecutaron obras en el proyecto. Las crecientes aguas abajo de la presa pueden ocurrir como consecuencia de un caudal de tal magnitud, que sea mayor al caudal medio del río durante el periodo del año en que se esté. Estas crecientes pueden originarse por episodios de lluvia intensos de manera tal que aumenten el caudal recibido por la presa, los cuales no varían con o sin proyecto.

A continuación se describe el análisis de riesgo por cada escenario y las áreas de extensión por cada nivel de riesgo (Tabla 2-15, Tabla 2-16, Tabla 2-17, Tabla 2-18 y Tabla 2-19).

La valoración del riesgo obtenida para cada escenario se presenta en los planos M-PHI-111-TRA-CNA-P-030, M-PHI-111-TRA-CNB-P-030, M-PHI-111-TRA-CNC-P-030, M-PHI-111-TRA-CND-P-030 y M-PHI-111-TRA-SNO-P-030.

#### 2.2.6.9.1 Crecientes naturales del río Cauca Tr2,33

Este escenario corresponde con una creciente media del río, sin embargo, ante el desbordamiento del río Cauca en diferentes sectores, se afectarían las cabeceras urbanas de Caucasia y Puerto Valdivia principalmente, por lo que los asentamientos humanos presentan riesgos que van de tolerables a intolerables, ya que las variaciones en las velocidades del flujo podrían afectar a las personas y sus viviendas.

Las áreas ambientalmente sensibles correspondientes con coberturas y áreas de protección presentan niveles de riesgo entre aceptables e inaceptables, los ecosistemas acuáticos califican con niveles de riesgo de tolerable a inaceptable, ante la presentación de un evento de inundación se ocasionan alteraciones sobre el suelo de protección del río, los componentes de flora y fauna y servicios ecosistémicos de estas áreas para la conservación.

La infraestructura productiva presenta los mayores niveles de riesgo, entre tolerable a inaceptable, para las áreas de pesca, áreas de producción minera y cultivos, debido a los impactos en sus sistemas productivos, en especial para las comunidades campesinas que se encuentran ubicadas a orillas del río Cauca, ya que las fluctuaciones del nivel de río alterarían sus dinámicas de producción.

La infraestructura pública presenta riesgo entre aceptable e inaceptable, sin embargo, sus áreas de afectación son de poca extensión, las mayores afectaciones se darían en las vías de comunicación, con 174 ha en riesgo tolerable y 54,4 ha en riesgo inaceptable, las estructuras viales y sus obras de arte principales, pueden evidenciar una variación de las consecuencias debido al nivel de amenaza de la inundación.

Los sitios de captación de agua y las empresas con manejo de sustancias peligrosas, también reflejan niveles de riesgo inaceptable y tolerable, no obstante, son áreas de poca extensión y sobre las que se pueden generar controles específicos.

Tabla 2-15 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales Tr2,33.

Elemento Expuesto		Crecientes naturales del río Cauca Tr2,33 (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos		2089,42	5132,48
	Coberturas Naturales	7320,97	2076,10	223,14
	Áreas de protección	27888,14	17107,11	11007,32
Sitios de captación de agua	Captaciones	0,003		0,01
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	9594,91	4805,39	3185,21
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)			0,01
	Áreas de pesca		573,57	4889,35
	Cultivos y producción pecuaria		8498,54	1279,06
	Plantación forestal	15,60	3,44	0,02
Infraestructura pública	Líneas Vitales		1,20	
	Vías de comunicación		174,13	54,42
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes peatonal)		0,08	
	Infraestructura PHI			5,86
Asentamientos humanos	Centro poblado		171,51	63,18
	Vivienda		14,97	1,48
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas	0,02	0,27	0,17

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.9.2 Crecientes naturales del río Cauca Tr50

Este escenario de riesgo afectaría principalmente el cauce principal del río Cauca y parte del casco urbano de Puerto Valdivia, en los municipios de Cauca y Nechí, la mancha de inundación de la creciente de 50 años generaría afectaciones, inundando parte del perímetro urbano próximo al río Cauca. Esta influencia sobre sectores urbanos estaría directamente relacionada con afectaciones sobre las personas y viviendas.

En términos ambientales el riesgo tendría áreas de representación importante en todos los niveles de riesgo para las áreas de protección, esto relacionado con la evolución morfológica del cauce, algunas barras y el cambio de forma de algunas islas del cauce principal. Asimismo, las coberturas naturales y los ecosistemas acuáticos presentaría niveles de riesgo tolerable e inaceptable, ya que las fluctuaciones en los niveles del agua ocasionan alteraciones sobre los componentes de flora y fauna y servicios ecosistémicos de estas áreas para la conservación.

En relación con la anterior, se verían afectados sistemas de producción como las áreas de pesca, los cultivos y las áreas de producción minera tanto de oro como explotación artesanal de arena de río. Las variaciones en los niveles del agua, dado eventos de inundación modificarían las dinámicas de producción, disponibilidad de recursos y podría ocasionar irrupciones en las actividades de producción y extractivas sobre áreas aledañas en el río.

En cuanto a la infraestructura pública, las vías de comunicación representarían la mayor de áreas afectadas, con 187 ha de riesgo inaceptable y 152,9 ha en riesgo tolerable. Diversos trazados viales se encuentran sobre área de afectación y de acuerdo con la velocidad del flujo podrían verse interrumpidas o comprometidas estructuralmente.

Los sitios de captación de agua y las empresas con manejo de sustancias peligrosas, también reflejan niveles de riesgo inaceptable y tolerable, no obstante, son áreas de poca extensión y sobre las que se pueden generar controles específicos.

Tabla 2-16 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales Tr50.

Elemento Expuesto		Crecientes naturales del río Cauca Tr50 (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos		1629,14	5744,00
	Coberturas Naturales	6801,93	4844,89	840,53
	Áreas de protección	22543,07	28433,69	17854,45
Sitios de captación de agua	Captaciones		0,003	0,01
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	7983,59	9030,82	4848,73
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	0,01		0,01
	Áreas de pesca		530,33	4952,50
	Cultivos y producción pecuaria		8906,96	6120,46
	Plantación forestal	21,08	8,15	0,29
Infraestructura pública	Líneas Vitales		2,30	
	Vías de comunicación		152,98	187,08

Elemento Expuesto		Crecientes naturales del río Cauca Tr50 (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)			0,13
	Infraestructura PHI			6,71
Asentamientos humanos	Centro poblado		327,87	142,97
	Viviendas		45,48	5,82
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas	0,16	0,21	0,28

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

### 2.2.6.9.3 Crecientes naturales río Cauca Tr100

Los efectos de este escenario son muy similares a la creciente de 50 años de período de retorno (dado que los caudales analizados son muy similares, con una diferencia de unos 400 m<sup>3</sup>/s que para la magnitud de caudal no se encuentran variaciones importantes).

Por tanto, las inundaciones afectarían principalmente el cauce principal del río Cauca y en Puerto Valdivia (con parte del de área inundada respecto al casco urbano). En los municipios de Cauca y Nechí, donde la mancha de inundación de la creciente de 100 años genera afectaciones, inundando parte del perímetro urbano próximo al río Cauca. Por tanto, podrían verse daños sobre viviendas y afectaciones sobre las personas.

