



SNI

Sistema Nacional de Inversiones

METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

Documento elaborado por la División de Evaluación Social de Inversiones

Diciembre, 2024





La *Metodología complementaria para la evaluación de riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública* es una herramienta desarrollada para apoyar la toma de decisiones sobre la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública. Toda la información utilizada en la aplicación de esta metodología es responsabilidad exclusiva de la institución que la proporciona. El Ministerio de Desarrollo Social y Familia realizará la revisión conforme a los parámetros de evaluación social de proyectos, y en ningún caso, sobre la definición o aprobación de zonas de riesgo para la construcción de proyectos de inversión.

Esta metodología no es una herramienta para determinar zonas de riesgo de desastres en Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), por lo tanto, cada proyecto de inversión deberá considerar los lineamientos de los IPT y de la Ley General de Urbanismo y Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo para analizar su factibilidad, además de cumplir con las Normas, Instrucciones y Procedimientos de Inversión Pública (NIP) y los Requisitos de Información Sectorial (RIS) respectivos.





CONTENIDOS

ACRÓNIMOS	5
1 INTRODUCCIÓN.....	6
2 OBJETIVOS Y ALCANCE	7
2.1 OBJETIVO	7
2.2 ALCANCES DE LA METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA	7
3 MARCO CONCEPTUAL	8
3.1 POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES	8
3.2 CONCEPTOS REDUCCIÓN RIESGO DE DESASTRES (RRD)	9
3.3 CONCEPTOS EN EL CONTEXTO DEL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES (SNI).....	11
3.4 MEDIDAS DE GESTIÓN	13
4 METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA.....	16
4.1 ANÁLISIS DE AMENAZAS	17
4.2 CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO DE DESASTRES (IRD).....	22
4.3 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO	34
4.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN MÁS CONVENIENTE	38
4.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO CON PERSPECTIVA DE GÉNERO INCLUSIVA PARA LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN SELECCIONADA	45
5 BIBLIOGRAFÍA	51
6 ANEXOS.....	53
ANEXO N° 1. GLOSARIO	53
ANEXO N° 2. CUESTIONARIO DE EXPOSICIÓN A POTENCIALES AMENAZAS	57
ANEXO N° 3. PONDERADORES Y ESTRUCTURA MODELO MULTICRITERIO DE RIESGO DE DESASTRES	58





Índice de Tablas

Tabla N° 1. Factores y subfactores de vulnerabilidad y resiliencia.	30
Tabla N° 2. Pasos para la identificación de medidas de gestión de riesgo.....	38
Tabla N° 3. Ejemplo de configuración de opciones de medida de gestión.	38
Tabla N° 4. Ejemplo selección de medida de gestión más conveniente	40
Tabla N° 5. Comparación de alternativas de proyecto sin opciones de medidas de gestión de riesgo....	41
Tabla N° 6. Comparación de alternativas de proyecto sin opciones de medidas de gestión de riesgo...	42
Tabla N° 7. Comparación de alternativas de proyecto con opción de medidas de gestión.....	43
Tabla N° 8. Consideraciones para el diseño con perspectiva de género inclusiva	45

Índice de Figuras

Figura N° 1.. Curva de restauración del sistema post- desastre.....	14
Figura N° 2. Diagrama de Proceso Proyecto de Inversión Pública	16
Figura N° 3. Pasos de aplicación de la metodología complementaria	17
Figura N° 4. Componentes del área de estudio.....	18
Figura N° 5. Unidad Funcional Proyecto Agua Potable Rural (APR).	19
Figura N° 6. Unidad Funcional del proyecto.....	20
Figura N° 7. Identificación de amenazas del territorio mediante visor web “Chile Preparado”	21
Figura N° 8. Cuantificación del Índice de Riesgo de Desastres.....	23
Figura N° 9. Umbrales de tolerancia según amenaza y criticidad de servicio.....	35
Figura N° 10. Medidas de Gestión de Riesgo.	36





Acrónimos

CONAF	Corporación Nacional Forestal
IRD	Índice de Riesgo de Desastres
MAH	Marco de Acción de Hyogo
MDSF	Ministerio de Desarrollo Social y Familia
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
NIP	Normas, Instrucciones y Procedimientos de Inversión Pública
ONEMI	Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior
PNGRD	Política Nacional para la Reducción de Riesgo Desastre
PNGRD	Plan Estratégico Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
RIS	Requisitos de Información Sectorial
SENAPRED	Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SNI	Sistema Nacional de Inversiones
UNISDR	Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres





1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales desafíos que enfrenta Chile es la realización de obras de infraestructura en territorios históricamente afectados por desastres. Esta situación ha tenido consecuencias graves, no solo en la pérdida de vidas humanas, sino también en el fuerte impacto social y económico, reflejado en la destrucción de viviendas, la caída de puentes y edificios, el colapso de carreteras y puertos, así como los daños a las redes de agua potable, alcantarillado, electricidad y comunicaciones (SERNAGEOMIN, 2017).

En el contexto actual de cambio climático y desarrollo sostenible, surge la necesidad de mitigar los efectos negativos de los desastres y eventos extremos. A nivel global, los países en desarrollo enfrentan mayores pérdidas económicas, con un promedio de pérdida anual del 1% de su Producto Interno Bruto (PIB), en contraste con los países desarrollados, donde las pérdidas oscilan entre el 0,1% y el 0,3% del PIB (UNFCCC, 2022; INE, 2023). La región de Asia-Pacífico, por ejemplo, enfrenta un costo anual del 1,6% del PIB debido a desastres, mientras que los sectores más vulnerables dentro de estos países son los más afectados por estos eventos (Banco Mundial, 2010).

En Chile, la frecuencia e impacto de los desastres han aumentado significativamente en los últimos años, con eventos destructivos como terremotos, erupciones volcánicas, aluviones, tsunamis e incendios que han afectado diversas regiones del país. En términos de infraestructura, estos desastres han implicado una pérdida aproximada de US\$ 33.200 millones entre 1985 y 2020, lo que equivale a un promedio anual de US\$ 950 millones (SERNAGEOMIN, 2017). Esta cifra es comparable al 37,5% de la inversión anual del Ministerio de Obras Públicas en los últimos años, lo que destaca la urgencia de gestionar adecuadamente los riesgos y daños asociados a estos eventos.

Dado que la presencia humana y sus actividades en el territorio seguirán aumentando, es fundamental incorporar un enfoque integral en la gestión del riesgo de desastres en la evaluación social de proyectos. En este sentido, la actualización de la **metodología complementaria para la evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública** (en adelante “metodología RRD”) se alinea con los compromisos internacionales adquiridos por Chile, como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III, el Acuerdo de París sobre Cambio Climático y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, y da continuidad al trabajo realizado bajo el Plan Estratégico Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) 2015-2018, para integrar la variable de riesgo de desastres en el Sistema Nacional de Inversiones en 2017 y que culminó con la publicación oficial en 2022.

La presente actualización de la metodología RRD busca que los proyectos de infraestructura pública sean resilientes al riesgo de desastres y capaces de reducir el riesgo de desastres, promoviendo la equidad y la justicia social, integrando además el **enfoque de género**, el cual permite analizar las diferencias en las capacidades y experiencias de mujeres y otros grupos vulnerables frente a los desastres.





2 OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1 OBJETIVO

La metodología RRD tiene por objetivo incorporar el análisis y evaluación del riesgo de desastres en la formulación y evaluación de proyectos presentados al Sistema Nacional de Inversiones (SNI). Esto permitirá entregar orientaciones a quienes formulan, evalúan y toman decisiones en torno a las posibilidades de proyectar y ejecutar proyectos de infraestructura en territorios expuestos a amenazas, al considerar no sólo su pertinencia, sino también al permitir la adopción de medidas de mitigación al riesgo de desastres y adaptación al cambio climático, integrando el análisis diferenciado entre las capacidades y experiencias de mujeres y otros grupos vulnerables frente a los desastres.

2.2 ALCANCES DE LA METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA

La metodología RRD debe ser aplicada de manera complementaria al análisis técnico y económico de proyectos que ingresan al SNI, tanto en la formulación como en la evaluación, para determinar la alternativa de proyecto más conveniente en términos socioeconómicos. Su aplicación estará orientada a proyectos de construcción, reposición, habilitación, mejoramientos, ampliaciones mayores y normalizaciones, en fase de preinversión, específicamente al momento de elaborar el perfil del proyecto o según los requerimientos definidos por el sector, siguiendo los requisitos sectoriales para la formulación de proyectos.

Ésta contiene las indicaciones para evaluar el riesgo de desastres asociado a las siguientes amenazas: inundación por tsunami, erupciones volcánicas, remoción en masa por flujos e incendios forestales. No obstante, cuando el emplazamiento del proyecto se encuentre expuesto a cualquier otro tipo de amenazas no detalladas en esta metodología, tales como: fallas corticales, inundaciones pluviales y fluviales, marejadas, entre otras, quien formula deberá analizarlas y efectuar consideraciones al proyecto que permitan obtener una mayor resiliencia en su operación.

Esta metodología está enfocada exclusivamente a la reducción del riesgo de desastres en proyectos de edificación pública, edificaciones administrativas y edificaciones para la entrega de servicios públicos, tales como hospitales, jardines infantiles, gimnasios, entre otros. Para el caso de proyectos en redes, tales como redes de caminos y redes de agua potable, se deberá identificar previamente las secciones territoriales o sectores amenazados del proyecto donde se aplicará, mientras que proyectos que involucren incremento de resiliencia de un barrio o de un territorio, el análisis deberá considerar la exposición de las viviendas (a escala de manzana Censal INE o entidades).

La aplicación de esta metodología permitirá orientar soluciones para mejorar la resiliencia del territorio frente a amenazas socio-naturales. Esto incluye la implementación resiliente, como parques, muros de contención y otras medidas que contribuyan a incrementar la capacidad del territorio para afrontar riesgos y, en consecuencia, reducir la probabilidad y el impacto de desastres.

Finalmente, la metodología RRD no sustituye a los planes o proyectos diseñados para la reducción del riesgo de desastres en el territorio. Por lo tanto, dichos planes deberán incorporar herramientas más avanzadas para una evaluación integral del riesgo de desastres a escala territorial.





3 MARCO CONCEPTUAL

3.1 POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES

La actual Política Nacional para la Reducción de Riesgo Desastre (PNGRD), aprobada mediante Decreto 434 de 2020 [Ministerio del Interior y Seguridad Pública; Subsecretaría del Interior], tiene como objetivo “Establecer las directrices para fortalecer la GRD, impulsadas y coordinadas desde el Estado de Chile, que consideren todo el ciclo de gestión del riesgo, fomentando una articulación sinérgica entre los diversos actores de la sociedad, en pos del desarrollo sostenible y el carácter resiliente de territorios y comunidades”.

La política se encuentra enmarcada dentro del Marco de Acción de Hyogo (MAH), que fue aprobado en la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, celebrado en Kobe, Hyogo (Japón) el año 2005. Este marco tuvo un periodo de duración de 10 años y su principal objetivo fue el “aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres”.

En marzo del 2015 se celebró en Sendai, Miyagi (Japón), la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, ocasión en que se aprobó el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

El Marco de Sendai es el instrumento sucesor del Marco de Hyogo (2005-2015) que desarrolla la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, siendo el primer marco de política mundial de la agenda de las Naciones Unidas para después de 2015. El Marco de Sendai vincula la reducción del riesgo de desastres con los desafíos de desarrollo y resiliencia.

Desde 2015, Chile ha adoptado una serie de instrumentos promovidos por las Naciones Unidas para avanzar hacia el desarrollo sostenible. Entre estos se destacan la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III, el Acuerdo de París sobre Cambio Climático y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. A través de estos compromisos internacionales, el país se ha propuesto implementar estos lineamientos estratégicos, enfocándose en reducir las brechas identificadas en los diagnósticos nacionales y fomentar un desarrollo más inclusivo y resiliente.

Para implementar las políticas globales de Reducción del Riesgo de Desastres, Chile creó en 2021 el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED) mediante la Ley N° 21.364. Este servicio reemplazó a la antigua Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI) y tiene como objetivo fortalecer la prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación ante desastres naturales y emergencias. SENAPRED opera bajo una estructura descentralizada, involucrando activamente a las comunidades en los niveles comunal, regional y nacional para mejorar la resiliencia y respuesta ante situaciones de emergencia.

En 2020 se establecen las bases renovadas del Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2020-2021 (PNGRD), inspirado en las prioridades del Marco de Sendai, y que contempló cinco ejes prioritarios y resultados esperados al 2030:

- 1) **Comprender el riesgo de desastres:** Chile poseerá una estructura que le permita a la sociedad chilena comprender su entorno, el riesgo de éste y sus potenciales impactos, de forma prospectiva y multidimensional.





- 2) **Fortalecimiento la gobernanza de la gestión del riesgo de desastres e los sistemas de monitoreo y alerta temprana:** Chile contará con una institucionalidad que promueva la colaboración y coordinación de los distintos sectores, así como la participación de los actores nacionales, para una eficiente y efectiva GRD que aporte al desarrollo sostenible del país.
- 3) **Planificar e invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia:** Chile poseerá mecanismos permanentes y eficientes que promuevan la inversión y protección financiera, pública y privada, para aumentar la resiliencia.
- 4) **Proporcionar una respuesta eficiente y eficaz:** Chile fortalecerá su capacidad de preparación a fin de dar una respuesta eficiente y eficaz ante desastres.
- 5) **Fomentar una recuperación sostenible:** Chile promoverá la RRD en sus procesos de recuperación integrales como estrategia para la sostenibilidad del desarrollo nacional.

Para cumplir con el Eje Estratégico 3, se conformaron mesas de trabajo interinstitucionales encargadas de abordar sus objetivos específicos. En particular, el Objetivo Estratégico 3.1 establece: "*Implementar medidas estructurales para reducir la vulnerabilidad física de edificaciones e infraestructura crítica*". La responsabilidad de este objetivo recae en el Ministerio de Desarrollo Social y Familia, que elaboró un documento con criterios de resiliencia frente al riesgo de desastres para infraestructura pública. Estos criterios se integraron en las Normas, Instrucciones y Procedimientos de Inversión Pública (NIP) y en los Requisitos de Información Sectorial (RIS) del Sistema Nacional de Inversiones.

Esta iniciativa da continuidad al trabajo desarrollado en el marco del Plan Estratégico Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018, específicamente en el Eje Estratégico 4, enfocado en la "*Reducción de los Factores Subyacentes del Riesgo*". En este contexto, el Objetivo Estratégico 4.5 planteaba la necesidad de "*Incorporar variables de reducción del riesgo de desastres en los sistemas de evaluación social y de impacto ambiental de proyectos*". Este enfoque fue desarrollado en 2017 y culminó con la publicación oficial en 2022 de una metodología que permite analizar y evaluar el riesgo de desastres en proyectos de inversión pública.

Los enfoques transversales de esta política incluyen principios que deben integrarse en todas sus acciones y objetivos. Entre ellos destaca el **enfoque de género**, que enfatiza la importancia de reconocer y abordar las diferencias entre mujeres y hombres en todas las políticas. Este enfoque busca desafiar las relaciones de poder que perpetúan la desigualdad, influenciando la división del trabajo y los valores asociados a la masculinidad y feminidad.

Asimismo, se incorporan el **enfoque de derechos humanos**, orientado a reducir desigualdades, el **desarrollo humano**, centrado en fortalecer la resiliencia social y ambiental, así como principios claves como la **transparencia**, el **acceso a la información**, la **rendición de cuentas**, la **participación ciudadana** y la **inclusión social**, promoviendo una gestión equitativa y sostenible.

3.2 CONCEPTOS REDUCCIÓN RIESGO DE DESASTRES (RRD)

El Plan Nacional de Protección Civil, oficializado mediante Decreto Supremo N° 156 del Ministerio del Interior y Seguridad Pública del año 2002, corresponde a un instrumento indicativo para la Gestión Integral del Riesgo, descentralizada de acuerdo con las realidades específicas de riesgos y de recursos de cada área geográfica del país. Este Plan indica que la acción principal de la Protección Civil está centrada en el concepto de riesgo.





Riesgo corresponde a “la potencialidad de experimentar daños y pérdidas de vidas humanas, sociales, económicas o ambientales en un área particular y durante un período de tiempo definido, como consecuencia de la interacción dinámica entre alguna amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos” (ONEMI, 2016^a).

El año 2009, la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) define como Riesgo de Desastre a las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro. Igualmente, se considera que la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) corresponde a los esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y el mejoramiento ante los eventos adversos (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2014).

En el ámbito de la reducción del riesgo de desastres (RDD) se distinguen cuatro componentes: **Amenazas, Exposición, Vulnerabilidad y Resiliencia.**

3.2.1 Amenaza

Una amenaza es considerada como fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños y trastornos a la población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente (ONEMI, 2016^a).

Se evalúan en función de su intensidad o magnitud, frecuencia, duración y ubicación espacial, según el fenómeno a caracterizar. Se considera un factor externo (ONEMI, 2016^a).

3.2.2 Exposición

Está definida por la localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas (ONEMI, 2016^a).

Permite identificar los elementos susceptibles de ser afectados, emplazados en áreas de amenaza. Es un *sine qua non*¹ para expresar el riesgo de desastres, transformándose en la componente que permite que la interrelación entre amenaza y vulnerabilidad se traduzca en un determinado escenario de riesgo (ONEMI, 2016^a).

3.2.3 Vulnerabilidad

Características propias de la población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente, que los hacen susceptibles a sufrir trastornos, daños o pérdidas, por el impacto de una determinada amenaza (ONEMI, 2016^a).

Pueden clasificarse según diferentes tipologías tales como: sociodemográficas, económicas, físicas, ambientales, psicológicas, género, entre otras. Se considera un factor intrínseco del elemento a analizar,

¹ “Condición sin la cual no”.





sobre el cual se puede realizar gestión para reducirla. En términos simples, da cuenta de la propensión o predisposición a que un elemento resulte afectado (ONEMI, 2016^a).

3.2.4 Resiliencia

La resiliencia corresponde a un proceso dinámico asociado a la capacidad de un sistema y de sus componentes (tales como: población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente, entre otros) para anticipar, resistir, absorber, adaptar y recuperarse de los efectos de un evento, de manera integral, oportuna y eficaz, incluso garantizando la preservación, restauración o mejora de sus estructuras y funciones básicas (ONEMI, 2016^a).

3.3 CONCEPTOS EN EL CONTEXTO DEL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES (SNI)

El Sistema Nacional de Inversiones (SNI) define a un **proyecto** como una “Iniciativa de inversión cuyo objetivo es el de incrementar, mantener o mejorar la producción de servicios. Se materializa mediante la construcción de infraestructura y provisión de equipamiento cuando es necesario”.

Un proyecto de inversión pública viene a dar solución a un problema identificado que afecta a una determinada población objetivo, la cual corresponde a la **proporción de la población que puede ser sujeto de intervención**, y será la meta del proyecto, constituyendo la base de su alcance.

En este contexto, la **unidad funcional** corresponderá al conjunto dado por el emplazamiento del proyecto (infraestructura física) junto a su entorno inmediato. El entorno inmediato considera a todas aquellas características físicas que determinen el correcto funcionamiento y continuidad del bien y/o servicio que se busca entregar.

Se entenderá por **Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) para un proyecto de inversión** al esfuerzo por reducir los daños y pérdidas que ocasionaría un evento de riesgo en términos de población, infraestructura y servicios que podrían verse afectados en una unidad funcional en un periodo de tiempo, mediante la identificación e implementación de medidas de gestión que permitan reducir el grado de exposición frente a una o más amenazas, y la vulnerabilidad del servicio e infraestructura que forman parte de esa unidad funcional.

3.3.1 Componentes del Riesgo de Desastres

En el marco de la formulación y evaluación de proyectos que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones (SNI) se entenderá por **Riesgo de Desastres (RD) de un proyecto de inversión** a los posibles costos y pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de población, infraestructura, medio ambiente y servicios en una unidad funcional, en un periodo de tiempo específico (ver Anexo 1. Glosario²).

Este fenómeno ocurre por la sinergia entre la exposición frente a una o un conjunto de amenazas, presencia de vulnerabilidad y resiliencia del entorno o proyecto (físico, funcional y social).

² Este Glosario presenta los conceptos clave relacionados con el riesgo de desastres.





3.3.1.1 Amenazas

En el contexto de proyectos de inversión pública, en esta metodología se considerará el análisis de las siguientes amenazas³: inundación por tsunamis, remoción en masa por flujo, erupciones volcánicas, incendios forestales.

3.3.1.2 Exposición

La **exposición** será considerada como la ubicación de la unidad funcional de un proyecto.

3.3.1.3 Vulnerabilidad

Se entenderá por vulnerabilidad a las características de la unidad funcional de un proyecto que lo hacen susceptible a sufrir efectos negativos⁴, impidiendo la continuidad del servicio que presta. La vulnerabilidad será analizada considerando factores físicos, funcionales y sociales.

- **Vulnerabilidad Física:** corresponderá a todos los factores que hacen que el proyecto sea susceptible a verse afectado por alguna amenaza; queda determinada por sus propias características físicas y técnicas (materialidad), que puede afectar a la calidad y/o continuidad del servicio que presta durante o posterior a una catástrofe. Los factores determinantes de la vulnerabilidad física son: material estructura principal, estado actual y plan de mantenimiento.
- **Vulnerabilidad Funcional:** corresponderá a todos los factores que hacen que el servicio que entregará el proyecto sea susceptible a una amenaza, impidiendo o afectando su continuidad operacional durante y posterior a un evento catastrófico. Los factores determinantes que definen que la vulnerabilidad funcional de un proyecto sea mayor o menor dependerán de la criticidad del servicio entregado y la incidencia de los bienes y servicios que provee el proyecto en la economía local.
- **Vulnerabilidad Social:** corresponderá a todas las características sociales de la población objetivo, considerando grupos etarios vulnerables, dependencia física, población potencialmente afectada por interrupción del servicio ante un desastre y población en situación de pobreza. Los factores determinantes de la vulnerabilidad social son: grupos etarios vulnerables predominantes, dependencia física predominante de la población objetivo, población potencialmente afectada por la interrupción del servicio, pobreza por ingresos y pobreza multidimensional.

Para complementar el análisis, es fundamental considerar otros aspectos de la vulnerabilidad social, prestando especial atención a las particularidades de ciertos grupos que podrían ver incrementada su fragilidad tanto durante como después de un desastre.

³ Se excluyen amenaza por terremotos por considerarse que las medidas de mitigación necesarias se encuentran incorporadas en las Normativas de Diseño Sísmico y Construcción Vigentes. No obstante, es de considerar que la normativa sísmica actual apunta al diseño sísmico que evite el colapso inmediato de las edificaciones ante un evento de gran magnitud, con el fin de proteger vidas humanas. Por lo que se está estudiando la manera de incorporar la amenaza en el análisis en futuras actualizaciones de la metodología, para considerar la protección de la infraestructura propiamente tal.

⁴ Deberá entenderse como “efectos negativos” aquellos que reduzcan el nivel del servicio y/o producto que desea entregar un proyecto para una determinada población frente al impacto de una amenaza. Algunos ejemplos corresponden a los siguientes: interrupción a la continuidad del servicio, disminución de la calidad del servicio, disminución en la cantidad entregada del servicio y/o producto, etc.



En este contexto, las características de género y la inclusión de indicadores específicos para identificar vulnerabilidades sociales adquieren relevancia. Esto permite una mejor comprensión de las problemáticas que un proyecto busca abordar, facilitando la implementación de soluciones que reduzcan el riesgo, y su vez, fortalezcan la resiliencia de los grupos más vulnerables.

Entre los indicadores recomendados para este análisis se encuentran el número de jefas de hogar cuidadoras y la cantidad de jefas de hogar monoparentales. Estos datos proporcionan información clave para diseñar intervenciones más efectivas, adaptadas a las necesidades reales de la población.

3.3.1.4 Resiliencia

Corresponderá a la capacidad de restablecer, recuperar o reponer el bien y/o servicio entregado por el proyecto en el menor tiempo posible. La resiliencia será analizada considerando factores físicos (dentro y fuera del emplazamiento del proyecto), funcionales y territoriales.

Capacidad Física dentro y fuera del emplazamiento⁵: corresponderá a todas las medidas de adaptación y/o mitigaciones presentes dentro o fuera del emplazamiento del proyecto⁶, y que darán mayor capacidad de recuperación del bien o servicio durante o posterior a una catástrofe. Los factores determinantes de la capacidad física dentro y fuera del emplazamiento son: instalaciones de protección, mitigación o adaptación dentro del emplazamiento del proyecto y obras existentes de protección y/o mitigación fuera del emplazamiento del proyecto para la misma amenaza.

Resiliencia Funcional: corresponderá a todos los factores relacionados con la capacidad de recuperación del servicio de proyectos de infraestructura pública. Los factores determinantes de resiliencia funcional son: la interdependencia de la red de servicios básicos, plan de continuidad operacional del proyecto, accesibilidad vial para situaciones de emergencia y redundancia del sistema para dar continuidad operacional al proyecto.

Resiliencia Social a Nivel Local: corresponderá a la capacidad de enfrentar catástrofes a nivel local, a través de planes de contingencia (plan de emergencia o de gestión del riesgo) desarrollados a nivel local o municipal. El factor determinante de la resiliencia social a nivel local corresponde al Plan de emergencia o Plan de gestión de riesgo.

3.4 MEDIDAS DE GESTIÓN

Identificar los componentes del riesgo de desastres en una unidad funcional permite analizar las alternativas de solución de proyectos facilitando la evaluación de factores como la materialidad, el diseño y otras variables relevantes que pueden influir en el nivel de riesgo al que estaría expuesta la infraestructura. Así, se asegura que las decisiones sobre la inversión sean informadas y que la infraestructura sea resiliente frente a los posibles desastres, optimizando su seguridad y sostenibilidad a largo plazo.

En el contexto de la formulación y evaluación de proyectos de infraestructura pública, las medidas de gestión que surjan para la **Reducción de Riesgo de Desastre (RRD)** deberán estar enfocadas, por una

⁵ Se entenderá la “capacidad” en el contexto de resiliencia, introducido en la sección 3.2.4, y no a la capacidad entendida en términos de producción de bienes y servicios.

⁶ Emplazamiento del proyecto: Corresponde al área o polígono del terreno donde está ubicado el proyecto.

parte, a reducir la exposición a la amenaza mediante la identificación de medidas como la localización (proyecto nuevo) o relocalización de un proyecto existente; y por otra, a incrementar la resiliencia o reducir la vulnerabilidad del proyecto, a través de medidas de gestión del riesgo, como adaptar la infraestructura a eventos climáticos, adoptar *planes de contingencia*⁷ o incorporar medidas de mitigación al riesgo de desastres.

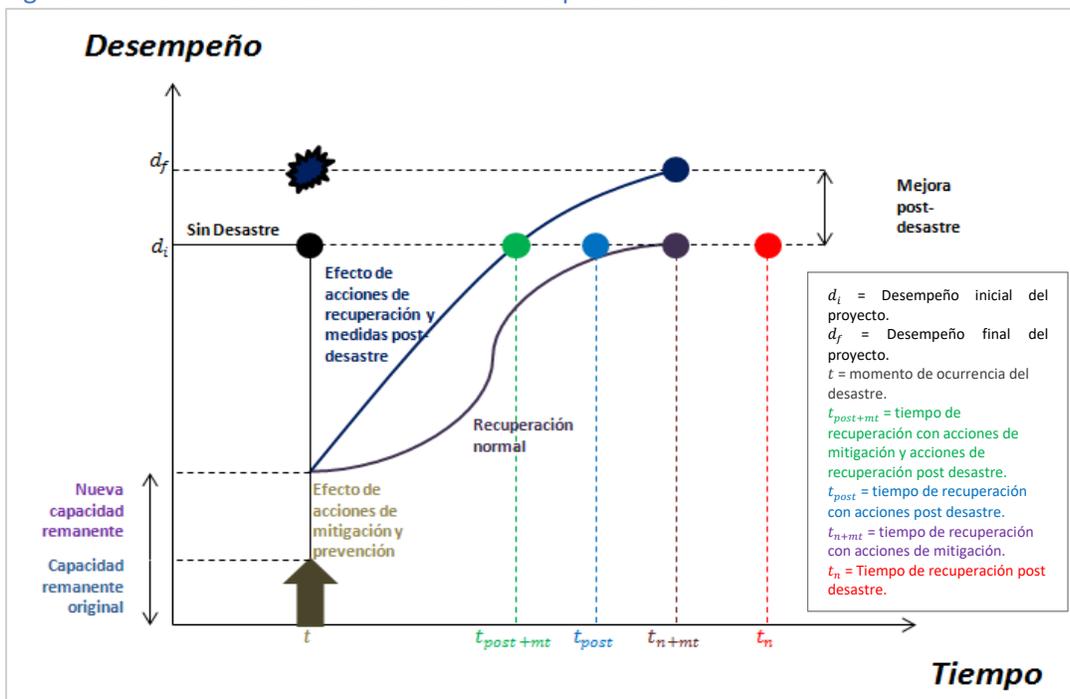
Las medidas de gestión para reducir el riesgo en una unidad funcional tienen dos propósitos:

1. **Reducir la vulnerabilidad** de la unidad funcional mejorando la estructura, calidad de los materiales, tecnología y otros relacionados con la infraestructura propia del proyecto como también del entorno. Si bien un proyecto no se puede hacer cargo de la vulnerabilidad física del entorno inmediato, es importante identificar sus debilidades y recomendar medidas de gestión que permitan asegurar la entrega del servicio, tal como, medidas de adaptación de su infraestructura, dado que un evento de desastre podría causar inhabilitación del acceso, causar daño a su infraestructura, generar daño al servicio o a la población atendida.

2. **Incrementar la resiliencia** de la unidad funcional, es decir, mejorar la capacidad de recuperación de la infraestructura, reposición del servicio o del acceso a éste por parte de la comunidad, considerando dentro de esto último, la recuperación de las vías de acceso a un servicio o infraestructura mediante planes de contingencia.

Esquemáticamente, la siguiente figura muestra cómo las acciones de reducción de la vulnerabilidad pueden influir positivamente en la curva de restauración del sistema:

Figura N° 1. Curva de restauración del sistema post- desastre



Fuente: CNID (2016)

⁷ Ver en Anexo N° 1 (Glosario).



Para la identificación de medidas de gestión riesgo de desastres se analizará cada uno de sus componentes por separado, con el objetivo de obtener medidas focalizadas en resolver los problemas puntuales identificados y que están relacionadas directamente con la intensidad y efecto de cada componente que genera el riesgo sobre la unidad funcional.

Finalmente, la identificación de todas las medidas de gestión facilitará la formulación de medidas de gestión para la reducción del riesgo de desastres. Estas medidas de gestión serán posteriormente sometidas a una evaluación socioeconómica, con el objetivo de seleccionar la opción más adecuada.





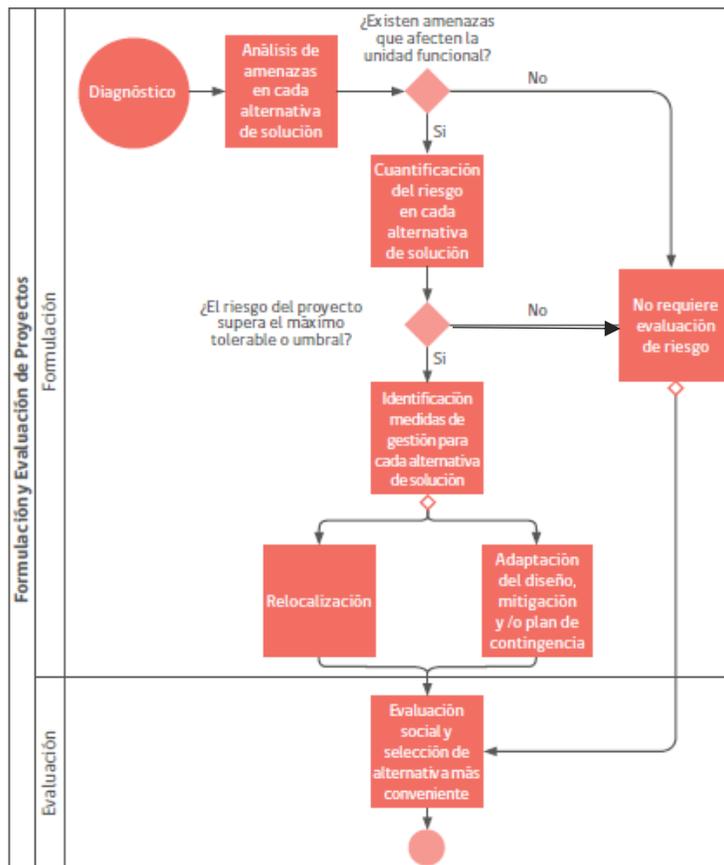
4 METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

Este capítulo describe el proceso de aplicación de la metodología RRD diseñada para el análisis y la evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública. Esta metodología debe aplicarse de manera adicional a la formulación y evaluación de proyectos que ingresan al SNI durante la fase de preinversión. Su propósito es garantizar un análisis integral que incorpore los riesgos asociados a desastres, contribuyendo así a optimizar la sostenibilidad y la resiliencia de las inversiones en infraestructura pública.