Sobre las áreas ambientales el riesgo tendría áreas de representación importante en todos los niveles de riesgo para las áreas de protección, esto relacionado con la evolución morfológica del cauce, algunas barras y el cambio de forma de algunas islas del cauce principal. Asimismo, las coberturas naturales y los ecosistemas acuáticos presentarían niveles de riesgo tolerable e inaceptable, ya que las fluctuaciones en los niveles del agua ocasionan alteraciones sobre los componentes de flora y fauna y servicios ecosistémicos de estas áreas para la conservación.

En correspondencia con lo anterior, se verían afectados sistemas de producción como las áreas de pesca, los cultivos y las áreas de producción minera tanto de oro como explotación artesanal de arena de río. Las variaciones en los niveles del agua, dado eventos de inundación modificarían las dinámicas de producción, disponibilidad de recursos y podría ocasionar irrupciones en las actividades de producción y extractivas sobre áreas aledañas en el río.

En cuanto a la infraestructura pública, las vías de comunicación representarían la mayor de áreas afectadas, diversos trazados viales se encuentran sobre área de afectación y de acuerdo con la velocidad del flujo podrían verse interrumpidas o comprometidas estructuralmente.

También podría afectarse la infraestructura del proyecto sujeta a mayores velocidades o niveles del flujo y las líneas vitales próximas a las áreas de afectación, ya que podría interrumpirse los servicios.

Los sitios de captación de agua y las empresas con manejo de sustancias peligrosas, también reflejan niveles de riesgo inaceptable y tolerable, no obstante, son áreas de poca extensión y sobre las que se pueden generar controles específicos.

Tabla 2-17 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales Tr100.

Elemento Expuesto		Crecientes naturales río Cauca Tr100 (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos		152868,57	586301,12
	Coberturas Naturales	657570,40	509683,43	108839,31
	Áreas de protección	2121309,52	2867838,14	1997146,36
Sitios de captación de agua	Captaciones			1,70
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	737571,90	932680,75	564293,16
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	2,37		1,20
	Áreas de pesca		51479,83	496919,20
	Cultivos y producción pecuaria		825171,97	728440,90
	Plantación forestal	2073,79	1025,31	21,56
Infraestructura pública	Líneas Vitales		262,67	113,90
	Vías de comunicación		14461,57	20994,74
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes puente peatonal)			13,04
	Infraestructura PHI			682,81
Asentamientos humanos	Centro poblado		33237,53	15535,83
	Vivienda		4783,87	655,27
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas	8,33	23,58	33,93

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.9.4 Crecientes naturales río Cauca Tr500

Los efectos de este escenario son correspondientes con los escenarios descritos anteriormente, no obstante varía el área de extensión de cada nivel de riesgo. Ante la presentación de un evento de inundación, se afectarían asentamientos humanos aledaños al cauce principal del río Cauca y en Puerto Valdivia (con parte del de área inundada respecto al casco urbano). También se evidenciarían efectos sobre los municipios de Cauca y Nechí, afectando centros poblados, viviendas y por tanto, a las personas frente a sus medios y condiciones de vida.

Asimismo, se observarían alteraciones sobre las áreas ambientalmente sensibles, principalmente sobre las áreas de protección relacionadas con el retiro del río Cauca, ya que podría modificarse su morfología y favorecer procesos erosivos. Esto afectaría también la dinámica de los ecosistemas acuáticos, los componentes de flora y fauna y servicios que prestan estas áreas complementarias para la conservación. Por tanto, se evidencian niveles variables de riesgo, de aceptables a inaceptables, condicionados por las áreas de afectación y la capacidad de respuesta de las áreas ambientales.

También se presentarían alteraciones sobre sistemas de producción como las áreas de pesca, los cultivos y las áreas de producción minera tanto de oro como explotación artesanal de arena de río. Dadas las actividades que la población realiza en los cuerpos de agua, para su sustento, entre las que se encuentran la pesca, el transporte fluvial, el cultivo de arroz en las ciénagas y zapales, así como la cría y producción de alevinos. Asimismo, sobre las riberas del río Cauca y Nechí es normal encontrar numerosos entables y maquinarias como dragas utilizadas por el pequeño minero para su actividad de carácter informal y sin ningún tipo de manejo ambiental.

De presentarse un evento de inundación, estas actividades podrían verse suspendidas o modificadas, presentarse pérdidas para las familias y empresas especializadas dentro de la mancha de inundación. Los ingresos de los municipios por impuestos y regalías, sería crítica e incalculable, puesto que los censos mineros no incluyen a toda la población dedicada a la extracción del mineral.

Por su parte, la infraestructura pública con mayor área de riesgo tolerable a inaceptable corresponde con las vías de comunicación, las cuales según la velocidad del flujo podrían verse interrumpidas o comprometidas estructuralmente.

Los sitios de captación de agua y las empresas con manejo de sustancias peligrosas, también reflejan niveles de riesgo inaceptable y tolerable, no obstante, son áreas de poca extensión y sobre las que se pueden generar controles específicos.

Tabla 2-18 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales Tr500.

Elemento Expuesto	Crecientes naturales río Cauca Tr500 (ha)		
	Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)

Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos		1329,18	6112,14
	Coberturas Naturales	6291,93	5587,78	1519,03
	Áreas de protección	18823,58	28188,65	24785,85
Sitios de captación de agua	Captaciones			0,01
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	6354,76	9890,73	6981,90
	Producción (Agrícola, Comercial, Servicios)	0,04		0,01
	Áreas de pesca	275,61	345,28	4866,03
	Cultivos y producción pecuaria		7052,75	9379,21
	Plantación forestal	18,45	16,07	0,62
Infraestructura pública	Líneas Vitales		2,81	1,45
	Vías de comunicación		130,87	250,50
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes peatonal)		0,13	0,15
	Infraestructura PHI			7,17
Asentamientos humanos	Centro poblado		284,79	186,04
	Vivienda		43,84	7,42
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas	0,04	0,22	0,42

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

#### 2.2.6.9.5 Crecientes naturales en otras fuentes

Este escenario de riesgo contempla aquellas zonas que pueden llegar a presentar afectación por eventos de creciente, y su correspondiente aumento en los niveles de flujo, en las corrientes cercanas y afluentes al río Cauca.

Bajo este escenario, las áreas cercanas a los cauces principales son más susceptibles a presentar efectos frente a eventos de inundación ya que estos se encuentran ubicados en sitios más planos y por tanto, la extensión de las áreas afectadas es mayor. En este sentido, las coberturas naturales, tendrían niveles de riesgo variables de acuerdo con su condición de adaptación frente a las inundaciones. Asimismo, las áreas de protección, en especial, aquellas relacionadas con retiros a fuentes hídricas presentarían alteraciones morfológicas y podrían suscitar procesos de inestabilidad. También, se presentarían alteraciones sobre los ecosistemas

acuáticos, tanto en sus componentes de flora y fauna así como los servicios que prestan de estas áreas.

En relación con la infraestructura productiva, los cultivos y producción pecuaria podrían verse afectados con niveles de riesgo entre tolerable e inaceptable, debido que muchas de estas actividades se dan sobre llanuras de inundación de los drenajes, alterando la dinámica productiva, afectando las cosechas o bien la infraestructura asociada. También, se vería afectada la producción minera tanto de oro como explotación artesanal de arena de río y las áreas de pesca, dado que se podría detener la actividad o alterar la disponibilidad del producto. Con menor área de afectación al riesgo, se presentan las plantaciones forestales.

La principal infraestructura pública afectada ante la materialización del riesgo corresponde con estructuras del proyecto debido a su ubicación y la convergencia de corrientes que podrían aumentar las velocidades del flujo. De igual forma, diversos trazados viales se encuentran sobre área de afectación y de acuerdo con la velocidad del flujo podrían verse interrumpidas o comprometidas estructuralmente. Los equipamientos y líneas vitales presentan áreas con categoría de riesgo de menor extensión.

Los sitios de captación de agua y las empresas con manejo de sustancias peligrosas, también reflejan niveles de riesgo inaceptable y tolerable, no obstante, son áreas de poca extensión y sobre las que se pueden generar controles específicos.

Tabla 2-19 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de crecientes naturales en otras fuentes.

Elemento Expuesto		Crecientes naturales en otras fuentes (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas acuáticos		0,90	363,3614
	Coberturas Naturales	149,13	3152,48	2290,7551
	Áreas de protección	101,92	2778,60	1952,7564
Sitios de captación de agua	Captaciones		0,003	0,0019
Infraestructura productiva	Áreas de producción minera	51,40	1039,95	843,3623
	Áreas de pesca		1,96	167,8582
	Cultivos y producción pecuaria		349,96	1578,7299
	Plantación forestal	0,004	0,14	0,0373
Infraestructura pública	Líneas Vitales		1,30	7,6974
	Vías de comunicación		5,78	24,0068
	Equipamiento (Antena, cementerio, centro educativo, iglesias, puentes peatonal)		0,02	0,0524

31

Elemento Expuesto		Crecientes naturales en otras fuentes (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
	Infraestructura PHI		25,28	55,6800
Asentamientos humanos	Centro poblado		2,41	21,8911
	Vivienda		0,98	6,5485
	Campamento		0,79	5,1354
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Estaciones de combustible, oleoductos, subestaciones, almacenamiento de abonos y sustancias para el control de plagas		0,08	0,0684

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

### 2.2.6.10 Riesgo por incendios y explosiones en instalaciones

El riesgo por incendios y explosiones en instalaciones se evalúa para cada uno de los escenarios simulados de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia del riesgo, severidad de las consecuencias y la frecuencia de los eventos de riesgo analizados; a partir de esto se determina el índice de riesgo. En la Tabla 2-20, se presentan la calificación de cada una de las variables tenidas en cuenta para obtener el nivel de riesgo (NR) de cada sitio analizado, las cuales corresponden con: nivel de deficiencia (ND), nivel de exposición (NE), nivel de probabilidad (NP) y nivel de consecuencias (NC). En el plano M-PHI-111-TRA-ISP-M-030 se observan los resultados cartográficos del análisis.

Tabla 2-20 Análisis de riesgo por incendios y explosiones en instalaciones.

ID	ZONA	Nivel de peligro (MESERI)	ND	NE	NP	NC	NR	Nivel de riesgo
1	Polvorín El Palmar	N/A	2	2	4	25	100	Bajo
2	Planta de asfalto	N/A	0	0	0	10	0	Bajo
3	Subestación 500 kVA	Valor: 7,2 Nivel: Medio	2	4	8	10	80	Bajo
4	Casa de máquinas	Valor: 4,596 Nivel: Alto	6	2	8	25	200	Medio
5	Caverna de transformadores	Valor: 5,566 Nivel: Medio	6	1	6	25	150	Medio
6	Subestación 44 kVA	Valor: 5,658 Nivel: Medio	2	1	2	25	50	Bajo
7	Estación de gas casino campamento Cuní	Valor: 3,426 Nivel: Alto	6	3	18	25	450	Medio
8	Taller ATB – Zona Villaluz	Valor: 3,426 Nivel: Alto	6	2	12	10	120	Bajo
9	Estación de combustible	Valor: 4,95 Nivel: Alto	2	3	6	25	150	Medio
10	Taller de mantenimiento – Plazoleta casa de máquinas	Valor: 5,565 Nivel: Medio	6	2	12	10	120	Bajo
11	Taller industrial	Valor: 5,6 Nivel: Medio	2	1	3	10	30	Bajo
12	Estación de gas GLP – Campamento Villaluz	Valor: 4,702 Nivel: Alto	6	3	18	25	450	Medio
14	Planta diésel – Plazoleta casa de	Valor: 5,23 Nivel: Medio	2	1	2	10	20	Bajo

ID	ZONA	Nivel de peligro (MESERI)	ND	NE	NP	NC	NR	Nivel de riesgo
	máquinas							
17	Planta diésel – Campamento Tacuí	Valor: 5,162 Nivel: Medio	2	1	2	10	20	Bajo
18	Subestación 44 kVA Plazoleta casa de máquinas	Valor: 5 Nivel: Medio	2	1	2	25	50	Bajo
19	Planta de concreto	Valor: 4,984 Nivel: Alto	2	3	6	25	150	Medio

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

Los sitios analizados presentan niveles de riesgo entre bajo y medio. Para los sitios con riesgo bajo es adecuado mantener las medidas de control existentes, sin embargo, se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es aceptable y si se requieren o no soluciones y acciones de mejora. Por su parte, los sitios con nivel de riesgo medio deben corregir o adoptar medidas de control que eviten posibles pérdidas y daños potenciales ante la ocurrencia fenómenos amenazantes, estas medidas deben definirse a partir de análisis específicos que lo justifiquen.

Esta calificación obedece en gran parte a los protocolos de seguridad y las medidas de reducción y manejo del riesgo que poseen los sitios de almacenamiento de sustancias peligrosas y material detonante y explosivo.

A partir de la valoración del riesgo obtenida, se determina su aceptabilidad (*Risk Tolerance*), de acuerdo con los niveles de aceptabilidad definidos en el numeral 2.1.4 criterios del riesgo. Todos los sitios presentan un nivel de aceptabilidad de aceptable, tal y como se muestra en la Tabla 2-21.

Tabla 2-21 Determinación de los niveles de aceptabilidad del riesgo.

ID	ZONA	Nivel de riesgo	Nivel de aceptabilidad
1	Polvorín El Palmar	Bajo	Aceptable
2	Planta de asfalto	Bajo	Aceptable
3	Subestación 500 kVA	Bajo	Aceptable
4	Casa de máquinas	Medio	Aceptable con control específico
5	Caverna de transformadores	Medio	Aceptable con control específico
6	Subestación 44 kVA	Bajo	Aceptable
7	Estación de gas casino campamento Cuní	Medio	Aceptable con control específico
8	Taller ATB – Zona Villaluz	Bajo	Aceptable
9	Estación de combustible	Medio	Aceptable con control específico
10	Taller de mantenimiento – Plazoleta casa de máquinas	Bajo	Aceptable
11	Taller industrial	Bajo	Aceptable

ID	ZONA	Nivel de riesgo	Nivel de aceptabilidad
12	Estación de gas GLP – Campamento Villaluz	Medio	Aceptable con control específico
14	Planta diésel – Plazoleta casa de máquinas	Bajo	Aceptable
17	Planta diésel – Campamento Tacuí	Bajo	Aceptable
18	Subestación 44 kVA Plazoleta casa de máquinas	Bajo	Aceptable
19	Planta de concreto	Medio	Aceptable con control específico

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

### 2.2.6.11 Riesgo por incendios forestales

Una vez obtenida la amenaza y vulnerabilidad total, se llevó a cabo el análisis de riesgo por incendios forestales. En este análisis, prima la categoría baja de incendios con un 35,7% respecto al área total, sin embargo, las categorías media y alta son significativas con un 26,4% y 25,7% respectivamente (Tabla 2-22).