Ahora bien, para cada **alternativa de solución** identificada en la formulación del proyecto, se debe efectuar el análisis de amenazas. Si se identifica algún tipo de exposición frente a distintas amenazas (remoción en masa, tsunamis, incendios forestales o erupciones volcánicas), se tendrá que cuantificar el riesgo de desastres, en términos del grado de exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia. Si el **Índice de Riesgo de Desastres (IRD)** estimado supera el máximo tolerable, se deberá identificar y seleccionar el conjunto de opciones de medidas de gestión más convenientes para reducirlo.

La figura N°2 describe los pasos necesarios para realizar el análisis del riesgo de desastres en proyectos que ingresan al SNI.

Figura N° 2. Diagrama de pasos para el análisis del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública



Fuente: Elaboración propia.



La metodología consta de cuatro pasos: (1) Análisis de amenazas, (2) Cuantificación del índice de riesgo de desastres, (3) Identificación de medidas de gestión de riesgo, y (4) Selección de la alternativa de solución más conveniente (Ver Figura N° 3).

Figura N° 3. Pasos de aplicación de la metodología complementaria



Fuente: Elaboración Propia.

El primer paso, **Análisis de Amenazas**, se efectúa el diagnóstico preliminar del territorio, para detectar la exposición a amenazas en la unidad funcional.

El segundo paso de la metodología, **cuantificación del Índice de Riesgo de Desastres**, tiene por objetivo evaluar el nivel de riesgo de desastres de cada alternativa de solución sin medidas de gestión de riesgo, mediante la cuantificación del grado de exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia y, de este modo, plantear medidas de gestión que permitan reducir el IRD cuando este sobrepase el umbral de tolerancia.

El tercer paso de la metodología, **Identificación de Medidas de Gestión**, se deberán proponer opciones o acciones para la reducción del riesgo asociado a la alternativa de solución que se está analizando, tales como: medidas de mitigación, adaptación y planes de contingencia, que permitirán reducir el IRD en distinto grado.

Finalmente, el cuarto paso de la metodología corresponde a la **Selección de Alternativa de Solución** más conveniente para la reducción de riesgo, aplicando el criterio de decisión adecuado, indicado en esta metodología.

4.1 ANÁLISIS DE AMENAZAS

El **análisis de amenazas** tiene por objetivo detectar de manera preliminar la exposición a amenazas en la unidad funcional y verificar la pertinencia de la aplicación de la presente guía metodológica. Para asegurar una adecuada identificación del riesgo en la unidad funcional se debe abordar lo siguiente:



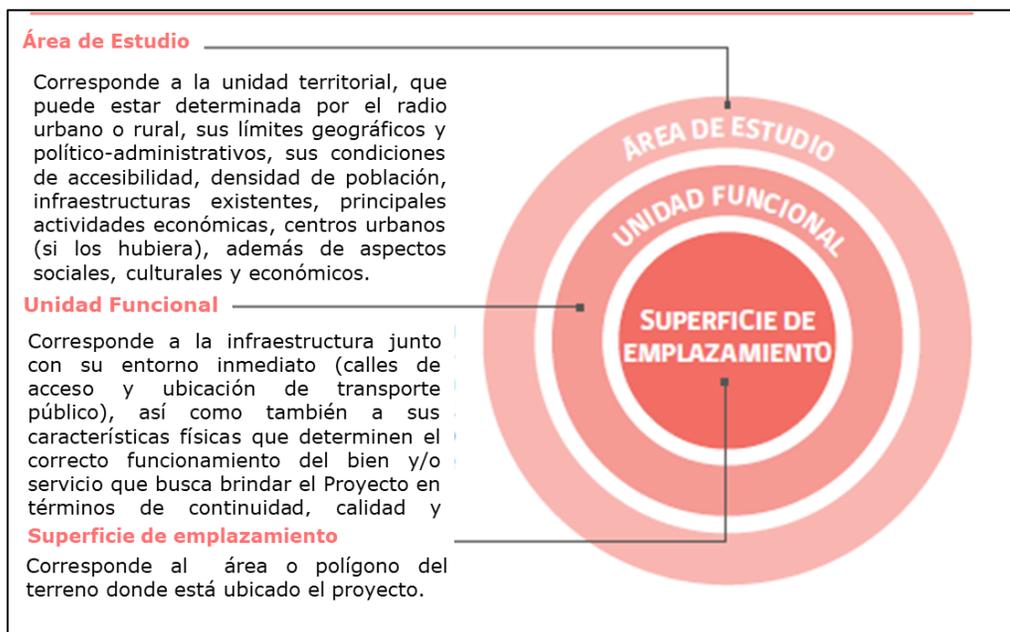
1. **La identificación de la unidad funcional**, que consiste en caracterizar el área de emplazamiento y entorno inmediato de la alternativa de solución.
2. **El análisis de exposición a amenazas**, que corresponde a la identificación de las zonas afectadas por amenazas presentes en la unidad funcional, mediante la aplicación de herramientas de información geográfica y un cuestionario.
3. **La identificación del área afectada**, que corresponde a la intersección entre la unidad funcional y la zona afectada por amenazas.

4.1.1 Identificación de la unidad funcional

La unidad funcional es un componente del área de estudio, y corresponde al entorno inmediato de la alternativa de solución (calles de acceso y ubicación de paraderos de transporte público, que especificarán los puntos desde donde accederá la población objetivo), así como también a sus características físicas que determinan el correcto funcionamiento del bien y/o servicio que busca brindar el proyecto en términos de continuidad, calidad y cantidad.

El **área de estudio** tiene por propósito ser la unidad de análisis a nivel territorial, siguiendo los mismos principios que los expuestos en la Metodología General de Formulación y Evaluación de Proyectos. Si el área de estudio se encuentra expuesta a alguna amenaza, esta condición debe resaltarse como parte de las características del entorno. La relación entre los componentes se puede observar en la Figura N°4.

Figura N° 4. Componentes del área de estudio



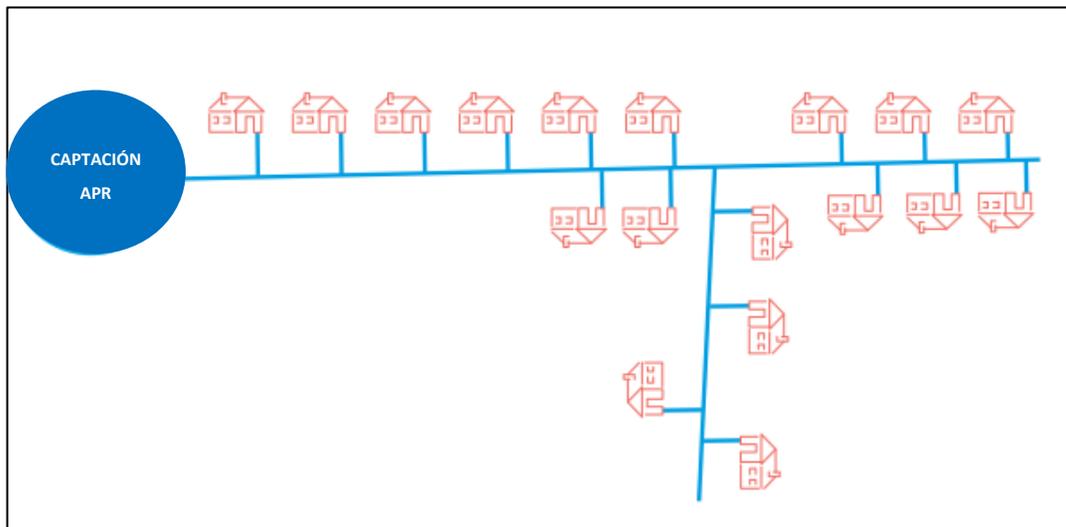
Fuente: *Elaboración propia.*

Para determinar la **unidad funcional** de un proyecto, se debe analizar cómo funcionará el proyecto en el territorio. Esto implica identificar el bien o servicio final que se proporcionará, así como determinar



quiénes serán las personas beneficiarias de dicho bien o servicio. Por ejemplo, para un proyecto de Agua Potable Rural (APR) (Ver Figura N°5), el producto final corresponde al suministro de "agua potabilizada" entregada directamente a través de la red de distribución que conecta los arranques o puntos de entrega de agua a la vivienda de las personas beneficiarias. La infraestructura del proyecto incluye desde las instalaciones de extracción y potabilización de agua hasta la red de distribución, que termina en los puntos de arranque de cada vivienda.

Figura N° 5. Unidad Funcional Proyecto Agua Potable Rural (APR)



Fuente: Elaboración propia.

La unidad funcional podrá variar dependiendo de las vías de acceso, cuando se trate de un área urbana o rural. Lo primero que el formulador debe identificar es la localización del proyecto, es decir, la superficie de emplazamiento del proyecto, y luego, identificar la unidad funcional del proyecto. Por ejemplo, en la Figura N° 6, se muestra el área de emplazamiento de la alternativa de solución del gimnasio municipal de Juan Fernández, identificado con un polígono rojo, con una superficie de 11.623 metros cuadrados. En este espacio se proyecta la construcción de un centro náutico, sala de máquinas, cancha pasto sintético y multicancha. El emplazamiento colinda con las calles Alcalde Larraín, Dresden y Robinson Crusoe, las cuales proporcionan acceso vehicular directo. De esta manera, la unidad funcional del proyecto incluye tanto los accesos viales más el área de emplazamiento y su entorno inmediato, delimitado por el perímetro en amarillo. Además, se destaca que el emplazamiento está situado a 16,6 metros de la costa, 119 metros del cerro y a 400 metros de la locomoción marítima.

Para la aplicación de la metodología RRD se podrá realizar el análisis de riesgo de desastres individualmente a cada instalación, especialmente para proyectos que incorporan múltiples instalaciones de obras civiles localizadas en el mismo emplazamiento o en otro distinto (Por ejemplo, centro náutico, sala de máquinas, cancha pasto sintético y multicancha). Esto permitirá un enfoque más detallado y específico en la identificación y mitigación de riesgos asociados a cada instalación del proyecto.

Figura N° 6. Unidad funcional del proyecto



Fuente: Google Earth, Isla Robinson Crusoe

4.1.2 Análisis de exposición a amenazas

El análisis de exposición a amenazas tiene como objetivo identificar las zonas del área de estudio que podrían estar en riesgo. Para ello, se emplearán dos herramientas principales: el visor web *Chile Preparado* de SENAPRED y un cuestionario. A continuación, se detallan las herramientas y métodos utilizados para realizar esta identificación.

4.1.2.1 Visor web Chile preparado: Identificación amenaza por Tsunami, erupciones volcánicas e incendios forestales

Para este análisis se debe visualizar las amenazas a nivel territorial mediante la aplicación del **Visor Web Chile Preparado**, herramienta del Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), que permite conocer la superficie de exposición frente a las amenazas por tsunamis, erupciones volcánicas e incendios forestales (Ver Figura N° 7). Esta herramienta facilita la visualización del territorio, el entorno y topografía, así como también elementos relativos a los planes de evacuación costera, como puntos de encuentros, vías de evacuación y línea de seguridad.

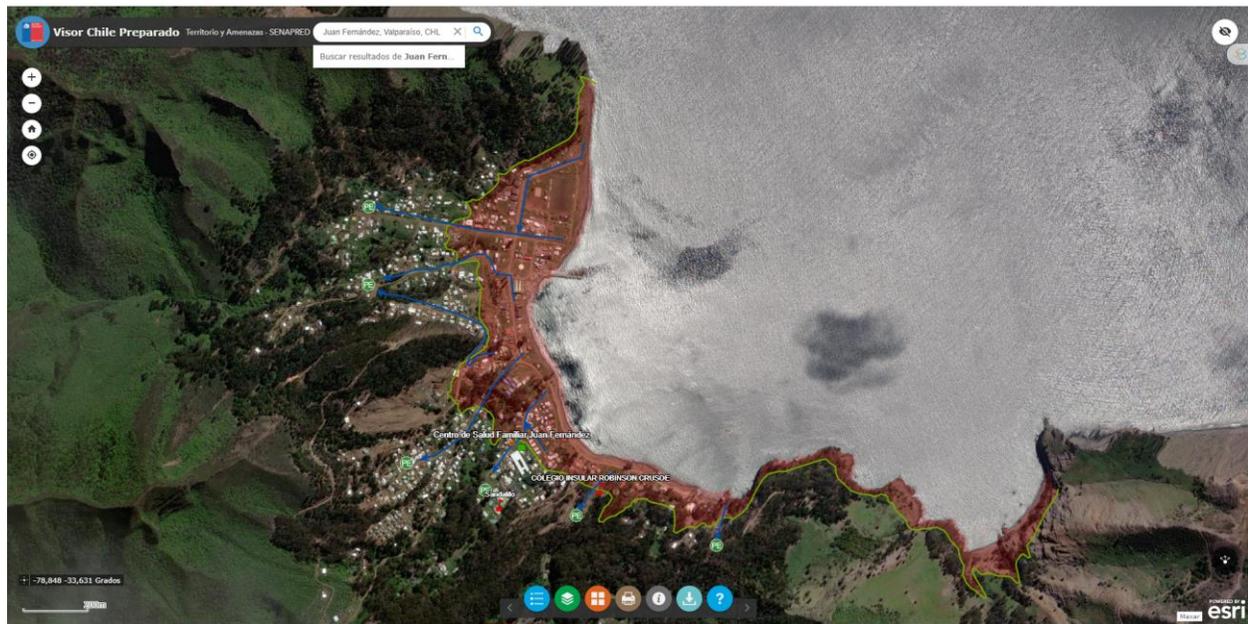
Las fuentes de información utilizadas por el Visor Web “Chile Preparado” son:

- **Para amenazas volcánica:**
 - Estudio de Peligro Volcánicos de Chile, escala 1:2.000.000, año 2011.
 - Planos Específicos de Peligros Volcánicos. SERNAGEOMIN.
 - Planos de evacuación ante amenaza volcánica: recopilación desde municipios del país.
- **Para la amenaza de tsunami:**

- Cota 30: Instituto Geográfico Militar y Planos Marítimos Costeros de la Subsecretaría para Fuerzas Armadas.
- Áreas de evacuación costera: Recopilación de Plano de evacuación de municipios costeros.
- **Para amenazas de incendios forestales:**
 - Estadísticas de densidad de ocurrencia de incendios forestales, CONAF.

Para acceder a esta herramienta se debe ingresar al siguiente enlace: <https://web.senapred.cl/visor-chile-preparado-2/> y seguir las indicaciones que se señalan en el sitio web.

Figura N° 7. Identificación de amenazas del territorio mediante visor web “Chile Preparado”



Fuente: Comuna de Juan Fernández, Valparaíso. Visor Web ONEMI. Línea verde indica cota 30.

4.1.2.2 Cuestionario: Identificación de otras amenazas

Complementariamente, se debe aplicar un cuestionario, que corresponde a una herramienta cualitativa para la detección de amenazas, especialmente para identificar aquellas amenazas que el visor web Chile Preparado no registra, tales como, remoción en masa y condiciones de generación de incendios forestales (Ver Anexo N°2. Cuestionario de exposición a potenciales amenazas).

El cuestionario entrega una visión general de la existencia de amenazas sobre la unidad funcional, permitiendo detectar otros aspectos que hacen que un proyecto sea susceptible a desastres.

En caso de identificar exposición potencial por existencia de amenazas a inundación por tsunami, erupciones volcánicas, remoción en masa o incendios forestales en la unidad funcional, ya sea a través del visor web Chile Preparado o por medio del cuestionario, entonces será necesario continuar con el proceso de evaluación de riesgo.



4.1.3 Identificación del área total afectada

El **área total afectada** corresponde a la intersección entre la unidad funcional y las zonas expuestas, parcial o totalmente, a amenazas. Cuando la unidad funcional esté en una zona expuesta (parcial o totalmente) a amenazas, entonces debe efectuarse la cuantificación del **Índice de Riesgo de Desastres (IRD)**.

Ahora bien, para el caso de proyectos en redes, tales como, redes de caminos y redes de agua potable, deben ser identificadas previamente las secciones del proyecto donde este se vea amenazado, para cuantificar el Índice de Riesgo de Desastres (IRD) de las secciones expuestas a amenazas, mientras que para proyectos que involucren incremento de resiliencia de un barrio o de un territorio, el análisis deberá considerar la exposición de las manzanas de viviendas o predios como emplazamiento, siendo la unidad funcional su entorno inmediato y accesos.

4.2 CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO DE DESASTRES (IRD)

En esta etapa, quien formula deberá cuantificar el Índice de Riesgo de Desastres (IRD) **para cada alternativa de solución del proyecto**. Esto permitirá evaluar la necesidad de identificar y seleccionar medidas de gestión orientadas a mitigar el riesgo de desastres.