Tabla 2-22 Distribución de las categorías de riesgo por incendios forestales.

Categoría escenario de riesgo	Área (ha)	Porcentaje de área
Muy baja (1)	4288,31	11,4%
Baja (2)	13413,94	35,7%
Media (3)	9916,01	26,4%
Alta (4)	9675,08	25,7%
Muy alta (5)	301,19	0,8%

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

Atendiendo a los elementos expuestos identificados, los asentamientos humanos con mayor riesgo están relacionados con aquellas zonas con mayor número de habitantes, entre estos está el campamento Villa Luz que registró 5.025 habitantes probablemente afectados, seguido de Sabanalarga con 2.563 habitantes, Ituango con 1.330 habitantes, Toledo con 1.328 habitantes, Liborina con 1.208 habitantes, entre otros.

Por su parte, los tipos de cobertura que presentan alto y muy alto riesgo de incendio son aquellas coberturas que presentan pastos, hierbas y vegetación arbustiva; esto de acuerdo con el tipo de combustible, la duración combustión de los mismos y la carga total. Por su parte, las coberturas que registran árboles y arbustos, dentro de estas, el bosque denso, bosque de galería y/o ripario, bosque abierto, bosque fragmentado y arbustal, también registran riesgo alto y moderado de incendios forestales. También, se registran áreas con bajo o muy bajo riesgo de presentar incendios forestales como los cuerpos de agua artificiales, afloramientos rocosos, obras hidráulicas, tejido urbano discontinuo, zonas arenosas naturales, zonas industriales o comerciales, entre otros.

En el PHI se registran áreas de importancia ecológica y paisajística dentro de los cuales se destacan áreas protegidas como La Zona Ribereña del Río Cauca y la Cuchilla Ituango – Valdivia que probablemente pueden presentar áreas de riesgo medio, mientras el Corredor del Jaguar, registra bajo riesgo por incendios. Por su parte, los ecosistemas estratégicos (bioma Bosque seco tropical) presentan alto riesgo por incendios forestales.

En cuanto a las áreas productivas que registran el riesgo más alto, por la probabilidad de incendios son las plantaciones forestales, mosaicos de cultivo, zonas industriales o comerciales, zonas de extracción minera, cultivos permanentes arbustivos, cultivos permanentes arbóreos, cultivos permanentes herbáceos y otros cultivos transitorios. Por su parte, otros tipos de coberturas que no hacen parte de sistemas productivos podrían registrar riesgo medio, bajo y muy bajo, dentro de estas la vegetación secundaria o en transición, bosque denso y cuerpos de agua respectivamente.

Teniendo en cuenta la distancia a infraestructuras (viviendas, construcciones, puentes, torres, tuberías, entre otras), el PHI registró alto riesgo de incendios a una distancia entre 0-500 m; a medida que las infraestructuras se encuentran a mayor distancia, el riesgo va disminuyendo en orden así: alta, media, baja y muy baja para distancias de 500 – 1000, 1000 – 1500, 1500 – 2000 y Más de 2000 respectivamente. Dentro de las infraestructuras del PHI en orden decreciente, con mayor riesgo a presentar incendios forestales está las viviendas, construcciones PHI, otras construcciones, puente vehicular, construcciones del PHI, tanque del PHI, torre de energía, tubería, tipo de vía 3, poste, comercial, tipo de vía 5 y algunos equipamientos.

En el plano M-PHI-111-TRA-IF-X-030 se observan los resultados cartográficos del análisis.

#### **2.2.6.12 Riesgo por emergencias sanitarias**

La determinación del riesgo en cuanto a emergencias sanitarias identificado y zonificado dentro del área de afectación, se encuentra recopilado en la Tabla 2-23.

En el plano M-PHI-111-TRA-ES-X-030 se observan los resultados cartográficos del análisis.

Tabla 2-23 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por emergencias sanitarias.

Elemento Expuesto		Emergencias Sanitarias (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Sitios de captación	Plantas de tratamiento			0,11
Asentamientos Humanos	Campamentos y áreas de trabajo del PHI con flujo permanente de personal (Tacuí y Cuní)		1,61	59,57

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

El análisis del riesgo para emergencias sanitarias dentro del área de afectación considero la interacción de los factores de riesgo (amenaza y vulnerabilidad), y como estos pueden configurar situaciones de riesgo concretas. Para este caso los elementos expuestos relacionados con personas e instalaciones pueden propiciar la propagación de agentes biológicos con la capacidad de impactar sobre la salud humana.

Se identificó un rango tolerable e inaceptable de riesgo para los asentamientos humanos dentro del área de afectación, asociados a un área de 1,61 ha y 59,57 ha respectivamente, ya que, debido a la presencia de personas y su flujo migratorio constante, se facilita la propagación de agentes biológicos capaces de incidir negativamente en la mortalidad de la población como es el caso de epidemias y pandemias, además debido al entorno natural en el cual se desenvuelve la población, es relevante considerar el riesgo asociado a ataques de insectos como avispas y abejas. Por último, se identificó un área de 0,11 ha asociada a las plantas de tratamientos de agua potable y aguas residuales con un riesgo inaceptable en cuanto a emergencias sanitarias, ya que un déficit o daño en su funcionamiento y normal operación, que modifique los procesos de control y eliminación de virus y microorganismos bacterianos, generaría una afectación a la salud de la población.

### 2.2.6.13 Riesgo por orden público y social

La determinación del riesgo en cuanto a alteraciones de orden público y social se identificó y zonifico por medio de la interacción de los factores de riesgo y como estas configuran situaciones de riesgo concretas dentro del área de afectación. En la Tabla 2-24 se encuentra recopilado el análisis en cuestión:

Tabla 2-24 Distribución de los niveles de riesgo según los elementos expuestos para el escenario de riesgo por orden público y social.

Elemento Expuesto		Orden público y social (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
Áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos	Ecosistemas Acuáticos	4,936	0,139	
	Coberturas Naturales	0,212	21,718	
	Áreas de protección		9,887	20,675
Sitios de captación	Captaciones			0,003
Infraestructura Productiva	Áreas de producción minera		0,139	
	Producción (Agrícola, Comercial,	0,012		

Elemento Expuesto		Orden público y social (ha)		
		Aceptable (1 a 3)	Tolerable (4 a 10)	Inaceptable (11 a 25)
	Servicios)			
	Cultivos y producción pecuaria	1,225		
Infraestructura pública	Líneas Vitales		0,071	0,002
	Vías de comunicación		0,030	0,033
	Infraestructura PHI		12,456	144,913
Asentamientos Humanos	Campamentos			43,831
Empresas e infraestructura que manejan sustancias peligrosas	Casa de máquinas, caverna de transformadores, estación de gas, polvorín, Taller ATB, Tanque GLP		0,99	0,56

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

El análisis permitió identificar diferentes situaciones de riesgo para los elementos expuestos relacionados dentro del área de afectación. Inicialmente las áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos dentro del área de afectación, presentan rangos aceptables y tolerables de riesgo debido a que se espera que los impactos percibidos se den de manera indirecta ante alteraciones de orden público y social, sin embargo, las áreas de protección espacializadas dentro del área de afectación presentan rangos tolerables e inaceptables del riesgo, debido a la relación con otros elementos expuestos, en donde incineraciones, explosiones y manipulación inadecuada de sustancias peligrosas afectarían las condiciones ambientales.

Los sitios de captación presentan un riesgo inaceptable en 0,003 ha ante alteraciones de orden público y social debido a la importancia del recurso hídrico para el normal desarrollo de las actividades y obras.

En cuanto a la infraestructura productiva se encontró un riesgo aceptable en 0,12 ha de producción y 1,225 ha de cultivos, además un riesgo tolerable para 0,139 ha de producción minera, esto debido a la relevancia de los cultivos y demás producción, en cuanto el abastecimiento de alimentos y satisfacción de necesidades que se podrían ver interrumpidas, incluyendo la operatividad minera, y por ende el desarrollo de las actividades del proyecto.

La infraestructura pública presenta un riesgo tolerable en 0,071 ha de líneas vitales, 0,030 ha de vías de comunicación y 12,456 ha asociadas a la infraestructura del PHI, además presentan

un riesgo inaceptable en 0,002 ha de líneas vitales, 0,033 ha de vías de comunicación y 144,913 ha asociadas a la infraestructura del PHI, ya que se podrían presentar sobre dicha infraestructura bloqueos, atentados, robos y demás escenarios inseguros que representen un riesgo a estos elementos.

Los asentamientos humanos dentro del área de afectación presentan un riesgo inaceptable en 43,831 ha, debido a las condiciones presentadas por los factores de riesgo, en donde la ocurrencia de eventos de orden público y social atentan con la integridad de los asentamientos.

Por ultimo las empresas e infraestructuras que manejan y almacenan sustancias peligrosas presentan un riesgo tolerable en 0,99 ha asociadas a cavernas de transformadores y sistemas de descargas e inaceptable en 0,56 ha asociadas a polvorines, estaciones de gas, tanques, entre otras, en donde los estrictos controles de manejo, prevención y localización de situaciones peligrosas mitigan el riesgo ante alteraciones de orden público y social que se presenten.

En el plano M-PHI-111-TRA-OPS-X-030 se observan los resultados cartográficos del análisis.

#### **2.2.6.14 Riesgo individual, social, socioeconómico y ambiental**

A partir de los análisis por escenario de riesgo descritos anteriormente, se determina el análisis de riesgo individual, social, socioeconómico y ambiental para las amenazas y escenarios de riesgos tanto endógenos como exógenos (Tabla 2-25).

Tabla 2-25 Tipos de amenaza y escenarios de riesgo.

Código	Escenario de riesgo	Endógenas	Exógenas
A1	Amenaza sísmica		X
A2	Movimientos sísmicos inducidos por el embalse	X	
A3E1	Movimientos en masa por precipitación		X
A3E2	Movimientos en masa por sismo		X
A5E1	Modos de falla de la presa	X	
A5E2	Modos de falla de la presa - Efectos aguas abajo	X	
A6E1	Socavación cuenco del vertedero	X	X
A6E2	Socavación procesos erosivos		X
A7	Derrames de sustancias peligrosas	X	
A8	Avenidas torrenciales		X
A9E1	Modificaciones extremas de caudales por amenaza tecnológica Descarga intermedia	X	
A9E2	Modificaciones extremas de caudales por amenaza tecnológica Destaponamiento súbito 8.000m3	X	
A9E3	Modificaciones extremas de caudales por amenaza tecnológica Destaponamiento súbito 16.000m3	X	
A9E4	Modificaciones extremas de caudales por Falla cuatro compuertas	X	
A10E1	Fenómenos climáticos extremos Crecientes naturales Río Cauca Tr2,33		X
A10E2	Fenómenos climáticos extremos Crecientes naturales Río Cauca Tr50		X

Código	Escenario de riesgo	Endógenas	Exógenas
A10E3	Fenómenos climáticos extremos Crecientes naturales Río Cauca Tr100		X
A10E4	Fenómenos climáticos extremos Crecientes naturales Río Cauca Tr500		X
A10E5	Fenómenos climáticos extremos Crecientes naturales Otras fuentes		X
A11E1	Incendio y explosiones en sitios de almacenamiento de sustancias peligrosas	X	
A12	Incendios forestales		X
A13	Emergencias sanitarias	X	X
A14	Orden público y social		X

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2022.

Para el cálculo del riesgo se llevó a cabo una intersección de la capa de amenaza con la correspondiente capa de elementos vulnerables (personas, asentamientos humanos, infraestructura socioeconómica y áreas ambientales) y se multiplicaron los campos de cada uno de los valores para obtener el riesgo. Los niveles de riesgo se califican acorde a lo descrito en el numeral 2.1.4 Criterios de riesgo.

El **riesgo individual** corresponde con la probabilidad de que un individuo sea afectado por el riesgo que genere una situación dada dentro o fuera de la instalación considerada. Por tanto, se considera cada individuo de los siguientes elementos expuestos:

- Personas presentes en instalaciones con manejo de sustancias peligrosas.
- Asentamientos humanos (viviendas, centros nucleados, campamentos).

El **riesgo social** hace referencia a la probabilidad de que todos los individuos de una población sean afectados por una situación dada dentro o fuera de una instalación o infraestructura considerada. Por tanto, se consideran todos los individuos de los siguientes elementos expuestos:

- Personas presentes en instalaciones con manejo de sustancias peligrosas.
- Asentamientos humanos (viviendas, centros nucleados, campamentos).
- Infraestructura pública y social.

Por su parte, el **riesgo socioeconómico** comprende las posibles afectaciones que puedan presentarse sobre los elementos con importancia social y económica producto de la ocurrencia de un evento. Estos elementos corresponden con:

- Áreas de producción minera.
- Producción (agrícola, comercial, servicios).
- Áreas de pesca.
- Cultivos y producción pecuaria.
- Plantaciones forestales.
- Bienes de interés cultural.
- Infraestructura pública (líneas vitales, vías de comunicación, equipamientos).

- Sitios de captación de agua.

En cuanto al **riesgo ambiental**, los riesgos se analizan con base en la posible afectación sobre los elementos de importancia ambiental ante la ocurrencia de un evento determinado. Los elementos considerados corresponden con áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos:

- Áreas de protección.
- Coberturas naturales.
- Ecosistemas acuáticos.