El análisis inicial se realizará ***sin considerar medidas de gestión***, con el objetivo de determinar la pertinencia de incorporar acciones de mitigación en el diseño del proyecto, mediante planes de contingencia o mediante la implementación de obras anexas o de mitigación. Si la alternativa de solución presenta un IRD que excede el umbral tolerable, será necesario desarrollar medidas de gestión de riesgo; en caso contrario, no se requerirán dichas acciones adicionales.

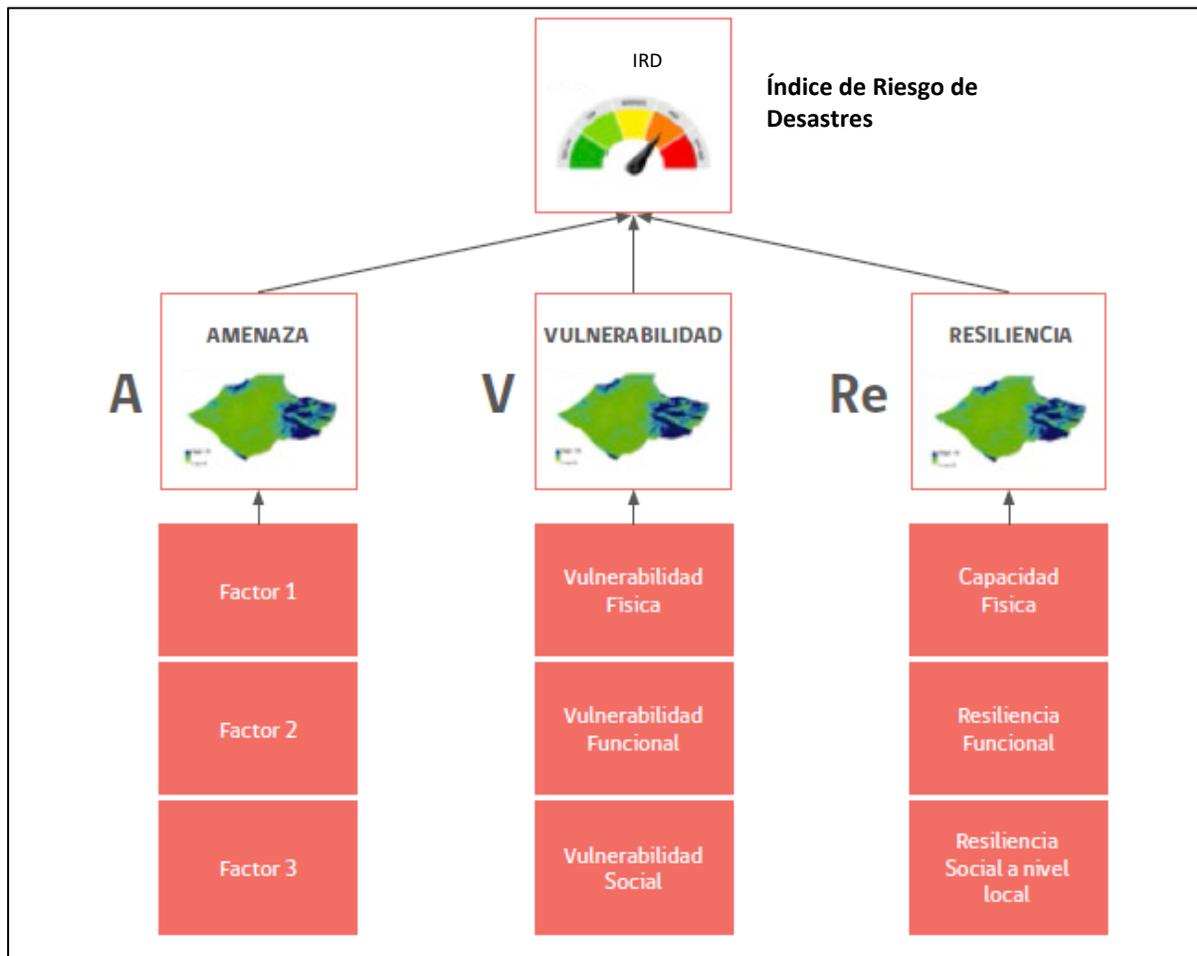
La ***cuantificación del IRD sin medidas de gestión*** implica evaluar, conforme al Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres de Proyectos de Infraestructura Pública, la exposición de cada alternativa de solución frente a diversas amenazas, así como analizar su vulnerabilidad y capacidad de resiliencia. Esta cuantificación permite determinar el riesgo inherente antes de implementar cualquier acción de mitigación, facilitando una evaluación más precisa de los factores críticos que podrían afectar el desempeño y la seguridad del proyecto en su entorno específico.

4.2.1 Índice de Riesgo de Desastres (IRD)

Esta metodología considera la evaluación de cuatro tipos de amenazas, las cuales deben ser analizadas en conjunto con los factores de vulnerabilidad y resiliencia del proyecto y su entorno. El objetivo es obtener un puntaje total que integre todos los elementos del riesgo de desastres (ver Figura N°8), proporcionando una visión integral del grado de exposición y las capacidades de respuesta del proyecto ante diferentes situaciones de riesgo. Este enfoque permite identificar de manera más precisa las áreas críticas que requieren atención y medidas de mitigación específicas para reducir los impactos potenciales.



Figura N° 8. Cuantificación del Índice de Riesgo de Desastres (IRD)



Fuente: Elaboración propia.

La determinación del nivel total de riesgo estará dada por la aplicación de la siguiente fórmula:

$$IRD_a = E_a \cdot V_a \cdot (1 - Re_a)$$

Donde,

IRD_a = Índice de Riesgo de Desastres del proyecto de la amenaza a , siendo $a= 1$: Tsunami, 2: Remoción en Masa, 3: Incendios Forestales, 4: Erupciones volcánicas, medido en una escala entre 0 y 1.

E_a = Exposición a la amenaza a , medida en una escala entre 0 y 1.

V_a = Vulnerabilidad asociada a la amenaza a , medida en una escala entre 0 y 1.

Re_a = Resiliencia asociada a la amenaza a , medida en una escala entre 0 y 1.

Cuando el proyecto se vea afectado por más de una amenaza, entonces deberá estimarse el IRD para cada amenaza de manera independiente.



Para facilitar la estimación del IRD, se cuenta con un Software en Excel desarrollado para estos efectos. Las escalas para valorar los factores que determinan los niveles de exposición, vulnerabilidad y resiliencia se detallan en documento suplementario denominado “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

4.2.2 Exposición por tipo de amenaza (E_a)

La exposición de la localización de cada alternativa de solución de proyecto a las amenazas se evaluará en una escala de 0 a 1, en función de los factores que inciden en su intensidad. Esta evaluación se basa en la aplicación de un modelo multicriterio (ver modelo completo en Anexo N°3). Las amenazas abordadas en esta metodología y los factores determinan su puntuación son:

- **Inundaciones por tsunamis:** Altura de inundación.
- **Erupciones volcánicas:** Flujo volcánico, Caída de piroclastos.
- **Remoción en masa por flujos:** Condicionantes de generación, Área de alcance.
- **Incendios forestales:** Distancia, Pendiente, Masa combustible.

Cada amenaza debe ser analizada considerando el grado de **exposición de la localización de cada alternativa de solución**.

4.2.2.1 Inundación por tsunamis

Todas las zonas costeras del mundo pueden ser afectadas por tsunamis; dada la extensión de las costas de Chile, nuestro país está particularmente expuesto a esta amenaza, no solo producto de sismos que ocurran en el país, sino también por aquellos que ocurren en latitudes y/o longitudes opuestas puedan generar tsunamis que afecten las costas chilenas.

El factor determinante para evaluar la exposición a inundaciones por tsunami corresponderá a altura de inundación.

Altura de inundación

Corresponde a la “diferencia entre la superficie libre del fluido en cada punto durante el evento y el nivel de referencia de éste relevante al tsunami. Se mide en cualquier punto dentro del área de inundación” (SHOA, 2015).

La altura de inundación deberá ser calificada en los niveles “Muy Alto”, “Alto”, “Medio” y “Bajo”, según escala de valoración detallada en el documento suplementario “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

Para identificar la altura de inundación, quien formula deberá verificar si la localización de cada alternativa de solución se encuentra dentro de la zona de peligro, utilizando como primera fuente el **Plan Regulador Comunal**, disponible en el sitio web del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, para proyectos localizados en zona urbana. Cuando no estén señaladas las zonas de peligro a inundación por tsunami en el Plan Regulador Comunal, entonces se deberá verificar en las cartas de inundación por tsunami (CITSU) elaboradas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). Las cartas de inundación se encuentran disponibles en el siguiente sitio web: <https://www.shoa.cl>.





Finalmente, cuando no disponga de zonas de riesgo detalladas en el Plan Regulador o de cartas de inundación por tsunami (CITSU), y el proyecto se sitúe bajo la cota 30 en una zona costera, se deberá calificar la exposición al riesgo por tsunami con nivel “muy alto”.

4.2.2.2 Erupciones volcánicas

Las erupciones volcánicas corresponden al *“proceso durante el cual los productos volcánicos (sólidos, líquidos y/o gases) llegan a la superficie y la atmósfera terrestres. Las erupciones pueden ser efusivas o explosivas y pueden tipificarse de acuerdo con su envergadura considerando la magnitud o el Índice de Explosividad Volcánica”* (ONEMI, 2016^b).

Para identificar la existencia de esta amenaza, quien formula deberá verificar si la localización de la alternativa de solución se encuentra dentro de la zona de peligro utilizando el Plan Regulador Comunal, disponible en el sitio web del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (www.minvu.cl), para proyectos emplazados en zona urbana. Cuando no estén señaladas las zonas de riesgo a erupciones volcánicas en el Plan Regulador Comunal, entonces quien formula deberá verificar en los mapas de amenaza o peligro volcánico elaborados por SERNAGEOMIN. Estos mapas se encuentran disponibles en el siguiente sitio web: <https://portalgeomin.sernageomin.cl/> o en <https://tiendadigital.sernageomin.cl/es/>⁸.

Los factores determinantes de la exposición a erupciones volcánicas son: Flujo volcánico y Caída de piroclastos.

Flujo volcánico

Se tendrá que analizar si la localización de la alternativa de solución está en zona de peligro por alcance de flujo volcánico producto de una erupción volcánica de acuerdo con los mapas de SERNAGEOMIN.

El flujo volcánico está compuesto por flujos de lavas, lahares y piroclastos, donde el flujo de lava corresponde por una parte al *“magma que alcanza la superficie terrestre sin fragmentarse durante una erupción volcánica. El término se aplica tanto al material líquido que se expulsa durante la erupción como al material ya frío y solidificado”* (ONEMI, 2016^b); el flujo de lahares corresponde al *“flujo formado por una gran descarga de fragmentos volcánicos frescos, cuyo agente de transporte es el agua. Se puede formar por fusión repentina de hielo y/o nieve durante una erupción o por el arrastre de material no consolidado en las laderas de un volcán durante lluvias torrenciales. Se desplazan por los cauces que descienden de un edificio volcánico, a velocidades que pueden alcanzar los 80 km/h.”* (ONEMI, 2016^b); el flujo piroclástico se refiere a *“Nube o corriente densa formada por piroclastos (de tamaño variable, de milímetros a varios metros) y gases, que se desplaza por gravedad por las laderas de un volcán principalmente a lo largo de depresiones. Se caracteriza por su alta temperatura (decenas a centenas de °C) y alta velocidad (100-500 km/h), siendo altamente destructiva. La mayoría se origina por el colapso de una columna eruptiva explosiva, densa y cargada de partículas incandescentes, pero también por colapso y/o explosión de domos o lavas viscosas, los que se denominan flujos de bloques y ceniza”* (ONEMI, 2016^b).

⁸ En caso de la existencia de más de un mapa de amenaza o peligro volcánico para un solo volcán, el orden de relevancia en uso corresponderá al siguiente:

- Mapas específicos (generalmente escala 1:50.000 ó 1:75.000)
- Mapas regionales (generalmente escala 1:200.000 ó 1:250.000)
- Mapa nacional (escala 1:2.000.000) utilizar sólo como referencia, se requiere de un estudio de mayor detalle.





La exposición a flujo volcánico deberá ser calificada en los niveles “Muy Alto”, “Alto”, “Moderado” y “Bajo”, en los subfactores lavas, lahares y flujos piroclásticos, según escala de valoración detallada en el documento suplementario “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

Caída de piroclastos

Se deberá determinar si la localización de la alternativa de solución está en zona de peligro por caída de piroclastos producto de una erupción volcánica.

El peligro de caída de piroclastos corresponde a “Lluvia de piroclastos sobre la superficie desde columnas eruptivas y penachos volcánicos. El depósito resultante puede provocar caída de techos y daños severos a la flora y fauna en localidades cercanas, así como efectos en la agricultura y aeronavegación en zonas alejadas. La ceniza más fina puede ascender a las capas superiores de la atmósfera y se transportada miles de kilómetros. En el caso de grandes erupciones explosivas, puede eventualmente producirse enfriamiento de la superficie terrestre (por la interacción de aerosoles volcánicos y radiación solar) y forzar cambios en el sistema climático. Depósito de: Acumulación de piroclastos de caída. Se reconocen por formar capas de bordes nítidos y espesor constante, en cuyo interior los fragmentos piroclásticos poseen similar tamaño entre sí.” (ONEMI, 2016^b).

La exposición a caída de piroclastos deberá ser calificada en los niveles “Existe” y “No existe”, en los subfactores piroclastos balísticos y acumulación de piroclastos, según escala de valoración detallada en el documento suplementario “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

Finalmente, el puntaje de la exposición para la amenaza erupciones volcánicas, se calculará ponderando cada uno de los subfactores señalados:

$$E_{er.volcánica} = \sum_{i=1}^5 SF_i \cdot PSF_i$$

Donde,

$E_{er.volcánica}$ = Puntaje de la exposición a amenaza de erupciones volcánicas.

SF_i = Puntaje subfactor i , donde i = lavas, lahares, flujos piroclásticos, piroclastos balísticos y acumulación de piroclastos.

PSF_i = Ponderador subfactor i , indicado en modelo multicriterio.

4.2.2.3 Remoción en masa por flujos

Corresponde al movimiento descendente por efectos de la gravedad de un volumen de material constituido por suelo, roca, detrito (fragmento de roca), nieve, o su combinación. A mayor abundamiento, puede hablarse de remoción en masa para aludir a todo movimiento descendente de material de la corteza terrestre. Por ejemplo: deslizamiento, aluvién, alud, etc. (SERNAGEOMIN, 2017).





Los flujos corresponden al tipo de remoción en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido, pero que en principio se origina en otro movimiento como un deslizamiento o caída. Hungr et al. (2001) los clasifican de acuerdo con el tipo y las propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles. Los principales tipos de flujo son: flujo de detritos, flujo de barro, flujo de tierra, flujo seco, flujo de origen volcánico, entre otros, dependiendo de la cantidad de agua y material involucrados.

Esta amenaza puede, en la mayoría de los casos, ser condicionada por una combinación de sucesos y potenciada, por ejemplo, por la intensidad de lluvias; las características geofísicas del territorio determinarán si una zona en particular es propensa o no a la ocurrencia de remoción en masa.

Para el análisis se deberá revisar información territorial disponible sobre el grado de exposición de la amenaza, a través del plan regulador comunal vigente, disponible en el sitio web del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (www.minvu.cl); y en los mapas de peligros geológicos de SERNAGEOMIN, disponibles en el sitio web del Portal GEOMIN⁹.

Para la toma de decisiones, en cuanto al grado de exposición, quien formula deberá considerar el peor escenario de las herramientas disponibles.

Los factores determinantes de la exposición a remoción en masa por flujos son los siguientes: Condicionantes de generación y Área de alcance. Sin embargo, cada factor representará una exposición en sí misma, debiendo ser evaluados en forma separada. Eso es debido a que cada evento de remoción en masa es el resultado de una combinación aleatoria de *Condicionantes de generación* (variables externas, generalmente asociados al clima local, eventos sísmicos o acciones antrópicas) y *Área de alcance* (estables, intrínsecos, constitutivos del medio).

Condicionantes de generación

Este factor tiene por propósito dimensionar el peligro de variables externas, generalmente asociadas al clima local y eventos sísmicos, así como a acciones antrópicas.

Los factores desencadenantes o detonantes son aquellos que inician el movimiento y que dan origen al proceso de remoción en masa. Estos factores son agentes externos, en algunos casos relacionados indirectamente con las características geológicas, geomorfológicas y/o antrópicas del área, pero que, por lo general, se originan por las condiciones medioambientales en un periodo de tiempo definido.

Los subfactores desencadenantes relacionados son: Pendiente de Ladera, Coeficiente de Escorrentía, Suelo de Fundación; los que deberán ser valorados según escala de valoración detallada en el documento suplementario "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

El puntaje de la exposición para la amenaza remoción en masa por condicionantes de generación (CG) se calcula ponderando cada uno de los subfactores señalados.

⁹ Portal GEOMIN, disponible en el sitio web: <https://portalgeomin.sernageomin.cl/>





$$E^{CG}_{rem.en\ masa} = \sum_{i=1}^3 SF_i \cdot PSF_i$$

Donde,

$E^{CG}_{rem.en\ masa}$ = Exposición remoción en masa por condicionantes de generación.

SF_i = Puntaje subfactor i , donde i = pendiente de ladera, coeficiente de escorrentía, suelo de fundación.

PSF_i = Ponderador subfactor i (indicado en modelo multicriterio).

Área de alcance

Este factor tiene por propósito determinar la influencia de aspectos estables, intrínsecos, constitutivos del medio que puedan afectar el grado de peligro de remoción en masa en una unidad funcional. El área de alcance está determinada por la influencia de los gatillantes o detonantes del proceso de remoción en el territorio.

Los subfactores relacionados son: Localización del terreno, Distancia respecto a taludes, Intervención del cauce. La escala de valoración de cada factor para Remoción en Masa por Flujos está detallada en el documento suplementario denominado “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

El puntaje de la exposición para la amenaza remoción en masa por área de alcance (AA) se calcula ponderando cada uno de los subfactores señalados.

$$E^{AA}_{rem.en\ masa} = \sum_{i=1}^3 SF_i \cdot PSF_i$$

Donde,

$E^{AA}_{rem.en\ masa}$ = Exposición remoción en masa por área de alcance.

SF_i = Puntaje subfactor i , donde i = Localización del terreno, Distancia respecto a taludes, Intervención del cauce.

PSF_i = Ponderador subfactor i (indicado en modelo multicriterio).

4.2.2.4 Incendios forestales

Corresponden a fuego que se propaga sin control a través de vegetación rural o urbana y pone en peligro a las personas, los bienes y/o el medio ambiente. La medición del grado de exposición de incendios forestales está basada en los factores asociados a la pendiente, área de afectación y tipo de masa combustible, los cuales deben ser analizados en el contexto de la unidad funcional del proyecto.

El comportamiento del fuego en un incendio forestal está regulado por la topografía, tiempo atmosférico y combustible, siendo este último la vegetación. En este contexto, el grado de exposición a incendios



forestales estará determinado por los siguientes factores: Área de afectación, Pendiente y Masa combustible.

La estimación se efectuará por la siguiente ecuación¹⁰:

$$E_{\text{Incendios Forestales}} = \max_{c \in \{1, \dots, m\}} [M_c \cdot (1 - D_c \cdot \cos(P_c))]$$

Donde,

$E_{\text{Incendios Forestales}}$ = Exposición a Incendios forestales

M_c = Masa combustible de celda¹¹ c , donde $c = 1$ hasta m , siendo m el número de celdas en que se divide el área afectada para efectos de análisis.

D_c = Distancia desde el proyecto al centroide de la celda c , donde $c = 1$ hasta m .

P_c = Pendiente (en grados) de la celda c , donde $c = 1$ hasta m .

c = Celda de superficie cuadrada de 50 metros por 50 metros.

Área de afectación

El área de afectación corresponderá a la unidad funcional del proyecto más un área circundante (o buffer) de hasta 100 metros a la redonda¹². Para efectuar el análisis, se deberá subdividir esta área en celdas de 50 metros por 50 metros, con el fin de determinar la exposición a la amenaza de incendios forestales según las características topográficas y de vegetación del área circundante al proyecto.

Pendiente

La intensidad de los incendios forestales se ve incrementada cuando el área en análisis presenta una mayor pendiente, por ejemplo, en una ladera, debido a que a medida que avanza el incendio, la vegetación comienza a secarse en los tramos superiores, facilitando la expansión del incendio. Lo anterior es especialmente relevante en zonas de quebradas, donde además el viento circula con mayor intensidad, por lo cual la expansión del incendio puede alcanzar mayor envergadura en un menor tiempo.

Cobertura Vegetal

Se deberá caracterizar las condiciones de vegetación en el área de afectación, para determinar la susceptibilidad a la propagación de incendios en la unidad funcional.

Los incendios forestales son más intensos dependiendo de la cobertura vegetal próxima en el área expuesta. La masa combustible podrá contener distintos tipos, tales como bosque nativo, basural, pastizal, plantación forestal, matorral o desecho forestal, así como también casas de material ligero, en la medida que estén presentes en el área de afectación. Se deberá cuantificar la presencia de estos tipos de

¹⁰ Fórmula propuesta por el Sr. Claudio Garuti y desarrollada con la mesa de trabajo de protección civil de Incendios Forestales.

¹¹ Celda: superficie de 50 metros por 50 metros.

¹² Este valor de 100 metros fue determinado mediante un trabajo con expertos, que incluyó a profesionales de CONAF, Bomberos, PDI, etc.



masas combustibles, evaluando aquella de mayor predominancia dentro de cada área de celda (de 50 por 50 metros).

La escala de valoración de cada factor para Incendios Forestales de los distintos tipos de cobertura vegetal está detallada en el documento suplementario denominado “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

4.2.3 Factores de Vulnerabilidad y Resiliencia

Los factores que determinan la vulnerabilidad y resiliencia son:

- **Vulnerabilidad:** Vulnerabilidad física, Vulnerabilidad funcional y Vulnerabilidad social.
- **Resiliencia:** Capacidad física dentro y fuera del emplazamiento del proyecto, Resiliencia funcional y Resiliencia social a nivel local.

La **vulnerabilidad** se relaciona con la intensidad del daño que puede causar un desastre, tanto en la infraestructura como a la población a la cual ésta brinda servicios, dependiendo de las condiciones demográficas, sociales y económicas propias de su emplazamiento. Es decir, la vulnerabilidad eventualmente podría potenciar o intensificar el efecto de la exposición a las amenazas en el territorio.

Evidentemente, si la infraestructura no corre un riesgo significativo de daños por desastres, entonces el análisis de vulnerabilidad se vuelve prescindible.

Por otra parte, la **resiliencia** se relaciona con la capacidad y habilidad de recuperación ante la ocurrencia de un evento catastrófico. Es decir, la resiliencia podría tener un efecto de reducir el impacto de las amenazas en el territorio.

Los análisis de vulnerabilidad y resiliencia deberán ser aplicados cuando la unidad funcional del proyecto se vea expuesta a alguna amenaza, considerando los siguientes ámbitos, factores y subfactores:

Tabla N° 1. Factores y subfactores de vulnerabilidad y resiliencia

Ámbito	Factor	Subfactor
Vulnerabilidad	a) Vulnerabilidad Física	i. Estructura principal
		ii. Estado actual
		iii. Plan de mantenimiento
	b) Vulnerabilidad Funcional	i. Criticidad del servicio
		ii. Incidencia en la economía local
	c) Vulnerabilidad Social	i. Grupo etario vulnerable predominante
		ii. Grado de dependencia física predominante
		iii. Población potencialmente afectada por la interrupción del servicio
		iv. Pobreza por ingresos
v. Pobreza multidimensional		
Resiliencia	a) Capacidad Física dentro y	i. Instalaciones de protección y/o mitigación del proyecto, dentro del emplazamiento del proyecto



Ámbito	Factor	Subfactor
	fuera del emplazamiento	ii. Obras existentes de protección y/o mitigación, fuera del emplazamiento del proyecto para la misma amenaza.
	b) Resiliencia Funcional	i. Plan de continuidad operacional ii. Autonomía de la red de los servicios básicos iii. Conectividad al servicio iv. Redundancia del sistema o servicio
	c) Resiliencia Social a Nivel Local	i. Plan de emergencia o Plan de gestión de riesgo

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.1 Vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad contempla todos los factores que hacen que el proyecto sea susceptible a alguna amenaza, y está determinada por sus propias características físicas, estado actual y grado de mantenimiento de la infraestructura¹³, sumado a la criticidad de las instalaciones del proyecto, en cuanto al servicio que presta y el tamaño de la población que pueda ser afectada por la interrupción en la entrega de los bienes y/o servicios asociados al proyecto.

Por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad estará condicionado por los siguientes factores: Vulnerabilidad física, Vulnerabilidad funcional, Vulnerabilidad social.

Vulnerabilidad Física

La valoración de la vulnerabilidad física tiene por propósito determinar la susceptibilidad física de las instalaciones del proyecto en presencia de alguna amenaza, considerando sus características de la materialidad estructural y del revestimiento, su plan de mantenimiento y el estado actual de la obra, en caso de proyectos de mejoramiento y ampliación¹⁴.

Los subfactores relacionados son: Estructura principal, Estado actual, Plan de mantenimiento.

Vulnerabilidad Funcional

La valoración de la vulnerabilidad funcional tiene por propósito determinar el grado de importancia de mantener la continuidad operacional de los bienes y servicios, según la criticidad del servicio que entregará el proyecto y el grado de incidencia en la economía local.

Los subfactores relacionados son: Criticidad del servicio, Incidencia en la economía local.

Vulnerabilidad Social

La valoración de la vulnerabilidad social tiene por propósito determinar el grado de susceptibilidad de la población objetivo que podría ser afectada por un evento catastrófico, y, que vería mermado su acceso a

¹³ Cuando se analice un proyecto en un proceso de construcción, se considerará que el estado actual de la infraestructura corresponde a nueva.

¹⁴ Cuando el proyecto provea nueva infraestructura, el estado actual se considerará como obra nueva; mayores detalles se presentan en el "Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública".

servicios públicos, por características propias, considerando aspectos demográficos, grado de dependencia física, entre otros.

Los subfactores relacionados son: Grupos etarios vulnerables predominantes, Dependencia física Predominante de la población, Población potencialmente afectada por la interrupción del servicio, pobreza por ingresos y pobreza multidimensional.

La vulnerabilidad para cada amenaza se cuantificará a partir de la siguiente función:

$$V_{ai} = \sum_{i=1}^3 V_{fai} \cdot PSF_i + \sum_{i=1}^3 V_{fui} \cdot PSF_i + \sum_{i=1}^4 V_{S_i} \cdot PSF_i$$

Donde,

V_{ai} = Puntaje estimado para la Vulnerabilidad frente a amenaza a y subfactor i , donde a = Tsunami, Erupciones volcánicas, Remoción en masa, Incendios forestales; i = Estructura, estado actual, plan de mantenimiento.

V_{fai} = Puntaje estimado para la Vulnerabilidad física frente a amenaza a y subfactor i , donde a = Tsunami, Erupciones volcánicas, Remoción en masa, Incendios forestales; i = Estructura, estado actual, plan de mantenimiento.

V_{fui} = Puntaje estimado para la Vulnerabilidad funcional frente a amenaza a y subfactor i , donde a = Tsunami, Erupciones volcánicas, Remoción en masa, Incendios forestales; i = Criticidad del servicio, incidencia en la economía local.

$V_{S_{ai}}$ = Puntaje estimado para la Vulnerabilidad social frente a amenaza a y subfactor i , donde a = Tsunami, Erupciones volcánicas, Remoción en masa, Incendios forestales; i = Grupos etarios vulnerables predominantes, Dependencia física predominante de la población, Población potencialmente afectada por la interrupción del servicio, Pobreza por ingresos, Pobreza multidimensional.

PSF_i = Ponderador subfactor i (indicado en modelo multicriterio).

La valoración de cada uno de los subfactores señalados deberá realizarse según escala de valoración detallada en el documento suplementario *“Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”*.

4.2.3.2 Resiliencia

La resiliencia corresponde a la capacidad de restablecer, recuperar o reponer el bien y/o servicio entregado por el proyecto a la población objetivo. Por lo anterior, para la cuantificación de la resiliencia a cabalidad, quien formula deberá evaluar la capacidad de reponer, sustituir, mantener el servicio y actividades económicas productivas.

El análisis de resiliencia está condicionado por los siguientes factores: Capacidad física dentro y fuera del Emplazamiento, Resiliencia funcional, Resiliencia social a nivel local.



Capacidad física dentro y fuera del emplazamiento

Esta valoración tiene por propósito determinar la capacidad física dentro y fuera del área de emplazamiento, considerando las instalaciones de protección y mitigación, además de los aspectos del diseño¹⁵ que permitirán aminorar el efecto durante y posterior a una catástrofe, en término de entrega de bienes y servicios.

Los subfactores relacionados son: Instalaciones de protección, mitigación o adaptación dentro del emplazamiento del proyecto; Obras existentes de protección y/o mitigación fuera del emplazamiento del proyecto para la misma amenaza. Estos deberán ser cuantificados según escala de valoración detallada en el documento suplementario “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

Resiliencia funcional

La valoración de la resiliencia funcional tiene por propósito determinar la capacidad para absorber la demanda durante y posterior a una catástrofe, dando continuidad operacional, así como la posibilidad de reponer en corto tiempo la entrega de los bienes y/o servicios del proyecto, a través de la implementación de planes de continuidad operacional, de manera de asegurar el funcionamiento de servicios básicos a través de instalaciones de emergencia, características de conectividad y la propia redundancia del servicio que entrega el proyecto.

Los subfactores relacionados son: Plan de continuidad operacional, Autonomía de la red de servicios básicos (*lifelines*), Conectividad al servicio, Redundancia del sistema o servicio, los que deberán ser cuantificados según escala de valoración detallada en el documento suplementario “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

Resiliencia territorial

La valoración de la resiliencia territorial tiene por propósito determinar la capacidad institucional de reacción durante y posterior a una catástrofe, a nivel local o comunal.

El subfactor relacionado es: Plan de emergencia o Plan de Gestión de Riesgo, el cual deberá ser cuantificado según escala de valoración detallada en el documento suplementario “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

Finalmente, la resiliencia para cada amenaza se cuantificará a partir de la siguiente función:

$$Re_{ai} = \sum_1^2 Ref_{ai} \cdot PSF_i + \sum_1^4 Refu_{ai} \cdot PF_i + Ret_{ai} \cdot PF_i$$

Donde,

Re_{ai} = Puntaje estimado para la resiliencia frente a amenaza a y subfactor i , donde a = Tsunami, Erupciones volcánicas, Remoción en masa, Incendios forestales; i = Instalaciones de protección,

¹⁵ Para mayores detalles, revisar el “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.





mitigación o adaptación dentro del emplazamiento del proyecto; Obras existentes de protección y/o mitigación fuera del emplazamiento del proyecto para la misma amenaza.

Ref_{ai} = Puntaje estimado para la resiliencia física frente a amenaza a y subfactor i , donde a = Tsunami, Erupciones volcánicas, Remoción en masa, Incendios forestales; i = Instalaciones de protección, mitigación o adaptación dentro del emplazamiento del proyecto; Obras existentes de protección y/o mitigación fuera del emplazamiento del proyecto para la misma amenaza.

$Refu_{ai}$ = Puntaje estimado para la resiliencia funcional frente a amenaza a y subfactor i , donde a = Tsunami, Erupciones volcánicas, Remoción en masa, Incendios forestales; i = Plan de continuidad operacional, Autonomía de servicios básicos, Conectividad al servicio, Redundancia del sistema o servicio.

Ret_{ai} = Puntaje estimado para la resiliencia social frente a amenaza a y subfactor i , donde a = Tsunami, Erupciones volcánicas, Remoción en masa, Incendios forestales; i = Plan de emergencia o Plan de gestión de riesgo.

PSF_i = Ponderador subfactor i , de acuerdo con el modelo multicriterio (ver Anexo N°3).

4.2.4 Cuantificación Total del Índice de Riesgo de Desastres

La estimación del Índice de Riesgo de Desastres (IRD) se obtiene a través de la agregación de los puntajes obtenidos en la etapa anterior, asociados a exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia del proyecto y su entorno. A través de la aplicación del enfoque multicriterio, se estimaron los ponderadores y escalas para determinar y cuantificar la exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia del proyecto.

El resultado de esta estimación permite comparar la situación sin medidas de gestión de reducción de riesgos versus la situación con medidas de gestión (ver Sección 4.3 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO) y así seleccionar la alternativa de proyecto más medidas de gestión más conveniente, que permita disminuir el riesgo al máximo tolerable de la manera más eficiente.

Para facilitar el cálculo del índice, quien formula el proyecto podrá hacer uso de un Software para la estimación del Índice de Riesgo de Desastres, para obtener de manera rápida el puntaje del IRD del proyecto en su condición original o sin medidas de gestión.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO

La **identificación de las medidas de gestión** corresponde a la caracterización de las medidas de reducción de riesgo de las distintas alternativas de proyecto al nivel máximo tolerable o umbral.

Para asegurar la efectiva identificación de medidas de gestión de riesgo se deben seguir los siguientes pasos, para cada alternativa de proyecto:

1. Verificación del máximo nivel de tolerancia de riesgo.
2. Identificación de medidas de gestión de riesgo.
3. Configuración de alternativa de proyecto incorporando las medidas de gestión.