#### 2.2.6.14.1 Amenazas endógenas

Las amenazas endógenas corresponden con fenómenos que pueden presentarse al interior del proyecto hidroeléctrico y están directamente relacionadas con la ejecución de las actividades en cada fase considerada. Al materializarse estas amenazas sobre los elementos expuestos podrían ocasionar riesgos tecnológicos, los cuales comprenden los daños y pérdidas materiales relacionados con accidentes tecnológicos o industriales, fallos de infraestructura, interrupción de actividades y/o degradación ambiental. A continuación, se describen los tipos de riesgo para las amenazas clasificadas en esta categoría (ver Tabla 2-25).

##### A. Riesgo individual

Las personas presentes en instalaciones del PHI como campamentos, personal de mantenimiento de vías, zona industrial, obras subterráneas y sitios con almacenamiento o manipulación de sustancias peligrosas asociadas con los escenarios de riesgo definidos para derrames, incendios, exposiciones, falla de la presa, modificaciones extremas de caudal y sismo desencadenado por el embalse, los niveles más altos de riesgo corresponden con las amenazas de sismo inducido por el embalse, derrames, incendios y/o explosiones.

Los habitantes de los asentamientos humanos ubicados aguas abajo del proyecto están en la categoría de riesgo tolerable a inaceptable principalmente de los escenarios de riesgos por modificaciones extremas de caudal y falla o rotura de la presa aguas abajo.

La amenaza de mayor área de afectación es la falla de presa, conforme el análisis de la mancha de inundación abarca un total de 50.610 unidades de viviendas expuestas al evento, con un total aproximado de población afectada de 227.745 personas, tomando como base para este dato una media de 4,5 habitantes por vivienda, esto debido a que no se cuenta con datos oficiales del total de la población de los 27 municipios.

Para el caso de riesgo por derrames en la estación de combustible se presentaría un riesgo tolerable, en esta instalación hay presencia de dos personas que podrían ver afectada su salud en caso de no contar con los sistemas de protección adecuados.

En particular, el zodme Ticutá presenta riesgo aceptable ante sismos desencadenados por el embalse, en este sector permanecen alrededor de 70 personas. Por su parte, la subestación 44kv Villa Luz, el Polvorín el taller ATB se encuentran con riesgo inaceptable frente a riesgo sísmico desencadenado por el embalse, estos últimos con una y 48 personas respectivamente.

El Relleno Sanitario Bolívar presenta un riesgo aceptable ante la ocurrencia de sismos desencadenados por el embalse, en la cual se encontrarían dos personas en operación.

En cuanto a los elementos estructurales, podrían presentarse afectaciones en la presa ante modificaciones extremas de caudal, presentando un riesgo inaceptable debido a que podrían generarse fallas estructurales. No obstante, ante falla o rotura el riesgo resulta aceptable, dada la baja probabilidad de ocurrencia del fenómeno.

La vía del proyecto Puerto Valdivia-Presa califica con riesgo inaceptable a tolerable ante la ocurrencia de modificaciones extremas de caudal.

Campamentos y vías sustitutivas con nivel de riesgo inaceptable ante la ocurrencia de sismos desencadenados por el embalse. Asimismo, algunos zodmes presentarían riesgo ante el escenario de sismos desencadenados por el embalse, falla de la presa aguas abajo y modificaciones extremas de caudal, sin embargo, dado que la mayoría están clausurados las pérdidas no serían mayores.

## B. Riesgo social

El riesgo social para las amenazas endógenas está representado por el total de personas presentes en instalaciones con manipulación de sustancias peligrosas y demás infraestructura del proyecto expuesta, material detonante y/o explosivo, los campamentos del proyecto y asentamientos humanos cercanos al proyecto.

De acuerdo con el riesgo por falla de la presa aguas abajo y modificaciones extremas de caudal, alrededor de 236 centros poblados podrían presentar afectaciones debido a la extensión del área de afectación del área de inundación.

Algunas estructuras como casa de máquinas y caverna de transformadores, así como algunas galerías y conducción presentan áreas con riesgo inaceptable en caso de materializarse un desastre producto de un sismo desencadenado por el embalse, en estas zonas se encuentran más de 1520 personas bajo la situación actual del proyecto.

Por su parte, muchas de las unidades de viviendas presentes en el área de afectación del riesgo por sismo desencadenado por el embalse tienen un nivel inaceptable. Algunas de estas viviendas se encuentran dispersas, sin embargo, hay otras con concentraciones importantes con alrededor de más de 50 unidades de vivienda.

Ante falla de la presa aguas abajo y modificaciones extremas de caudal las viviendas y asentamientos más afectados, corresponden con aquellos ubicados aguas abajo del proyecto, la mayoría de estos comprenden niveles de riesgo de tolerable a inaceptable.

Diferentes sitios con almacenamiento de sustancias peligrosas se encuentran sobre niveles de riesgo aceptables a tolerables ante escenarios de derrames e incendios y/o explosiones, en estos se encuentran más de 300 personas, por lo que las afectaciones podrían ser controladas dadas las condiciones de seguridad de los espacios y el manejo adecuado por parte de las personas.

Dada la convergencia de elementos, es importante anotar que ante la ocurrencia de eventos concatenados las afectaciones sobre los individuos serían mayores, equivalentes con el nivel de riesgo de inaceptable.

### C. Riesgo socioeconómico

El riesgo socioeconómico se estima a partir de reconocer la infraestructura productiva, los bienes de interés cultural, infraestructura pública y sitios de captación de agua en contraste con los niveles de riesgo obtenidos para cada escenario.

En este sentido, es necesario reconocer que los municipios que se encuentran en el área de afectación de los escenarios tienen una estrecha relación con los cuerpos de agua existentes, lo que implica que las alteraciones sobre este medio ante la ocurrencia de un desastre ocasionarían niveles de riesgo importantes. De acuerdo con lo anterior, el núcleo de La Mojana, serían los más afectados, debido a su alta exposición en las zonas inundables y bajas, donde convergen escenarios de riesgo relacionados con modificaciones extremas de caudal y falla de la presa aguas abajo, presentando todos los niveles de riesgo según su grado de exposición al área de afectación. Ante escenarios de sismo inducido por el embalse los niveles de riesgo son de aceptable y tolerable.

Los departamentos de Antioquia, Sucre, Córdoba y Bolívar contienen los municipios donde se impactarían las actividades agrícolas, pecuarias, sistemas agroforestales, asentamientos (actividades comerciales), cuerpos de agua naturales (pesca u otros cultivos como arroz) y minería tanto de oro como explotación artesanal de arena de río. Los mayores niveles de riesgo sobre los sistemas productivos son los que se encuentran más cerca de la represa, en especial los ubicados en Antioquia y en el Núcleo de La Mojana, en estos los niveles de riesgo tolerable son representativos ante los escenarios de modificaciones extremas de caudal y falla de la presa aguas abajo.

No obstante, muchas de las áreas afectadas corresponden con los cascos urbanos de municipios como Puerto Valdivia, Puerto Antioquia, Cáceres, Caucasia y Nechí, se afectarían actividades productivas relacionadas con la prestación de servicios comerciales y administrativos.

Así mismo se debe tener en cuenta que las comunidades campesinas que se encuentran ubicadas a orillas del río Cauca, pueden ver afectadas su economía en caso de que se llegara a presentar un evento de inundación producto de modificaciones extremas de caudal y falla de la presa aguas abajo, esto se debe a que las cosechas de arroz son el producto más demandado en los mercados municipales y regionales.