4.3.1 Verificación del máximo nivel de tolerancia de riesgo



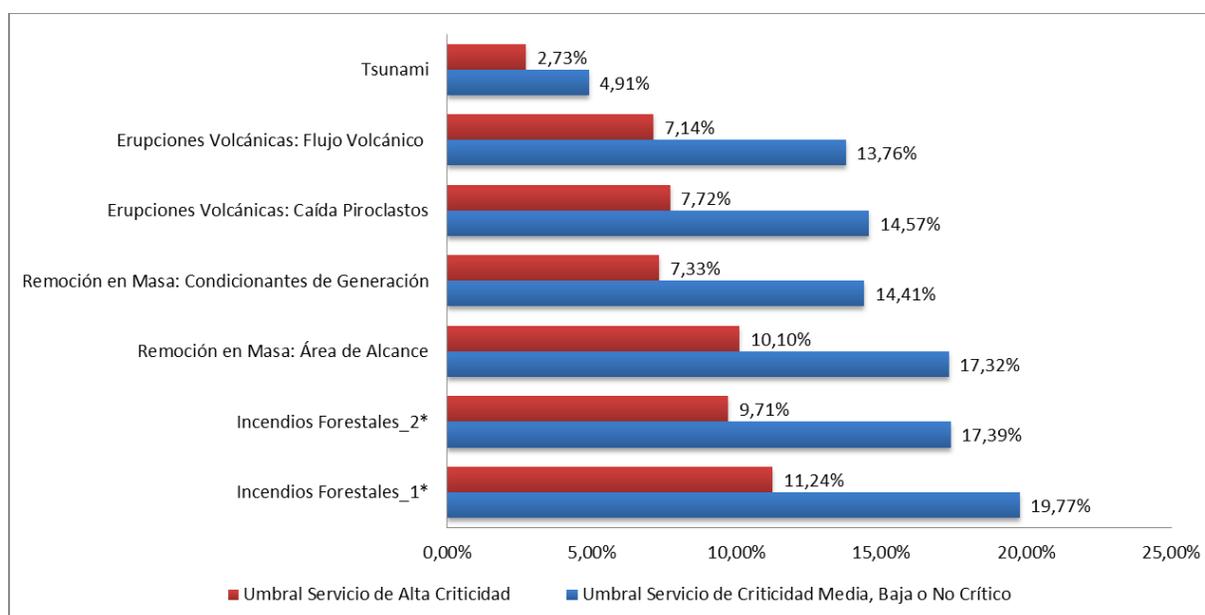


El nivel de tolerancia máximo indica el máximo riesgo que debería tener la alternativa de proyecto.

Cuando una alternativa de proyecto presente un IRD menor al nivel de tolerancia o umbral, entonces no será necesario implementar medidas de gestión para la reducción del riesgo. Al contrario, cuando una alternativa de proyecto supere el nivel de tolerancia o umbral, se deberán identificar medidas de gestión para reducir los factores y subfactores críticos que superan el umbral y, seleccionar la opción de medida de gestión más conveniente.

El nivel de **tolerancia máximo (o umbral)** está **determinado según amenaza y criticidad del servicio**¹⁶, por lo tanto, los proyectos de infraestructura pública que se vean expuestos a amenazas no deberán superar los siguientes umbrales:

Figura N° 9. Umbrales de tolerancia según amenaza y criticidad de servicio



Incendios Forestales_1* Corresponde a los umbrales para las celdas con masa combustible Casas material ligero, Bosque Nativo o Pastizal. **Incendios Forestales_2*** Corresponde a los umbrales para las celdas con masa combustible Plantación, Matorral, Desecho Forestal o Basural.

Fuente: ILPES-CEPAL, 2017.

4.3.2 Identificación de medidas de gestión

La formulación y evaluación de proyectos que ingresan al SNI, en fase de preinversión, identifican alternativas de solución al problema identificado en el diagnóstico, mediante un proyecto de inversión; cada una de dichas alternativas de solución planteadas deberá cuantificar su nivel de riesgo según el IRD. Las alternativas que presenten un nivel de riesgo superior al nivel de tolerancia deberán identificar los factores que influyen mayormente en dicho nivel de riesgo (según los resultados de la evaluación), con el

¹⁶ Ver escala de Criticidad del Servicio en el *Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*.



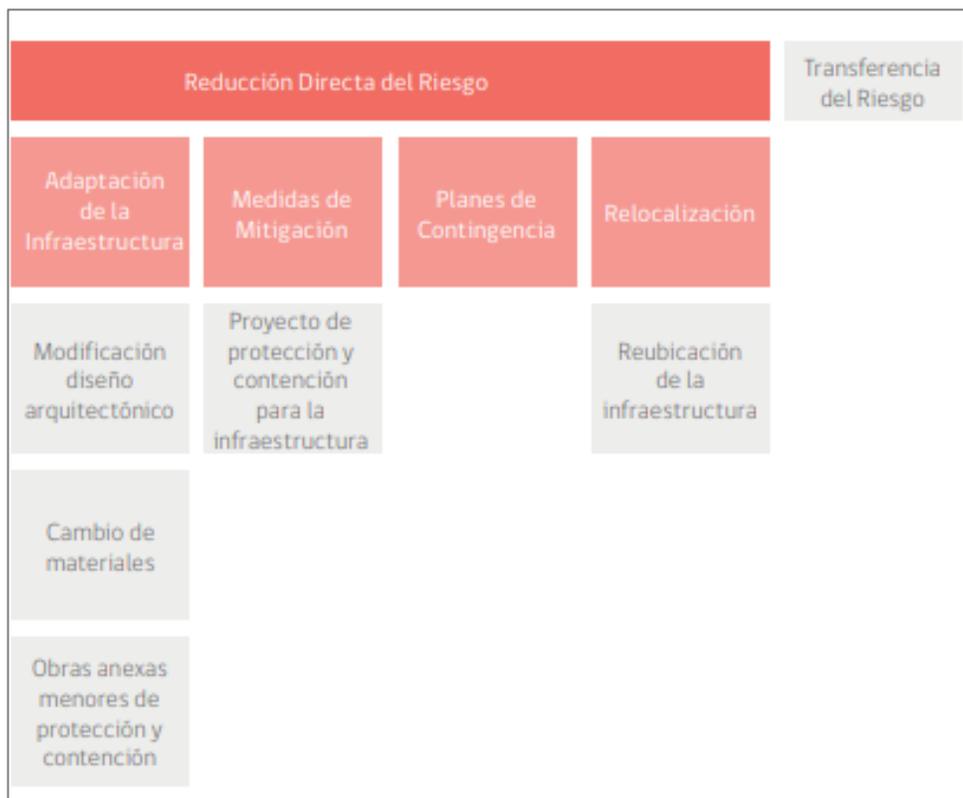


propósito de abordar asertivamente el planteamiento de medidas de gestión para la reducción del riesgo de dicha alternativa de proyecto.

Conociendo el riesgo asociado a una alternativa de proyecto, se plantean medidas o acciones para disminuir la exposición a amenazas y vulnerabilidad e incrementar su resiliencia.

Recurrentemente, podrán existir varias opciones para disminuir el riesgo, siendo importante identificarlas para luego seleccionar la más conveniente en términos socioeconómicos. La Figura N°10, a continuación, indica las medidas de gestión del riesgo existentes para un proyecto de infraestructura.

Figura N° 10. Medidas de Gestión de Riesgo



Fuente: Elaboración propia.

La totalidad de las opciones de reducción de riesgo, exceptuando la transferencia del riesgo (seguros), buscan reducir los daños físicos, impacto en el servicio, ambiente y comunidades producto de situaciones de emergencia que afecten a la infraestructura.

Por otro lado, reducir el riesgo mediante transferencia (seguros) no disminuirá directamente los daños y consecuencias de una infraestructura afectada por un desastre, sin embargo, permitirá:

- Cumplir con los niveles e indicadores de desempeño relacionados con la pérdida de capital, rentabilidad y costos adicionales.
- Asegurar liquidez financiera para asumir las acciones de recuperación, rehabilitación y reconstrucción.





Para la **reducción del riesgo de desastres** se pueden implementar medidas asociadas a la **adaptación al cambio climático de la infraestructura**, es decir, adaptar el diseño arquitectónico con el fin disminuir el riesgo. También, se pueden adoptar **medidas de mitigación al riesgo**, relacionadas con infraestructuras anexas en cuanto al diseño, tamaño y localización, que en conjunto con la alternativa de proyecto permitirá disminuir el riesgo asociado a desastres. Por otra parte, los **planes de contingencia** son planes preventivos asociados a manejar situaciones de emergencia. Finalmente, un **plan de relocalización** consiste en buscar una mejor localización de la alternativa de proyecto y así disminuir la exposición a la amenaza y, por lo tanto, el riesgo asociado a la misma.

Identificadas las medidas de gestión, quien formula deberá caracterizarlas, indicando el tipo de medida y el aspecto o factor de riesgo que logra reducir con su implementación. Se podrá tomar como referencia medidas de gestión efectuadas previamente por otros servicios públicos o privados, y ajustarlas a la alternativa de proyecto, para generar un repositorio de opciones de medidas de gestión adecuadas para la reducción de riesgo.

Para la formulación de alternativas de solución con sus respectivas medidas de gestión de riesgos, es importante integrar de manera temprana la **participación ciudadana** y la **inclusión social**. Este enfoque permite analizar el impacto diferencial de las medidas según factores como **género, edad, y autovalencia física**, entre otros. De esta forma, se busca identificar y mitigar posibles desigualdades, asegurando que las soluciones sean inclusivas y efectivas para todos los grupos de la población.

4.3.3 Configuración de opciones de medidas de gestión de riesgo

La configuración de alternativas vincula la formulación y evaluación de proyectos tradicional (alternativas de solución de proyecto) con la definición de opciones de medidas de gestión de riesgo asociadas. Lo anterior implica identificar complementariedad de las medidas de gestión para idear alternativas de proyectos robustas, que incorporen medidas de reducción de riesgo desde la fase de preinversión, para que respondan eficientemente a las amenazas identificadas.

Para identificar las medidas que califiquen como opciones de reducción del riesgo, se recomienda hacer y responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de medidas o acciones son posibles de implementar para reducir el riesgo identificado?
- ¿Estas medidas afectan de manera diferenciada a diversos grupos según género, edad, condiciones de autonomía entre otros?
- ¿Las medidas o acciones identificadas solucionan el problema de riesgo detectado? ¿Lo hacen de manera diferenciada para ciertos grupos de la población?
- ¿Qué factor de riesgo es posible abordar a través de medidas de gestión?
- ¿Las soluciones identificadas son complementarias en la práctica?
- ¿La complementariedad de la solución disminuye el nivel de riesgo identificado? En caso de que disminuya el nivel de riesgo, ¿lo hace de manera transversal o para algún grupo particular?
- ¿Cuáles son las medidas de gestión que podrían ser implementadas, considerando restricción presupuestaria?

Una vez respondidas estas preguntas, se recomienda construir una tabla por tipo de amenaza que afecte a cada alternativa de proyecto, con el propósito de obtener **opciones de medidas de gestión del riesgo** acorde a su necesidad.





Se debe tener claro que las opciones de gestión del riesgo deberán responder al problema que dio origen al proyecto y, a su vez, al riesgo identificado, dando solución a la población objetivo, identificada originalmente.

La secuencia para la identificación de opciones de las medidas de gestión de riesgo es la siguiente:

Tabla N° 2. Secuencia para la identificación de medidas de gestión de riesgo

Secuencia	Descripción
1	Enumerar los tipos de medidas de gestión posibles para reducir el o los riesgos identificados en la evaluación.
2	Asociar a cada tipo de medidas de gestión un tipo de solución (adaptación de la infraestructura, medidas de mitigación, planes de contingencia o relocalización).
3	Categorizar opciones de medidas de gestión complementarias.
4	Obtener opciones de medidas de gestión del riesgo agrupadas, considerando todas aquellas que son complementarias entre sí.
5	Seleccionar las opciones factibles de implementar.

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, la Tabla N°3 indica las opciones de medida de gestión factibles para abordar la problemática de inundación por tsunamis de una iniciativa de inversión en una localidad determinada.

Tabla N° 3. Ejemplo de configuración de opciones de medida de gestión

Opción 1	Opción 2	Opción 3
Modificación de programa arquitectónico + Robustecer estructura de la edificación+ Modificación orientación de la Edificación + Muro de contención en el emplazamiento del proyecto	Modificación de programa arquitectónico + Robustecer estructura de la edificación + Modificación orientación de la Edificación	Cambio de localización

Fuente: Elaboración propia.

Una vez configuradas las opciones de medidas de gestión, quien formula deberá incorporarlas en las alternativas de solución planteadas, considerando las medidas de gestión recomendadas. Las medidas de gestión deberán considerar la estructura de costos (empleando precios sociales), tamaño y capacidad.

4.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN MÁS CONVENIENTE

Esta etapa consiste primeramente en seleccionar las opciones de medidas de gestión más convenientes en cuanto a la reducción del riesgo y eficiencia de estas, para cada alternativa de proyecto analizada, para





posteriormente seleccionar la mejor alternativa de proyecto, incorporando en ellas las medidas de gestión del riesgo previamente seleccionadas.

Para la selección de las **medidas de gestión** más efectivas en términos económicos y de reducción de riesgo para una alternativa en particular, el enfoque de evaluación adoptado es **costo eficiencia**. Sin embargo, para la **selección de la alternativa de solución de proyecto con la medida de gestión de riesgo** más conveniente deberá ser aplicado el criterio de decisión propio del sector, subsector o tipo de proyecto, siguiendo las indicaciones de las Normas, Instrucciones y Procedimientos de Inversión Pública (NIP), los Requisitos de Información Sectorial (RIS) y las metodologías sectoriales vigentes en el SNI.

Por ende, para la selección de la alternativa de solución se deberá:

1. Seleccionar la medida de gestión del riesgo más costo eficiente para cada alternativa de proyecto
2. Seleccionar de la alternativa de solución con la medida de gestión de riesgo más conveniente

4.4.1 Selección de medidas de gestión más convenientes para cada alternativa de proyecto

Dada la dificultad de valorizar los beneficios asociados al riesgo de desastres, se asumirá que estos superan los costos de las medidas de gestión vinculadas a la alternativa de proyecto en análisis, justificándose así el enfoque **costo eficiencia** para seleccionar las medidas de gestión más adecuadas. El criterio de decisión será Valor Actual de los Costos (VAC) para medidas de gestión con igual vida útil; en caso contrario, se utilizará el Costo Anual Equivalente (CAE), considerando que dichas medidas pueden repetirse a lo largo de la vida útil del proyecto.

Todas las opciones de medidas de gestión que no logren reducir el IRD de la alternativa de proyecto al máximo tolerable deben ser descartadas y desechadas, pues no cumplen el objetivo planteado de reducir a un nivel aceptable el nivel de riesgo.

Para seleccionar la opción de medida de gestión i con igual vida útil, se deberá calcular el “Valor Actual de los Costos” (VAC_i) de la siguiente manera:

$$VAC_i = IM_i + \sum_{t=1}^n \frac{CT_{it}}{(1+r)^t} - \frac{VR_i}{(1+r)^n}$$

Donde,

VAC_i = Valor actual de los costos de la de medida de gestión i .

IM_i = Costo de inversión de la alternativa de medida de gestión i .

CT_{it} = Costo Total de operación y mantenimiento de la alternativa de medida de gestión i , año t .

VR_i = Valor Residual de la alternativa de medida de gestión i .

r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

n = Horizonte de evaluación del proyecto.



Para aquellas opciones de medidas de gestión que presenten distinta vida útil, el criterio de decisión corresponderá al **menor Costo Anual Equivalente (CAE)**, que debe ser calculado considerando:

$$CAE_i = VAC_i \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Donde:

CAE_i = Costo Anual Equivalente de la opción de medida de gestión i .

VAC_i = Valor actual de los costos de la opción de medida de gestión i .

r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

Por ejemplo, en la Tabla N° 4 se presenta el caso de un hospital, con servicio de alta criticidad. Para esta alternativa de solución fueron identificadas dos opciones de medidas de gestión de riesgo con distinta vida útil, siendo la alternativa de medida de gestión más eficiente aquella que presenta un menor Costo Anual Equivalente (CAE). En este caso, corresponde a la opción de medida de gestión 1, con un CAE de \$900.

Tabla N° 4. Ejemplo selección de medida de gestión más conveniente

Amenaza por Tsunami (alta criticidad): Hospital	Alternativa de solución sin medida de gestión de riesgo	Medidas de gestión de riesgo		
		Opción 1: cambio de programa arquitectónico	Opción 2: Incremento de un piso en la edificación	Opción 3: muro de contención
Índice de Riesgo de Desastres (Umbral 2,73%)	6,0%	2,5%	2,1%	1,7%
Costo Anual Equivalente (CAE) (\$)	0	900	1.000	980

Fuente: Elaboración propia.