La importancia de la ganadería en los municipios de Antioquia, Córdoba, Bolívar y Sucre resulta de ser una de las actividades con más daños y pérdidas en aquellas áreas ubicadas sobre zonas inundables, por lo que presentaría niveles de riesgo de tolerables a inaceptables ante escenarios de modificaciones extremas de caudal y falla de la presa aguas abajo.

En cuanto a la actividad minera, se podrían presentar pérdidas para las familias y empresas especializadas en zonas de inundaciones producto de fluctuaciones del caudal ante escenarios de riesgo extremos, así como los ingresos de los municipios por impuestos y regalías, sería crítica e incalculable, puesto que los censos mineros no incluyen a toda la población dedicada a la extracción del mineral. Esto se debe a que sobre las riberas del río Cauca y Nechí es normal encontrar numerosos entables y maquinarias como dragas utilizadas por el pequeño minero, lo que devela la dependencia de esta actividad, por tanto, presenta niveles de riesgo que va de inaceptables a tolerables.

En relación con la infraestructura pública de líneas vitales, oleoductos, gasoductos, vías, puentes, infraestructura del proyecto y demás, su ubicación sobre el área de afectación de la amenaza, la probabilidad de ocurrencia y la exposición de los elementos les atribuye los tres niveles de riesgo. Esta condición revela que las estructuras de servicio antes relacionadas pueden evidenciar una variación de las consecuencias, debido al nivel de amenaza de inundación definida con umbrales de afectación en personas y estructuras.

Es importante mencionar, que muchos de los equipamientos afectados serían del tipo institucional. Estos han sido afectados previamente por inundaciones producto de amenazas exógenas, sin embargo, no se han presentado los soportes adecuados ni procesos de reubicación, por lo que inundaciones producto de modificaciones extremas de caudal y falla de la presa aguas abajo generaría un nivel de riesgo inaceptable.

Respecto a los sitios de captaciones, los niveles de riesgo van de aceptable a tolerable, sin embargo son áreas de poca extensión dada la ubicación puntual de estas captaciones, aun así podrían representar alteraciones en las dinámicas de consumo de agua.

El único patrimonio arquitectónico identificado se encuentra en el municipio de San Benito Abad: la Basílica Menor del Señor de los Milagros, para este no se presenta nivel de riesgo.

#### D. Riesgo ambiental

El riesgo ambiental se determina con base en los análisis de riesgo y los elementos relacionados con áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos.

Las áreas protegidas corresponden con uno de los elementos más expuestos en niveles de riesgo predominantemente de tolerables a inaceptables, esto se debe a afectaciones de áreas como el Distrito Regional de Manejo Integrado Ciénagas El Sapo y Hoyo Grande, la zona ribereña del río Cauca y el Distrito de Manejo Integrado de los recursos naturales del complejo de humedales de Ayapel relacionadas con las alteraciones que se pueden ocasionar sobre los componentes de flora y fauna y servicios ecosistémicos de estas áreas protegidas.

Otro de los elementos con niveles de riesgo entre tolerable e inaceptable comprende los ecosistemas acuáticos como el río Cauca, complejos de humedales, algunos arroyos, ciénagas y zapales. Sobre estos se presentaría una afectación directa ecosistemas acuáticos ante la ocurrencia de desastres como modificaciones extremas de caudal, falla de la presa aguas abajo y derrames. Las variaciones en el caudal y la contaminación del agua, podría ocasionar el atrapamiento de peces, afectación en ciclos reproductivos, alteración de la vegetación riparia que depende del agua y alteración de los servicios ecosistémicos.

En cuanto a las coberturas naturales, la vegetación riparia y la vegetación secundaria o en transición serían las más afectadas, con niveles de riesgo tolerable a inaceptable, esto depende de su dependencia del agua y la dimensión del área de afectación de escenarios asociados con de modificaciones extremas de caudal y falla de la presa aguas abajo.

#### 2.2.6.14.2 Amenazas exógenas

Las amenazas exógenas son fenómenos que provienen del exterior del proyecto hidroeléctrico y no dependen directamente de sus actividades. Estas pueden ser de origen natural o provocado por acción humana. A continuación, se describen los tipos de riesgo para las amenazas clasificadas en esta categoría (ver Tabla 2-25).

##### A. Riesgo individual

El riesgo individual ante una amenaza exógena identificado en el área de afectación se refiere al perjuicio de cada individuo, su grado de exposición asociado a la localización y su capacidad de respuesta ante un escenario de riesgo relacionado a amenazas sísmicas, movimientos en masa, procesos de socavación y erosión, avenidas torrenciales, fenómenos climáticos, incendios forestales, emergencias sanitarias y alteraciones de orden público y social.

Alrededor de 3700 individuos comprenden el plantel de colaboradores del proyecto, en donde cada uno de estos se encuentra bajo una situación de riesgo diferente según las características de cada oficio, en este sentido los individuos que se encuentran ejecutando trabajos de obras van a verse mayormente expuestos ante diferentes fenómenos naturales, en relación a las personas que realizan trabajos de oficina o dentro de las instalaciones, por ende los individuos que trabajen en obras van a sufrir niveles de riesgo superiores, debido su constante interacción con el entorno natural y en donde, bajo condiciones climáticas extremas se favorecerá la materialización de movimientos en masa, erosión, socavación, avenidas

torrenciales, fenómenos climáticos e incendios forestales. Además, las capacidades de atención y respuesta de cada individuo mitigarán las lesiones o fatalidades que se puedan generar.

Los individuos que se encuentran en las diferentes cabeceras municipales y viviendas aisladas dentro del área de afectación presentarán diferentes grados de riesgo según sus ocupaciones y el lugar donde las desarrolle, eventualmente un individuo con su producción (cultivos, producción pecuaria, agricultura, etc.) ubicada en una zona de laderas y pendientes considerables va a percibir mayor el impacto ante una avenida torrencial o un movimiento en masa, en relación a un individuo ubicado en zonas llanas.

Las emergencias sanitarias asociadas a causas exógenas están estrechamente relacionadas al contacto entre las personas y a sus dinámicas migratorias dentro del área de afectación, por ende, los individuos que se encuentren mayormente aislados y sus oficios no representen un constante contacto con las demás personas tendrán un menor riesgo de contagio a las personas ubicadas en centros densamente poblados o que frecuenten espacios cerrados, aglomerados y con constante flujo de individuos, para el caso específico del riesgo ante COVID - 19 en el proyecto, durante el año 2021 se reportaron 2672 individuos aislados, 571 individuos positivos para el virus y 4 decesos.

En cuanto a las alteraciones de orden público y social, estas tendrán el potencial de afectar directamente a las personas que se encuentren circundantes al lugar en donde se dé la materialización de la amenaza, por ende, su riesgo a sufrir lesiones o afectaciones es mayor en relación a personas por fuera del lugar en donde esta se presenta, ya que se pueden ver agredidos físicamente, además de verse interrumpidas sus dinámicas migratorias de una región a otra y el transporte de alimentos, insumos, y materias primas para las diferentes actividades productivas y obras que se den dentro del área de afectación.