Este análisis debe aplicarse a cada alternativa de solución para identificar la medida de gestión más económica que, además, mantenga un IRD por debajo del umbral establecido.

Cuando una alternativa de solución presente más de un IRD (Índice de Riesgo de Desastres) que supere el umbral establecido (ya sea por amenaza de tsunami, incendios forestales, erupciones volcánicas y/o remoción en masa), deberá optar por la alternativa más adecuada considerando la posible complementariedad o sinergia entre las medidas, con el objetivo de optimizar sus costos.

Para garantizar la comparabilidad entre las alternativas de gestión de riesgos en términos de reducción del riesgo, estas deberán cumplir con al menos un IRD por debajo del umbral tolerable para las amenazas a las que esté expuesto el proyecto. Por ejemplo, la siguiente Tabla N°5 ilustra una comparación entre diversas opciones de medidas de gestión de riesgo frente a tsunamis e incendios forestales, asociadas a

un proyecto. Como resultado, se tendrá que seleccionar la opción más eficiente, siendo la Opción 1 “Hospital + cambio de programa arquitectónico (tsunami) + cambio de materialidad de la edificación”, con un Valor Actual de los Costos (VAC) de \$1.300, correspondiente a la alternativa con medida de gestión de riesgo más económica.

Tabla N° 5. Comparación de proyecto con y sin medidas de gestión de riesgo

Indicadores	Alternativa de solución sin medida de gestión	Alternativa de solución con medida de gestión de riesgo		
		Opción 1:	Opción 2:	Opción 3
		Hospital + cambio de programa arquitectónico (tsunami) + cambio de materialidad de la edificación (incendios forestales)	Hospital + Incremento de un piso en la edificación (tsunami) + cambio de materialidad de la edificación + cortafuegos (incendios forestales)	Hospital + Muro de contención (tsunami) + cambio de materialidad de la edificación + cortafuegos (incendios forestales)
IRD por tsunami (Umbral 2,73%)	6,0%	2,5%	2,1%	1,7%
IRD por Incendios forestales (Umbral 11,24%)	15,0%	10,0%	8,0%	9,0%
Valor Actual de los Costos VAC (\$) de la medida de gestión de riesgo	0	1.300	1.500	2.000

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Selección de la alternativa de solución de proyecto más conveniente

Para la selección de la alternativa de solución con medida de gestión de riesgo más conveniente, el criterio de decisión corresponderá al propio del sector, subsector o tipo de proyecto, señalado en las Normas, Instrucciones y Procedimientos de Inversión Pública (NIP), los Requisitos de Información Sectorial (RIS) y/o las metodologías sectoriales vigentes en el Sistema Nacional de Inversiones (SNI).

Los proyectos evaluados bajo el enfoque de **costo beneficio** deberán incluir en su flujo de beneficios netos los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como el valor residual de las medidas de gestión seleccionadas. Además, se deben considerar los beneficios asociados, permitiendo así la selección de la alternativa de solución más rentable.

Para el caso de proyectos evaluados bajo el enfoque de **costo eficiencia**, estos deberán incorporar en el flujo de evaluación de la alternativa de solución de proyecto, el costo de inversión, costos de operación y mantenimiento, así como el valor residual de las medidas de gestión seleccionadas, escogiendo la alternativa de solución más conveniente aplicando el criterio de decisión propio del tipo de proyecto que esté siendo evaluado. Por ejemplo, para el caso de un proyecto de salud, el indicador económico a considerar como criterio de decisión será el Costo Anual Equivalente por Atención (CAEA).

Análisis costo beneficio

Para proyectos que son evaluados bajo el análisis **costo beneficio**:



- La alternativa de solución (sin medidas de gestión) k presenta un Valor Actual Neto mayor o igual a cero ($VAN_k \geq 0$).
- Se selecciona la opción de medidas de gestión i con menor CAE o VAC, según corresponda, para cada alternativa de solución del proyecto k (es decir, cada alternativa de proyecto selecciona la opción de medidas de gestión con menor indicador costo eficiencia).
- Se deberá calcular el Valor Actual Neto (VAN) de cada alternativa de solución k , incorporando en el flujo los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento y valor residual de la opción de medidas de gestión de riesgo i , así como sus beneficios:

$$VAN_{ki} = -I_{ki} + \sum_1^n \frac{FT_{kit}}{(1+r)^t} + \frac{VR_{ki}}{(1+r)^n}$$

Donde,

VAN_{ki} = Valor Actual Neto de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i .

I_{ki} = Costo de inversión de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i .

FT_{kit} = Flujo de Beneficios Netos de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i , al año t .

VR_{ki} = Valor Residual de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i .

r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

El criterio de decisión es seleccionar aquella alternativa de solución con la opción de medidas de gestión del riesgo con mayor VAN.

Por ejemplo, en el caso de un servicio de alta criticidad, como un proyecto de estadio municipal con doble funcionalidad de albergue en caso de desastres y un IRD superior al umbral, primero deben descartarse las alternativas de solución que, sin medidas de gestión de riesgo, no sean rentables. En el caso presentado en la Tabla 6, se elimina la alternativa de solución 3, ya que el indicador de rentabilidad muestra un VAN negativo, es decir, un VAN igual a -100.

Tabla N° 6. Comparación de alternativas de proyecto sin opciones de medidas de gestión de riesgo.

Amenaza por Tsunami (Alta criticidad): Estadio municipal	Alternativas de solución		
	Localización 1	Localización 2	Localización 3
IRD sin medida de gestión (umbral 2,73%)	5,2%	4,5%	3,2%
VAN sin medida de gestión	10.645	10.793	-100

Fuente: Elaboración propia.



Una vez descartadas las alternativas de proyecto que no sean rentables, será necesario estimar el flujo de beneficios netos para cada una de las alternativas de solución incluyendo los costos asociados a la medida de gestión de riesgo, tales como los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como los beneficios (ahorros de costos¹⁷) y el valor residual de cada medida. Con esta información, se procederá a calcular el Valor Actual Neto Social (VAN) de cada alternativa de solución, considerando las medidas de gestión seleccionadas previamente.

Para que las alternativas de proyecto con medida de gestión de riesgo sean comparables, deben presentar un IRD bajo el umbral. Una vez que estas sean comparables se podrá seleccionar la alternativa de proyecto con opción de medidas de gestión más rentable, que corresponderá a aquella que en su conjunto presente un mayor Valor Actual Neto (VAN).

Por ejemplo, la Tabla N° 7, correspondería escoger la “Localización 1 del Estadio municipal con cambio de programa arquitectónico”, ya que presenta un VAN de 9.662, superior al VAN de la alternativa de solución “Localización 2 del Estadio municipal con muro de contención”.

Tabla N° 7. Comparación de alternativas de proyecto con opción de medidas de gestión

Amenaza por Tsunami (Alta criticidad): Estadio municipal	Localización 1 del Estadio municipal con cambio de programa arquitectónico	Localización 2 del Estadio municipal con muro de contención
IRD con medidas de gestión (umbral 2,73%)	2,65%	2,10%
Costo Anual Equivalente de las medidas de gestión (CAE)	1.000	900
VAN con medidas de gestión	9.662	9.539

Fuente: Elaboración propia.

Cuando un proyecto esté expuesto a múltiples amenazas, será necesario calcular el flujo neto que, en la medida de lo posible, optimice los costos asociados a cada medida de gestión. Si las medidas de gestión de riesgo generan beneficios relacionados con la liberación de recursos (ahorro de costos), estos deberán integrarse al flujo neto de la alternativa de solución correspondiente. Finalmente, se seleccionará la alternativa con mayor Valor Actual Neto (VAN), es decir, aquella que implique el mayor beneficio.

Análisis Costo-Eficiencia

Para proyectos formulados y evaluados bajo en análisis costo eficiencia, para cada alternativa de proyecto k con opción de medidas de gestión del riesgo i , se deberá calcular el “Valor Actual de los Costos” (VAC) de la siguiente manera:

$$VAC_{ki} = I_{ki} + \sum_{t=1}^n \frac{CT_{kit}}{(1+r)^t} - \frac{VR_{ki}}{(1+r)^n}$$

¹⁷ Por ejemplo, la relocalización puede tener un efecto en el ahorro de tiempo de viaje, ahorro de costo de combustible, entre otros. Esto dependerá de las características del proyecto.



Donde,

VAC_{ki} = Valor actual de los costos de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i .

I_{ki} = Costo de inversión de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i .

CT_{kit} = Costo total de operación y mantenimiento de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i , al año t .

VR_{ki} = Valor Residual de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i .

r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

Si el **criterio de decisión** sectorial corresponde al Valor Actual de los Costos, se deberá seleccionar aquella alternativa de proyecto, incorporando sus medidas de gestión del riesgo, que presente un menor VAC.

Si el **criterio de decisión** sectorial se basa en el menor Costo Anual Equivalente, se deberá construir para alternativa de solución k el CAE incorporando su mejor opción de medidas de gestión del riesgo i de la siguiente manera, para posteriormente escoger aquella alternativa que, incorporando sus medidas de gestión, presente el menor CAE:

$$CAE_{ki} = VAC_{ki} \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Donde:

CAE_{ki} = Costo Anual Equivalente de la alternativa k , con opción de medidas de gestión i .

VAC_{ki} = Valor actual de los costos de alternativa k , con opción de medidas de gestión i .

r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

Cuando un proyecto esté expuesto a múltiples amenazas, será necesario calcular el flujo neto que, en la medida de lo posible, optimice los costos asociados a cada medida de gestión. Si las medidas de gestión de riesgo generan beneficios relacionados con la liberación de recursos (ahorro de costos), estos deberán integrarse al flujo neto de la alternativa de solución correspondiente. Finalmente, se seleccionará la alternativa más **costo eficiente**, es decir, aquella que implique el menor costo.





4.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO CON PERSPECTIVA DE GÉNERO INCLUSIVA PARA LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN SELECCIONADA

La alternativa de solución seleccionada para el proyecto, junto con su correspondiente medida de gestión de riesgos, deberá incorporar en su diseño los lineamientos de género establecidos en la **Guía de Enfoque de Género en la Edificación Pública** (MOP, 2016) o el documento vigente.

Además, con el objetivo de garantizar la reducción del riesgo de desastres desde una perspectiva de género inclusiva, los **proyectos de edificación pública**, incluidos aquellos con doble funcionalidad, es decir, estén orientados en resolver una problemática particular del territorio y, además, sean destinados como **albergues**, quien formule tendrá que verificar si el proyecto cuenta con las características descritas en la siguiente tabla:

Tabla N° 8. Consideraciones para el diseño con perspectiva de género inclusiva

Tipo de proyecto	Variable	Cumple	No cumple
Proyectos de edificación pública	Medición del tiempo de evacuación		
	Señalética clara desde la edificación hacia las vías de evacuación y zona segura		
	Educación sobre medidas de gestión de riesgo y vías de evacuación		
Proyectos de edificación pública con doble funcionalidad	Equipamiento o elementos de emergencia y primeros auxilios que faciliten la evacuación		
	Segregación de servicios sanitarios		
	Segregación por grupos de vulnerabilidad (género e inclusión)		
	Zonas con control visual social		
	Iluminación en entorno (perímetro inmediato)		
	Distancia de acceso al baño		
	Distancia de acceso al agua y cocina		
Identificación de puntos de evacuación temporales			
Equipamiento o elementos de emergencia y primeros auxilios que faciliten la evacuación			

La descripción de cada variable de análisis se detalla a continuación:

4.5.1 Proyectos de edificación pública

4.5.1.1 Medición del tiempo de evacuación

Objetivo: medir el tiempo de evacuación según género, rango etario (adultos mayores, menos de 5 años) y condiciones físicas (autovalencia y dependencia).





Indicador: tiempo de evacuación según grupo género inclusivo (adultos mayores, niños menores de 5 años, personas con discapacidad o dependencia física)

Cumple	No cumple
100%	0%
La formulación de la alternativa de solución cuenta con la medición de tiempos de evacuación según grupo género inclusivo.	La formulación del proyecto no considera la medición del tiempo de evacuación segregados según grupo género inclusivo.

4.5.1.2 Señalética clara desde la edificación hacia las vías de evacuación y zona segura

Objetivo: verificar la incorporación de señalética clara desde la edificación hacia las vías de evacuación y zona segura.

Indicador: cumplimiento incorporación de señalética clara desde el proyecto hacia las vías de evacuación y zonas seguras.

Cumple	No cumple
100%	0%
La formulación de la alternativa de solución cuenta con la inclusión de señalética clara desde el proyecto hacia las vías de evacuación y zonas seguras definidas por SENAPRED.	No cuenta con la inclusión de señalética clara desde el proyecto hacia las vías de evacuación y zonas seguras definidas por SENAPRED.

4.5.1.3 Educación sobre medidas de gestión de riesgo y vías de evacuación

Objetivo: garantizar que la población objetivo cuenta con conocimiento adecuado sobre la ubicación de las vías de evacuación y zonas seguras.

Indicador: porcentaje de población objetivo que conoce las vías de evacuación, zonas seguras y otros.

Cumple	No cumple
100%	0%
La formulación de la alternativa de solución incluye capacitaciones y/o la difusión de información dirigida a la población objetivo sobre las vías de evacuación y zonas seguras definidas por SENAPRED.	La formulación de la alternativa de solución no incluye capacitaciones y/o la difusión de información dirigida a la población objetivo sobre las vías de evacuación y zonas seguras definidas por SENAPRED.

4.5.1.4 Equipamiento o elementos de emergencia y primeros auxilios que faciliten la evacuación

Objetivo: incrementar la resiliencia del proyecto frente a desastres.

Indicador: cumplimiento de incorporación de equipamiento o elementos para atender la emergencia y primeros auxilios.





Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incluye indicaciones para la adquisición de equipamiento o elementos para atender la emergencia y primeros auxilios, durante y post desastre. Por ejemplo: silla de ruedas, camilla(s) para facilitar la evacuación de personas, entre otros.	La formulación de la alternativa de solución no incluye indicaciones para la adquisición de equipamiento o elementos para atender la emergencia y primeros auxilios, durante y post desastre.

4.5.2 Proyectos con doble funcionalidad de albergue

4.5.2.1 Segregación de servicios sanitarios

Objetivo: incorporar servicios sanitarios segregados según género y con consideraciones para adultos mayores, discapacidad física y niños menores de 5 años, en el área destinada para albergue.

Indicador: cumplimiento de inclusión de servicios sanitarios considerando segregación con perspectiva de género e inclusión (discapacidad, menores de edad, adultos mayores)

Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incluye indicaciones sobre servicios sanitarios segregados según género y con consideraciones para adultos mayores, discapacidad física y niños menores de 5 años, en el área destinada para albergue.	La formulación de la alternativa de solución no describe segregación de servicios sanitarios en el área de albergue para esta alternativa de solución.

4.5.2.2 Segregación por grupos de vulnerabilidad (género e inclusión)

Objetivo: incorporar en el diseño del área destinada para albergue una visualización de espacios segregados con perspectiva de género e inclusión (discapacidad, menores de edad, adultos mayores).

Indicador: cumplimiento de designación de espacios para albergue considerando segregación con perspectiva de género e inclusión.

Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incorpora indicaciones sobre la designación de espacios segregados con perspectiva de género e inclusión en el área destinada para albergue.	No describe segregación de espacios en el área destinada para albergue o no incorpora perspectiva de género e inclusión en su definición.





4.5.2.3 Zonas con control visual social

Objetivo: maximizar la visibilidad, sin elementos que obstaculicen el control visual social (presencia de vigilantes naturales) al interior y exterior del recinto designado como albergue.

Indicador: porcentaje de áreas destinadas como albergue del programa arquitectónico que cuentan diseño inclusivo relacionado con maximizar la visibilidad, sin elementos que obstaculicen el control visual social (sin muros ciegos y panderetas opacas, con control de accesos, etc.)

Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incorpora indicaciones sobre la maximización de vigilantes naturales al interior y exterior del recinto designado como albergue	La alternativa de solución no cuenta con visión de maximizar los vigilantes naturales al interior y exterior del área destinada para albergue.

4.5.2.4 Iluminación en entorno (perímetro inmediato)

Objetivo: maximizar la presencia de vigilantes naturales al interior y exterior del recinto designado como albergue.

Indicador: cumplimiento de la inclusión de iluminación adecuada en el perímetro inmediato de la edificación.

Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incorpora indicaciones para incluir iluminación adecuada en el perímetro inmediato a la edificación.	La alternativa de solución no cuenta con visión inclusión de iluminación adecuada en el perímetro inmediato a la edificación.