#### B. Riesgo social

Dentro del áreas de afectación se encuentran 237 asentamientos asociados a centros poblados, en donde el riesgo de cada uno de estos se asocia al grado de exposición frente una amenaza exógena. Las características del terreno y las condiciones climáticas extremas favorecerán o mitigarán la materialización de movimientos en masa, procesos erosivos, fenómenos climáticos, avenidas torrenciales e incendios forestales, sin embargo, el nivel de riesgo ante amenazas sísmicas será asociado a los protocolos constructivos de las diferentes estructuras que integran los centros poblados, a las medidas de mitigación y prevención ante desastres implementadas en cada asentamiento, a su localización en zonas con registros de mayor o menor sismicidad y la magnitud e intensidad asociada a dicho evento.

El riesgo social en el área de afectación, asociado al personal que integra la totalidad de las obras del proyecto es fuertemente mitigado, por medio de los estrictos controles y normas que se llevan a cabo en cada una de las zonas de trabajo, para la prevención y mitigación de amenazas exógenas (movimientos en masa, procesos erosivos y de socavación, avenidas torrenciales, fenómenos climáticos e incendios forestales) que se puedan presentar en vista del

entorno natural bajo el cual se desarrolla el proyecto, además los protocolos de sismos resistencia bajo el cual son levantadas las diferentes estructuras reafirman la seguridad operativa que se presenta en cada una de las áreas. Eventualmente el riesgo social asociado a obras subterráneas será mayor al riesgo asociado a trabajos en superficie con relación a eventos sísmicos, movimientos en masa y avenidas torrenciales.

En cuanto a las emergencias sanitarias detonadas por agentes externos, prevalece el impacto del riesgo al contagio por medio del contacto estrecho que puedan llegar a presentarse entre los diferentes centros poblados e infraestructuras del proyecto y las medidas de prevención y control que se tengan implementadas para la mitigación de emergencias sanitarias, en donde para el caso del COVID-19 se reportó una población de 571 casos positivos.

Las alteraciones de orden público y social que se materialicen en determinadas zonas específicas afectarán las conectividades de los diferentes asentamientos humanos espacializados dentro del área de afectación, en donde se impactarán sus actividades comerciales y el flujo de insumos y alimentos en la región.

### C. Riesgo socioeconómico

El riesgo socioeconómico es influenciado por las áreas de importancia social y económica dentro del área de afectación, las cuales se asocian a las áreas de infraestructura pública, infraestructura productiva, bienes de interés cultural, sistemas de captación y empresas e infraestructuras que manejan sustancias peligrosas, que pueden sufrir impactos debido a amenazas exógenas asociadas a movimientos en masa, sismos, procesos erosivos y de socavación, avenidas torrenciales, fenómenos climáticos e incendios forestales, en donde la mayoría de estos son favorecidos por las características topográficas del terreno y las prolongadas e intensas precipitaciones que se puedan presentar.

Las áreas de afectación presentes en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Sucre y Córdoba presentan una variedad de cascos urbanos que dependen de las actividades pecuarias, agrícolas, plantaciones forestales y cuerpos de agua para atender sus demandas. Por ende, la prevención y mitigación del riesgo socioeconómico se da por medio de diferentes acciones, en donde la protección de bosques, la construcción adecuada de zanjas y sistemas de evacuación de aguas, estrictos protocolos de control de fugas o derrames de sustancias peligrosas, el constante mantenimiento y monitoreo de las captaciones y los debidos estándares de construcción y mantenimiento preventivo requerido por las infraestructuras ubicadas dentro del área de afectación favorecen la capacidad de atención y respuesta de la amenaza, lo que mitiga el riesgo asociado.

Sin embargo, se debe tener en cuenta el grado de exposición de cada comunidad específica, en donde eventualmente Puerto Valdivia y demás cascos urbanos localizados sobre el río Cauca y cualquier otro río o quebrada dentro del área de afectación, presentan niveles de riesgo mayores en cuanto a avenidas torrenciales y procesos erosivos y de socavación, capaces de afectar la infraestructura productiva y pública.

En cuanto a las emergencias sanitarias y sus características de propagación se deben de tomar medidas de reducción y manejo de infecciones que inciden negativamente en las actividades productivas asociadas al comercio, agricultura y producción pecuaria presentes en cada región y por ende su economía.

Las alteraciones de orden público y social representan un riesgo socioeconómico que inciden negativamente en las dinámicas de las comunidades y en el flujo de bienes y servicios que sustentan la economía, en caso de materializarse dicha amenaza cerca a empresas o infraestructuras que almacenen sustancias peligrosas, se verían expuestas las áreas ambientalmente sensibles, los ecosistemas acuáticos, la infraestructura pública y productiva circundante a la amenaza, en vista de los bloqueos, incineraciones, explosiones y retenciones que se pueden presentar.

#### D. Riesgo ambiental

El riesgo ambiental se analiza a partir de los elementos expuestos asociados a áreas ambientalmente sensibles, coberturas naturales y ecosistemas acuáticos presentes en el área de afectación de los departamentos de Antioquia, Sucre, Córdoba y Bolívar, donde el análisis de riesgo determino los tres niveles en las diferentes áreas protegidas expuestas.

Las amenazas exógenas representan un riesgo constante para las diferentes áreas protegidas expuestas, en donde las amenazas asociadas a procesos erosivos y de socavación tendrán mayor incidencia en la zona ribereña del río Cauca y demás ríos y quebradas ubicados en el área de afectación, los movimientos en masa, avenidas torrenciales, incendios forestales tendrán mayor incidencia en áreas asociadas a bosques naturales, vegetación secundaria y vegetación ripiaría, ya que las coberturas naturales y ambientalmente sensibles pueden llegar a sufrir alteraciones en las características de los suelos y pérdidas de coberturas, además los cambios abruptos de las condiciones climáticas en determinado tiempo y la variedad topográfica pueden detonar o mitigar la materialización de cada amenaza en el área de afectación, por esto los niveles de riesgo son predominantemente tolerables e inaceptables.

Los fenómenos climáticos representan un riesgo tolerable e inaceptable para los ecosistemas acuáticos como los complejos de ciénagas, humedales, río Cauca y demás ríos y quebradas que, ante la variación del caudal, se podrían afectar las características de dichos sistemas, en donde las especies que los integran se verían sometidas a niveles de estrés que repercutiría en la cantidad de especies y los servicios ecosistémicos brindados.

Las emergencias sanitarias no representan un nivel de riesgo ambiental ya que estas inciden directamente en la salud de las personas y por ende en las áreas en donde se encuentran.

Por último, las alteraciones de orden público y social representan los tres niveles de riesgo, debido a las incineraciones de materiales, explosiones y bloqueos a los cuales se podrían ver expuestas y afectadas las áreas ambientalmente sensibles y ecosistemas acuáticos, además de presentarse un evento de estos cerca de una empresa o infraestructura que maneje sustancias

peligrosas, ante una eventual fuga o derrame a causa de un atentado, se podrían dispersar las diferentes sustancias químicas en los ecosistemas y coberturas con el potencial de afectar las características físico- químicas, afectando las condiciones de vida y las dinámicas de las especies.