4.5.2.5 Distancia de acceso al baño

Objetivo: reducir la distancia entre el área de albergue y baños

Indicador: cumplimiento de una distancia de 20 metros y a un máximo de 50 metros¹⁸ desde área de albergue hasta la zona de baños.

¹⁸ Algunas referencias documentadas sobre la distancia están disponibles en los siguientes enlaces web:

https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KP2T.pdf; <https://sanihub.info/wp-content/uploads/2022/11/FSM-TWiG-Sanitation-Quality-Standards-2021.pdf>;

<https://emergency.unhcr.org/sites/default/files/Guidelines%20on%20emergency%20sheltering%20for%20refugees%20in%20Germany.pdf>





Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incorpora indicaciones para definir zona de baños a una distancia de 20 metros y un máximo de 50 metros desde el área de albergue hasta la zona de baños.	La alternativa de solución presenta una distancia superior a 50 metros entre baños y área de albergue.

4.5.2.6 Distancia de acceso al agua y cocina

Objetivo: reducir la distancia entre el área de albergue y el área de acceso al agua y cocina.

Indicador: cumplimiento de una distancia entre 20 metros desde el área de albergue hasta el punto de acceso al agua y cocina.

Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incorpora indicaciones para definir zona de baños a una distancia máxima de 20 metros desde el área de albergue hasta el área de acceso al agua y cocina.	La alternativa de solución presenta una distancia superior a 20 metros entre el área de albergue y el área de acceso al agua y cocina.

4.5.2.7 Identificación de puntos de evacuación temporales

Objetivo: incrementar la resiliencia del área de albergue frente a desastres.

Indicador: cumplimiento de identificación de puntos de evacuación temporales.

Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incorpora indicaciones para la identificación de puntos de evacuación temporales.	La alternativa de solución no cuenta con la identificación de puntos de evacuación temporales.

4.5.2.8 Equipamiento o elementos de emergencia y primeros auxilios que faciliten la evacuación.

Objetivo: incrementar la resiliencia del albergue frente a desastres.

Indicador: cumplimiento de incorporación de equipamiento o elementos para atender la emergencia y primeros auxilios.





Cumple 100%	No cumple 0%
La formulación de la alternativa de solución incorpora indicaciones para la adquisición de equipamiento o elementos para atender la emergencia y primeros auxilios, durante y post desastre. Por ejemplo: silla de ruedas, camilla(s) para facilitar la evacuación de personas, entre otros.	La alternativa de solución no cuenta con las indicaciones para la adquisición de equipamiento o elementos para atender la emergencia y primeros auxilios, durante y post desastre.





5 BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado y Spolmann (2009), Análisis de competencia de sector de la construcción chileno y sus procesos de licitaciones públicas de contratos de obras: Estructura, Agentes y Prácticas, estudio realizado para la Fiscalía Nacional Económica.
2. Cepal (2003), Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres.
3. Cepal (2012). Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe.
4. China (2009). Compilation of Disaster Risk Atlas and its Application in —Taking Compilation of China Natural Disaster (System) Atlas Compilation of Disaster Risk Atlas and its Application in Integrated Disaster Risk Governance and Wenchuan Earthquake Disaster Atlas as Examples. <http://www.oecd.org/finance/insurance/43684372.pdf>
5. CNID (2016). HACIA UN CHILE RESILIENTE FRENTE A DESASTRES UNA OPORTUNIDAD. Sitio web: <http://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2016/12/CREDEN-27122016-2.pdf>
6. Comisión Europea (2009). Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management.
7. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM-MEF) (2007). Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública. 1ra. Ed., Lima - Perú, 97 pp.
8. DS Presidencial N° 1512 (2016). Política Nacional para la Reducción de Riesgo Desastre.
9. Echaveguren, T. (2016) Resiliencia de las Redes Viales. Seminario Desafíos para una Red Vial Resiliente - Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción UC, FONDEF, y la Universidad de Concepción.
10. G2012 México -OECD (2009) METHODOLOGICAL FRAMEWORK. Disaster Risk Assessment and Risk Financing.
11. ILPES-CEPAL (2017). Estudio Validación Método Estimación de Nivel de Riesgo de Proyectos de Inversión Pública. Documento de trabajo elaborado por Claudio Garuti para el convenio ILPES-CEPAL-MDS.
12. INE. (2023). Informe anual sobre la afectación de desastres naturales en países en desarrollo. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile.
13. Informe Macroeconomía y Construcción de la Cámara Chilena de la Construcción (2015)
14. Ministerio de Obras Públicas (2012), Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021
15. Ministerio de Obras Públicas (2015a), Infraestructura aeroportuaria, Agenda de infraestructura, desarrollo e inclusión: Chile 3030
16. Ministerio de Obras Públicas (2015b), Edificación, Equipamiento y Espacio Público, Agenda de infraestructura, desarrollo e inclusión: Chile 3030
17. Ministerio de Obras Públicas (2015c), Transporte público sustentable, Agenda de infraestructura, desarrollo e inclusión: Chile 3030
18. Ministerio de Obras Públicas (2015d), Infraestructura Vial Urbana e Interurbana, Agenda de infraestructura, desarrollo e inclusión: Chile 3030



19. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Metodología de análisis de amenazas naturales para proyectos de inversión pública en etapa de perfil / Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica; Ministerio de Agricultura y Ganadería y Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. -- San Jose, CR: MIDEPLAN, 2014.
20. Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2014). Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
21. Nat Hazards (2009) 50 :211–233 . IUPA: a tool for the evaluation of the general usefulness of practices for adaptation to climate change and variability.
22. ONEMI (2016)^a. Grupo de Trabajo a cargo del desarrollo de la acción estratégica 4.2.1 del Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
23. ONEMI (2016)^b Glosario Riesgo Volcánico. División Protección Civil
24. Public Safety Canada (2015). Guidelines. NATIONAL DISASTER MITIGATION PROGRAM (NDMP). <http://www.publicsafety.gc.ca/cnt/mrgnc-mngmnt/dsstr-prvntn-mtgtn/ndmp/prgrm-gdlns-prnt-eng.pdf>
25. Public Safety Canada (2015). Información territorial de desastres en Canadá.
26. Sernageomin (2017). Glosario ilustrado para la comprensión básica de peligros geológicos. Sitio web <http://www.sernageomin.cl/pdf/mapa-geo/Glosario-ilustrado-de-peligros-geologicos.pdf>
27. SERNAGEOMIN. (2017). Informe sobre los costos de infraestructura asociados a desastres naturales en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería.
28. SHOA (2015). Instrucciones oceanográficas N°4. Especificaciones Técnicas de Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU). Pub SHOA 3209. http://www.shoa.cl/datos/descargas/pdf/NE_3204_v2.pdf
29. Unasur (2009). Metodología de Gestión y Prevención de Riesgos y Catástrofes en la Infraestructura.
30. UNFCCC. (2022). Cambio climático y sus efectos en los países en desarrollo. Conferencia de las Partes, UNFCCC.
31. UNISDR (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. 2009. Disponible en www.eird.org



6 ANEXOS

ANEXO N° 1. GLOSARIO

Según la estrategia internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas (2009), los **principales conceptos que son considerados en la actual metodología, asociados al riesgo de desastres** son los siguientes:

Concepto	Definición
Adaptación al cambio climático	Un ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados o sus efectos los cuales moderan el daño o explotan las oportunidades beneficiosas. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) la adaptación al cambio climático se define como al ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada (UNISDR, 2009).
Amenaza	Una amenaza es considerada como fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños y trastornos a la población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente. (ONEMI, 2016 ^a) Se evalúan en función de su intensidad o magnitud, frecuencia, duración y ubicación espacial, según el fenómeno a caracterizar. Se considera un factor externo. (ONEMI, 2016 ^a)
Cambio Climático	Cambio del clima atribuido directa o indirectamente actividades humanas que alteran la composición de la atmosfera mundial (UNISDR, 2009).
Desastre	Una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos (UNISDR, 2009).
Evaluación del riesgo	Una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen (UNISDR, 2009).





Concepto	Definición
Exposición	<p>Está definida por la localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas. (ONEMI, 2016^a)</p> <p>Permite identificar los elementos susceptibles de ser afectados, emplazados en áreas de amenaza. Es un <i>sine qua non</i> para expresar el riesgo de desastres, transformándose en la componente que permite que la interrelación entre amenaza y vulnerabilidad se traduzca en un determinado escenario de riesgo. (ONEMI, 2016^a)</p>
Gestión del riesgo	El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales (UNISDR, 2009).
Medidas estructurales y no estructurales	<p>Medidas estructurales: Cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas. (ONEMI, 2016^a)</p> <p>Medidas no estructurales: Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación (UNISDR, 2009).</p>
Mitigación¹⁹	Disminución o limitación de los impactos adversos de las amenazas y desastres afines.
Obras de Mitigación	Acciones físicas ejecutadas en el territorio, enfocadas a disminuir el impacto de la amenaza de Tsunami en la población y sus bienes (UNISDR, 2009).
Plan de contingencia	Es un documento que describe “aquellos procedimientos operativos específicos y preestablecidos de coordinación, alerta y respuesta ante la manifestación o la inminencia de una amenaza agroclimática” (modificado a partir de La Red de Desastres, 2001).
Pronóstico	Una declaración certera o un cálculo estadístico de la posible ocurrencia de un evento o condiciones futuras en una zona específica (UNISDR, 2009).

¹⁹ Política Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres. Santiago: ONEMI. 2014. Disponible en: www.onemi.cl





Concepto	Definición
Resiliencia	La resiliencia corresponde a un proceso dinámico asociado a la capacidad de un sistema y de sus componentes, tales como: población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente, entre otros, para anticipar, resistir, absorber, adaptar y recuperarse de los efectos de un evento, de manera integral, oportuna y eficaz, incluso garantizando la preservación, restauración o mejora de sus estructuras y funciones básicas. (ONEMI, 2016 a)
Riesgo	La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Puede calcularse mediante el cálculo de daños y pérdidas esperables (UNISDR, 2009).
Reducción del riesgo de desastres	El concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos (UNISDR, 2009).
Riesgo aceptable	El nivel de pérdidas potenciales que una sociedad o comunidad consideran aceptable, según sus condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales existentes (UNISDR, 2009).
Riesgo de desastres	Corresponde a las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro. El riesgo de desastres abarca diferentes tipos de pérdidas posibles que con frecuencia son difíciles de cuantificar (UNISDR, 2009).
Transferencia del riesgo	El proceso de trasladar formal o informalmente las consecuencias financieras de un riesgo en particular de una parte a otra medida el cual una familia, comunidad, empresa o autoridad estatal obtendrá recursos de la otra parte después que se produzca un desastre, a cambio de beneficios sociales o financieros continuos o compensatorios que se brindan a la otra (UNISDR, 2009).
Unidad Funcional	Superficie de emplazamiento de la infraestructura, detallando la localización, su entorno inmediato y alcance de su funcionalidad.





Concepto	Definición
Vulnerabilidad	<p>Características propias de la población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente, que los hacen susceptibles a sufrir trastornos, daños o pérdidas, por el impacto de una determinada amenaza. (ONEMI, 2016 a)</p> <p>Pueden clasificarse según diferentes tipologías tales como: sociodemográficas, económicas, físicas, ambientales, psicológicas, entre otras. Se considera un factor intrínseco del elemento a analizar, sobre el cual se puede realizar gestión para reducirla. En términos simples, da cuenta de la propensión o predisposición a que un elemento resulte afectado. (ONEMI, 2016 a)</p>





ANEXO N° 2. CUESTIONARIO DE EXPOSICIÓN A POTENCIALES AMENAZAS

1. Amenazas		
1.1 General	SI/NO	¿Cuál(es)?
a. ¿Existe un historial de marejadas, lluvia intensa, inundaciones, derrumbes, aluviones, erupciones volcánicas, incendios forestales, existencia de fallas geológicamente activas o potencialmente activas, procesos de subsidencia o licuefacción del suelo, mala calidad o inestabilidad del suelo por condiciones naturales tales como acantilados, arenales, pantanos, mallines u otros de similar naturaleza, anegamiento por napas freáticas, terrenos deteriorados por actividades humanas extinguidas u otro peligro que exponga a la unidad funcional a riesgo de desastre?		
1.2. Amenazas hidrometeorológicas	SI/NO	¿Cuál(es)?
a. ¿Existe sedimentación en quebradas o ríos que puedan ser una amenaza para la unidad funcional?		
b. ¿La unidad funcional interfiere la planicie de inundación de un cauce o río?		
c. ¿La unidad funcional ha sido afectada por tsunamis en el pasado?		
d. ¿La unidad funcional está en una zona aledaña o cercana a pendientes altas, que pueda potenciar el riesgo de deslizamiento y constituir un desastre?		
e. ¿La unidad funcional genera cambio de flujos de ríos o acequias, que pueda potenciar un evento de desastre?		
f. ¿Existen terrenos aledaños o cercanos a la unidad funcional con proceso de erosión y que pueda potenciar un evento de desastre?		
g. ¿Hay problemas de drenaje en zonas aledañas o cercanas a la unidad funcional que puedan potenciar un evento de desastre y significar pérdidas directas para el proyecto?		
1.3. Incendios Forestales	SI/NO	¿Cuál(es)?
a. ¿Existe cobertura vegetal abundante en la unidad funcional que puedan exponerlo a riesgo de incendio?		
1.4. Actividad volcánica	SI/NO	¿Cuál(es)?
a. ¿El Proyecto se encuentra dentro de zona de peligro de coladas de lavas/lahares, flujos piroclásticos y/o caída de piroclastos?		
b. ¿Está el Volcán Activo?		
1.5. Cambio climático y otros		
a. ¿Es probable que, en vista a los efectos del Cambio Climático, surjan amenazas durante la vida útil del proyecto que afecten la unidad funcional?		

Fuente: *Elaboración propia.*





ANEXO N° 3. PONDERADORES Y ESTRUCTURA MODELO MULTICRITERIO DE RIESGO DE DESASTRES

Modelo Multicriterio Amenaza Inundación Por Tsunami

Factor	Subfactor
Altura de Inundación (100%)	a) Altura de Inundación (100%)

Modelo Multicriterio Amenaza Erupciones Volcánicas

Factor	Subfactor
Flujo Volcánico (79,62%)	a) Flujo de Lava (6,29%)
	b) Flujo de Lahares (19,88%)
	c) Flujo de Piroclastos (53,45%)
Caída de Piroclastos (20,38%)	a) Piroclastos Balísticos (14,59%)
	b) Acumulación de Piroclastos (5,79%)

Modelo Multicriterio Amenaza Remoción en Masa por Flujos

Factor	Subfactor
Condicionantes de Generación (100%)*	a) Pendiente de Ladera (65,8%)
	b) Coeficiente de Escorrentía (23,2%)
	c) Suelo de Fundación (11%)
Área de Alcance (100%)*	a) Localización del Terreno (73,3%)
	b) Distancia con Respecto a Taludes (6,8%)
	c) Intervención del Cauce (19,9%)

*Recordar que en este modelo los dos factores se miden por separado.

Modelo Multiplicativo Amenaza Incendios Forestales

Amenaza	Factor
Incendios Forestales	a) Área de Afectación
	b) Pendiente
	c) Masa Combustible

El modelo de amenaza de incendios, corresponde a un modelo multiplicativo.

Modelo Multicriterio de Vulnerabilidad

Factor	Subfactor
Vulnerabilidad Física (31,14%)	a) Material Estructura Principal (17,45%)
	b) Estado Actual (10,47%)
	c) Plan de Mantenimiento (3,22%)
Vulnerabilidad Funcional (33,29%)	a) Criticidad del Servicio (24,97%)
	b) Incidencia del Servicio en la Economía Local (8,32%)
Vulnerabilidad Social (35,56%)	a) Grupos Etarios Vulnerables Predominantes (5,27%)
	b) Dependencia Física Predominante de la Población Objetivo (3,75%)
	c) Población Potencialmente Afectada por la Interrupción del Servicio (13,36%)





	d) Pobreza por Ingresos (6,59%)
	e) Pobreza Multidimensional (6,59%)

Modelo Multicriterio de Resiliencia

Factor	Subfactor
Capacidad Física Dentro y Fuera del Emplazamiento (25,78%)	a) Instalaciones de Protección, Mitigación o Adaptación dentro del Emplazamiento del Proyecto (10,07%)
	b) Obras Existentes de Protección y/o Mitigación fuera del Emplazamiento del Proyecto para la misma Amenaza (15,71%)
Resiliencia funcional (63,77%)	a) Plan de Continuidad Operacional (4,38%)
	b) Autonomía de la red de los servicios básicos (luz, agua, gas, comunicaciones) (22,8%)
	c) Conectividad al Servicio (10,89%)
	d) Redundancia del Sistema o Servicio (25,70%)
Resiliencia Social a Nivel Local (10,45%)	a) Plan de Emergencia o Plan de Gestión de Riesgo (10,45%)



